



Title	網羽強度論(Ⅱ)
Author(s)	金, 俊三; Kon, Tosizo
Citation	北海道帝國大學農學部 演習林研究報告, 13(1), 1-181
Issue Date	1943-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20660
Type	departmental bulletin paper
File Information	13(1)_P1-181.pdf



演習林研究報告 第十三卷第一號

綱 羽 強 度 論 (II)

工學博士 金 俊 三

On the Strength of the Holding Boom in Drifting (II).

by

T o s i z ô K o n

目 次

第二部 抑留綱羽第2型式の靜定構造理論	3
第三部 主索系統の鋼索斷面の決定	15
I 主索鋼索に生ずる最大應力	15
II 斷面の決定方法	16
(1) 一般公式の誘導	16
(2) 諸定數の決定	17
(a) a, β	19
(b) $\frac{E_w}{E_s}$	20
(c) α	20
(d) C_2	23
(e) k	26
(3) 索條直徑決定條件式と算例	26
III 斷面決定に對する注意	37
(1) 抑留綱羽型式の移行性と主索斷面設計上の注意	38
(2) 主索斷面設計方規	41

第四部 副索系統の鋼索断面の決定	42
I 副索鋼索に生ずる最大應力	42
II 断面の決定方法	43
第五部 主、副兩索系統の碇著部の設計	55
I 木杭群に依る碇著杭	56
(1) 地盤の許容支壓力の表	58
(2) 地盤の許容支壓力の算定式	60
(3) 地盤の被壓面の有効幅員	64
(4) 最大作用支壓力の算定と設計條件	64
(5) 木杭断面の材料力學的吟味	66
(a) 許容應力度	66
(b) 杭に生ずる最大曲げ「モーメント」及び作用最大應力度	67
(c) 前項の計算に必要な數値	68
II 混凝土單一杭に依る碇著	68
(1) 最大作用支壓力と設計條件	70
(2) 最大曲げ「モーメント」及び最大剪斷力	72
III 碇著杭の計算例	73
(1) 碇著木杭の計算例	73
(2) 混凝土杭の計算例	76
第六部 抑留網羽の負荷荷重	79
I 總 説	79
II 負荷荷重の大きさ及び方向の判定に關する實驗的研究	80
(1) 實驗方法	81
(2) 昭和13年度實驗成績	84
(3) 昭和14年度實驗成績	86
(4) 昭和15年度實驗成績	91
(5) 昭和16年度實驗成績	98
(A) 實驗結果	101
(a) 伸長測定	101
(b) 抑留網羽の着材狀態	102
(c) 流速測定	102
(d) 水位觀測	110
(B) 荷重計算	111
(a) 本年度副索に作用したる最大應力	111
(b) 本年度主索第1格間部分に作用したる最大應力	111
(c) 荷重量 w' 及び $\frac{\delta}{L}$ の算定	112
(C) 荷重量と因子	114

(a) 各伸長測定時毎の荷重量の算定	114
(b) 荷重量と着材材積及び水位	121
(6) 昭和17年度實驗成績	123
(A) 實驗結果	127
(a) 伸長測定	127
(b) 鋼卷尺及び「オクイツェン」歪計による測定値比較	131
(c) 伸長の時間的變化	135
(d) 抑留網羽の着材状態	140
(e) 流速測定	140
(f) 水位觀測	157
(B) 荷重計算	158
(a) 本年度副索に作用したる最大應力	158
(b) 本年度主索第1格間に作用したる最大應力	158
(c) 荷重量 w' 及び $\frac{\delta}{L}$ の算定	159
(C) 荷重量と因子	161
(a) 各伸長測定時毎の主索第1格間應力	161
(b) 各伸長測定時毎の副索應力及び荷重量の算定	162
(c) 荷重量と着材材積及び水位	174
III 結 論	176
第七部 總 結	179

第二部 抑留網羽第2型式の

靜定構造理論

本論文第一部. I. に於て著者は靜定構造理論による網羽の力學的解析を試み、鋼索を主要なる構築材料とする抑留網羽の設計理論として之が應用の適切なるべきことを結論した。而して此の場合注意すべきは、當時著者の研究對象となれる網羽は、 a_{so} が充分小にして格點荷重の載荷方向が副索とその上流側主索格間との中間に落ち來る如き構造條件を充足するもののみであつた一點である(圖-19参照)。其後各地の實施網羽につき吟味を進むるに従ひ、上記と全く別個なる構造條件を有つ網羽型式の存在を力學上確認するに至つた。即ち拙論「抑留網羽の破壊荷重に就て」¹⁾ 中に取扱はれたる某河抑留網羽の如きは此の新しき型式に屬するものである。

而してこの型式は前の型式のものとは異なり、 a_{so} が充分大にして格點荷重の載荷方向が副

1) 北海道帝國大學演習林研究報告, 第12卷 第2號

(4)

索とその下流側主索格間との中間に落ち来る如き構造条件を有するものにして（「抑留網羽の破壊荷重に就て」圖-2 参照），之を力學的に見れば，前の型式のものにありては主索應力は網羽頭の格間に於て最大にして下るに従ひて漸減し網羽尻の格間に於て最小となるに對して，此の新しき型式のものにありてはそれが網羽頭格間に於て最小にして網羽尻格間に於て最大となる如き變化をなし，前者の場合に比較して全く逆の現象を呈するのであつて，¹⁾ 従て前者の場合とは別個に獨立の構造理論を必要とするものである。而して著者は取扱ひの都合上此の新しき型式を抑留網羽第2型式之に對して第一部に於て取扱ひたるものを抑留網羽第1型式と假稱し，その力學的性質に従て之を二大別して以後論議を進めることとする。

上述によつて明かなる如く兩型式に對する判別條件としては次の如く置くことが出来る（圖-28）。

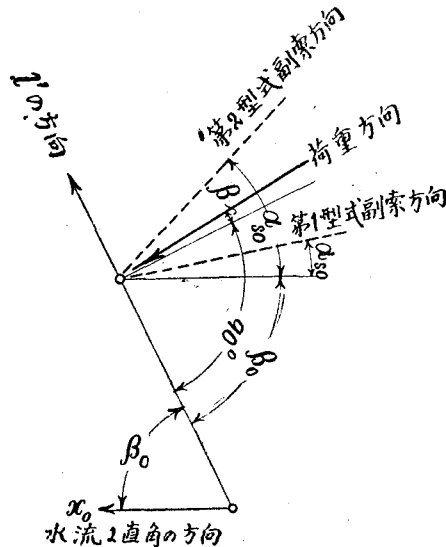


圖-23. 第1及び第2型式の判別

第1型式の判別條件

$$\left. \begin{array}{l} \text{第1型式の判別條件} \\ \alpha_{s0} < 90^\circ + \beta - \beta_0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (54)$$

第2型式の判別條件

$$\alpha_{s0} > 90^\circ + \beta - \beta_0$$

即ち α_{s0} が充足する (54) の條件式の如何によつて抑留網羽が第1型式に屬するか或は第2型式に屬するか明確となり，之によつて夫々第一部. III. の理論を適用すべきか或は又以下

- 1) 副索に關する相異は普通の場合は問題にする程顯著ではない。
- 2) 第1型式の判別條件式は後述の理由により修正される必要がある式 [式 (79) 参照]。

に於て著者が展開せむとする本論文第二部の理論を適用すべきかと決せられるのである。

拙論「抑留網羽の破壊荷重に就て」中公式(3)を再録すれば(圖-29),

$$\left. \begin{aligned} X_i &= X_{i-1} \frac{\cos \alpha_{i-1} (\tan \alpha_{i-1} + \tan \alpha_{s, i-1})}{\cos \alpha_i (\tan \alpha_{s, i-1} + \tan \alpha_i)} - \frac{W_{i-1}}{\cos \alpha_i (\tan \alpha_{s, i-1} + \tan \alpha_i)} \\ X_{s, i-1} &= -X_{s, i-2} \frac{\cos \alpha_{s, i-2} (\tan \alpha_{s, i-2} + \tan \alpha_{s, i-1})}{\cos \alpha_{s, i-1} (\tan \alpha_{s, i-1} + \tan \alpha_{s, i})} + \frac{W_{i-1}}{\cos \alpha_{s, i-1} (\tan \alpha_{s, i-1} + \tan \alpha_{s, i})} \end{aligned} \right\} \dots\dots(55)$$

但し

$$i = 1, 2, 3, \dots\dots n-1, n$$

$$X_1 = 0, X_{s, 0} = 0 \quad (i=1 \text{ の場合})$$

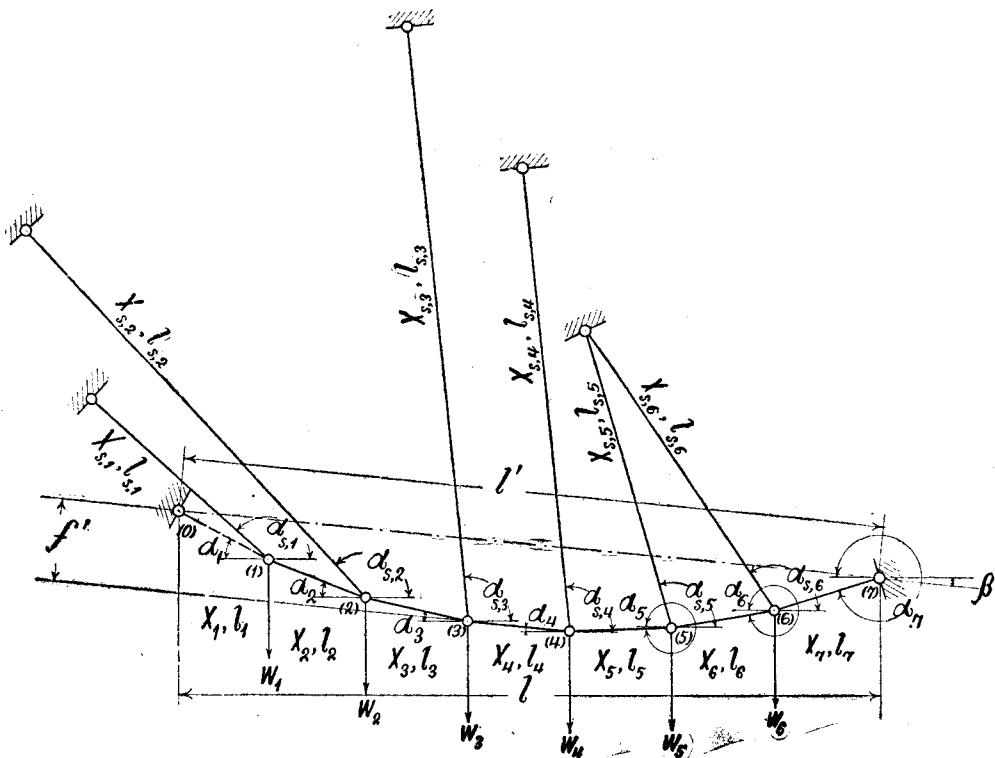


圖-29. 抑留網羽第2型式

上式は全副索系統の平行なる條件を留保して抑留網羽第2型式に適用さるべき式である。

今主索の線形を拋物線と假定すれば(圖-30),¹⁾

1) 「綱羽強度論(I)」 30頁

(6)

$$\left. \begin{aligned} \tan \alpha_i &= \tan \beta - 4m \left(1 - 2 \frac{x_i}{l} \right) \\ \text{但し} \quad m &= \frac{1}{\cos^2 \beta} \left(\frac{f}{l} \right) \\ x_i &: \text{格間 } l \text{ の中央に至る横距} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (56)$$

次に第1型式に於けると同様、全副索系統を平行なりと假定すれば、

$$\alpha_{s,i} = \alpha_s \quad (i=1, 2, 3, \dots, n-1) \dots\dots\dots (57)$$

従て上式は

$$\left. \begin{aligned} X_i &= X_{i-1} \frac{\cos \alpha_{i-1}}{\cos \alpha_i} \left(\frac{\tan \alpha_{i-1} + \tan \alpha_s}{\tan \alpha_i + \tan \alpha_s} \right) - \frac{W_{i-1}}{\cos \alpha_i (\tan \alpha_i + \tan \alpha_s)} \\ X_{s,i-1} &= -X_{s,i-2} \frac{\tan \alpha_i - \tan \alpha_{i-1}}{\tan \alpha_i + \tan \alpha_s} + \frac{W_{i-1}}{\cos \alpha_s (\tan \alpha_i + \tan \alpha_s)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (58)$$

となり $i=1, 2, 3, \dots$ を入れるときはこの循環式は次の如くなる。

$$i=1: X_1=0, X_{s,0}=0$$

$$i=2: X_2 = -\frac{W_1}{\cos \alpha_2 (\tan \alpha_2 + \tan \alpha_s)}, X_{s,1} = \frac{W_1}{\cos \alpha_s (\tan \alpha_2 + \tan \alpha_s)}$$

$$i=3: X_3 = -\frac{W_1 + W_2}{\cos \alpha_3 (\tan \alpha_3 + \tan \alpha_s)},$$

$$X_{s,2} = \frac{1}{\cos \alpha_s (\tan \alpha_3 + \tan \alpha_s)} \left\{ -W_1 \frac{\tan \alpha_3 - \tan \alpha_2}{\tan \alpha_2 + \tan \alpha_s} + W_2 \right\}$$

$$i=4: X_4 = -\frac{W_1 + W_2 + W_3}{\cos \alpha_4 (\tan \alpha_4 + \tan \alpha_s)},$$

$$\begin{aligned} X_{s,3} &= \frac{W_1}{\cos \alpha_s (\tan \alpha_2 + \tan \alpha_s)} \left(\frac{\tan \alpha_3 - \tan \alpha_2}{\tan \alpha_3 + \tan \alpha_s} \right) \left(\frac{\tan \alpha_1 - \tan \alpha_3}{\tan \alpha_4 + \tan \alpha_s} \right) \\ &\quad - \frac{W_2}{\cos \alpha_s (\tan \alpha_3 + \tan \alpha_s)} \left(\frac{\tan \alpha_4 - \tan \alpha_3}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_s} \right) + \frac{W_3}{\cos \alpha_s (\tan \alpha_4 + \tan \alpha_s)} \end{aligned}$$

一般に

$$\left. \begin{aligned} X_i &= -\frac{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_{i-2} + W_{i-1}}{\cos \alpha_i (\tan \alpha_i + \tan \alpha_s)}, \\ X_{s,i-1} &= \frac{1}{\cos \alpha_s (\tan \alpha_i + \tan \alpha_s)} \left[(-1)^{i-2} W_1 \left(\frac{\tan \alpha_3 - \tan \alpha_2}{\tan \alpha_2 + \tan \alpha_s} \right) \right. \\ &\quad \times \left(\frac{\tan \alpha_4 - \tan \alpha_3}{\tan \alpha_3 + \tan \alpha_s} \right) \dots \left(\frac{\tan \alpha_{i-1} - \tan \alpha_{i-2}}{\tan \alpha_{i-2} + \tan \alpha_s} \right) \left(\frac{\tan \alpha_i - \tan \alpha_{i-1}}{\tan \alpha_{i-1} + \tan \alpha_s} \right) \\ &\quad \left. + (-1)^{i-3} W_2 \left(\frac{\tan \alpha_4 - \tan \alpha_3}{\tan \alpha_3 + \tan \alpha_s} \right) \left(\frac{\tan \alpha_5 - \tan \alpha_4}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_s} \right) \dots \left(\frac{\tan \alpha_{i-1} - \tan \alpha_{i-2}}{\tan \alpha_{i-2} + \tan \alpha_s} \right) \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (59)$$

$$\times \left(\frac{\tan \alpha_i - \tan \alpha_{i-1}}{\tan \alpha_{i-1} + \tan \alpha_s} \right) + \dots + (-1) W_{i-2} \left(\frac{\tan \alpha_i - \tan \alpha_{i-1}}{\tan \alpha_{i-1} + \tan \alpha_s} \right) + W_{i-1} \right]$$

但し

$$i=1: X_1=0, X_{s,0}=0$$

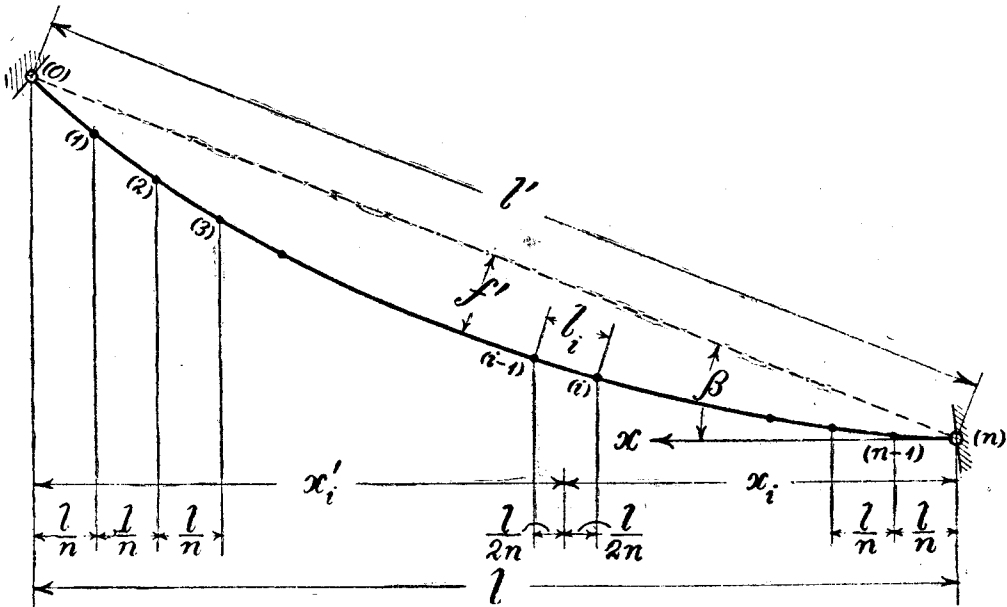


圖-30. 網羽の主索

更に以下に於て主索の線形と荷重とに關して次の如く假定する (圖-30)。

- (i) 主索系統の線形を拋物線とする,
- (ii) 主索各格間の x 軸方向投影は等しいとする,
- (iii) 網羽の全長に涉て等値の單位荷重量を假定する,

然らば格間 l_i に對して

$$x'_i = \frac{l}{n} \left(i - \frac{1}{2} \right)$$

$$\therefore x_i = l - x'_i = \frac{l}{n} \left(n - i + \frac{1}{2} \right)$$

從て假定 (i) による式 (56) は

$$\left. \begin{aligned} \tan \alpha_i &= \tan \beta + \frac{4m}{n} (n - 2i + 1) \\ i &: \text{圖-30 の格點番號} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (60)$$

となる, これより

(8)

$$\tan \alpha_i + \tan \alpha_s = \frac{4m}{n} (c' - 2i + 1)$$

$$\frac{\tan \alpha_i - \tan \alpha_{i-1}}{\tan \alpha_{i-1} + \tan \alpha_s} = \frac{-1}{\frac{c'+1}{2} - (i-1)}$$

となる, 又假定 (ii), (iii) により (44) 式から

$$W_i = \frac{wl}{n}$$

以上 3 個の関係により (59) 式は次の如く書き改めることが出来る,

$$\left. \begin{aligned} X_i &= -\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_i} \cdot \frac{i-1}{c'-2i+1} \cdot H_0 \\ X_{s, i-1} &= \frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r'_{s, i-1}}{c'-2i+1} \cdot H_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (61)$$

但し

$$\left. \begin{aligned} H_0 &: (51) \text{ 式} & c' &: (16) \text{ 式} \\ \frac{1}{\cos \alpha_i} &: (23) \text{ 式} \end{aligned} \right\}$$

又

$$\left. \begin{aligned} r'_{s, i-1} &= 1 + \sum_{\nu=2}^{i-1} \left\{ \prod_{k=\nu}^{i-1} \left(\frac{c'+1}{2} - k \right) \right\} \quad (\nu=2, 3, 4, \dots, i-2, i-1) \\ &= \prod_{k=2}^{i-1} \left(\frac{c'+1}{2} - k \right) + \prod_{k=3}^{i-1} \left(\frac{c'+1}{2} - k \right) + \dots\dots\dots \\ &\dots\dots + \prod_{k=i-2}^{i-1} \left(\frac{c'+1}{2} - k \right) + \frac{1}{\frac{c'+1}{2} - (i-1)} + 1 \\ &= \frac{1}{\left(\frac{c'+1}{2} - 2 \right) \left(\frac{c'+1}{2} - 3 \right) \dots\dots \left(\frac{c'+1}{2} - (i-2) \right) \left(\frac{c'+1}{2} - (i-1) \right)} \\ &\quad + \frac{1}{\left(\frac{c'+1}{2} - 3 \right) \left(\frac{c'+1}{2} - 4 \right) \dots\dots \left(\frac{c'+1}{2} - (i-2) \right) \left(\frac{c'+1}{2} - (i-1) \right)} + \dots\dots \\ &\dots\dots + \frac{1}{\frac{c'+1}{2} - (i-1)} + 1, \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (62)$$

但し

$$i=1: r'_{s, 0}=0 \quad i=2: r'_{s, 1}=1$$

上記 (61) 式は第 1 型式に於ける (53) 式と同様, 抑留網羽第 2 型式に對して主副兩鋼索系統

の作用應力を算定すべき基本公式である。

今更に残されたる問題として、判別條件式 (54) の特別なる場合として

$$\alpha_{s0} = 90^\circ + \beta - \beta_0 \dots\dots\dots (63)$$

となれるときは 圖-28 によつても明かなる如く、これは荷重の方向と副索の方向とが一致する

特殊場合にして第3型式とも稱すべきものである。前の (37) 式は

$$\alpha_{s0} + \beta_0 = \alpha_s + \beta$$

なれば、従て

$$\alpha_s = 90^\circ \dots\dots\dots (64)$$

これはこの第3型式の判別條件である。このときは $\tan \alpha_s = \infty$, $c' = \infty$ なれば (61) 式から

$$X_i = 0 \dots\dots\dots (65)$$

又

$$r'_{s, i-1} = 1,$$

$$(1 + \cos 2\beta) H_0 = \frac{w' l'}{4m},$$

$$\lim_{\alpha_s = 90^\circ} \cos \alpha_s (c' - 2i + 1) = \frac{n}{4m}$$

であるから (61) 式により

$$\lim_{\alpha_s = 90^\circ} X_{s, i-1} = \frac{w' l'}{n} \dots\dots\dots (66)$$

以上は第1型式公式 (53) よりも同様誘導せられる。此の結果は又第一部不静定構造理論に於ても全く同じく誘導せらるゝことは著者の既に證明せる處である (圖-13)。¹⁾

第二部に於て明確にされたる抑留網羽第2型式構造理論に従て以下に算例を試みることにする。

算例 $l' = 949, m 90$

$f' = 58, m 89$

$n = 21$

$\beta_0 = 70^\circ$

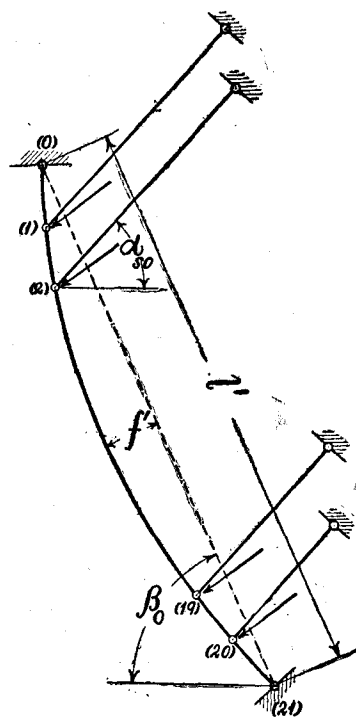


圖-31. 抑留網羽第2型式

比較の爲め以上の數値を平取網羽と同じにした (91頁参照), 又

1) 「網羽強度論 (I)」 63頁

(10)

$$\alpha_{s0} = 45^\circ$$

$$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$$

と假定する, 然らば

$$(36) \quad \tan \beta = \frac{1}{2} \left(\frac{\delta}{L} \right) \tan \beta_0 = 0,27474774$$

$$\therefore \beta = 15^\circ 21', 7686$$

$$90^\circ + \beta - \beta_0 = 35^\circ 21', 7686 < \alpha_{s0} \text{ [(54) 式]}$$

従て本抑留網羽は, 第 2 型式に属することを知る,

$$(37) \quad \alpha_s = \alpha_{s0} + \beta_0 - \beta = 99^\circ 38', 2314$$

$$\tan \alpha_s = -5,8891088$$

$$\tan \beta + \tan \alpha_s = -5,6143611$$

$$\frac{1}{\cos \alpha_s} = -5,9734071$$

$$4m = \frac{1}{3,7494836}$$

$$\frac{4m}{n} = 0,012700162$$

$$c_i = \frac{\tan \beta + \tan \alpha_s}{4m} = -21,050955$$

$$c' = n(1 + c_i) = -421,070055$$

$$1 + \cos 2\beta = 2 \cos^2 \beta = \frac{1}{0,53774315}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\cos \alpha_i} &= \sqrt{1 + \left\{ \tan \beta + \left(\frac{4m}{n} \right) (n - 2i + 1) \right\}^2} \\ &= \sqrt{1 + \left\{ 0,27474774 + 0,012700162 (22 - 2i) \right\}^2} \end{aligned}$$

、 以上により $\frac{1}{\cos \alpha_i}$, $\frac{X_i}{H'_0}$, $\frac{X_{i-1}}{H'_0}$ を計算すれば夫々表-20, 表-21, 表-22 の数値を得る。表-21,

表-22 の数値は 圖-32 の如き曲線を以て變化する。

表-20. $\frac{1}{\cos a_i}$ の計算

$\frac{1}{\cos a_i} = \sqrt{1 + \left\{ 0,27474774 + 0,012700162 (22-2i) \right\}^2}$					
1	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
i	$22-2i$	$0,012700162 \cdot (1)$	$0,27474774 + (2)$	$1 + (3)^2$	$\frac{1}{\cos a_i} = \sqrt{(4)}$
1	20	0,25400324	0,52875098	1,279577599	1,131184
2	18	22860292	50335066	1,253361887	1,119536
3	16	20320259	47795033	1,228436518	1,108349
4	14	17780227	45255001	1,204801511	1,097635
5	12	15240194	42714968	1,182456849	1,087408
6	10	12700162	40174936	1,161402548	1,077684
7	8	10160130	37634904	1,141638600	1,068475
8	6	07620097	35094871	1,123164997	1,059795
9	4	05080065	32554839	1,105981754	1,051657
10	2	02540032	30014806	1,090088858	1,044073
11	0	0	27474774	1,075486321	1,037057
12	- 2	- 0,02540032	24934742	1,062174136	1,030618
13	- 4	05080065	22394709	1,050152299	1,024769
14	- 6	07620097	19854677	1,039420820	1,019520
15	- 8	10160130	17314644	1,029979690	1,014879
16	-10	12700162	14774612	1,021828916	1,010856
17	-12	15240194	12234580	1,014968495	1,007456
18	-14	17780227	09694547	1,009398424	1,004688
19	-16	20320259	07154515	1,005118708	1,002556
20	-18	22860292	04614482	1,002129344	1,001064
21	-20	25400324	02074450	1,000430334	1,000215

表-21. X_i の係数 $-\frac{1+\cos 2\beta}{\cos \alpha_i} \cdot \frac{i-1}{c'-2i+1}$ の計算

$c'+1=-420,070055 \quad 1+\cos 2\beta=1,8596239$				
	(1)	(2)	(3)	(4)
i	$c'-2i+1$	$\frac{i-1}{(1)}$	$-(2) \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}$	$(3) \cdot (1+\cos 2\beta)$
1	.	.	.	0
2	- 424,070055	- 0,002358101	0,002639979	0,0049094
3	- 426,070055	004694064	005202661	0096750
4	- 428,070055	007008199	007692444	0143051
5	- 430,070055	009300810	010113775	0188078
6	- 432,070055	011572197	012471172	0231952
7	- 434,070055	013822653	014769159	0274686
8	- 436,070055	016052466	017012323	0316401
9	- 438,070055	018261919	019205275	0357181
10	- 440,070055	020451289	021352639	0397114
11	- 442,070055	022620849	023459110	0436251
12	- 444,070055	024770866	025529300	0474749
13	- 446,070055	026901604	027567930	0512660
14	- 448,070055	029013320	029579660	0550070
15	- 450,070055	031106268	031569098	0587066
16	- 452,070055	033180698	033540908	0623735
17	- 454,070055	035236853	035499578	0660159
18	- 456,070055	037274975	037449720	0696424
19	- 458,070055	039295299	039395738	0732613
20	- 460,070055	041298058	041341999	0768806
21	- 462,070055	043283479	043292785	0805083

表-22. $X_{s, i-1}$ の係数 $\frac{1+\cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r'_{s, i-1}}{c'-2i+1}$ の計算

$\frac{1+\cos 2\beta}{\cos \alpha_s} = -11,108291$				
	(1)	(2)	(3)	(4)
$i-1$	$c'-2i+1$	$r'_{s, i-1}$	$\frac{(2)}{(1)}$	$\frac{1+\cos 2\beta}{\cos \alpha_s}$
1	- 424,070055	1	-1: 424,0701	0,026194
2	- 426,070055	0,995284	428,0889	025949
3	- 428,070055	995328	430,0794	025828
4	- 430,070055	995350	432,0792	025709
5	- 432,070055	995372	434,0790	025590
6	- 434,070055	995393	436,0790	025473
7	- 436,070055	995414	438,0791	025357
8	- 438,070055	995435	440,0790	025242
9	- 440,070055	995456	442,0788	025127
10	- 442,070055	995477	444,0786	025014
11	- 444,070055	995497	446,0787	024902
12	- 446,070055	995517	448,0788	024791
13	- 448,070055	995536	450,0792	024681
14	- 450,070055	995556	452,0790	024572
15	- 452,070055	995576	454,0789	024463
16	- 454,070055	995595	456,0791	024356
17	- 456,070055	995614	458,0792	024250
18	- 458,070055	995634	460,0788	024144
19	- 460,070055	995653	462,0787	024040
20	- 462,070055	995672	464,0786	023936

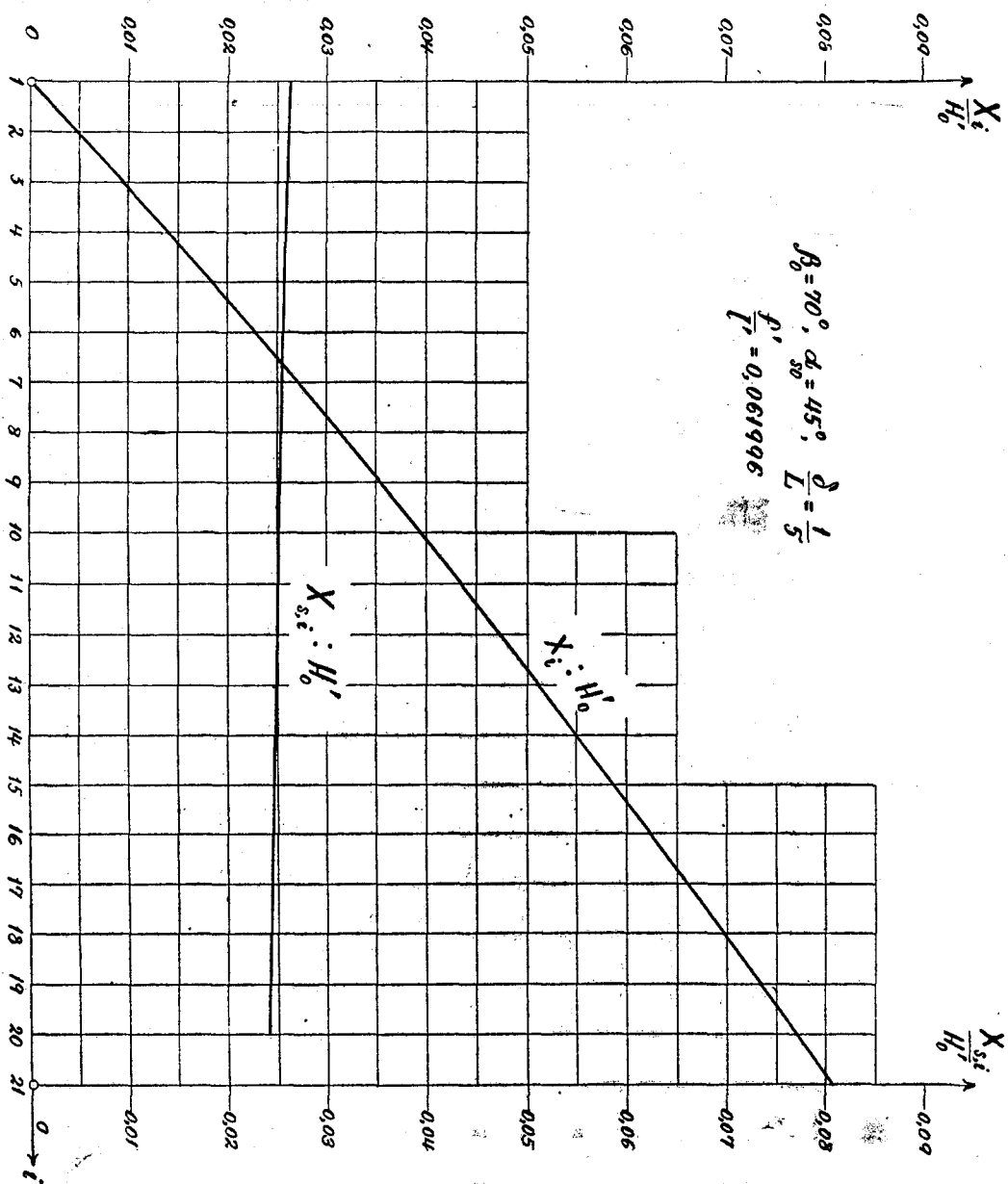


圖-32. 曲線 $\frac{X_i}{H'_0}, \frac{X_{s,i}}{H'_0}$ (第 2 型式)。

第三部 主索系統の鋼索断面の決定

I 主索鋼索に生ずる最大應力

第一部Ⅱ及び第二部に於て述べたる主副兩索系統應力算定の靜定構造理論は、荷重を凡て格點集中荷重とする假定に基

けるものである。主索に關しこの理論による應力を X_i 、その任意の單一格間が側方撓度を生ずる爲めの應力を X'_i (圖-34) とすれば、實際の主索作用應力 S_i はその兩者の値の和を極値として X_i との中間にあるものと思考せられ得るから、從て

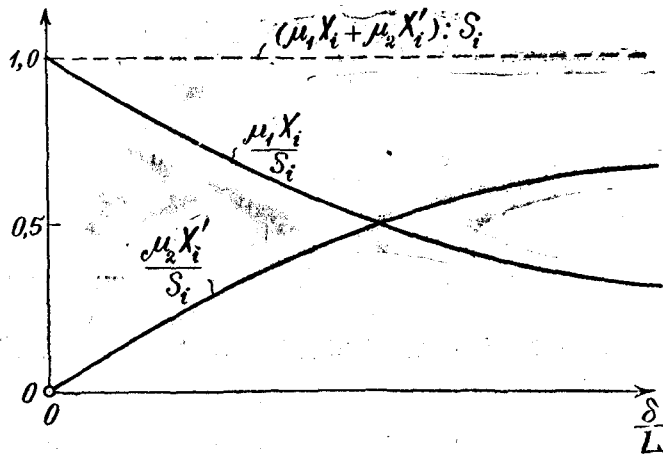


圖-33. S_i の構成

$$\left. \begin{array}{l} S_i = \mu_1 X_i + \mu_2 X'_i \\ \text{但し} \\ \text{係數量: } \mu_1 < 1, \mu_2 < 1 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (67a)$$

以下に於ては簡單のため次の如く假定して断面を決定することとする、之によつて生ずる誤差は勿論安全の側にあることになる。

$$S_i = X_i + X'_i \dots\dots\dots (67)$$

而して (圖-34)

$$\begin{aligned} H''_0 &= X'_i \cos \varphi = \frac{w' L^2}{8 \delta} \\ &= \frac{w' L}{8} \left(\frac{L}{\delta} \right) = \frac{w' l'}{8n} \left(\frac{L}{\delta} \right) \end{aligned}$$

であるから、 $\frac{L}{\delta}$ の値に關して各格間に對して一樣に

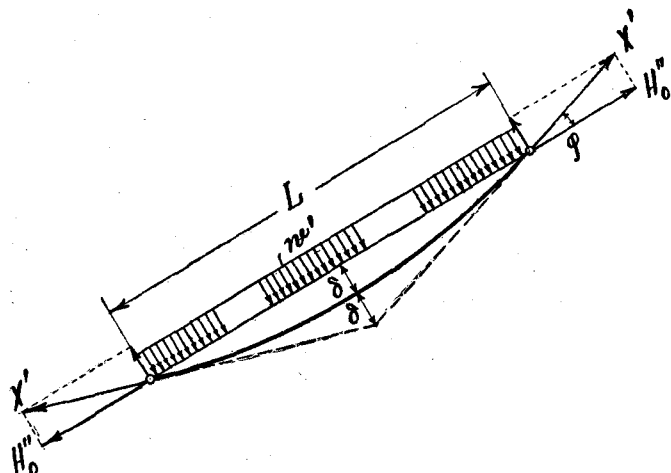


圖-34. 單一格間の側方撓度による應力 X'_i

(16)

$$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{20} \dots\dots\dots (68)$$

を假定すれば

$$H'_0 = 2,5 \frac{w' l}{n}$$

一方に於て

$$\tan \varphi = \frac{2\delta}{\frac{L}{2}} = 4 \frac{\delta}{L} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{\cos \varphi} = \sqrt{1 + \tan^2 \varphi} = \sqrt{\frac{26}{5}}$$

故に

$$X (=X_1) = 2,549510 \cdot \frac{w' l}{n} \dots\dots\dots (69)$$

此の値を式 (67) に挿入して主索格間に生ずる最大應力を算定することを得る。

II 断面の決定

(1) 一般公式の誘導

前節 I に於て著者は主索に生ずる最大應力の算定につき吟味せるも、言ふ迄もなくこれは索條に働く純張力のみに關する方法であつたのである。抑留網羽の實際を見るに、主索格間の主要部分は側方撓度を生じ、從て前節 (67) 式による應張力の外に嚴密には更に曲げ應力をも生ずる理なるも、主索格間の主要部分に於ける曲率半径はの場合極めて大となるを以て爲めに曲げ應力の影響は微少となり、從てかゝる部分に對してはこの影響を無視して差支ない。然し主索格點を中心とするその近接局部に於ては、主索兩側格間が此の格點に於て強く屈折する傾向となり曲率半径は著しく小となるを以て曲げ應力の影響を無視し得ない。而して此の部分は前記應張力も亦極めて優勢なれば、兩者合成による複合應力度著大にして主索構造に於ける最弱點となる危險性が十分にある。從て主索断面を決定する場合は此の最弱點に作用するかゝる複合應力度の考察のもとに之をなすの必要がある。

以下に於ては次の諸記號を使用する。

S_i = 第 i 格間に於ける最大張力 (67式)

d_r = 索條直徑

1) 「抑留網羽の破壊荷重に就て」北大演習林研究報告 第12卷 第2號, 公式(7)参照

δ_r = 索條を構成する素線の最大直徑

D = 索條の曲げの最小直徑

F = 直徑 d_r の圓面積 $= \frac{\pi d_r^2}{4}$

F_s = 索條に於ける素線の總斷面積 $= c_2 F$

E_r = 索條の彈性係數 (長さの方向に於ける) $= 1000000 \text{ kg/cm}^2$

然るときは主索素條に生ずる複合最大應力度 σ は一般的に次式によつてあらはされる,¹⁾

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{S_t}{F_s} + \epsilon \cdot E_r \cdot \frac{\delta_r}{D} \\ \epsilon &= \alpha + \beta \frac{d_r}{D} \\ \alpha, \beta &: \text{索條による定數} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (70)$$

但し

更に又

B_w = 索條の破壊強 (保證破斷力)

ϕ = 安全率

$m' = \frac{d_r}{\delta_r}$

とすれば索條斷面の設計條件としては

$$\frac{1}{\phi} \cdot \frac{B_w}{F_s} \cong \sigma \dots\dots\dots (71)$$

となり、次の索條直徑決定に關する一般條件式を得られる、

$$\left. \begin{aligned} d_r &\cong k \sqrt{\frac{S_t}{\frac{1}{\phi} \cdot \frac{B_w}{F_s} - \frac{E_r}{m'} (\alpha + \beta \chi) \chi}} \\ k &= \frac{2}{\sqrt{\pi c_2}} \\ \chi &= \frac{d_r}{D} = \frac{m' \delta_r}{D} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (72)$$

但し

此處で嚴密に言へば右邊に d_r の介入してゐることは不合理に見えるが、 d_r 自身は未知量であるけれども比 $\frac{d_r}{D}$ は網羽技術の實用上これを一定と看做して (72) 式の簡略化を計つたのである。

(2) 諸定數の決定

1) 拙稿「吊橋に於ける索條の曲げに就て」：土木學會誌 昭和16年1月號 15頁參照

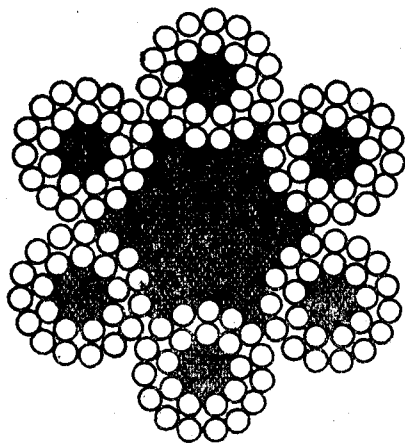
(18)

敘上(72)式の諸定数は之を抑留網羽の主索に對して採用せらるゝ鋼索斷面型式に就て特殊化せられねばならぬ。抑留網羽主索に對する適切なる斷面型式を決定する場合の考慮すべき條件としては

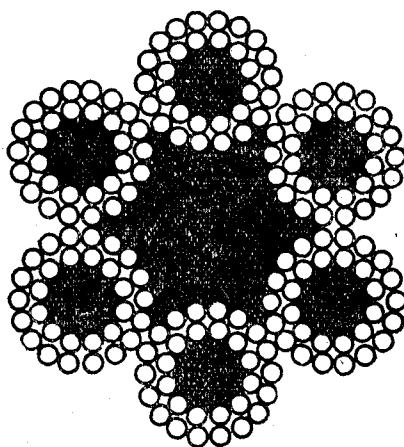
(i) 軽くして柔軟性 (Flexibility) 多きこと、即ち主索々條を架設する場合、實地に於てはこれを相當の小半徑を以て彎曲せしめて (所謂鵜首卷の如き) 網羽の構成をなすべき個所極めて多く、取扱及び施工上軽くして柔軟なることは此の場合主索々條に對して強く要求せられる。

(ii) 直徑小なるも強度大なること、取扱と前記輕きこと以外に直徑の小なること極めて必要にして、直徑の大なるものは彎曲の最小半徑も勢ひ大なるを要し施工上不利不便を齎すのである。然れとも一方では主索の作用應力亦極めて強大なるを以て之に對しては太さの割りに極限強の可及的高きものが構造部材の性質上要求せらるゝのである。

以上の條件によつて7種の日本標準規格鋼索斷面型式中その第4號及び第5號 (圖-35) が適當ならむと思考せらるゝも、就中第4號が此の場合最適であらう。何となれば兩者共中心及び各子繩中心共麻入の特別柔軟鋼索にして、前者は前記條件 (i) に於ては后者に稍劣るも條件 (ii) に於て遙かに勝りたるのみならず、前者の素線直徑は后者のそれよりも大なるを以て、抑留網羽の如く外界に露出して且つその主要部分が天然河水中に浸漬する如き架設物に對しては、素線の自然的腐蝕及び撤去に當り清掃鏽落しを施すに起因する摩耗の影響などを考慮して素線の太き第4號の方を有利と認むるからである。



J E S 第 4 號



J E S 第 5 號

圖-35. 鋼 索 斷 面

而して各地抑留網羽の實際に於ても現今殆ど全部この型式を極めて有効に使用し居る現状であつて、敘上の理由により他に更に適切なる斷面型式の出現せざる限り、上記日本標準規格

第4號即ち24本線6撚中心及び各子繩中心共麻入の鋼索斷面型式を以て網羽を構成する現在の實地技法は正鵠を得たるものといふべきである。著者は從て以下に於て此の斷面型式に對して諸定數を吟味することとする。

(a) α, β

網羽の主副兩索は言ふまでもなく靜索なれば、24本線6撚中心及び各子繩中心共麻入索條よりなる靜索につき條件を色々に變化せしめて、それから純張力及び曲げ應力の同時作用によりて破壊する實驗を有たなければ定數 α, β の決定は不可能である。然し索條に關する實驗は特殊な設備と方法とを要するが爲めに極めて厄介である。著者は之に對して索條専門家の行つた似寄りの實驗値を活用することとした。

American Cable Company 技師長 Rairden は靜索の複合應力に因る破斷試驗を行つたが、¹⁾ 其中に於て19本線6撚索條の麻心のもの及び共心のものの上記破斷強の純張力に因る破斷強に對する強度減少率を $\frac{D}{d_r}$ 比較圖示してゐる。表-23 はその實驗より著者がなした比較である。

表-23. 19本線6撚麻心及共心索條の複合應力に因る破斷強の比較

$\frac{D}{d_r}$	19本線 6 撚. 填隙素 線 6 本. 並撚. 麻心	19本線 6 撚. 填隙素 線 6 本. 並撚. 共心	兩 者 減 少 率 の 差 (%)
	破 斷 強 の 減 少 率 (%)		
25	5,76	6,90	19,8
20	7,15	8,60	20,3
15	9,52	11,44	20,2
10	14,18	17,07	20,4
5	23,00	—	—
減少率の差 平均20%			

此の表によつて明かなる如く、兩者強度減少率の差は $\frac{D}{d_r}$ の變化とは無關係に一律に20%である。即ち此の索條では麻心のものの方がそれだけ共心のものに比し複合應力に對して好條件にある。而して此の事情は24本線6撚中心及び子繩中心共麻入の索條に對してはどうかといふに、之に於ては子繩だけを考ふれば、その麻心ならざる場合に較べて複合應力に關しては20%確かに好條件にある筈である。更に之を索條全體として考ふれば、曲げ應力に對して最も影響を及ぼす處の索條周邊に位置する子繩も麻心であるので、從つて全體としては複合應力に對しは敍上より推論して20%以上は有利なる條件下にあるべきことは明かである。今著者の研究

1) Proc. Am. Soc. Civ. Eng., Vol. 59. 1933. p. 183.

(20)

によれば、19本線6撚麻心索條に對す定數 α, β は

$$\alpha=0,082446, \beta=0,317122$$

であるから、¹⁾ 此の定數に80%を乗じたるものを以て24本線6撚中心及各子繩中心共麻入索條の定數として採用して十分安全なることを知るのである。従て

$$\left. \begin{array}{l} \alpha=0,065997 \\ \beta=0,253698 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (73)$$

(b) $\frac{B_w}{F_s}$

現在本邦の主要工場にて製造せらるゝ24本線6撚中心及び各子繩中心共麻入の索條用素線材料は概ね所謂 Improved Patent Steel (極限強: 90% σ'' 級, 140~155kg/mm²) である。日本標準規格第104號類別 F9 は索條直徑に對する破斷荷重のみを規定するところなるも、此の第4號斷面型式に對し索條效率 (Strand Efficiency) 87,5%を假定すれば大體上記材質が豫想せられるのである。

表-24. 日本標準規格第4號型式の $\frac{B_w}{F_s}$ の値

d_r (mm)	B_w (t)	F_s (cm ²)	$B_w : F_s$ (t/cm ²)
8	2,88	0,22699	12,688
14	8,82	0,69516	12,688
22	21,78	1,71662	12,688
30	40,50	3,19206	12,688
38	64,98	5,12148	12,688
46	95,22	7,50488	12,688
55	136,13	10,7289	12,688
65	190,13	14,9849	12,688

この索條の斷面型式日本標準規格第4號の規格直徑8mm乃至65mm中より數種を選び、之につきて素線總斷面積 F_s と破斷強 B_w とより $\frac{B_w}{F_s}$ を計算すれば表-24 記載の如く比は一定値にして次の如くなる。

$$\frac{B_w}{F_s} = 12,688 \text{ t/cm}^2 \dots\dots\dots (74)$$

(c) χ

1) 「前出拙稿: 「吊橋に於ける索條の曲げに就て」 15頁

Stewart: Behavior of Stationary Wire Ropes in Tension and Bending, Transactions of A. S. C. E., 1937.

(i) m'

日本標準規格第4號斷面に對し此の値は本邦の製索技術に於ては次の如くである。

$$m' = 17,857$$

(ii) δ_r

此の素線直径は主索々條直径より凡そ想像し得らるゝ處である。主索直径は樺太幌内川抑留網羽の如く表裏兩親網共 3' の大徑を使用するものもあるが、普通は殆ど 50mm 乃至 60mm 範圍内にある。従て以下に於ては d_r の平均値を 55mm として

$$\delta_r = 3,080\text{mm}$$

を假定する。



圖-36. 格點に於ける主索の彎曲狀態

(iii) D

これは言ふまでもなく主索鋼索の軸張力の優勢なる部分に於ける曲げの最小直径にして、前述の如く複合應力度の最大と考えらるゝ格點が此の場合問題となる。副索は 圖-36、圖-37 に見る如く、主索部材の一部たる網羽子の略中央に普通連結せられ格點はこの位置に構成せられる。而して主索は曲げに對して剛性を有する網羽子と共に副索に連結せらるゝが爲めに副索による曲げ作用は殆ど此の片側3本より成る網羽子によつて阻止せられ、従て格點自身に於ては主索に大きな曲げはかゝらない。之に反して網羽子と網羽子との連接點は屈折極めて自由にして、此の部分に於ては主索に大なる曲げを生ずべき理なるも、翻て架設技術のこの部構成細部を觀れば、棧併並びに網羽子の連結鋼索に主索は網羽子の各連接點毎に4個所に於て緊縛せら

(22)

れて、力學的にはこれらが主索に對して水平方向に彈性支點の如くに働き(圖-37)、結局此の部分に於ても主索の屈折は之等支點によつて阻止せられて主索の受くる曲げ現象は著しくはな

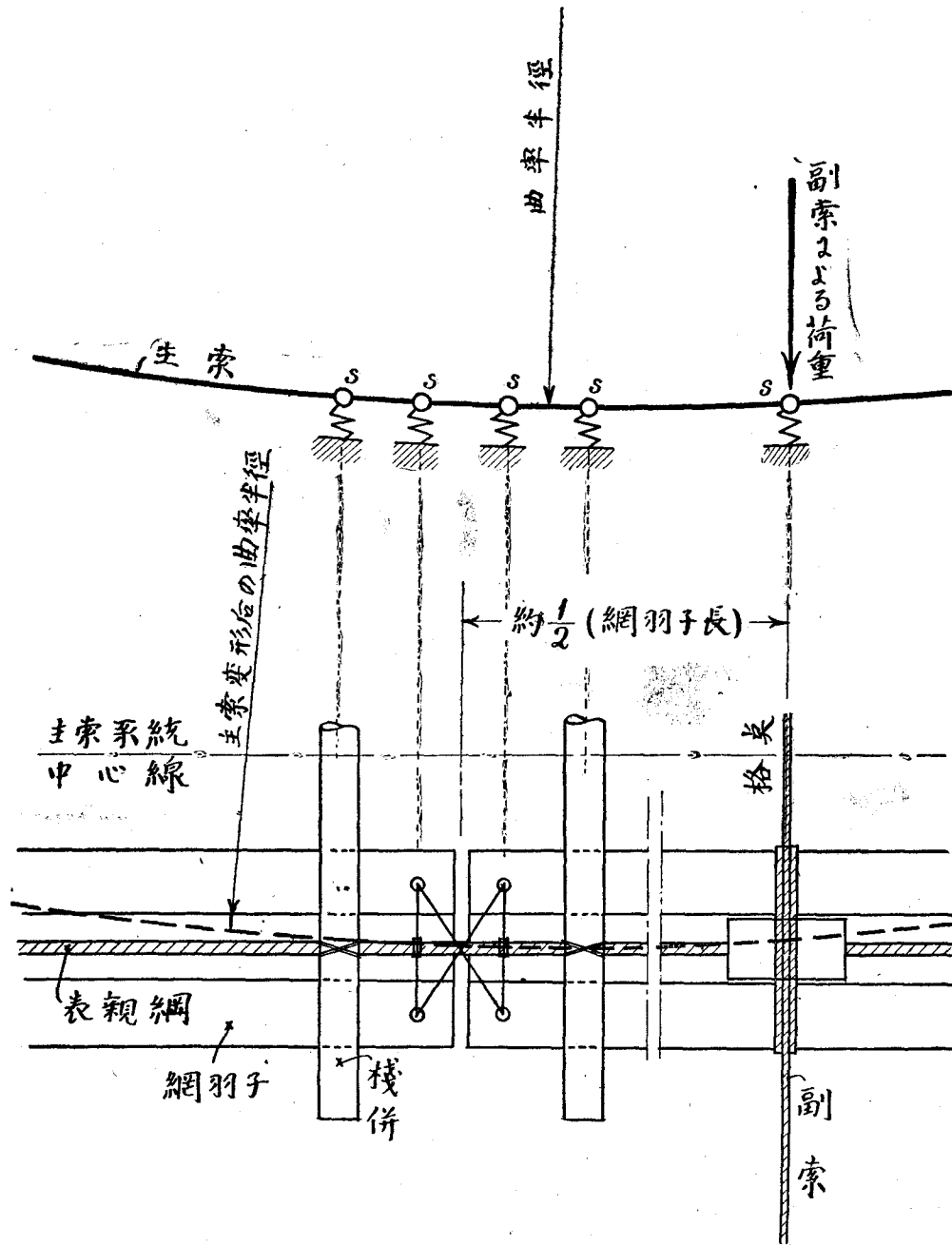


圖-37. 主索の格點に於ける曲率半径

い。著者が実験を実施せる日高國平取村二風谷地先沙流川抑留網羽に於ける實際に徴すれば、格點に於ける曲率半径は普通5米以上7～8米にして、局部的には更に稍小なる半径もあらはるゝが如くである。従て著者は以下に於ては主索の曲率の最小直径に就て安全のため

$$D = 300\text{cm}$$

と假定することゝする。而してかく假定すれば

$$\frac{D}{\delta_r} = \frac{3000}{3,08} = 974$$

となり、例へば索道技術に於て支索等の静索に關し比 $\frac{D}{\delta_r}$ を1000内外以上にとる慣例とも合致することとなり此の場合の上記假定が實用上正當なることを首肯せしめるのである。

(iv) χ

以上各定数の數値により χ の値は次の如くなる。

$$\chi = \frac{m' \delta_r}{D} = 0,0183337 = \frac{1}{54,544} \dots\dots\dots (75)$$

(d) C_2

直径 d_r の索條に於ける素線の總斷面積を F_s 、同一直徑の圓面積を F とすれば、兩者の比

$$c_2 = \frac{F_s}{F}$$

は同一型式の索條であれば其の索條直径の大小或は素線數の多寡には無關係に近似的に一定値となり、¹⁾ 此の性質が索條より構築さるゝ構造物の設計理論及びその計算方法を簡易化すること甚大である。而して問題の JES 第4號の抑留網羽鋼索に關しては c_2 の値及び其の定値性は

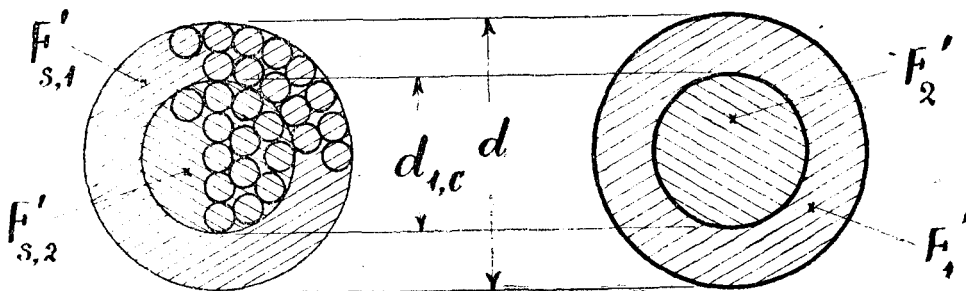


圖-33. 子 繩 の 關 係

如何なるものであらうか。著者は本項に於て此の點につき吟味を進むることゝする。

(a) 子 繩 (Strand; „Litze”).

今 (圖-38)

1) 前出拙稿:「吊橋に於ける索條の曲げに就て」 9～10頁

F_s : 子繩の素線總斷面積

$F_{s,1}$: 子繩の $(d_1 - d_1, c)$ の部分に於ける素線總斷面積

$F_{s,2}$: 子繩の直径 d_1, c の部分に於ける素線總斷面積

F' : 直径 d_1 の圓面積

F_1 : 圓環 $(d_1 - d_1, c)$ の面積

F_2 : 直径 d_1, c の圓面積

と假定すれば

$$F_s = F_{s,1} + F_{s,2}, \quad F = F_1 + F_2$$

$$c'_2 = \frac{F_{s,1} + F_{s,2}}{F_1 + F_2}$$

なる關係より子繩に於ける素線と直径 d_1 なる圓面積との比は次の如くなる。

$$\frac{F_{s,1}}{F'} = c'_2 - c'_2, c \cdot \left(\frac{F_2}{F'} \right)$$

或は

$$\left. \begin{aligned} \frac{F_{s,1}}{F'} &= c'_2 - c'_2, c \cdot \left(\frac{d_1, c}{d_1} \right)^2 \\ c'_2, c &= \frac{F_{s,2}}{F_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (a)$$

但し

(i) 比 $\left(\frac{d_1, c}{d_1} \right)$

JES 第 4 號に對し此の比 $\frac{d_1, c}{d_1}$ を見れば

d_r (mm)	$d_1 = d_r : 3$ (mm)	δ_r (mm)	$d_1 : \delta_r$
50	16,6	2,800	5,9524
55	18,3	3,080	5,9524
60	20	3,360	5,9524

$$d_1 = 5,9524 \cdot \delta_r$$

$$d_1, c = d_1 - 4\delta_r = 1,9524 \cdot \delta_r$$

$$\therefore \frac{d_1, c}{d_1} = 0,328002 \dots\dots\dots (b)$$

(ii) 定數 c'_2

此の定數 c'_2 は普通の螺旋索條 (Spiral rope) に於ける素線總斷面積と圓面積との比に外な

らないが、唯この場合 JES 第4號索條の子繩をその素線を以て充實せしめたる場合の素線の層數 p を如何にとるかの問題である。而して

$$p = \frac{d_1 - \delta_r}{2} ; \delta_r = 2,4762$$

即ちこの假想的な層數は $p=2$ 及び 3 の間にある。尙ほ

$$p=2 \quad c'_2 = 0,7600^{11)}$$

$$p=3 \quad c'_2 = 0,7551$$

であるから比例により次の値を得る。

$$c'_2 = 0,7577 \dots\dots\dots(c)$$

(iii) 定數 $c'_{2,c}$

此の定數は式 (a) に見らるゝ如く JES 第4號索條の子繩の麻心の部分を同一素線を以て充實せしめたる場合の素線總斷面積と圓面積との比である。而して上記により

$$d_{1,c} = 1,9524 \cdot \delta_r$$

であるから直徑 δ_r の素線の
みを以てこの部分を充實せし
むる譯には行かない。今極め
て簡単に中央に直徑 δ_r の素
線を置き殘餘の部分を1層の
素線を以て取り卷くものとす
れば(圖-39),

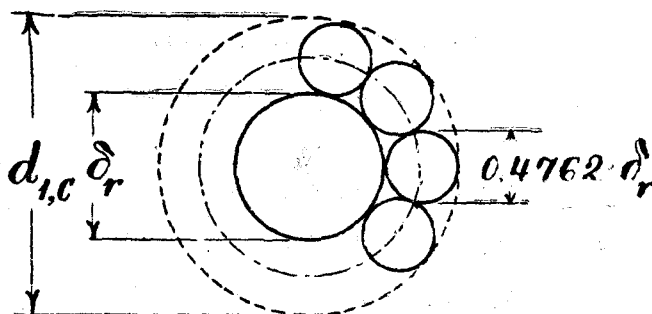


圖-39. 子繩麻心部分の假想素線

$$\text{外層素線直徑} = 0,4762 \cdot \delta_r$$

従て

$$\text{外層素線の假想本數} = 9,739$$

故に

$$F_{s,2} = \frac{\pi}{4} \delta_r^2 + 9,739 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,4762 \cdot \delta_r)^2 = 3,2085 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \delta_r^2 \right)$$

$$\therefore c'_{2,c} = \frac{F_{s,2}}{F_2} = 0,841713 \dots\dots\dots(d)$$

以上 (b), (c), (d) の値を式 (a) に入れれば

(26)

$$\frac{F_{s,1}}{F} = 0,6671 \dots\dots\dots (76)$$

(β) JES 第4號索條

前項 (α) にて取扱ひたる子繩6本を以て綯り合
されたる JES 第4號索條に就きて更に定數 c_2 を求
むる必要がある。而して (圖-40)

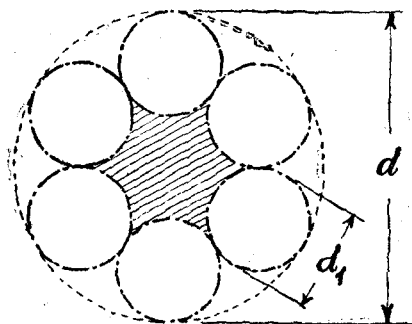


圖-40. 子繩6撚麻心索條

$$F_s = 6F_{s,1}, F = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (3d_1)^2 = 9 \cdot \frac{\pi d_1^2}{4} = 9F$$

$$\therefore c_2 = \frac{F_s}{F} = \frac{2}{3} \left(\frac{F_{s,1}}{F} \right) = \frac{2}{3} \cdot 0,6671 = 0,44473 \dots\dots\dots (77)$$

尙ほ此の (77) 式は一應吟味すれば

吟味1. JES 第4號索條 直徑50mm.

$$\text{素線直徑} = 2,8\text{mm} \quad F_{s,1} = 147,7809\text{mm}^2$$

$$F_s = 6F_{s,1} = 886,6852\text{mm}^2 \quad F = 1963,5\text{mm}^2$$

$$\therefore c_2 = 0,4516$$

(77) 式に對する誤差 = 1,5%

吟味2. JES 第4號索條 直徑55mm.

$$\text{素線直徑} = 3,08\text{mm} \quad F_{s,1} = 178,8148\text{mm}^2$$

$$F_s = 1072,889\text{mm}^2 \quad F = 2875,835\text{mm}^2$$

$$\therefore c_2 = 0,4516$$

(77) 式に對する誤差 = 1,5%

(c) k

c_2 が決すれば k も定まる, 即ち

$$k = \frac{2}{\sqrt{\pi c_2}} = 1,692 \dots\dots\dots (77a)$$

(3) 索條直徑決定條件式と算例

以上求めた JES 第4號索條に關する諸値を (72) 式に挿入すれば次の如き主索の索條直徑
決定に關する條件式が得られる。

$$d_r \geq 1,692 \cdot \sqrt{\frac{S_i}{\frac{12,688}{\phi} - 0,0725}} \quad \left. \begin{array}{l} \text{但し} \\ S_i : \text{単位 (tg)} \\ \frac{B_w}{F_s} : 12,688 \text{ t/cm}^2 \text{ 級素線材質} \\ d_r : \text{単位 (cm)} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (78)$$

此の公式に依て次に抑留網羽第 1 型式並びに第 2 型式の両者に就き算例を試みることにする。

算例 1. 抑留網羽第 1 型式

日高國平取村二風谷地先沙流川抑留網羽

基礎項目: $w' = 527 \text{ kg/m}$

$$l' = 949,^m 90$$

$$f' = 58,^m 89$$

$$n = 21$$

$$\beta_0 = 70^\circ$$

$$\alpha_{s0} = 26^\circ$$

今荷重の方向を決める量につき $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$ を假定すれば

$$\text{式 (36)} \quad \tan \beta = 0,27474774$$

$$\frac{1}{\cos \beta} = 1,0370565$$

$$\beta = 15^\circ 21', 7687$$

$$90^\circ + \beta - \beta_0 = 35^\circ 21', 7687 > \alpha_{s0}$$

即式 (54) 中の第 1 型式に関する条件式を充足する。

$$\text{式 (37)} \quad \alpha_s = \alpha_{s0} + \beta_0 - \beta = 80^\circ 38', 2313$$

$$\tan \alpha_s = 6,0649413$$

$$\frac{1}{\cos \alpha_s} = 6,146829$$

$$1 + \cos 2\beta = 1,8596239$$

$$\frac{f'}{l'} = 0,061996$$

$$m = \frac{1}{\cos^2 \beta} \left(\frac{f'}{l'} \right) = 0,066675849$$

$$4m = 0,266703396$$

$$c_i = \frac{\tan \alpha_s + \tan \beta}{4m} = 23,770559$$

$$c' = n(1 + c_i) = 520,18174$$

$$\frac{4m}{n} = 0,012700162$$

$$l = l' \cos \beta = 915,^m95781$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\cos \alpha_i} &= \sqrt{1 + \left\{ \tan \beta + \left(\frac{4m}{n} \right) (n - 2i + 1) \right\}^2} \\ &= \sqrt{1 + \left\{ 0,55415130 - 0,025400324 \cdot i \right\}^2} \end{aligned}$$

以上の数値によつて $\frac{1}{\cos \alpha_i}$, $\frac{X_i}{HP_0}$, $\frac{X_{s,i}}{HP_0}$ を計算すれば夫々 表-25, -26, -27 を得, 後二者の變化を之により曲線にて示せば 圖-41 を得る。

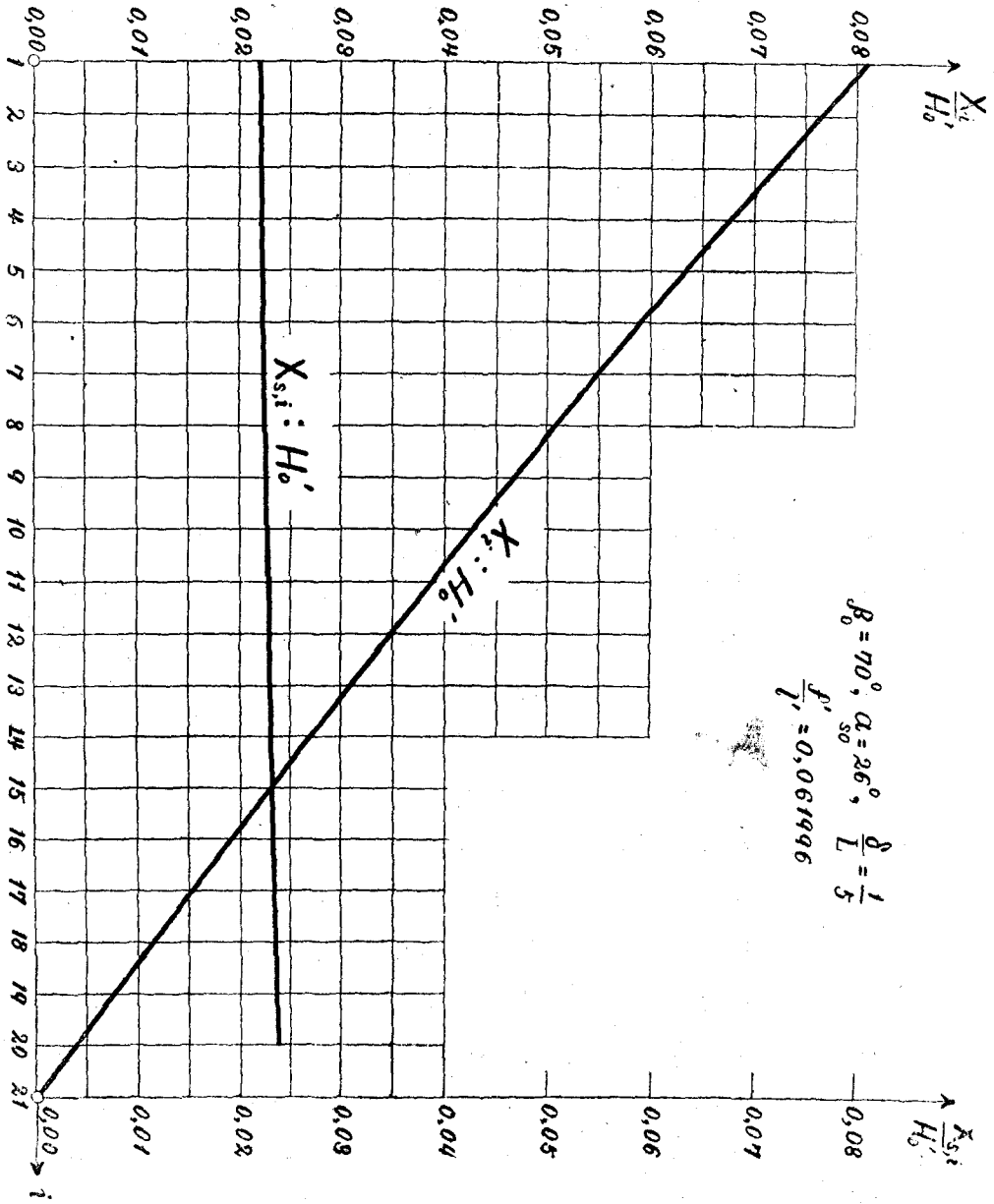


圖 41. 曲線 $\frac{X_{s,i}}{H'_0}$ 及 $\frac{X_{s,i}}{H_0}$ (第 1 型式)

表-25. $\frac{1}{\cos \alpha_i}$ の 計 算

$\frac{1}{\cos \alpha_i} = \sqrt{1 + \left\{ 0,554\,151\,30 - 0,025\,400\,324\,i \right\}^2}$				
	(1)	(2)	(3)	(4)
i	$0,025\,400\,324\,i$	$0,554\,151\,30 - 0,025\,400\,324\,i$	$1 + (2)^2$	$\frac{1}{\cos \alpha_i} = \sqrt{(3)}$
1	0,025400324	0,52875098	1,27957760	1,1312
2	050800648	50335065	1,25336188	1,1195
3	076200972	47795033	1,22843652	1,1083
4	10160130	45255000	1,20480150	1,0976
5	12700162	42714968	1,18245685	1,0874
6	15240194	40174936	1,16140255	1,0777
7	17780227	37634903	1,14163859	1,0685
8	20320259	35094871	1,12316500	1,0598
9	22860292	32554838	1,10598175	1,0517
10	25400324	30014806	1,09008886	1,0441
11	27940356	27474774	1,07548632	1,0371
12	30480389	24934741	1,09217413	1,0306
13	33020421	22394709	1,05015230	1,0248
14	35560544	19854676	1,03942082	1,0195
15	38100486	17314644	1,02997969	1,0149
16	40640518	14774612	1,02182892	1,0109
17	43180551	12234579	1,01496849	1,0075
18	45720583	09694547	1,00939842	1,0047
19	48260616	07154514	1,00511871	1,0026
20	50800648	04614482	1,00212934	1,0011
21	53340680	02074450	1,00043033	1,0002

表-26. X_i の係数 $\frac{1+\cos 2\beta}{\cos \alpha_i} \cdot \frac{n-i}{c'-2i+1}$ の計算

$c'+1=521,18174 \quad 1+\cos 2\beta=1,8596239$					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
i	$n-i$	$c'-2i+1$	$\frac{(2)}{(3)}$	$(4) \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}$	$(5) \cdot (1+\cos 2\beta)$
1	20	519,18174	0,03852216	0,04357627	0,081035
2	19	517,18174	03673757	04112771	076483
3	18	515,18174	03493913	03872304	072010
4	17	513,18174	03312667	03635983	067616
5	16	511,18174	03130002	03403564	063293
6	15	509,18174	02945903	03174800	059039
7	14	507,18174	02760352	02949436	054848
8	13	505,18174	02573331	02738024	050917
9	12	503,18174	02384824	02508119	046642
10	11	501,18174	02194813	02291604	042615
11	10	499,18174	02003278	02077600	038636
12	9	497,18174	01810203	01865595	034693
13	8	495,18174	01615568	01655634	030789
14	7	493,18174	01419355	01447032	026909
15	6	491,18174	01221544	01239745	023055
16	5	489,18174	01022115	01033256	019315
17	4	487,18174	008210488	008272067	015383
18	3	485,18174	006183250	006212311	011553
19	2	483,18174	004139229	004149991	0077174
20	1	481,18174	002078217	002080503	0038690
21	0	479,18174	0	0	0

表-27. $X_{s,i}$ の係数 $\frac{1+\cos 2\beta}{\cos a_s} \cdot \frac{r_{s,i}}{i-2i+1}$ の計算

$\frac{1+\cos 2\beta}{\cos a_s} = 11,430790$				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
i	$i-2i+1$	$r_{s,i}$	$\frac{(3)}{(2)}$	$\frac{1+\cos 2\beta}{\cos a_s} \cdot (4)$
1	519,18174	0,996148	0,00191869	0,021932
2	517,18174	996132	00192608	022017
3	515,18174	996117	00193353	022102
4	513,18174	996102	00194103	022188
5	511,18174	996088	00194860	022274
6	509,18174	996073	00195622	022361
7	507,18174	996057	00196391	022449
8	505,18174	996041	00197165	022538
9	503,18174	996025	00197945	022627
10	501,18174	996009	00198732	022717
11	499,18174	995993	00199525	022807
12	497,18174	995977	00200325	022899
13	495,18174	995961	00201130	022991
14	493,18174	995945	00201943	023084
15	491,18174	995928	00202762	023177
16	489,18174	995912	00203587	023272
17	487,18174	995895	00204420	023367
18	485,18174	995878	00205259	023463
19	483,18174	995844	00206101	023559
20	481,18174	1,000000	00207822	023756

次に上記係數に H_0 を乗するを要する。

$$\text{荷重假定: } w' = 527 \text{ kg/m} \quad H_0 = \frac{w'l^2}{8f} = 1009,33 \text{ t}$$

又式 (69) により

$$X' = 2,54951 \cdot \frac{w'l'}{n} = 60,775 \text{ t}$$

これより式 (67) によつて主索格間最大應力 S_i をその表親綱及び裏親綱の兩者に就て各別に求めなければならぬ。此處で表親綱は荷重の働き方が裏親綱よりも直接的であるから、從つてその作用應力も大なる筈である。此の分擔率を表親綱65%、裏親綱35%と假定して計算を進めることとする。¹⁾ 又主索直徑決定の條件式 (78) に介入する安全率に關しては此の場合

$$\phi = 1,5 \dots\dots\dots (78a)$$

と假定する。抑留網羽は流送期間中のみの假設物であり永久構造物ではないから主、副兩索系統索條の設計には上記安全率は過小ならずと思はれる。かくて表-28、表-29の如くして主索直徑は決定せらる。

1) 之に關しては本稿第六部に於て別に吟味する。

表-28. 主索應力の計算(第1型式)

i	$X_i = (\text{係数}) \cdot H'_0$ (t)	$X_{i,f} = 0,65 X_i$ (t)	$X_{i,l} = 0,35 X_i$ (t)	$0,65 X'$ (t)	$0,35 X'$ (t)
1	81,791	53,164	28,627	39,504	21,271
2	77,196	50,177	27,019	39,504	21,271
3	72,682	47,243	25,439	39,504	21,271
4	68,247	44,361	23,886	39,504	21,271
5	63,884	41,525	22,359	39,504	21,271
6	59,590	38,734	20,857	39,504	21,271
7	55,360	35,984	19,376	39,504	21,271
8	51,392	33,405	17,987	39,504	21,271
9	47,077	30,600	16,477	39,504	21,271
10	43,013	27,958	15,055	39,504	21,271
11	38,996	25,347	13,649	39,504	21,271
12	35,017	22,761	12,256	39,504	21,271
13	31,076	20,199	10,877	39,504	21,271
14	27,160	17,654	9,506	39,504	21,271
15	23,270	15,126	8,145	39,504	21,271
16	19,394	12,606	6,788	39,504	21,271
17	15,527	10,093	5,434	39,504	21,271
18	11,661	7,580	4,081	39,504	21,271
19	7,789	5,063	2,726	39,504	21,271
20	3,905	2,538	1,367	39,504	21,271
21	0	0	0	39,504	21,271

*) 係数は表-26の数値。

**) 格点集中荷重理論による表親綱應力を $X_{i,f}$, 裏親綱應力を $X_{i,l}$ とす。

表 29. 主 索 直 径 の 決 定 (第 1 型 式)

i	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	S_i (t)		$S_i: 8,386$ (cm ²)		$\sqrt{(2)}$ (cm)		所要 直径 } = 1,692 \cdot (3) (cm)		採用 } d_i 直径 } (mm)	
	表 親	裏 親	表 親	裏 親	表 親	裏 親	表 親	裏 親	表 親	裏 親
1	92,668	49,898	11,050	5,950	3,324	2,439	5,62	4,13	58	42
2	89,681	48,290	10,694	5,753	3,270	2,400	5,53	4,06	58	42
3	86,747	46,710	10,344	5,570	3,216	2,360	5,44	3,99	58	42
4	83,865	45,157	10,001	5,385	3,162	2,321	5,35	3,93	58	42
5	81,029	43,630	9,662	5,203	3,109	2,281	5,26	3,86	58	42
6	78,238	42,128	9,330	5,024	3,055	2,241	5,17	3,79	52	42
7	75,488	40,647	9,002	4,847	3,000	2,202	5,08	3,73	52	42
8	72,909	39,258	8,694	4,681	2,949	2,164	4,99	3,66	52	38
9	70,104	37,748	8,360	4,501	2,891	2,121	4,89	3,59	52	38
10	67,462	36,326	8,045	4,332	2,836	2,081	4,80	3,52	52	38
11	64,851	34,920	7,733	4,164	2,781	2,041	4,71	3,45	48	38
12	62,265	33,527	7,425	3,998	2,725	1,999	4,61	3,38	48	38
13	59,703	32,148	7,119	3,834	2,668	1,958	4,51	3,31	48	38
14	57,158	30,777	6,816	3,670	2,611	1,916	4,42	3,24	48	38
15	54,630	29,416	6,514	3,508	2,522	1,873	4,27	3,17	48	32
16	52,110	28,059	6,214	3,346	2,493	1,829	4,22	3,09	48	32
17	49,597	26,705	5,914	3,184	2,432	1,784	4,11	3,02	42	32
18	47,084	25,352	5,615	3,023	2,370	1,739	4,01	2,94	42	32
19	44,567	23,997	5,314	2,862	2,305	1,692	3,90	2,86	42	32
20	42,042	22,638	5,013	2,700	2,239	1,643	3,79	2,78	42	32
21	39,504	21,271	4,711	2,536	2,170	1,592	3,67	2,69	42	32

1) 本邦某社型録による。

算例2. 抑留網羽第2型式

第二部算例のものに就てなすこととする(表-20, 表-21, 表-22参照)。荷重 w' を算例1と同様に假定すれば H_0 , X' 共に算例1と同様になり表-30, 表-31の如くして主索直径を決定し得る。

表-30. 主索應力の計算(第2型式)

i	$X_i = (\text{係数}) \cdot H'_0$ (t)	$X_{i,f} = 0,65 X_i$ (t)	$X_{i,l} = 0,35 X_i$ (t)	$0,65 X'$ (t)	$0,35 X'$ (t)
1	.	.	.	.	.
2	4,955	3,221	1,734	39,504	21,271
3	9,765	6,347	3,418	39,504	21,271
4	14,439	9,385	5,054	39,504	21,271
5	18,983	12,339	6,644	39,504	21,271
6	23,412	15,218	8,194	39,504	21,271
7	27,725	18,021	9,704	39,504	21,271
8	31,954	20,770	11,184	39,504	21,271
9	36,071	23,446	12,625	39,504	21,271
10	40,101	26,066	14,035	39,504	21,271
11	44,051	28,633	15,418	39,504	21,271
12	47,937	31,159	16,778	39,504	21,271
13	51,763	33,646	18,117	39,504	21,271
14	55,539	36,100	19,439	39,504	21,271
15	59,274	38,528	20,746	39,504	21,271
16	62,975	40,934	22,041	39,504	21,271
17	66,651	43,323	23,328	39,504	21,271
18	70,311	45,702	24,609	39,504	21,271
19	73,964	48,077	25,887	39,504	21,271
20	77,617	50,451	27,166	39,504	21,271
21	81,279	52,831	28,448	39,504	21,271

表-31. 主索直径の決定(第2型式)

i	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	S_i (t)		$S_i: 8,386$ (cm ²)		$\sqrt{2}$ (cm)		所要 } = 1,692 \cdot (3) 直径 } (cm)		採用 } 直径 } d_r (mm)	
	表 親	裏 親	表 親	裏 親	表 親	裏 親	表 親	裏 親	表 親	裏 親
1	.	.	.	.	.	.	.	.	42	32
2	42,725	23,005	5,095	2,743	2,257	1,656	3,82	2,80	42	32
3	45,851	24,689	5,468	2,944	2,339	1,716	3,96	2,90	42	32
4	48,889	26,325	5,830	3,139	2,415	1,772	4,09	3,00	42	32
5	51,843	27,915	6,182	3,329	2,486	1,825	4,21	3,09	48	32
6	54,722	29,465	6,525	3,514	2,554	1,875	4,32	3,17	48	32
7	57,525	30,975	6,860	3,694	2,619	1,922	4,43	3,25	48	38
8	60,274	32,455	7,187	3,870	2,681	1,967	4,54	3,33	48	38
9	62,950	33,896	7,507	4,042	2,740	2,010	4,64	3,40	48	38
10	65,570	35,306	7,819	4,210	2,796	2,052	4,73	3,47	48	38
11	68,137	36,689	8,125	4,375	2,850	2,092	4,82	3,54	52	38
12	70,663	38,049	8,426	4,537	2,903	2,130	4,91	3,60	52	38
13	73,150	39,388	8,723	4,697	2,953	2,167	5,00	3,67	52	38
14	75,604	40,710	9,016	4,855	3,003	2,203	5,08	3,73	52	42
15	78,032	42,017	9,305	5,010	3,050	2,238	5,16	3,79	52	42
16	80,438	43,312	9,592	5,165	3,097	2,273	5,24	3,85	58	42
17	82,827	44,599	9,877	5,318	3,143	2,306	5,32	3,90	58	42
18	85,206	45,880	10,161	5,471	3,188	2,339	5,39	3,96	58	42
19	87,581	47,158	10,444	5,623	3,232	2,371	5,47	4,01	58	42
20	89,955	48,437	10,727	5,776	3,275	2,403	5,54	4,07	58	42
21	92,335	49,719	11,011	5,929	3,319	2,435	5,62	4,12	58	42

III 断面決定に対する注意

主索断面の決定方法については前節に於て一應盡された譯であるが、更に本節に於て二、三注意すべき事柄につき述べる。

(1) 抑留網羽型式の移行性と主索断面設計上の注意

抑留網羽はその第1型式及び第2型式の何れたるを問はず、流水荷重及び木材堰積荷重により網羽の各格點は凡て原位置よりも下流側に向つて變位する(圖-42, 圖-43)。¹⁾ 今變位後に於ても荷量の方向が變位前に於けると全く同じきものと假定すれば、第2型式にあつては變位後に於ける網羽の平面形は主副兩索及び荷重の方向に關する抑留網羽第2型式の判別條件式

$$(54) \quad \alpha_{80} > 90^\circ + \beta - \beta_0$$

を従前よりも更に良好に充足することゝなり(圖-43)、從て此の場合抑留網羽第2型式は型式的に見て固定的であり、これが變位せる結果として第3型式乃至第1型式へ轉換するが如き危険

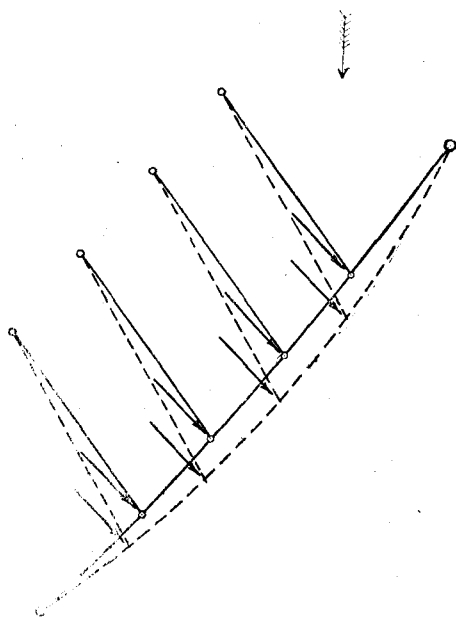


圖-43. 第2型式の變位

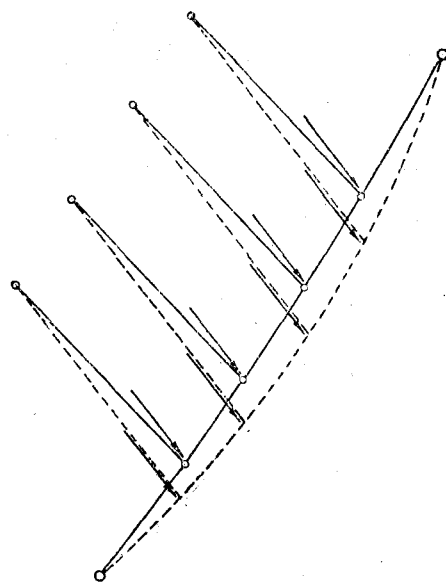


圖-42. 第1型式の變位

なる移行性を考慮する必要はない。此の事情は第1型式にあつては如何といふに、圖-42によつても明白なる如く、各格點の下流側への變位に伴ひて漸次第3型式に推移接近し、最悪の場合には更に此の線を乗り越えて第2型式の領域に侵入し得る可能性が豫想せられ、かくてかゝる抑留網羽第1型式は型式上極めて不安定にして其の移行性も亦力學上危険多きものといはねば

1) 第1型式類似の副索の取方を“張り嫁”、第2型式類似のそれを“吊り嫁”といふ呼稱が流送作業者の間に行はれてゐる。

ならぬ。

此の危険なる移行性の原因たる傾斜角 α_{so} の変化は如何なる程度のものであらうか、著者は平取網羽につき此の點を吟味することとする(表-29 参照)。

格間 (0,1) に生ずる伸び：

作用最大應力 (表裏兩親綱應力の和) = $92,668 + 49,898 = 142,566$

採用断面 $\begin{cases} \text{表 親} & 58\text{mm} & \text{JES 第4號} \\ (d_r) & \text{裏 親} & 42\text{mm} & \text{JES 第4號} \end{cases}$

$$\text{素線總斷面積} = c_2 \sum \frac{1}{4} \pi d_r^2 = 0,44473 \cdot \frac{\pi}{4} (5,8^2 + 4,2^2) = 17,9116 \text{cm}^2$$

$$\text{作用應張力度} = \frac{142,566}{17,9116} = 7,959 \text{ t/cm}^2$$

従て $E_r = 1000 \text{t/cm}^2$ とすれば

$$\text{歪み} = \frac{7,959}{1000} = 0,007959$$

平均格間長 (假定) = 40m

$$\therefore 1 \text{ 平均格間長の伸び} = 4000 \cdot 0,007959 = 31,836 \text{ cm}$$

傾斜角 α_{so} の増加：

此の伸びは各格間のもの累積して最終格間に於てその副索傾斜角 α_{so} の増加は最大となる。此の傾向を著しからしめるものは、第1型式に於ては下流側副索ほどその碇着河岸に近接し來る理由により其の全長が次第に短縮せらるゝ事實である。従て此の最終部材に就て第1型式判別條件式 $\alpha_{so} < 90^\circ + \beta - \beta_0$ が變位後に於ても成立すれば他の副索の凡てに就ては勿論成立することとなる。結局最終副索が變位後も上記條件式を充足出來得るやう最初から α_{so} を其の増加を豫想せられる量だけ過小に決めて設計しなければならないことになる。抑留網羽第1型式はかかる特別なる考慮を必要とするものなのである。

今最終格點 No. 20 の伸び累積による移動は各格間長を等長と見れば

$$\text{移動量} = 25 \cdot 31,836 \text{cm} = 6,6856 \text{m}$$

であるから、従て傾斜角 α_{so} の増加 $\Delta \alpha_{so}$ は次の如くなる。

(i) 副索 No. 20 の長さ 100m とすれば

$$\tan \Delta \alpha_{so} = \frac{6,6856}{100} = 0,066856 \quad \therefore \Delta \alpha_{so} = 3^\circ 49', 5''$$

(ii) 長さ 50m とすれば

$$\tan \Delta \alpha_{so} = 0,133712 \quad \therefore \Delta \alpha_{so} = 7^\circ 37'$$

(40)

假りに安全のため後者の値をとれば、平取抑留網羽に於ては

$$\beta_0=70^\circ, \alpha_{s0}=26^\circ, \beta=15^\circ 22' \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \right)^{11}$$

従て

$$\text{變位後の副索傾斜角} = \alpha_{s0} + \Delta\alpha_{s0} = 26^\circ + 7^\circ 37' = 33^\circ 37'$$

$$90^\circ + \beta - \beta_0 = 90^\circ + 15^\circ 22' - 70^\circ = 35^\circ 22'$$

$$\therefore \alpha_{s0} + \Delta\alpha_{s0} < 90^\circ + \beta - \beta_0$$

即ち平取抑留網羽では變位後と雖も猶ほ第 1 型式の條件は成立つことがわかる。

此の例に於て變位の結果第 1 型式より第 3 型式完全に移行したるものとすれば、この場合に生起すべき角變化 $\Delta\alpha_{s0}$ は

$$\Delta\alpha_{s0} = 35^\circ 22' - 26^\circ = 9^\circ 22'$$

でなければならぬ。かゝる角變位を生ぜしむる應力度は何程のものであらうか。

$$\tan 9^\circ 22' = 0.1649513$$

$$\text{副索 No. 20 の連結點たる主索格點 No. 20 の變位} = 5000 \cdot 0.1649513 = 824.7675 \text{ cm}$$

$$1 \text{ 平均格間の伸び} = \frac{824.7565}{21} = 39.2741 \text{ cm}$$

$$\text{歪み} = \frac{39.2741}{4000} = 0.009818525$$

$$\text{應力度} = (\text{歪み}) \cdot E_r = 9.819 \text{ t/cm}^2$$

式 (70), (71), (72) より明かなやうに

$$\psi \leq \frac{B_w}{F_s} \cdot \frac{1}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{S_i}{F_s} + \frac{E_r}{m'} (\alpha + \beta\chi) \chi$$

茲で

$$\frac{B_w}{F_s} = 12.688 \text{ t/cm}^2, \quad \frac{S_i}{F_s} (i=1) = 7.959 \text{ t/cm}^2$$

$$\frac{E_r}{m'} (\alpha + \beta\chi) \chi = 0.0725 \text{ t/cm}^2, \quad \sigma = 8.032 \text{ t/cm}^2$$

$$\psi = \frac{12.688}{8.032} = 1.58$$

若し前記角變位 $\Delta\alpha_{s0} = 9^\circ 22'$ が發生し第 3 型式に移行したる場合の應力度 $\frac{S_i}{F_s} = 9.819 \text{ t/cm}^2$ に於ける安全率は

1) 算例 1. 参照

$$\sigma = 9,819 + 0,073 = 9,892 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore \phi = \frac{12,688}{9,892} = 1,283$$

前述せる如く $\phi = 1,5$ として設計すれば σ 従て結局歪みは上記の数値よりも遙かに低位となり、これよりして第1型式が第3型式に移行し又は更にそれより第2型式にまで移行するといふことは仲々容易に生起せざるものなることがわかる。若し起り得るとすればそれは豫定荷重が著しく増大したる場合である。その結果として之に加ふるに型式の移行が起つた場合は應力の網羽に於ける分布状態を逆轉せしめ抑留網羽は異常なる危機に直面することとなる。従て設計者としては如何なる場合にも此の型式の移行を生起せしめざるやう萬全の策を講ずるの必要がある。其の條件としては既述の如く

$$\alpha_{80} + \Delta\alpha_{80} < 90^\circ + \beta - \beta_0$$

を満足すれば抑留網羽は第1型式を保持することになる。而してこの場合

$$\Delta\alpha_{80} = 7^\circ 37' \div 7^\circ$$

として十分安全であらう。その理由は此の量は最大應力を受ける主索格間の伸びを夫れ以下の應力の作用下にある全格間に涉つて假定しつゝ算出せる角變位であるからである。然らば第1型式判別條件式はこの場合

$$\alpha_{80} < 83^\circ + \beta - \beta_0 \dots\dots\dots (79)$$

となり、第二部(54)式の第1型式判別條件式は設計の安全上此の式を以て置換せらるべきものであることは叙上の理由によつて明白である。

(2) 主索断面設計方規

以上述べた處以外の理由もあり、從來本邦に普通なる規模の抑留網羽に與ふべき主索断面の設計に對しては次の如き實用方規に従て設計をなすが適切ならむと思考せらる。

1. 第 1 型 式

(i) 先づ公式(78)に依て断面を計算する。此の場合繼手の數は表親綱3個所、裏親綱2個所として¹⁾(表-29、表-31參照)前記算出断面と市場断面とを照合しつゝ採用断面を決定する。

(ii) 次に表親綱の4種類の採用断面中大なる方より3種類の断面を實地に採用し、従てその繼手を2個所とし表親綱の3區間をして大體同長ならしむるやうにする。裏親綱は3種類の採用断面中大なる方より2種類を實地に採用し、その繼手を1個所としてこれを表親綱繼手個所の中間にあらしめる。

1) 表、裏兩親綱の繼手が同一格間に来ることは強度上避くべきである。

(42)

2. 第 2 型 式

(i) 第1型式の場合と全く同一である。

(ii) 次に表親綱の4種類の採用断面中大なる方より2種類の断面を實地に採用し、從てその繼手を1個所とし表親綱を略等長の2區間たらしむ。裏親綱は3種類の採用断面中最大のもの1種類を實地に採用し、繼手はこれを皆無ならしむるか又長きに過ぐるときは同種類索條の繼手1個所を表親綱のそれと重複せざる格間に設くる。

3. 兩型式の選擇

成る可く第1型式に依るべきこと。

4. 理 由

抑留網羽設計理論より出發し且之とは別に上述設計方規を適切と認むべき理由としては次の各項を挙げ得る。

(i) 荷重は多くの場合網羽頭に於て強大なりと思考せらる。從て第2型式で行く場合は第2型式理論の要求するよりも更に餘裕ある断面を此の方面に配置したい。更に又型式選擇上は第1型式に依り度い。

(ii) 流速大なる河川中央流心附近は同様荷重の局部的増大を豫想せられる。

(iii) 經濟的理由により成る可く理論の要求する断面變化に従ひ度い。

第 四 部 副索系統の鋼索断面の決定

I 副索鋼索に生ずる最大應力

副索系統に生ずる應力は次の如きものである。即ち

- (i) 全體應力としての軸張力(格點集中荷重理論によるもの)
- (ii) 主索側方撓度による副索方向累加軸張力(等布荷重理論の影響によるもの)
- (iii) 主索系統及び副索碇著系統への自身の捲附連結に因る曲げ應力
- (iv) 副索にかゝる横方向の動水壓に因る曲げ應力

以上の中最後の因子はこれを見ても先づ差支ない。それ以外のものは考慮に入れる必要があるが、(i)のものは言ふまでもなく本論文第一部. II. (第1型式)及び第二部(第2型式)の構造理論によつて算出せらるべき應力であり、(ii)のものは主索側方撓度の影響による副索の累加應力にして、此の兩者は綜合して拙稿「抑留網羽の破壊荷重に就て」所載¹⁾の公式

1) 北海道帝國大學演習林研究報告 第12卷 第2號

(8), (9), (10) 及び (7) によつて與えられるべきものである。必要上此處に再録すれば

條件 $\Sigma H=0$

$$X_{s,i} = \frac{1}{\cos \alpha_s} \left[(X_i + \Delta X_i)(\cos \alpha_i + c \sin \alpha_i) - (X_{i+1} + \Delta X_{i+1})(\cos \alpha_{i+1} - c \sin \alpha_{i+1}) \right] \quad \dots (80)$$

條件 $\Sigma V=0$

$$X_{s,i} = \frac{1}{\sin \alpha_s} \left[(X_{i+1} + \Delta X_{i+1})(\sin \alpha_{i+1} + c \cos \alpha_{i+1}) - (X_i + \Delta X_i)(\sin \alpha_i - c \cos \alpha_i) \right]$$

茲に

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_i &= \Delta X_{i+1} = 2,5 \frac{w'l}{n} \\ & (=H''_0), \quad (\text{圖-34 参照}) \\ c &= 0,19565 \end{aligned} \right\} \dots (81)$$

最後の (iii) の曲げ應力の影響は次節に於て斷面を決定する場合に之を考慮に入ることとする。

猶ほ上記 (80) 兩式中何れを採るべきかは、かゝる一定の假定に基く式による場合は假定の誤差に影響されることの少き條件の方を選ぶべきであつて、抑留網羽に於ては副索と荷重方向とのなす角度は普通小さいのであるから、かゝる場合第1型式、第2型式の如き副索方向の如何に拘らず條件 $\Sigma V=0$ の方が正確なる値を與えると先づ考えて良い。併し假定 $\tan(\alpha_i - \alpha'_i) = c = 0,19565$ 其他の假定が適切でないやうな網羽又は網羽の局部に對しては必ずしも然りと斷定出来ない。従て結局 (80) 式條件 $\Sigma V=0$ の算定値を主流とし之に條件 $\Sigma H=0$ と更に $X_{s,i}$ (集中荷重理論應力) の算定値を副として合理的な方をとることになるのである。

II 斷 面 の 決 定

第三部 II (71) 式により

$$\frac{1}{\phi} \cdot \frac{B_w}{F_s} \geq \sigma$$

而して此の場合 σ は式 (70) と照合して

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{X_{s,i}}{F_s} + c \cdot E_r \cdot \frac{\delta_r}{D} \\ \text{但し} \quad c &= \alpha + \beta \cdot \frac{d_r}{D} \\ \alpha &= 0,065997 \\ \beta &= 0,253698 \end{aligned} \right\} \dots (82)$$

(44)

此の σ 一式の第二項は即ち曲げの影響である。

従て副索系統の索條直径を決定すべき條件式は

$$\left. \begin{aligned} d_r &\geq k \cdot \sqrt{\frac{X_{s,i}}{\frac{1}{\phi} \cdot \frac{B_w}{F_s} - \frac{E_r}{m'} (\alpha + \beta \chi) \chi}} \\ \text{但し} \quad k &= \frac{2}{\sqrt{\pi c_2}} \\ \chi &= \frac{d_r}{D} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (83)$$

となる。

而して上式の諸定数は副索々條に就て特殊化される必要がある。此處に於ても主索に對すると全く同様の理由により (第三部. II. (2) 参照) 副索系統に對して JES 第 4 號 索條斷面が現在のところ最適ならむと思はせらるゝところである。以下に於ては本邦に製作さるゝ此の索條の斷面型式を目標として諸定数をさだむることとする。

(a) $\frac{B_w}{F_s}$

(74) 式 $\frac{B_w}{F_s} = 12,688 \text{ t/cm}^2$

(b) m'

$m' = 17,857$ [前出: 第三部. II. (2). (c). (i)]

(c) k

(77a) 式 $k = 1,692$

(d) χ

此の量を因子に従て吟味してみる。

(i) d_r

副索系統應力中の主流をなす格點集中荷重理論應力 $X_{s,i}$ は第一部 (40a) 式, 第二部 (66) 式に明かなる如く β が十分小なれば主索系統の各格間長に比例するから, 格間長と副索直径との比は實用上略一定と看られ得るかもしれない。之を一, 二の代表的實例について見ると,

平取抑留網羽:

網 直 徑		2"	1½"	1¼"
本	數	2	12	6

$$\text{平均直径} = \frac{2 \cdot 2 + 12 \cdot 1'',5 + 6 \cdot 1'',25}{20} = 1'',475 = 37,465\text{mm}$$

$$\text{平均格間長} = \frac{949,^{m}9}{21} = 45,^{m}23$$

$$\therefore \text{比} = \frac{\text{平均直径}}{\text{平均格間長}} = 0,83\text{mm/格間長 } 1\text{m}$$

某河抑留網羽¹⁾:

嫁 網 直 徑	1''	2 $\frac{1}{2}$ ''	2''
本 数	1	4	1

$$\text{平均直径} = \frac{1 \cdot 1'' + 4 \cdot 2'',5 + 1 \cdot 2''}{6} = 2'',16 = 55,033\text{mm}$$

$$\text{平均格間長} = \frac{395^{\text{m}}}{7} = 56,^{m}429$$

$$\therefore \text{比} = 0,98\text{mm/格間長 } 1\text{m}$$

即ちこの値は格間長 1 m 當り凡そ 0,9mm 内外なることが解る。今上記二値の算術平均をとれば

$$\text{比} = \frac{0,83 + 0,98}{2} = 0,905 \div 0,9\text{mm/格間長 } 1\text{m}$$

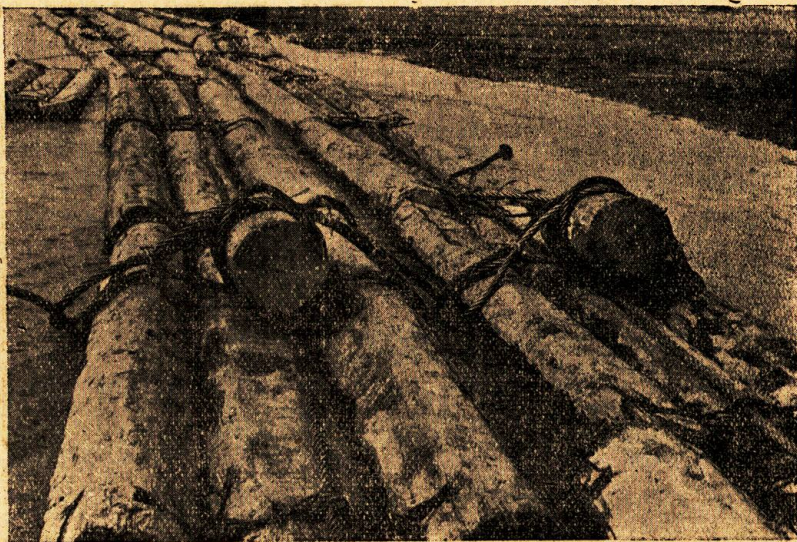


圖-44. 主副兩索連結部に於ける副索の曲げの状態
(架渡中にて荷重は未だ負荷せず)

(46)

従て

$$\left. \begin{array}{l} \text{綱索直径 } d_s = 0,9 \cdot \frac{l}{n} \text{ (mm)} \\ \text{但し} \end{array} \right\} \dots\dots(a)$$

l : 単位 (m)

(ii) D

これは實際上副索に起る曲げの最小曲率である。副索の構造細部には曲げの激しい部分は多数あるが 圖-44. 参照), 複合應力から考えてこの場合問題となるのは軸張力の大きな局部に生起する最小曲率である。この危険局部は普通は副索と主索系統との連結點の止杭側に起る。圖-45, 46, 47. は平取抑留網羽に於ける細部を示すものであるが, 著者は各地現場の實地に徴してこの場合次の如く假定するが適切ならむと認む。即ち

$$D=200\text{mm} \dots\dots(b)$$

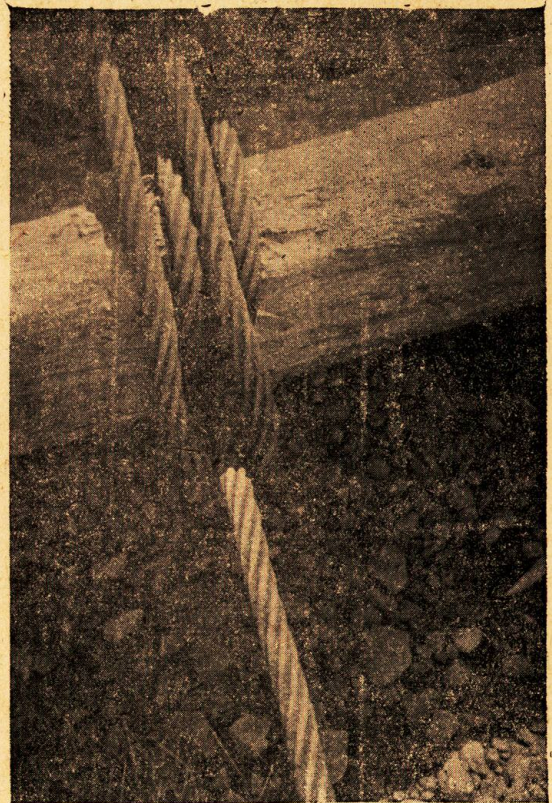


圖-45. 副索 3 番 (1½') の連結部 (正面)



圖-46. 副索 3 番 の 連 結 部 (側面)



圖 47. 副索 1 番 (2') の連結部

従て

$$\chi = \frac{1}{222,22222} \left(\frac{l'}{n} \right) \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots(c) \\ \dots\dots\dots \end{array} \right.$$

但し

l' : 單位 (m)

$$(e) \quad \frac{E_r}{m'} (a + \beta \chi) \chi$$

従て此の項は次の如く表はすことを得る。

$$\frac{E_r}{m'} = 56,00045 \text{ t/cm}^2$$

$$(a + \beta \chi) \chi = \left[0,000 \, 296 \, 9865 + 0,000 \, 005 \, 137 \, 385 \left(\frac{l'}{n} \right) \right] \left(\frac{l'}{n} \right)$$

故に

$$\frac{E_r}{m'} (a + \beta \chi) \chi$$

(48)

$$= \left[0,016631378 + 0,00028769587 \left(\frac{r}{n} \right) \right] \left(\frac{r}{n} \right) \right\} \dots\dots\dots (d)$$

但し

r : 単位 (m)

故に條件式(83)は JES 第4號索條断面及び抑留網羽に於ける副索の實情に徴して次の如く書き改むることを得る。

$$d_r \geq 1,692 \cdot \sqrt{\frac{12,688}{\psi} - \left[0,0166314 + 0,000287696 \left(\frac{r}{n} \right) \right] \left(\frac{r}{n} \right) X_{s,t}} \right\} \dots\dots\dots (84)$$

但し

d_r : 単位 (cm)

$X_{s,t}$: " (t)

r : " (m)

以下に於てこの方法により一、二算例を試みることをする。

算例 1. 平取村沙流川抑留網羽 (第1型式) (第三部 II. (3). 算例 1. 参照)

$$(81) \text{ 式: } \Delta X_t = 2,5 \frac{0,527 \cdot 949,9}{21} = 59,595$$

又(84)式は次の如くなる:

$$H_0 = 1009,33$$

$$\frac{r}{n} = 45,^{m}23$$

$$\psi = 1,5 \quad [(78a) \text{ 式}]$$

$$\therefore d_r \geq 0,6432 \sqrt{X_{s,t}}$$

表-32 の數値より (80) 式及 (53) 式により 表-33 を得、此の値より更に (84) 式に依り 表-34 の如くして副索直徑を決定することを得る。猶ほ 表-33 (80) 式 $\Sigma V=0$ 及 $X_{s,t}$ の兩値を圖示すれば 圖-48 の曲線を得る。

表-32. $\sin a_i$, $\cos a_i$ の値

i	$\sin a_i$	$\cos a_i$
1	0.46742	0.88402
2	44962	89326
3	43125	90228
4	41231	91108
5	39282	91962
6	37278	92790
7	35222	93589
8	33115	94358
9	30954	95084
10	28747	95776
11	26492	96423
12	24194	97031
13	21853	97580
14	19475	98087
15	17060	98532
16	14615	98922
17	12144	99256
18	09649	99532
19	07136	99741
20	04609	99890
21	02074	99980

表-33. $X'_{s,t}$ 及 $X_{s,t}$ の値

i	$X'_{s,1} : (80) \Sigma V = 0$ (t)	$X'_{s,t} : (80) \Sigma H = 0$ (t)	$X_{s,t}^{1)}$ (t)
1	44,369	170,648	22,137
2	43,376	160,014	22,222
3	42,368	149,675	22,308
4	41,349	139,680	22,395
5	40,316	129,969	22,482
6	39,269	120,601	22,570
7	38,313	110,477	22,658
8	37,093	104,176	22,748
9	36,029	93,936	22,838
10	34,914	85,982	22,929
11	33,782	78,397	23,020
12	32,631	71,217	23,113
13	31,461	64,935	23,206
14	30,268	58,506	23,299
15	29,056	52,469	23,393
16	27,825	46,827	23,489
17	26,570	41,620	23,585
18	25,295	36,875	23,682
19	23,998	32,535	23,779
20	22,678	28,657	23,978

1) $\frac{X_{s,t}}{H'_0}$ は表-27 記載。

(51)

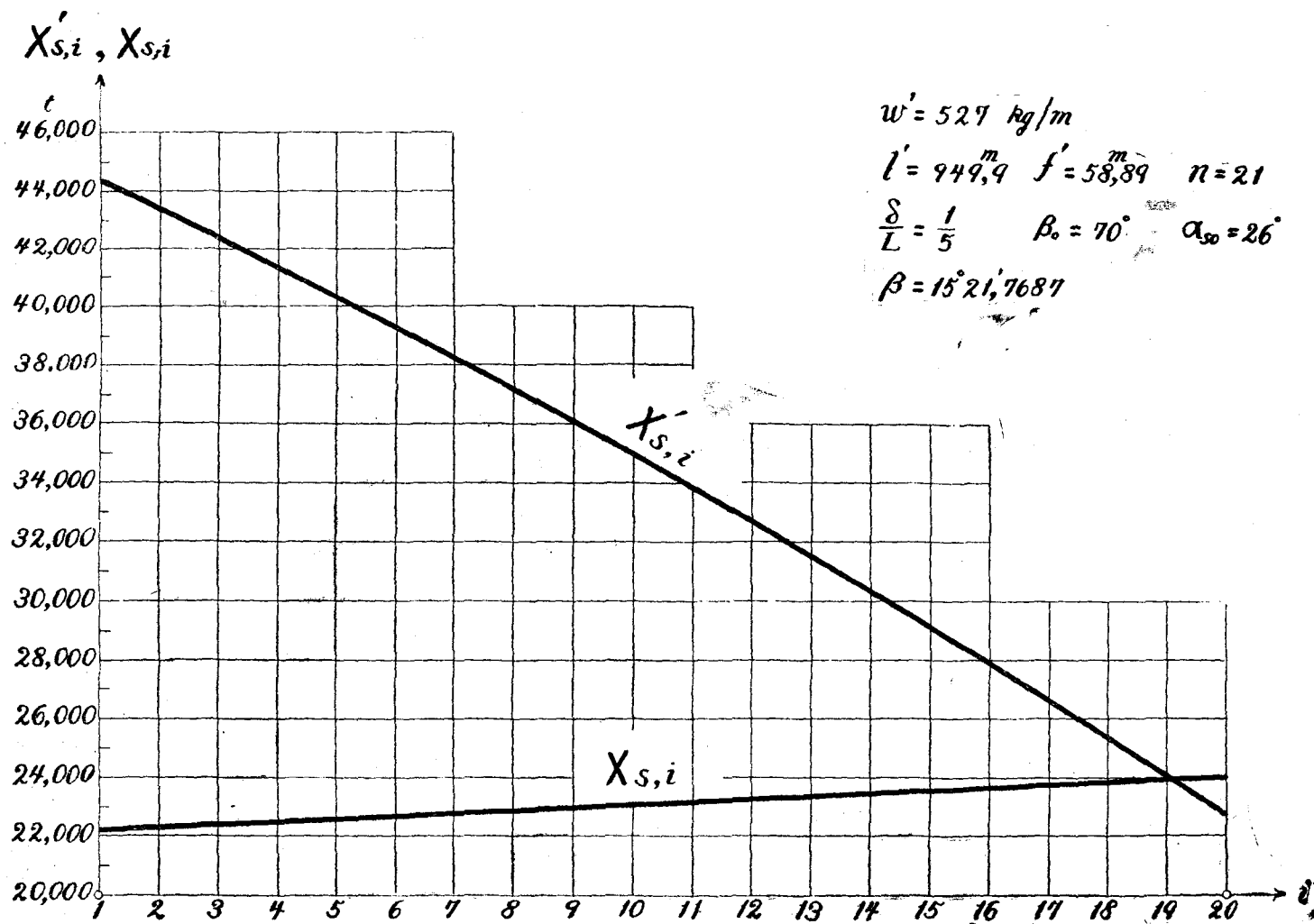


圖-48. 曲線 $X'_{s,i}$ 及 $X_{s,i}$ (第1型式)

(52)

算例2. 抑留網羽 (第2型式) (第三部. II. (3). 算例2にて取扱ひたるもの)

$4X_i, \sin \alpha_i, \cos \alpha_i$ は本節 算例1に同じ。算例1と同様にして 表-35 の應力値計算を経て副索直徑を 表-36 の如くに定むるところを得る。又 表-35 の應力の兩値を圖示すれば 圖-49 の二曲線が得られる。

而して此の場合も前同様

$$d_r \geq 0.6342 \sqrt{X_{s,i}}$$

である。

表-34. d_r の 決 定

i	$X_{s,i}^{1)}$ (t)	$\sqrt{X_{s,i}}$	d_r (算出) (cm)	$d_r^{2)}$ (採用) (cm)
1	44,369	6,661	4,22	4,4
2	43,376	6,586	4,18	4,4
3	42,368	6,509	4,13	4,4
4	41,349	6,430	4,08	4,4
5	40,316	6,349	4,03	4,4
6	39,269	6,266	3,97	4,4
7	38,313	6,190	3,93	4,4
8	37,093	6,090	3,87	4,0
9	36,029	6,002	3,81	4,0
10	34,914	5,909	3,75	4,0
11	33,782	5,812	3,69	4,0
12	32,631	5,712	3,62	4,0
13	31,461	5,609	3,56	4,0
14	30,268	5,502	3,49	4,0
15	29,056	5,390	3,42	4,0
16	27,825	5,275	3,35	3,4
17	26,570	5,155	3,27	3,4
18	25,295	5,029	3,19	3,4
19	23,998	4,899	3,11	3,4
20	23,978 *	4,897	3,11	3,4

* $X_{s,i}$ の値を採用。

1) (80)式條件 $\Sigma V=0$ の方を採用した (第四部. I. 節尾參照)。

2) 本邦某社型錄による。

表-35. $X'_{s,t}$ 及 $X_{s,t}$ の 値

i	$X'_{s,t} : (80) \Sigma V = 0$ (t)	$X'_{s,t} : (80) \Sigma H = 0$ (t)	$X_{s,t}$ ¹⁾ (t)
1	23,082	- 36,748	26,438
2	24,763	- 39,472	26,191
3	26,428	- 41,545	26,069
4	28,073	- 43,015	25,949
5	29,702	- 43,803	25,829
6	31,313	- 44,030	25,711
7	32,914	- 43,528	25,594
8	34,480	- 42,740	25,478
9	36,035	- 40,494	25,361
10	37,563	- 38,379	25,247
11	33,076	- 35,566	25,134
12	40,566	- 32,376	25,022
13	42,036	- 29,150	24,911
14	43,482	- 24,861	24,801
15	39,557	- 19,999	24,691
16	34,525	- 14,611	24,583
17	29,057	- 3,859	24,476
18	23,158	- 2,401	24,369
19	16,845	+ 4,450	24,264
20	10,130	+ 11,797	24,159

1) $\frac{X_{s,t}}{H'}$ は表-22 記載。

表 36. d_r の 決 定

i	$X'_{s,i}$ (t)	$\sqrt{X'_{s,i}}$ (t)	d_r (算出) (cm)	d_r (採用) (cm)
1	26,438*)	5,142	3,26	3,4
2	26,191*)	5,118	3,25	3,4
3	26,428	5,141	3,26	3,4
4	28,073	5,298	3,36	3,4
5	29,702	5,450	3,46	3,8
6	31,313	5,596	3,55	3,8
7	32,914	5,737	3,64	3,8
8	34,480	5,872	3,72	3,8
9	36,035	6,003	3,81	4,0
10	37,563	6,129	3,89	4,0
11	39,076	6,251	3,96	4,0
12	40,566	6,369	4,04	4,0
13	42,036	6,484	4,11	4,0
14	43,482	6,594	4,18	4,0
15	39,557	6,289	3,99	4,0
16	34,525	5,876	3,73	3,8
17	29,057	5,390	3,42	3,8
18	24,369*)	4,937	3,13	3,4
19	24,264*)	4,926	3,12	3,4
20	24,159*)	4,915	3,12	3,4

*) $X_{s,i}$ の値を採用。

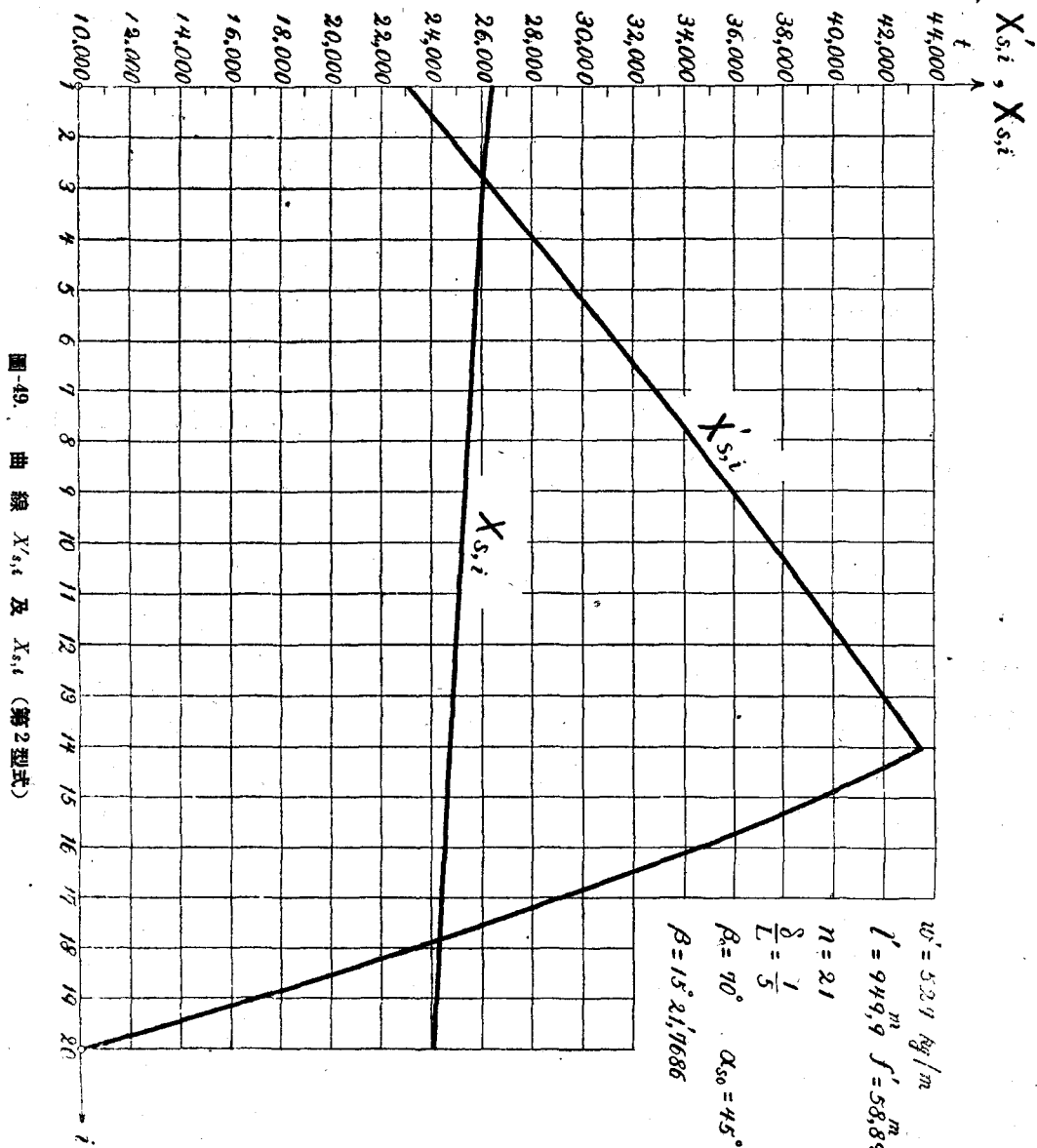


圖-49. 曲線 $X'_{s,i}$ 及 $X_{s,i}$ (第2型式)

第五部 主、副兩索系統の碇著部の設計

網羽鋼索系統の負擔する荷重は最後に此の碇著部に傳達され、更にこの部分を介して地盤に傳達せられ、地盤の支持力に依て抑留網羽の構造全體は安全に保持せられることになる。從來碇著部分の設計は抑留網羽自身と同様殆ど經驗をのみ唯一の準據としてゐたのであるが、碇著鋼索の太さに對してこれが過弱或は過強と考えられる碇著を實地に見ること屢であつて孰れ

の場合も安全性と経済といふ點で遺憾である。著者はこの經驗的の外に更に力學的準據を提供すべき設計理論の必要を痛感し本部に於て之を取扱ふこととした。

主、副兩索を碇著する方法に木杭の一群に依るものと鐵筋混凝土の單一杭に依るものと二種の方法が一般に行はれてゐる。以下是等に就て各別に論ずることとする。

I 木杭群の依る碇著杭

木杭群によつて主、副兩索を碇著する場合肝要なる事項は

- (i) 鋼索荷重の各杭の負擔を均一ならしむるやう杭の配列を適切ならしむること。
 - (ii) 同一本數の杭群を使用する場合は鋼索と直角の方向軸に關して杭群斷面積が持つ慣性「モーメント」を最大ならしむるやう杭を配列せしむること。
 - (iii) 杭の碇著地盤に對する最大支壓力を地盤の許容支壓力以下に抑えること。
 - (iv) 杭に生ずる内部應力を杭の材料の許容應力度以下に抑えること。
- 等である。この中事項(ii)は鋼索が碇著杭の地上部分高く連結せられて杭群に作用する曲げ「モーメント」が著大となり、これに因て生ずる杭群の中山側縁邊のものの地盤より引き抜かれむとする傾向を最小に止めむがためである。併し實際は鋼索は凡て地上低く連結せられるのが普通であるから、此の事項の考慮は先づ不要としてよい。又事項(iii), (iv)は單一杭に關しても考慮すべきことは言ふを俟たないところである。

尙ほ 圖-50, 51, 52 は木杭群による碇著杭の代表的一例を示すものである。



圖-50. 木杭群による上親杭(表親綱のもの)

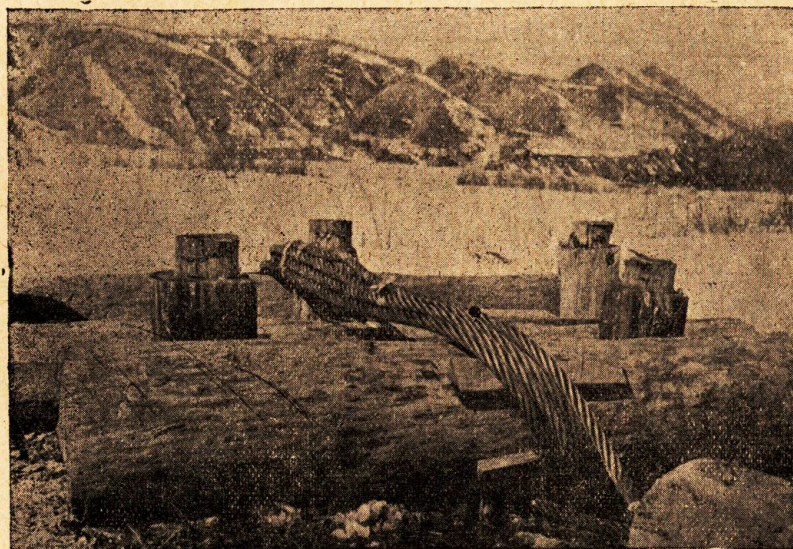


圖-51. 木杭群による嫁杭

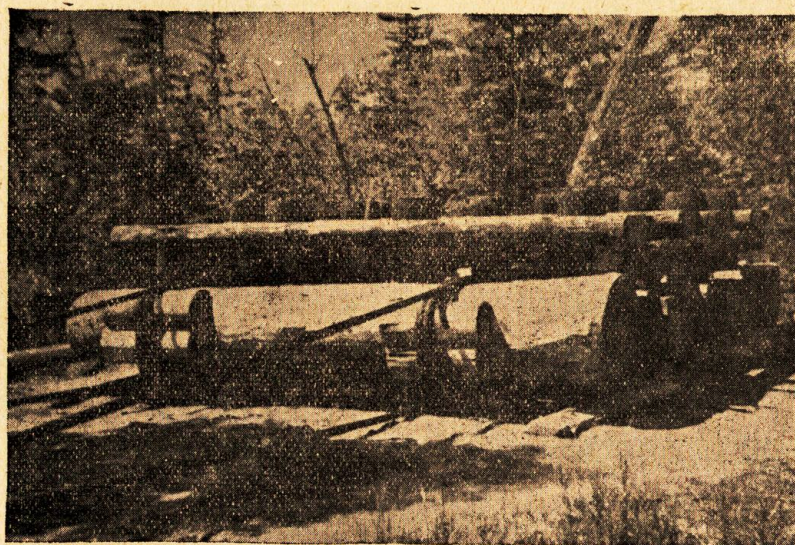


圖-52. 木杭群による親杭（表，裏兩親綱とも之に碇著せられる型式のもの）

(58)

(1) 地盤の許容支壓力の表

(a) 谷口三郎の表(表-37).¹⁾

地 盤 の 種 類	許 容 支 壓 力 (t/m ²)
天然の硬質岩盤	500
硬 岩 (硬質切石として使用し得る程度)	300~400
中硬岩 (上等煉瓦程度の硬度)	180~240
軟 岩 (並煉瓦程度の硬度)	60~120
膠着せる砂利及粗砂	60~ 80
固き粘土及膠着せる粗砂	40~ 60
乾燥せる粘土	30~ 40
乾燥せる砂層 (清浄なるもの)	20~ 40
真土 (水分少きもの) 及砂質粘土	10~ 20
真土及粘土 (水分多きもの)	5~ 10

(b) „Hütte” の 表 (表-38).²⁾

地 盤 の 種 類	許 容 支 壓 力 (t/m ²)	摘 要
1. 地 山 の 岩 盤	200~100	膠着組織の強さによる 含水量増大と共に強度を減する
2. 軟岩 (凝灰岩, 砂岩, 石灰岩, 白堊)	70~200	
3. 緊密なる砂利層にして結合材少きもの	50~ 70	
4. 緊密なる砂層	30~ 50	
5. 中 粒 の 砂	20~ 30	漂流作用を完全に阻止せる ときのみ使用可能
6. 漂 砂	0~ 20	
7. 泥 灰 岩	30~ 40	水分を完全に阻止せるとき にのみ
8. 砂質壤土及堅硬なる粘土	20~ 30	
9. 濕潤なる壤土及粘土	5~ 10	含水量による
10. 盛 土	5~ 10	搗固による
11. 泥炭地, 沈 泥	0	
12. 農 耕 地	5	

1) 谷口三郎: 基礎工事及土木施工法, 昭和7年, 233頁

2) Hütte Taschenbuch, Bd. III, S. 100, 25 Auflage.

(c) Engels の表 (表-39).¹⁾

地盤の種類	許容支壓力 (t/m ²)	摘 要
1. 硬 岩	200~300	層の最小厚 3m
2. 軟 岩		
砂 岩		
凝 灰 岩		
石英粗面岩等	70~150	
3. 緊密なる砂利層	60~ 80	層の最小厚3m, 少量の濕度は強度を増すが水で飽和すれば減少する
4. 緊密なる砂層	40~ 60	3. 同 様
5. 緊密なる細砂層 (漂砂)	40~ 50	層の最小厚3m. 流水で層を亂さぬやう
6. 壤土(砂質粘土)	30~ 40	乾燥し且つ層厚 3~4m の場合
7. 粘 土	30	6. 同 様
8. 農耕地及盛土	5~ 10	立てる人間の足の裏の壓力 0.5kg/cm ²
9. 沈 泥	0	

(d) Brennecke-Lohmeyer の表 (表-40).²⁾

(邦譯 基礎工, コロナ社, 35頁)

1. 地盤の許容應力

- (i) 盛土, 古い沈泥及び類似のもの 5 t/m²
- (ii) 沖 積 砂 床 10
- (iii) 適度の濕潤を保つ緊締砂 15
- (iv) 緊密の細粒砂, 堅緻層の乾燥粘土並に砂の含有量の少ない層を伴ふ砂利 30
- (v) 堅締の粗砂, 砂利, 堅締乾燥の泥灰岩 40
- (vi) 岩石は風化層を取去りたる後その岩石に對して測定せる壓縮強の $\frac{2}{3}$ を要求せらるべきである(軸方向荷重)。基礎地盤に垂直に働く荷重ならざるときは縁維應力は上述の應力の $\frac{2}{3}$ を越えてはならない。

2. 深在基礎底の時は, 例へば柱脚基礎, 井筒基礎又は潜函基礎は工事底上に横る土量によつて影響される壓についての許容應力は高められねばならない。

3. 1, (i) より (v) ままでに規定されたるものより大きい應力は載荷試験の基礎に對してか又は稀に特別の理由に基て許さるべきである。

注意: 許容應力としては, 一般に 900cm² の地面に荷重された時には, 静止状態の始後約 2cm の沈下が生ずるまでの應力の半分を推定して差支ない。このとき地盤の横の膨れを起さしてはならぬ。

1) Förster: Taschenbuch für Bauingenieure. Bd. II., S. 503, 5. Auflage.

2) DIN E 1054 草案, 1922.

(60)

抑留網羽の碇著杭は周囲の地盤に水平方向、単一杭のときは其の外に更に垂直方向の縁維應力を働かしめるのである。之に對して前記4表記載の數値は壓縮荷重に關する地盤許容支壓力の標準であつて、これが直ちに縁維應力の許容標準となるか否かは一應疑念を挿む餘地がある。併し Brennecke-Lohmeyer の表 1. (vi) の項所述の如き考慮を加えるとき、これらの數値は縁維應力許容標準算定の基礎として使用して差支ないものとなるのである。

(2) 地盤の許容支壓力の算定式

水平支反力を負擔する碇著杭の強さに普通に影響を持つ重要因子は根入の深さであつて、所與地盤に對して此の根入の深さを何程に定むべきかは強度上の限界に關する問題で、從て根入を必要以上に長大ならしむることを未然に防止して碇著杭の經濟を支配すること甚大である。

構造物の深在基礎地盤が荷重に起因して偏側回轉性移動を開始する事情は、碇著杭地盤が水平支反力に起因して同様の性質の移動を開始して破壊を來すものと其の軌を一にするものである(圖-53)。

從て兩者の場合の地盤の破壊強を略同じものと假定する。

有効幅員 b なる帶狀支壓面による地盤の破壊強は¹⁾

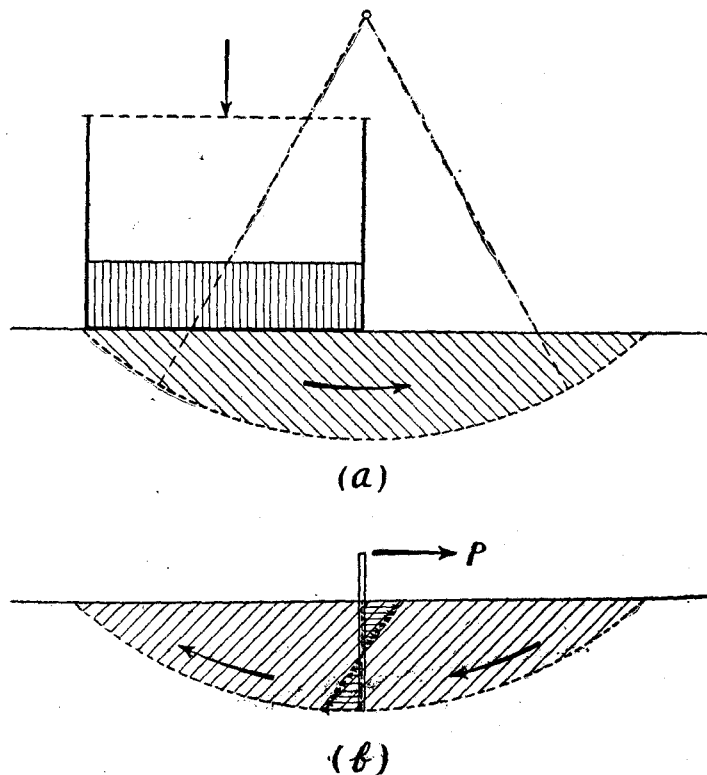


圖-53. 地盤の偏側回轉性移動

a) 構造物基礎 b) 碇著杭

1) Kögler-Scheidt: Banwerk und Bangrund, 1939, S. 177~179.

$$p_v = \gamma b k$$

但し

 p_v : 地盤の破壊強

 γ : 地盤の単位重量 (表-41)

 b : 帯状支圧面の幅員

 k : 表-42 の値

(85a)

表-41. γ, ρ の 値.¹⁾

地	盤	自然傾斜角 (ρ)	γ (kg/m ³)	
眞	土	乾	20°~40°	1300~1600
		濕	30°~45°	1400~1700
		飽和	14°~27°	1500~1800
粘	土	乾	20°~37°	1200~1700
		濕	40°~45°	1700~1800
		飽和	14°~20°	1800~1900
砂		乾	27°~40°	1500~1700
		濕	30°~45°	1700~1800
		飽和	20°~30°	1800~2000
砂	利	乾	30°~45°	1600~1800
		濕	27°~40°	1700~1800
		飽和	25°~30°	1800~1900

表-42. k の 値

$\rho^*)$	0	5°	5°40'	10°	11°20'	15°	16°40'	20°	21°50'	25°	26°35'	30°	31°	35°	38°40'	40°	40°20'	42°	45°
k	0	0,11	0,14	0,34	0,45	0,77	1,0	1,51	1,7	2,83	2,96	4,2	4,6	6,76	9,4	10,3	10,6	12,5	17,4

*) ρ : 土の自然傾斜角而して深度 t に於ける地盤の破壊強は Terzaghi によれば²⁾

$$p_{vt} = p_v \left[1 + \frac{2t}{b} + 0,105 \left(\frac{2t}{b} \right)^2 \right]$$

但し

 p_{vt} = 深度 t に於ける地盤の破壊強

(85b)

1) 谷口三郎: 前出, 239頁

2) Kögler-Scheidig: 前出, S. 179.

(62)

上の兩式より

$$p_{vt} = p_v + 2k\gamma t \left\{ 1 + 0,21 \left(\frac{t}{b} \right) \right\} \dots\dots\dots (85)$$

此の式(85)は根入深さ t なる單一杭に對する地盤の破壊強即ち單一杭の支持力を與へる。而して各々單獨に打込まれたる數本の木杭群を以て1個の碇著杭を構成する場合の各個杭の支持力は單一杭のそれに比較して著しく其の能率を低下するものであつて、今 a を各杭の間隔とし又

$$\text{支持能率 } \kappa = \frac{\text{木杭群の場合の1本當支持力}}{\text{單一杭の支持力}}$$

とすれば、この値は $\frac{a}{t}$ に従て次の如くに變化する。¹⁾

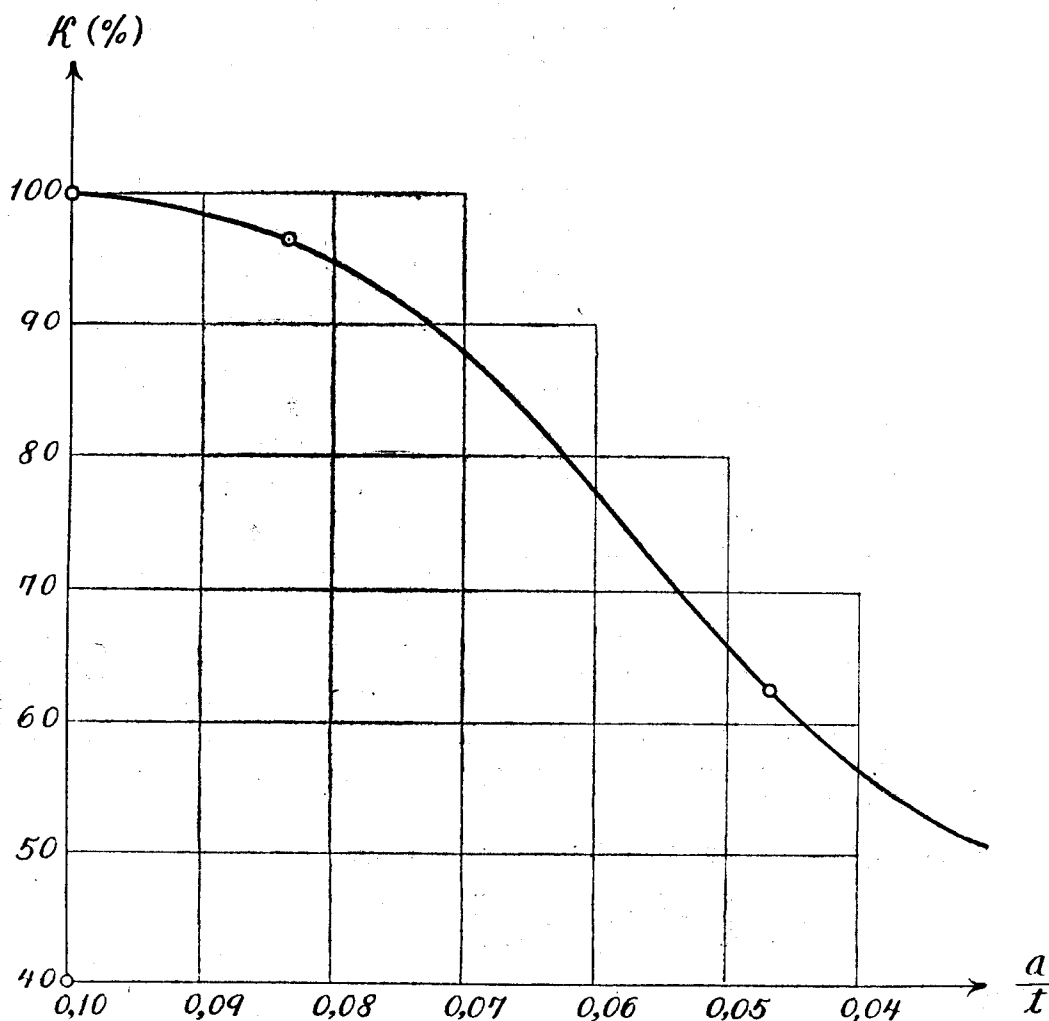


圖-54. κ の 値

1) Kögler-Scheidig: 前出, S. 249.

$\frac{a}{b}$	κ (%)
0,1	100
0,0835	96,5
0,0467	62,5

これは 圖-54 の如き曲線となる。

従て杭群にて旋著する場合の許容支壓力は

$$p_{st} = \frac{\kappa}{\psi} \cdot p_{st} = \frac{\kappa}{\psi} k \gamma \left[b + 2t \left(1 + 0,21 \frac{t}{b} \right) \right] \quad (86)$$

茲に

p_{st} : 深度 t に於ける地盤の許容安全支持力

ψ : 安全率

今此の安全率に關して

$$\psi = 1,5^{1)} \quad (87)$$

を假定すれば

$$p_{st} = 0,667 \cdot \kappa \cdot p_v \left[1 + 2 \frac{t}{b} \left(1 + 0,21 \frac{t}{b} \right) \right] \quad (88)$$

上記 (85) 式乃至 (88) に於て b は杭の支壓に關する有効幅員 b_e に等しかるべきを要する。

即ち (圖-55)

$$b = b_e \quad (89)$$

但し

矩形支壓面に對して: $b_e = b_0$

圓壩形支壓面に對して: $b_e = 0,472 \cdot b_0^{2)}$

是れ後章に於て明瞭なる如くに、杭設計の標準となるべき $\frac{t}{b}$ の小なる浅い部分に於ける地盤の許容支持力の計算には b を十分安全に小さく取るを可とするからである [5a) 参照]。

1) Hütte · Taschenbuch III, S. 100, 1928.

2) 今 s を圓壩形支壓面の長さとすれば、圖-55 (c) により

$$\sigma = \sigma_{ob} \cos 2\varphi$$

であるから、安全のため支壓面を $(+\frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{4})$ の間にとれば

$$P = s \int_{-\frac{\pi}{4}}^{+\frac{\pi}{4}} \sigma \cos \varphi \cdot r d\varphi = 2rs\sigma_{ob} \int_0^{\frac{\pi}{4}} \cos 2\varphi \cos \varphi d\varphi = 0,472 b_0 s \sigma_{ob}$$

$$\therefore \sigma_{ob} = \frac{P}{0,472 b_0 \cdot s}$$

従て $b = 0,472 b_0$ の矩形支壓面と同様に取扱ふことが出来る。

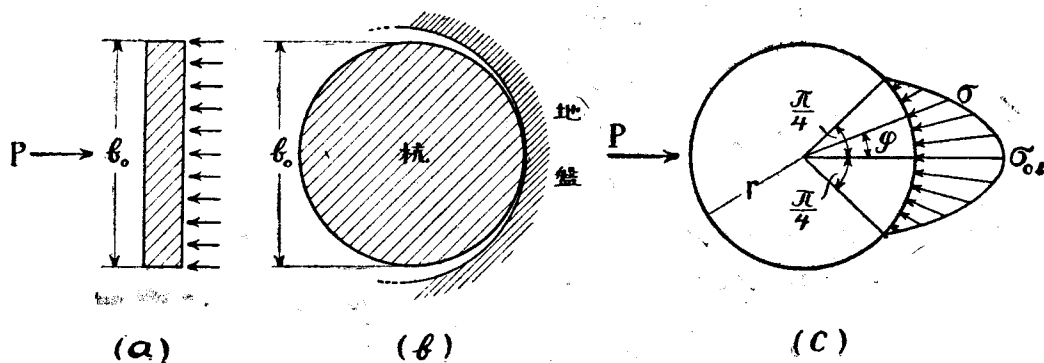


圖-55. 支 壓 の 状 態

(3) 地盤の被壓面の有効幅員

前項の支壓に關する杭の有効幅員 b_e に關聯して更に考慮を要する問題は、杭によりて支壓力を受くる地盤の被壓面の有効幅員である。網羽礎著杭の如く一定の深度に打込まれて之に側壓が懸るときは、其の被壓側に於ける土壤の壓縮の影響を受くる範圍は深さと共に増大する。即ち被壓面の有効幅員は深さと共に増大するものと見て差支ない。此の關係は次の如くに表はせる¹⁾(圖-56)。

$$\left. \begin{aligned} b_t &= b_e + \xi t \\ \text{但し } b_t &: \text{深さ } t \text{ に於ける有効幅員} \\ \xi &: \text{摩擦に關係した係数 } \approx 1 \end{aligned} \right\} \dots (90)$$

従て全根入深 h_c に就て算術平均をとれば

$$b = \frac{1}{h_c} \int_0^{h_c} b_t dt = b_e + \frac{h_c}{2} \dots (91)$$

此の (91) 式による b なる定値を全根入深に涉て有するものと假定して、地盤被壓面の受くる作用應力度を算出するのである。²⁾

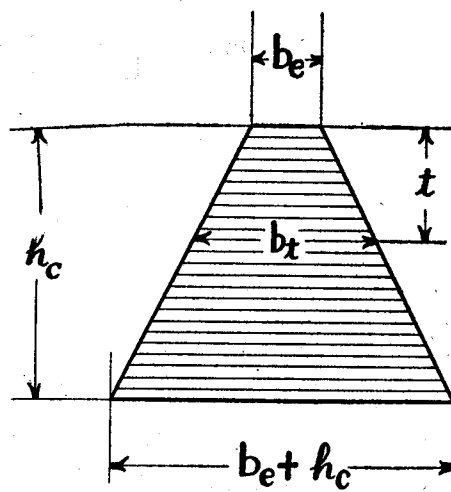


圖-56. 被壓面幅員の深さに因る變化

(4) 最大作用支壓力の算定と設計條件

本節冒頭に於て礎著部設計に關する注意事項の一として杭の配列を適切ならしめて各杭の負擔力を均一ならしむべきことを指摘せるも、今其の結果負擔力の均一化が得られたるものとすれば

1) Krey: 土壓及地盤の支持力 (邦譯 コロナ社), 201頁

2) 許容應力度には (89) 式, 作用應力度には (91) 式を使分けることになる。

$$P = \frac{S_i \text{ 或 } X_{s,i}}{1 \text{ 個の碇著部の含む杭の總本數}}$$

但し

P : 1本の杭の負擔荷重

S_i : 表親綱或は裏親綱に作用する最大應力¹⁾

$X_{s,i}$: i 一番目の副索に作用する最大應力

此の荷重 P に従て最大作用支壓力が既述の地盤の許容支壓力を超過せざる如くに杭の太さ及根入深を定むる必要がある。今

σ_0 : 杭の上方部分の最大作用支壓力 (圖-57)

σ_u : 杭の下方部分の最大作用支壓力

とすれば b は地盤の被壓面の有効幅員であるから次の2條件が成り立つ (圖-57)。

$$\Sigma H = 0:$$

$$P - \frac{1}{2} \sigma_0 b h_c + \frac{1}{2} \sigma_u b h_c = 0$$

$$\Sigma M = 0 \text{ (點 } C \text{ に於て):}$$

$$P(h+h_c) - \frac{1}{2} \sigma_0 b h_c \cdot \frac{2}{3} h_c + \frac{1}{2} \sigma_u b h_c \cdot \frac{1}{3} h_c = 0$$

この2個の方程式を聯立に解けば

$$\left. \begin{aligned} \sigma_u &= \frac{2P}{bh_c} \left(3 \frac{h}{h_c} + 1 \right) \\ \sigma_0 &= \sigma_u + \frac{2P}{bh_c} = \frac{2P}{bh_c} \left(3 \frac{h}{h_c} + 2 \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (93)$$

即ち $\sigma_0 > \sigma_u$ であるから σ_0 が問題となる、従て又

$$\left. \begin{aligned} \sigma_0 &= 2 \left(2 + 3 \frac{h}{h_c} \right) \sigma'_0 \\ \sigma'_0 &= \frac{P}{bh_c} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (94)$$

然らば設計の條件として

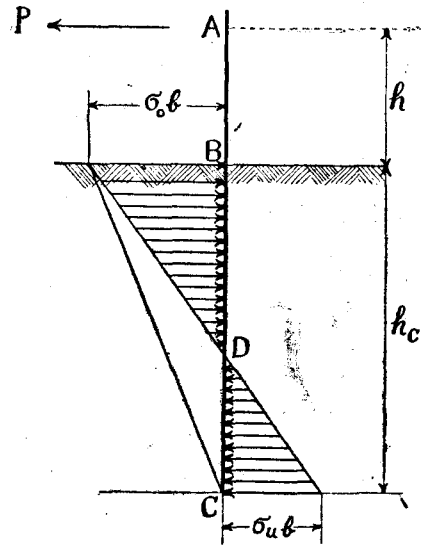


圖-57. 碇著杭の平衡

1) 表、裏兩親綱とも共通なる1個の碇著部に固定さるゝ場合は (圖-52の如し), S_i は兩親綱に作用する最大應力の和をとるを要する。

(66)

$$\sigma_0 \leq p_{st} (t=15\text{cm})$$

但し

$p_{st} (t=15\text{cm})$: 深さ $t=15\text{cm}$ に於ける (88) 式の與える値

.....(95)

本來 圖 57 の支壓應力の變化は近似的のものにて、正確には 圖 58 (a) の如く變化するのであるが簡單のため 同圖 (b) の如く假定したのである。而して此の場合 $t=0$ として許容支壓力を定むるは過重なりとして、 $t=15\text{cm}$ の深さに於けるものを許容支壓力として採用することとしたのである。

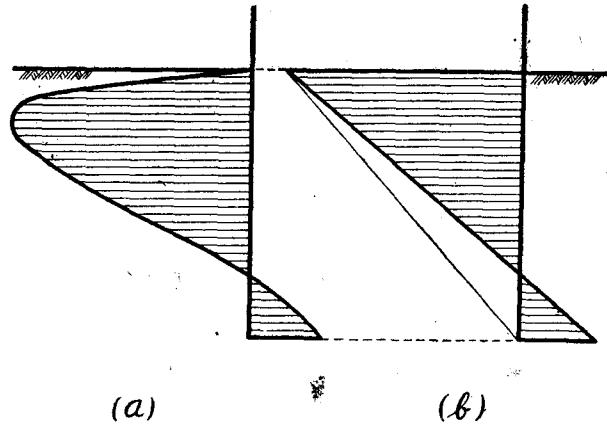


圖 58. 地盤に於ける支壓應力の變化

a) 精密なもの b) 近似的なもの

(5) 木杭断面の材料力學的吟味

前項 (4) に依り杭の豫定直径に對して杭の根入の深さが決定したから、次は此の豫定直径が材料の強度の上で安全なりや否やを吟味する必要がある。

(a) 許 容 應 力 度

木杭は結局腐蝕により使用に堪えざるに至り遂に新たなる木杭の打換を要することになるが、それまでの間の數年間は毎年流送時期に於て反覆之に荷重が負載せらるゝを以て、安全率は幾分大きくとる必要がある。即ち曲げ及び剪斷應力に對して安全率を 5 乃至 6 位にとる。

表 43. 木杭の許容應力度の値

樹 種	許 容 應 力 度 (kg/cm ²)	
	曲 げ (σ_{bz})	剪 斷*) (σ_{sz})
な ら	130~160	15~20
ぐ い ま つ	80~100	9~11
え ぞ ま つ	100~130	10~12

*) 剪斷は纖維に平行なるもの。

b) 杭に生ずる最大曲げ「モーメント」及び作用最大
應力度

圖-59 に於て最大曲げ「モーメント」の位置 x_0 及びその
値 M_{max} を求むるを要する。先
づ x の距離に於ける曲げ「モー
メント」を求むれば

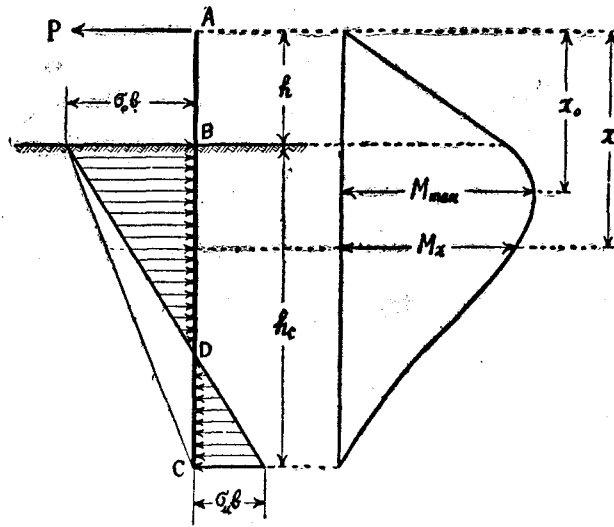


圖-59. 杭に働く曲げ「モーメント」

範圍 $x > h$:

$$M_x = P \left[x + \frac{(x-h)^2}{h_c^3} \{ (2h+hc)x - 2(h+hc)^2 \} \right]^{1/2} \quad (96)$$

條件 $\frac{dM_x}{dx} = 0$ より x_0 を求むれば

$$\left. \begin{aligned} \frac{x_0}{h_c} &= \frac{2 \left\{ 1 + 3 \left(\frac{h}{h_c} \right) + 3 \left(\frac{h}{h_c} \right)^2 \right\}}{3 \left(1 + 2 \frac{h}{h} \right)} (1 - \sqrt{1 - \tau}) \\ \tau &= \frac{3}{4} \cdot \frac{\left(1 + 2 \frac{h}{h_c} \right) \left\{ 1 + 4 \left(\frac{h}{h_c} \right) + 9 \left(\frac{h}{h_c} \right)^2 + 6 \left(\frac{h}{h_c} \right)^3 \right\}}{\left\{ 1 + 3 \left(\frac{h}{h_c} \right) + 3 \left(\frac{h}{h_c} \right)^2 \right\}^2} \end{aligned} \right\} \quad (97)$$

但し

従て(96)式より杭に作用する最大曲げ「モーメント」は

$$M_{max} = Ph_c \left[\frac{x_0}{h_c} - \left(\frac{x_0}{h_c} - \frac{h}{h_c} \right)^2 \left\{ 2 \left(1 + \frac{h}{h_c} \right)^2 - \left(1 + 2 \frac{h}{h_c} \right) \frac{x}{h_c} \right\} \right] \quad (98)$$

故に杭に生ずる曲げ及び剪断に関する最大應力度及び設計條件は次の如になる。

(i) 曲げ應力

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M_{max}}{W} , \\ \sigma_b &\leq \sigma_{bz} \end{aligned} \right\} \quad (99)$$

但し

1) $x = h + hc$ とすれば $M_x = 0$ となり正しい。

(68)

σ_b : 曲げ應力度

W : 直径 b_0 なる杭の断面係数 $= \frac{\pi b_0^3}{32}$

(ii) 剪断應力

最大剪断力 $= P$

$$\left. \begin{aligned} \text{最大剪断應力度} = \sigma_s &= \frac{4}{3} \cdot \frac{P}{\pi \left(\frac{b_0}{2} \right)^2} = 1,7 \frac{P}{b_0^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (100)$$

$$\therefore \sigma_s \leq \sigma_{ss}$$

(c) 前項の計算に必要な数値

(i) $\tau, \frac{x_0}{h_c}, \left(\frac{x_0}{h_c} - \frac{h}{h_c} \right)$ の値

今 $\frac{h}{h_c} = \frac{1}{10}, \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}$ の 6 種の値に對して是等の數値を計算し之を 表-44 に一括する。

表-44. $\tau, \frac{x_0}{h_c}, \left(\frac{x_0}{h_c} - \frac{h}{h_c} \right)$ の 値

$\frac{h}{h_c}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$
τ	0,7612	0,7633	0,7662	0,7701	0,7756	0,7837
$\frac{x_0}{h_c}$	0,3778	0,3838	0,3917	0,4021	0,4167	0,4381
$\frac{x_0}{h_c} - \frac{h}{h_c}$	0,2778	0,2727	0,2667	0,2592	0,2500	0,2381

(ii) M_{max} に於て項 $P h_c$ の係數量 (圖-60)

表-45. $P h_c$ の 係 數 量

$\frac{h}{h_c}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$
係 數*	0,2260	0,2351	0,2465	0,2613	0,2813	0,3096

*) $M_{max} = (\text{係數}) \cdot P h_c$

II 混凝土單一杭に依る碇著

混凝土單一杭に依る場合は木杭の場合とは異りてその材料は永久的であるから、當該河川による流送が長期間に渉て實施せられる場合等に於ては固定的な網羽個所の碇著杭として確か

に有利である。又木杭群による場合の如く鋼索荷重を均等に各個の杭に分擔せしむる配慮も之にあつては不要となり、かゝる意味の力學的性質は單純である。唯築造に際して周圍の天然地盤を堀鑿して施工の必要ある爲め、後で十分なる埋戻と搗固めをなすとしても地盤の本來の耐

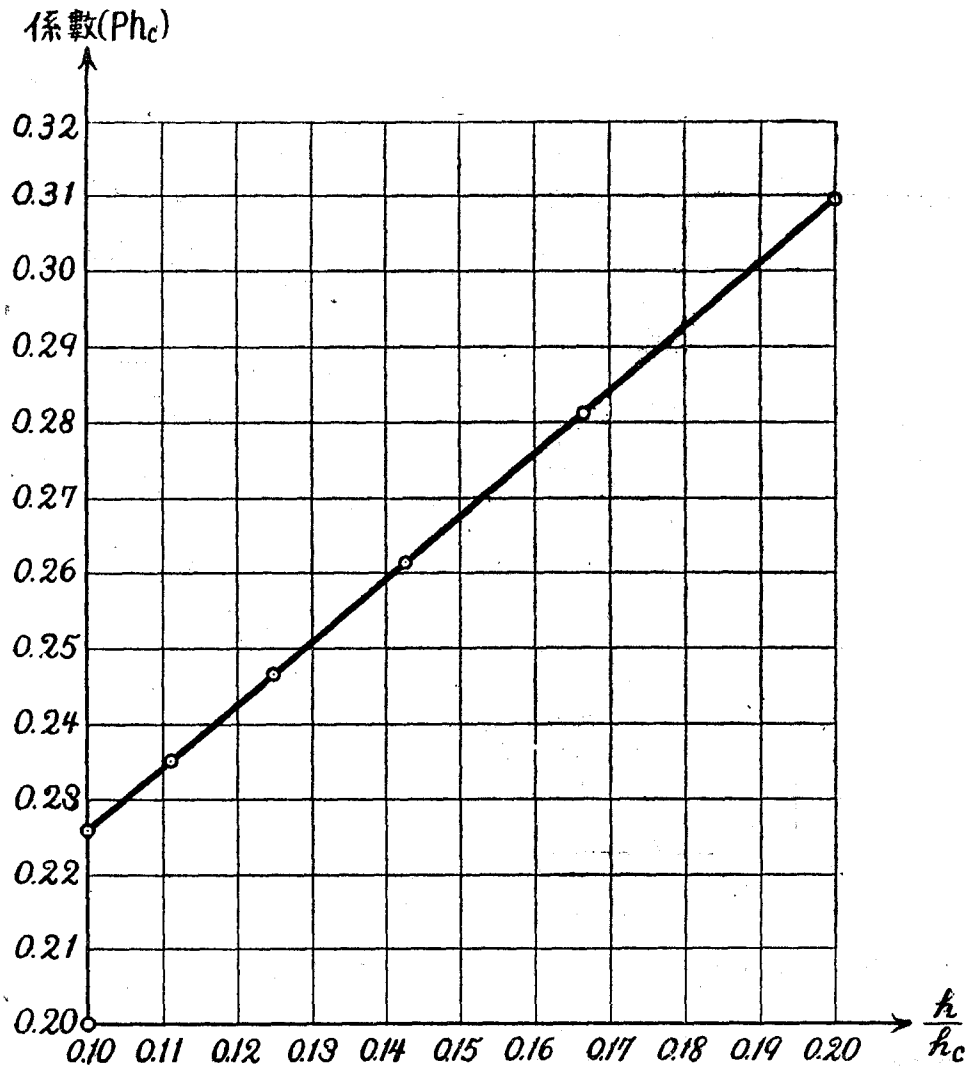


圖 60. 係 數 の 曲 線

力度の若干の低下は先づ避け難いと見られる。これは併しに施工の問題である。又混凝土杭では鋼索は直接に杭の地上頭部に捲き附けられて碇著されるのであるが、此のとき鋼索の牽引荷重が杭の中心を通る如き配慮が必要であつて、若しこれが甚しく離心的なる場合は杭は曲げの外に捻り (Torsion; Verdrehung) を受くることになり、之が原因となつて杭は破壊するに至る。又捻りに關する配筋を要して設計上厄介でもある。更に又注意を要する問題は混凝土杭の

(70)

頭部と之に捲き付けられる鋼索との間に「パッキング」として櫓の如き硬き木材を挿入して、
 兩者の直接接觸を避けることである。これは局所應力に因る頭部混凝土の毀損を防ぐこと同時
 に、接觸摩擦による鋼索素線の摩耗破損を防止して兩者の壽命上効果的ならむと考へらるゝ技

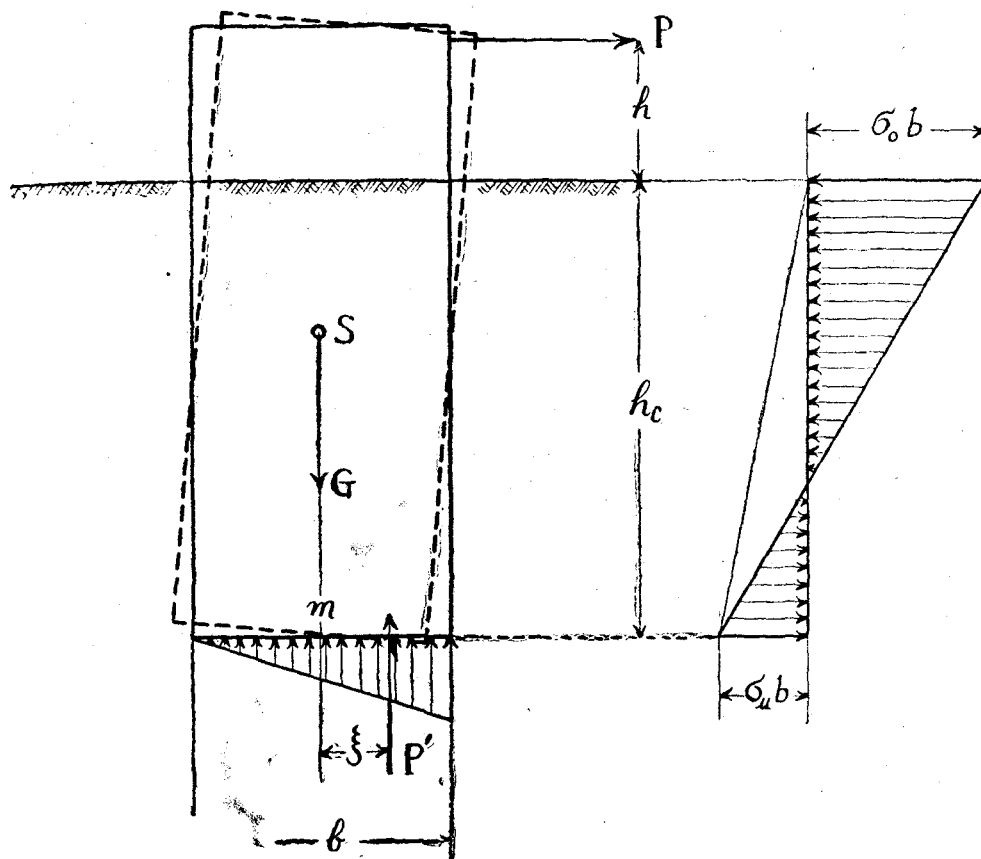


圖-61. 混 凝 土 杭 の 平 衡

法である。従て現今廣く各地の實際に於ても採用せられて居る。

(1) 最大作用支壓力と設計條件

混凝土杭の平衡は側壓に關しては單一なる木杭の場合と同様であるが、唯この場合には基
 底面にかゝる垂直壓を考慮に入れることを要する(圖-61)。靜力學原理により次の3條件を得
 る。

$$\Sigma H = :$$

$$P - b\sigma_0 \frac{h_c}{2} + b\sigma_u \frac{h_c}{2} = 0$$

$$\Sigma V = 0 :$$

$$G = P$$

$\Sigma M=0$ (m 點に於て):

$$P(h+h_c) - b\sigma_0 h_c \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} h_c + b\sigma_u h_c \frac{1}{2} \cdot \frac{h_c}{3} - G\xi = 0$$

従て

$$\left. \begin{aligned} \sigma_0 &= \frac{2P}{bh_c} \left(2 + 3 \frac{h}{h_c} \right) - \frac{6\xi G}{bh_c^2} \\ \sigma_u &= \sigma_0 - \frac{2P}{bh_c} = \frac{2P}{bh_c} \left(1 + 3 \frac{h}{h_c} \right) - \frac{6\xi G}{bh_c^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (101)$$

但し

G : 混凝土杭の自重

b : (91) 式

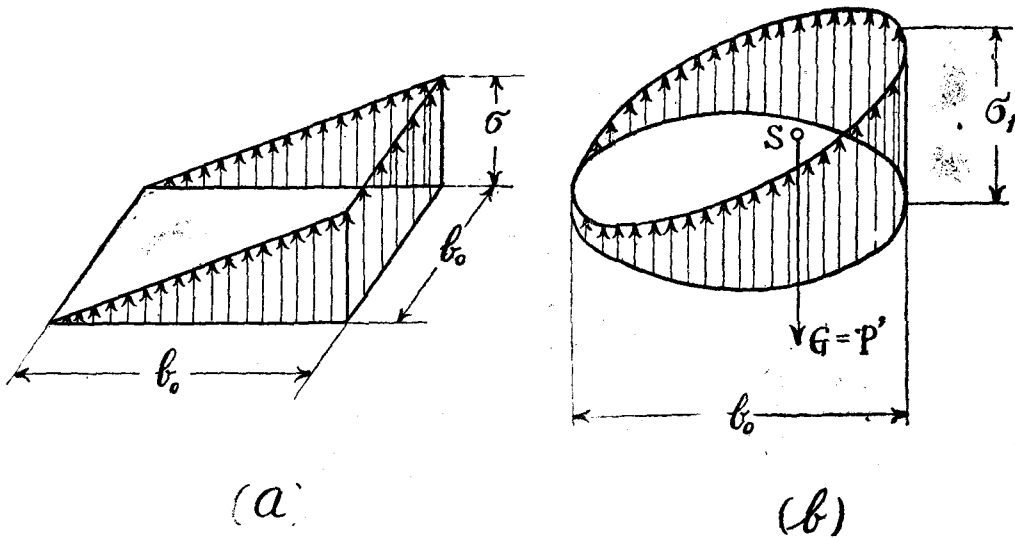


圖 62. 底面下の支壓力の分布

上式を混凝土杭に普通なる断面について特殊化する。

(i) 正方形断面 (圖-62(a))

$$\xi = \frac{2}{3} b_0 - \frac{b_0}{2} = \frac{b_0}{6} \quad \therefore 6\xi = b_0$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_0 &= \frac{2P}{bh_c} \left(2 + 3 \frac{h}{h_c} \right) - \frac{G}{h_c^2} \cdot \frac{b_0}{b} \\ \sigma_u &= \frac{2P}{bh_c} \left(1 + 3 \frac{h}{h_c} \right) - \frac{G}{h_c^2} \cdot \frac{b_0}{b} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (102)$$

基底面に於ける最大應力度:

$$\sigma_1 = \frac{2G}{b_0^2}$$

(72)

(ii) 圓 斷 面 (圖-62(b))

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{b_0}{8} \\ \sigma_0 &= \frac{2P}{bh_C} \left(2 + 3 \frac{h}{h_C} \right) - \frac{3}{4} \cdot \frac{b_0}{b} \cdot \frac{G}{h_C^2} \\ \sigma_x &= \frac{2P}{bh_C} \left(1 + 3 \frac{h}{h_C} \right) - \frac{3}{4} \cdot \frac{b_0}{b} \cdot \frac{G}{h_C^2} \\ \sigma_1 &= \frac{8G}{\pi b_0^2} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \sigma_0 \\ \sigma_x \\ \sigma_1 \end{aligned}} \right\} \dots\dots\dots (103)$$

從て設計條件としては

$$\begin{aligned} \sigma_0 &\leq p_{z0t} \quad (t=15\text{cm}) \\ \sigma_1 &\leq p_{z1t} \quad (t=h_C) \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \sigma_0 \\ \sigma_1 \end{aligned}} \right\} \dots\dots\dots (104)$$

(86) 式により許容支壓應力度は次の如くなる。

側面許容應力度:

$$p_{z0t} = \frac{1}{1.5} \left[p_{v0} + 2k\gamma t \left\{ 1 + 0.21 \left(\frac{t}{b} \right) \right\} \right]^{1)}$$

但し

$$p_{v0} = \gamma b k$$

$$b = b_e = \begin{cases} \text{(正方形斷面に對し)} & b_0 \\ \text{(圓斷面に對し)} & 0.472 b_0 \end{cases}$$

b_0 = 正方形斷面の邊長或は圓斷面の直徑

底面許容支壓應力度:

$$p_{z1t} = \frac{1}{1.5} \left[p_{v1} + 2k\gamma t \left\{ 2 + \left(\frac{t}{b_0} \right) \right\} \right]^{1)}$$

但し

$$p_{v1} = 2\gamma b_0 k^{2)}$$

(2) 最大曲げ「モーメント」及び最大剪力

任意の深さ x に於ける曲げ「モーメント」は (圖-59, 61 参照),

$$M_x = Px + \frac{b(x-h)^2}{6h_C} \left\{ -\sigma_0(3h_C + h - x) + \sigma_u(x-h) \right\}$$

從て(101)式により

範圍 $x > h$:

1) $\kappa=1, \phi=1.5$

2) Kögler-Scheidig: 前出, S. 179.

$$M_x = Px + Ph_c \left(\frac{x}{h_c} - \frac{h}{h_c} \right)^2 \left[\left(\frac{x}{h_c} \right) \left(1 + 2 \frac{h}{h_c} \right) - 2 \left(1 + \frac{h}{h_c} \right)^2 + \frac{\xi}{h_c} \cdot \frac{G}{P} \left\{ 3 - 2 \left(\frac{x}{h_c} - \frac{h}{h_c} \right) \right\} \right]^2 \quad \dots\dots\dots (106)$$

M_x の最大を求むる爲に條件 $\frac{dM_x}{dx} = 0$ より x_0 を求むれば

$$\left. \begin{aligned} \frac{x_0}{h_c} &= \frac{h}{h_c} + \frac{1}{\left(2 + 3 \frac{h}{h_c} - 3 \frac{\xi}{h_c} \cdot \frac{G}{P} \right)} \cdot \frac{(1 - \sqrt{1 - \tau'})}{\tau'} \\ \tau' &= \frac{3 \left(1 + 2 \frac{h}{h_c} - 2 \frac{\xi G}{h_c P} \right)}{\left(2 + 3 \frac{h}{h_c} - 3 \frac{\xi G}{h_c P} \right)^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (107)$$

但し

従て

$$\left. \begin{aligned} M_{max} &= Px_0 + Ph_c \left(\frac{x_0}{h_c} - \frac{h}{h_c} \right)^2 \left[\frac{x_0}{h_c} \left(1 + 2 \frac{h}{h_c} \right) - 2 \left(1 + \frac{h}{h_c} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. + \frac{\xi}{h_c} \cdot \frac{G}{P} \left\{ 3 - 2 \left(\frac{x_0}{h_c} - \frac{h}{h_c} \right) \right\} \right] \\ \text{正方形断面: } \frac{\xi}{h_c} &= \frac{1}{6} \cdot \frac{b_0}{h_c} \\ \text{圓形断面: } \frac{\xi}{h_c} &= \frac{1}{8} \cdot \frac{b_0}{h_c} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (108)$$

但し

又

$$\text{最大剪斷力 } S_{max} = P \quad \dots\dots\dots (109)$$

此の最大曲げ「モーメント」、最大剪斷力に對して混凝土杭の安全なる断面を鐵筋混凝土原理に従て設計すればよい。

III 碇著杭の計算例

前節までに於て展開せられたる碇著杭設計理論に従て 1, 2 算例を試みることにする。

(1) 碇著木杭の計算例

副索の場合をやつてみる。

$$\text{副索最大張應力 } X'_{s,t} = 40 t$$

碇著木杭の本数を 5 本とすれば, (92) 式により

1) $x = h + h_c$ と置けば $M_x = G\xi$ となつて正しい。

(74)

$$P = \frac{40}{5} = 8t$$

木杭の平均直径並びに寸法について先づ次の如くに假定する。

$$\text{木杭の平均直径 } b_0 = 40\text{cm}$$

$$h = 50\text{cm}$$

又地盤について

$$\gamma = 2t/m^3$$

$$\rho = 30^\circ$$

とすれば 表 42 に より

$$k = 4,2$$

$$b = 0,472 b_0 = 20\text{cm}$$

$$\frac{a}{t} < \frac{1}{3} \text{ (圖-54)} \quad \therefore \kappa = 1$$

故に (85a), (88), (95) 式により

$$p_v = \gamma b k = 2 \cdot 0,2 \cdot 4,2 = 1,68t/m^2$$

$$p_{zt} = 0,667 \cdot 1,68 \left\{ 1 + 2 \frac{0,15}{0,2} \left(1 + 0,21 \frac{0,15}{0,2} \right) \right\} = 3,07t/m^2$$

(a) 根入深さ h_c

(i) $h_c = 450\text{cm}$

$$\frac{h}{h_c} = \frac{1}{9}$$

$$b = b_c + \frac{h_c}{2} = 245\text{cm}$$

$$(94) \text{ 式 } \sigma_0 = 2 \left(2 + 3 \frac{h}{h_c} \right) \sigma'_0 = 3,38t/m^2 > p_{zt}$$

(ii) $h_c = 500\text{cm}$

$$\frac{h}{h_c} = \frac{1}{10}$$

$$b = 270\text{cm}$$

$$\therefore \sigma_0 = 2,73t/m^2 < p_{zt}$$

従て $h_c = 5m$ を採用する。

(b) 應 力 度

(i) 最大曲げ應力度

$$\text{断面係数 } W = \frac{\pi b_0^3}{32} = 6283,2\text{cm}^3$$

(76)

(1) 混凝土杭の計算例

杭の最大負擔荷重=40t

先づ 圖-63 の如き形を假定してみる。

$$b_0=1,5^m, h=50\text{cm}, h_c=500\text{cm}, \frac{h}{h_c}=0,1$$

(a) 最大作用支壓力

$$\gamma=2\text{t/m}^3, \rho=30^\circ, k=4,2 \text{ (表-42)}$$

$$b=b_c \text{ (方形斷面に對し) } b_0=150\text{cm}$$

側面支壓に對し：

$$p_{r0}=\gamma b k=12,6 \text{ t/m}^2$$

$$t=15\text{cm}, \frac{t}{b}=0,1, 2k\gamma t=2,52\text{t/m}^2$$

$$\therefore p_{z0t}(t=15\text{cm})=\frac{1}{1,5} \cdot 15,173=10,115 \text{ t/m}^2$$

$$G=(\pi \cdot 0,5^2 \cdot 1 + 1,5^2 \cdot 5) 2,4=28,885$$

$$b=b_c + \frac{h_c}{2} [(91) \text{ 式}] = 150 + \frac{500}{2} = 400\text{cm}$$

$$\frac{2P}{bh_c} = 4,0 \text{ t/m}^2, \frac{b_0}{b} \cdot \frac{G}{h_c^2} = 0,433 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore \sigma_0 = 4 \cdot 2,3 - 0,433 = 8,767 \text{ t/m}^2 < p_{z0t}$$

底面支壓に對し：

$$b=b_c=b_0=150\text{cm}$$

$$p_{d1}=2\gamma b_0 k=25,2 \text{ t/m}^2 [(105) \text{ 式}]$$

$$2k\gamma t=8,4 \cdot 2 \cdot 5=84 \text{ t/m}^2$$

$$2k\gamma t \left\{ 2 + \left(\frac{t}{b_0} \right) \right\} = 84 \cdot 5,3=448 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore p_{z1t}(t=500\text{cm})=\frac{1}{1,5} \cdot 473,2=315 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_1=\frac{2G}{b_0^2}=\frac{2 \cdot 28,885}{1,5^2}=25,676 \text{ t/m}^2 < p_{z1t}$$

此の例で明かなる如く杭の形は殆ど側面支壓のみで可まる。

(b) 斷面の設計

(i) 最大曲げ「モーメント」

$$\frac{G}{P}=\frac{28,885}{40}=0,722125$$

$$\frac{\xi}{h_c}=\frac{1}{6} \cdot \frac{b_0}{h_c}=0,05$$

$$3 \left(1 + 2 \frac{h}{h_c} - 2 \frac{\xi G}{h_c P} \right) = 3,3834$$

$$2 + 3 \frac{h}{h_c} - 3 \frac{\xi G}{h_c P} = 2,1917$$

$$\tau' = 0,70437607, \sqrt{1 - \tau'} = 0,5437$$

$$\therefore \frac{x_0}{h_c} = 0,3956$$

M_{max} の第 1 項 [(108) 式] = 94,9400tm

同 第 2 項 = -32,6504tm

$$\therefore M_{max} = 62,2896$$

上部円断面部分の最大曲げ「モーメント」:

$$M'_{max} = 40 \cdot 0,5 = 20\text{tm}$$

(ii) 最大剪断力

$$S_{max} = 40\text{t}$$

(iii) 鉄筋の計算

(α) 上部円断面部分の配筋

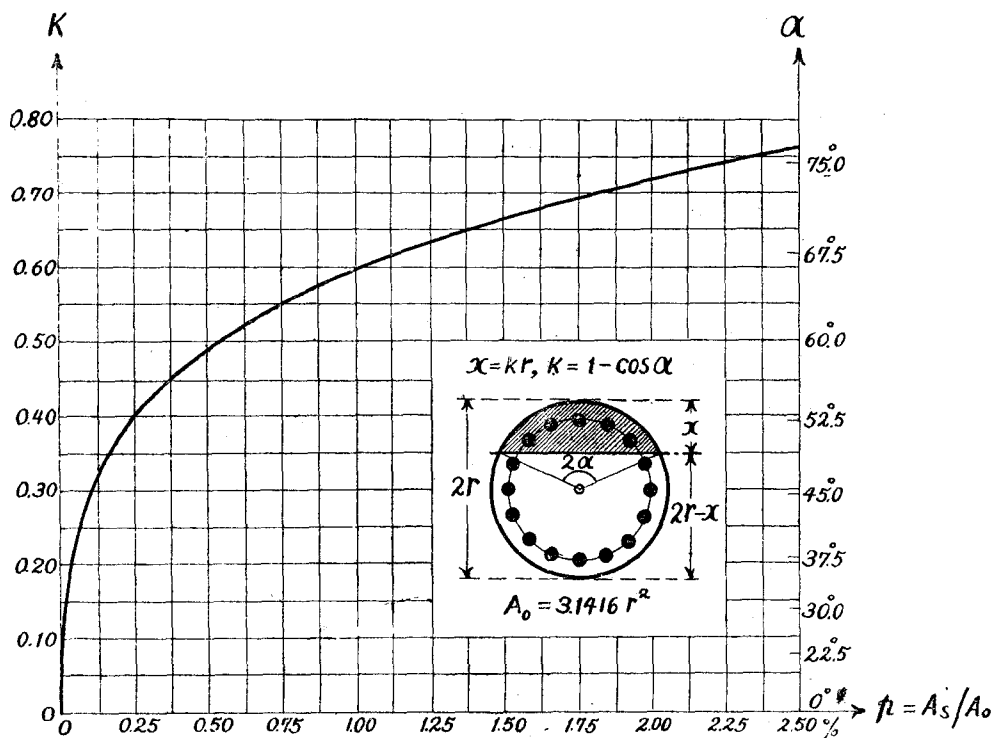


圖-64. (f, K) -曲線

曲げを受ける圓断面鉄筋混凝土梁はその實用的機會が非常に少ないので、普通の著書には其の計算公式の記述を見ない。此處では福田博士のものに依て計算することとする。本項に於ける記號は一切其の原著に従ふから、是までの本論文の記號と混同せざるやう注意を要する。

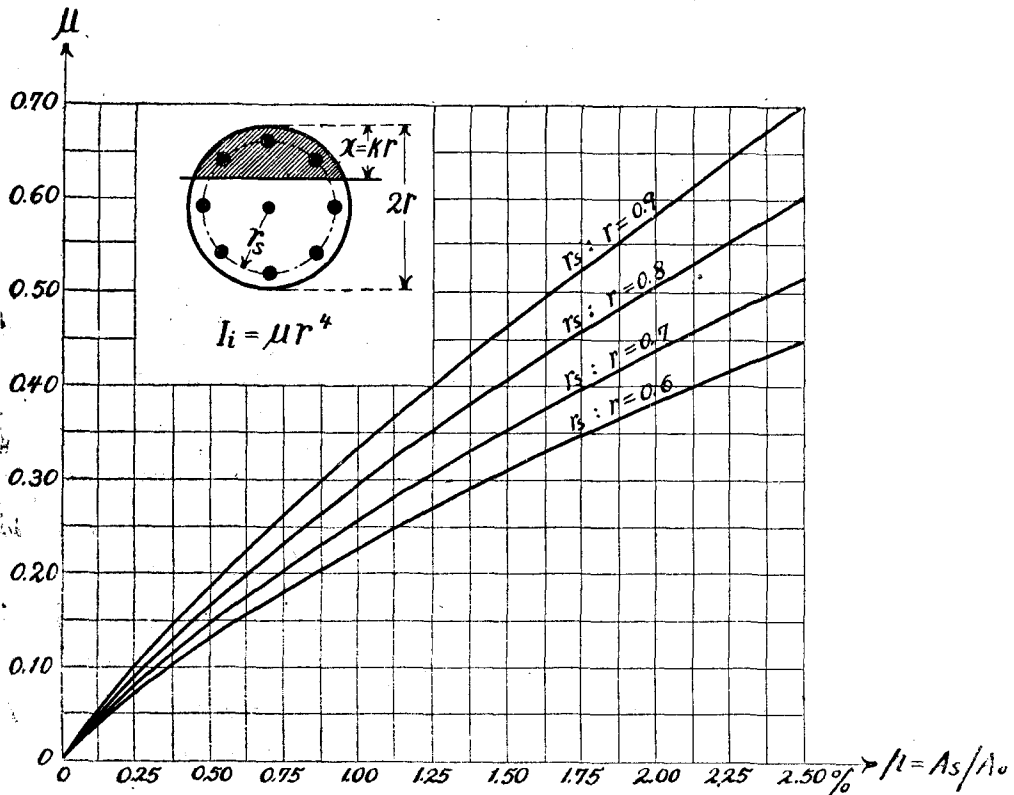


圖-65. (μ, p) —曲 線

採用主鐵筋：直徑28mm 12本 (圖-63, 斷面I-I)

鐵筋斷面 $A_s = 12 \cdot 6,158 = 73,896 \text{ cm}^2$

混凝土斷面 $A_0 = 7854 \text{ cm}^2$

$$p = A_s : A_0 = 0,94\%$$

$$\frac{r_s}{r} = 0,8$$

$$\therefore k = 0,58 \quad \mu = 0,28$$

混凝土の最大壓縮應力度

$$\sigma_c = \frac{k}{\mu r^3} M'_{\max} = \frac{2\,000\,000}{125\,000} \cdot 2,0714 = 33 \text{ kg/cm}^2$$

1) 福田武雄：鐵筋コンクリート理論，318頁。昭和9年。圖-64，圖-65は同著原圖による。

引張側鐵筋の最大引張應力度

$$\sigma_s = \frac{n M'_{max}}{\mu r^3} \left(1 - k + \frac{r_s}{r} \right) \quad [n=15]$$

$$= \frac{15 \cdot 2\,000\,000}{0.28 \cdot 125\,000} (1 - 0.58 + 0.8) = 1046 \text{ kg/cm}^2$$

剪應力は $S_{max}=40t$ として計算すれば許容剪應力度 4.5kg/cm^2 を超過するから約 14cm の間隔に肋筋を入れる。以上によつて 圖-63 断面1-1 の如き配筋を得る。

(β) 下方形断面部分 (埋没部分) の配筋

方形断面梁の配筋は普通に起る問題であるから特筆の必要もない。圖-63 断面2-2 の配筋にて

$$M_{max}=6228960 \text{ kg/cm}, S_{max}=40\,000 \text{ kg}$$

に對して十分である。

以上により 圖-63 の如き設計圖を得る。唯この場合引張側と壓縮側とは全然配筋を異にするから圖の様に索條張力の方向を必ず明記する必要がある。

第六部 抑留網羽の負荷荷重

I 總 說

是までの諸篇に於て著者は抑留網羽自體の構造並びに其の鋼索の碇著部に力學的解析を加え理論的設計方法の據るべき道筋を明確にしたが、本篇に於ては更に應力算定の必須因子たる荷重量 w' 及び其の荷重方向等に關して攻究することとした。此の荷重量の大きさは勿論その負載せられる方向等に就ては、從來は抑留網羽の解析的設計方法を有しなかつたのであるから従て其の數量的吟味は全然問題になり得なかつたのであつて、之が研究は現在までの處皆無である。之著者を驅つ更に荷重判定に關する實驗的研究に趨かしめた所以である。而してかゝる重要な實驗は、條件の相異なる各地方の大小各種流送河川の實際に就て、年1回の流送時期を狙つて長年に涉つて實施せらるゝ處の精密なる實驗を必要とし、これによつて始めて各種河川の實地に應用さるべき幅の廣き適用性を有する荷重量が判定され得るのである。著者が本篇に於て發表せむとする實驗成績は此の意味に於て遺憾なしとせざるも猶荷重の判定に關する一の重要な準據を始めて提供するものなることを信じて疑はない。

又荷重量の判斷に關して留意すべき更に重要な一點は、年々各地の流送事業の現地に發生する處の抑留網羽の崩壊事件の吟味検討である。即ち之等の諸事件は適切に之を處理するこ

とに依つて、抑留網羽の負荷荷重の最高限度たる破壊荷重に關する一の實際的數値を認識せしめるものであつて、抑留網羽の荷重判定に關して眞に重大なる資料を提供するものである。而して抑留網羽に關する合理的設計の極めて幼稚なる現在にあつては、是等崩壞に關する諸事件は失敗の歴史と言ふよりも寧ろ不可抗力の歴史と稱すべく、かゝる場合此の苦難の經驗につきて充分なる吟味検討を盡して爾後の抑留網羽技術に貢獻せしむべく、決してこの高き犠牲を無價値に葬り去るべきではない。此の點特に大乘的氣魄が關係技術者に要請せらるゝ處である。敘上の意味に於て著者は本篇結論に於て、著者が以前に取扱ひたる崩壞事件より得たる判定荷重量を掲げて著者の實驗結果と比較すると共に、他方大陸性大河川の有つ荷重量の一斑を窺知せしむるの一助とした。

終りに本篇の價值は一面その方法にありと言ふを得べく、かゝる地域的廣さと時間的長さを必要とする實驗の如きは到底今日一學究、一研究室のみの克く爲し得る處ではない。從て著者は之と相似の方法による荷重の實驗成果が汎く官民の實地方面よりも擧げられむことを衷心希望して已まない處である。

II 負荷荷重の大きさ及び方向の判定に 關する實驗的研究

荷重量 w と抑留網羽の主、副兩索系統の部材應力 $X_i, X_{s,i}$ との關係はその第1型式に關しては(53)式、第2型式に關しては(61)式に依て與えられてゐる。從し若し或る特定の抑留網羽に就て何等かの方法に依て一定の時に於けるその作用應力量 $X_i, X_{s,i}$ を知ることを得れば之より其の時の負荷荷重量 w を上記兩式より逆算に依て推定することの出来る。而して各部材の作用應力についてその最大値を把握すれば荷重量 w の最大値が算出せられ、之に依て抑留網羽に働く負荷荷重の何程のものであるかが判定し得られるのである。又荷重の負荷方向も主索索條應力の實測値と $\left(\frac{\partial}{L}\right)$ を適當に假定して得られるその計算應力値とが一致する $\left(\frac{\partial}{L}\right)$ を試索的に求むれば比較的簡単に判定し得られる。

尙本章成果中昭和16年度、昭和17年度實驗に際しては日本學術振興會より多大の援助を受け、高い精度を以て周密なる實驗をなし得るの機會を與えられた。茲に附記して深謝する次第である。又本研究に關する實驗は王子製紙株式會社の事業施設たる沙流川抑留網羽を其の對象とすることを得、著者は數年に涉つて實驗上各種の便宜を辱ふした。茲に附記して同社北海道山林部の方々に衷心感謝を呈するものである。

(1) 實 驗 方 法

主、副兩索系統の作用應力 X_t , $X_{s,t}$ を知るには索條の伸長率を知らねばならぬ。伸長率を知るには色々の方法があるが、流送の抑留網羽の如き實驗的支障の發生の頻發を豫想せらるゝ作業現場に適切な方法として著者が採用したる方法は次の二つである。

即ち第1法は鋼卷尺を用ひるもので、索條に沿ふて支障の存在なく測定し易き部分を見計つて2個所に28番線内外の焼鈍鐵線を以て鐵線巻を施し、索條に應力の作用する以前即ち索條の伸長開始以前に此の兩鐵線巻間の長さを先づ測つて置く、この鐵線巻は一定の幅を有つから

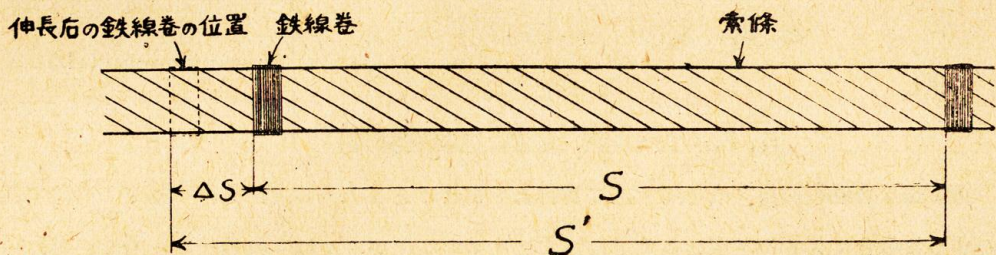


圖-66. 鋼卷尺による伸長測定

その一方の鐵線巻の例へば留杭側から他方のものゝ同じ側まで鋼卷尺を當て、正確に測り、後日伸長を測る場合に同一の點が當て得られる様にその測定標點に白ペンキか白エナメルで目印をつける(圖 66 及 圖 67)。鋼卷尺の最小目盛は 1mm であるから鐵線巻の間の長さは大きく取るほど精度が良好であるが、現場木材作業上の各種支障もあるのでそう大き過ぎて取ることも出来ない。此の實驗に於ては結局 4~5 米内外にとつた、併し中には昭和 16 年度實驗中副索第 5 番の如きは 10 米以上に設定したこともある。かくの如くして次で融雪や降雨のために水位が上昇したり散流材が大量に網羽に着材した時期毎に鋼卷尺を以て鐵線巻間の測定を行へば次の如くにして伸長率が計算される。

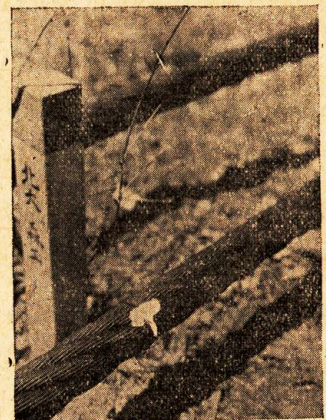


圖-67. 鐵線巻上のエナメル附

$$\epsilon = \frac{\Delta s}{s}$$

但し

$$\left. \begin{aligned} \Delta s &= s' - s = \text{應力による伸長} \\ s &= \text{測定區間の伸長以前の長さ (應力皆無の時)} \\ s' &= s \text{ の伸長後の長さ} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (110)$$

従て

索條の鋼鐵斷面に働く應力度：

$$\left. \begin{array}{l} \sigma = \varepsilon \cdot E_s \\ \text{但し} \\ E_s = \text{索條の彈性係數} \\ = 1\,050\,000 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (111)$$

故に索條の作用應力

$$\left. \begin{array}{l} \text{主 索: } X_i \\ \text{副 索: } X_{s,i} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \sigma \cdot F_i \\ \sigma \cdot F_{s,i} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (112)$$

但し

$F_i, F_{s,i}$ = 夫々主索, 副索の總鋼鐵斷面積

第1法は普通觀測員2名を要し之は實行上不便なこともあるので、止むを得ず1名にて觀測の要ある場合は著者の考案せる簡單なる「ワイヤクリップ」を以て鋼卷尺の一端を正確に一方の鐵線卷上に固定し、觀測員は他端の鋼卷尺を読む方法をも併用した(圖-68)。

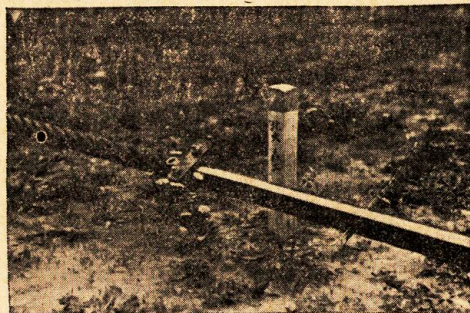


圖-68. 「ワイヤクリップ」使用による伸長測定

此の第1法は方法極めて簡便なる利點があるが、その測定標點間距離が長大なるを要するために應力作用以前の索條の波狀形歪曲がこの間に介在し、これは手で多少は直せるが完全な通直にすることが到底出來ないので、此の誤差が s の測長に入つて來て不安で

ある。¹⁾ 従つてこの方法の精度を比較吟味するために「オクイツェン」歪計 (Okhuizen's Extensometer) による第2法をも實施した。此の歪計は明石製作所製のものにして計器複合槓桿の倍率は1000倍、目盛盤の1目盛が0,001mmに相當する。而して正規標點距離は20mmなるも、この實驗に於ては補助測定桿を使用して之を50mmとして計器を索條に固定した。第1法に於て設定標點距離を例へば5米とすればその讀度1/5000なるに對し、第2法では上記計測法の與ふる讀度は1/50000となり、第1法と平行に實施さるゝ歪計の精細なる觀測により第1法の精度を吟味し得る。

次に 著者が實施の對象としたのは王子製紙株式會社が北海道日高國平取村字二風谷地先に

1) 此の波狀形歪曲は應力が作用すると消滅して索條は通直となる。

流送事業目的のため毎年沙流川に架設する所謂平取抑留網羽である（演習林研究報告 第11巻 第2號所掲、沙流川抑留編筏網羽平面圖 参照）。之は同社北海道山林部の方々の推薦もあり、荷重實驗に最適の條件を有するものとして實驗對象に擇ばれたのである。抑々沙流川は遠く日高、石狩、十勝三國境の相交る三角稜の中心山岳地帯に其の源を發し、右左府村内は於てウェンザル川、千呂露川其他の2川を集め、更に南流して平取村内に入りてニセウ川、隼平川を合流せしめ、門別村富川町地先に至りて太平洋に注ぎ、その延長約90km、流域面積約1360km² 日高第一の大河である。而して4月20日前後に於て、早春の融雪時期に溫暖なる南風と降雨とが國境水源地方に於て相伴ふことが原因となつて、最高水位が例年來襲する。之が平水位以上1.5mに達するのである。其の後高水位が6月上旬までに1,2回來りて、夏の降雨期まで水位は漸減するので、流送事業の主要部分はこの7月上旬までに完了しなければならぬ事情にある。流送材積は例年15萬石内外にして各河川流域より平取抑留網羽まで散流をなし、抑留木材はこの網羽尻に於て直ちに編筏せられて、これより河口なる門別村富川町揚陸網羽に至るまで安全性多き流送方式たる筏流となり、此處に於て解筏して揚陸せらる。尙同社の本河川に於ける流送作業は多年の經驗によつて老練を極め、流送材積の調節宜しきを得て平取抑留網羽の最大着材々積は4萬石内外を超過せざる程度である。

此の平取抑留網羽は本論文第二部の冒頭に於て述べたる如く力學上抑留網羽第1型式に屬し、從て實驗値より荷重量を推定するには第1型式公式を活用するを要する。即ち

$$H_0' = \frac{X_{s,t}}{1 + \cos 2\beta} \cdot \frac{r_{s,t}}{\cos \alpha_s \cdot c' - 2i + 1} \quad \left. \begin{array}{l} \text{但し} \\ X_{s,t} : \text{測定せる副索應力} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (113)$$

によつて H_0' を算出し之より更に次式によつて荷重量を算出する、

$$\begin{aligned} w' &= H_0' \cdot \frac{8f'}{l^2} \left[f' = 58,^{m}89, \quad l' = 949,^{m}9 \right] \\ &= \frac{H_0'}{1915,^{m}2445} \quad \dots\dots\dots (114) \end{aligned}$$

かゝる計算によつて w' の大きさを推定し得る筈である。

次に荷重量の方向を決定する量 $\left(\frac{\delta}{L} \right)$ の適正值に關する判定は、主索應力については第1格間應力 X_1 の實測値が既知であるから、 $\left(\frac{\delta}{L} \right)$ の値を任意に假定して得られる w' によつて X_1 の計算を求め、¹⁾ かくして X_1 の實測値と計算値との比を1に等しからしめる處の $\left(\frac{\delta}{L} \right)$ の

1) 公式(113)の α_s, β もこの $\left(\frac{\delta}{L} \right)$ を任意に假定して求める。

(84)

値を試索的に求むればその時の $\left(\frac{\delta}{L}\right)$ の適正值が得られるのである。 $\left(\frac{\delta}{L}\right)$ の適正值が決まれば前の荷重量 w' も當然此の値に對して補正を要することとなる。

(2) 昭和13年度實驗成績

最初の實驗であり従て凡てが濫踏的である爲め勿論充分なる結果を擧げることが出来なかつた。特に主索部分の伸長を實驗上正確に掴むことが出来なかつたので荷重の方向を決める量である $\left(\frac{\delta}{L}\right)$ の大きさなど不明である。然し之によつて副索の伸長率が想像以上に大であることを知り今後の實驗に確信を得たのである。

表-46 副索の測定伸長並に伸長率

(單位 mm)

副索 番 號	s	s'				Δs_{max}	伸長率 (ε)
		III-16	V-7	V-8	V-19	V-20	
1	10000	再設定	10000	10000	10000	—	—
2	10000	再設定	10000	10000	10000	—	—
3	10000	10004	10004	10004	10004	4	1:2500
4	10000	10004	10006	10007	10007	7	1:1428,57
5	10000	10030	10028	10032	10031	32	1:312,5
6	10000	10030	10030	10050	10047	50	1:200
7	10000	10011	10012	10026	10025	26	1:384,615
8	5000	4998?	4998?	5003	5003	5*)	1:1000
9	5000	5012	5011	5014	5015	15	1:333,3
10	5000	5000	5000	5004	5004	4	1:1250
11	5000	5002	5002	5003	5003	3	1:1666,6
12	7000	7012	7010	7014	7015	15	1:466,6

*) 2mm+3mm=5mm と伸長を假定す。

表-47 主索の測定伸長並に伸長率

(單位 mm)

	測定月日	格 間 0—1 (上親杭側)	
		表親綱 (2'')	裏親綱 (1½'')
s	III—16	5500	10000
s'	V—8	再設定*)	再設定
	V—19	5500	10002

*) 附近の児供等が惡戯して鐵線巻を破棄せるものゝ如し。

表-48. 副索測定應力

副索 番 號	直 徑	ϵ	$\sigma = \epsilon \cdot E_s$ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_{s,t} = \sigma \cdot F_s$ (kg)
1	2"	—	—	8,866 852	—
2	1½"	—	—	5,121 494	—
3	1½"	1:2500	420	5,121 494	2 151
4	1½"	1:1428,57	735	5,121 494	3 764
5	1½"	1:312,5	3360	5,121 494	17 208
6	1½"	1:200	5250	5,121 494	26 888
7	1½"	1:384,6	2730	5,121 494	13 982
8	2"	1:1000	1050	8,866 852	9 310
9	1½"	1:333,3	3150	5,121 494	16 133
10	1½"	1:1250	840	5,121 494	4 302
11	1½"	1:1666,6	630	5,121 494	3 227
12	1½"	1:466,6	2250	5,121 494	11 523

表-49. 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 ($\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$)

副索番號	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,t}}{c' - 2i + 1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	—	0,023 331	—	—
2	—	023 348	—	—
3	2 151	023 366	92 057	48,1
4	3 764	023 384	160 965	84,0
5	17 208	023 401	735 353	383,9
6	26 888	023 419	1 148 128	599,5
7	13 982	023 437	596 578	311,5
8	9 310	023 455	396 930	207,2
9	16 133	023 473	687 300	353,9
10	4 302	023 490	183 142	95,6
11	3 227	023 508	137 272	71,7
12	11 523	023 526	489 799	255,7
平 均 値				242

表-50. 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}\right)$

副索番 號	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{1+\cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,t}}{c'-2i+1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	—	0,021 932 1	—	—
2	—	022 016 6	—	—
3	2 151	022 101 7	97 323	51
4	3 764	022 187 5	169 645	89
5	17 208	022 274 0	772 560	403
6	26 888	022 361 2	1 202 440	628
7	13 982	022 449 0	622 835	325
8	9 310	022 537 5	413 089	216
9	16 133	022 626 7	713 007	372
10	4 302	022 716 6	189 377	99
11	3 227	022 807 3	141 490	74
12	11 523	022 898 7	503 216	263
平均 値				252

表-47 に記せる如く子供の悪戯によつて最初に設定せる鐵線巻が切斷破棄せられたる故障の爲め、本年度は主索第1格間の伸長率を知り得なかつたのは遺憾であるが、裏親綱の如きは再設定後尙ほ 2mm の伸長を示し加ふるに本年は5月上旬に於て副索系統が既に著しい伸長率を示してゐる事實から推して(表-46)、主索第1格間伸長率從て $\left(\frac{\delta}{L}\right)$ の値も相當のものであつたらうと思はれる。後年度の實驗に徴するも此の値は約 $\frac{1}{5}$ に近く、從て本年度荷重量平均値は $w=252\text{kg/m}$ と見て大過ないだらう。

(3) 昭和14年度實驗成績

本年度は4月14日に副索の全部材及び主索第1格間部分に測度標點の鐵線巻を設定した。4月14日頃は應力作用開始以前の標點設定時期としては既に遅すぎるので之は現場との連絡の關係の爲である。事實實驗班が現場に著いたときは恰も最初の融雪出水の時に當り、副索系統の約半數は多少の程度伸張を受けてゐた。此の状態で標點設定を行つたのである。唯標點距離を昨年 of 如く10米、5米とせず、本年よりは現場により適切なる任意の長さに設定した。

表-51. 副索の測定伸長並に伸長率

(単位 mm)

副索番號	s		s'				Δs_{max}	伸長率 (ε)
	設定時の 緊張形態	IV-14	IV-25	V-28	VI-10			
1	稍 張	9 066	9 082	9 085	9 082	19	1:477,158	
2	弛	12 160	12 180	12 183	12 179	23	1:528,696	
3	〃	6 181	6 189	6 189	6 193	12	1:515,083	
4	〃	7 602	7 605	7 604	7 604	3	1:2534	
5	稍 張	6 497	6 517	6 517	6 513	20	1:3248,5	
6	張	6 222	6 240	6 239	6 236	18	1:345,6	
7	稍 張	4 900	4 917	4 915	4 915	17	1:288,235	
8	張	7 549	7 583	7 578	7 576	34	1:222,029	
9	弛	5 834	5 873	5 856	5 854	39	1:149,590	
10	〃	5 028	5 046	5 037	5 036	18	1:279,3	
11	〃	5 969	5 993	5 983	5 983	24	1:248,708	
12	〃	7 946	7 980	7 972	7 971	34	1:233,706	
13	〃	6 716	6 733	6 728	6 728	17	1:395,059	
14	〃	6 670	6 684	6 689	6 692	22	1:303,182	
15	〃	8 379	8 385	8 388	8 387	9	1:931	
16	〃	7 049	7 069	7 073	7 071	24	1:293,708	
17	〃	7 431	7 442	7 442	7 442	11	1:675,545	
18	〃	7 933	7 959	7 970	7 968	37	1:214,405	
19	張	7 900	7 899	7 901	7 901	1	1:7900	
20	〃	8 008	8 004	8 006	8 005	—	—	

表-52. 主索の測定伸長並に伸長率

(単位 mm)

	測 定 月 日	格 間 0—1 (上 親 杭 側)	
		表 親 綱 (2'')	裏 親 綱 (1½'')
s	IV — 14	5406	6239
s'	IV — 25	5428	6257
	V — 28	5428	6256
	VI — 17	5430	6255
Δs_{max}		24	18
伸 長 率 (e)		1:225,25	1:346,61

表-53. 副 索 測 定 應 力

副索番號	直 徑	ϵ	$\sigma = \epsilon \cdot E_s$ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_{s,t} = \sigma \cdot F_s$ (kg)
1	2''	1:477,158	2 200	8,866 852	19 507
2	1½''	1:528,696	1 986	5,121 494	10 171
3	1½''	1:515,083	2 039	5,121 494	10 443
4	1½''	1:2534	414	5,121 494	2 120
5	1½''	1:3248,5	323	5,121 494	1 654
6	1½''	1:345,6	3 038	5,121 494	15 559
7	1½''	1:288,235	3 643	5,121 494	18 658
8	2''	1:222,029	4 729	8,866 852	41 931
9	1½''	1:149,590	7 019	5,121 494	35 948
10	1½''	1:279,3	3 759	5,121 494	19 252
11	1½''	1:248,708	4 222	5,121 494	21 623
12	1½''	1:233,706	4 493	5,121 494	23 011
13	1½''	1:395,059	2 658	5,121 494	13 613
14	1½''	1:303,182	3 463	5,121 494	17 736
15	1½''	1:931	1 128	3,631 854	4 097
16	1½''	1:293,708	3 575	3,631 854	11 984
17	1½''	1:675,545	1 554	3,631 854	4 644
18	1½''	1:214,405	4 897	3,631 854	16 785
19	1½''	1:7900	133	3,631 854	483
20	1½''	—	—	—	—

表-54. 主索第1格間測定應力

	ϵ	σ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_1 = \sigma \cdot F_s$ (kg)	%
表親綱	1:225,25	4 661	8,866 852	41 328	73
裏親綱	1:346,61	3 030	5,121 494	15 500	27
				$\therefore X_1 = 56 828$	100

表-55. 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \right)$

副索番號	$X_{s,i}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,i}}{c' - 2i + 1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	19 507	0,023 331	836 098	437
2	10 171	023 348	435 626	227
3	10 443	023 366	446 931	233
4	2 120	023 384	90 660	47
5	1 654	023 401	70 681	37
6	15 559	023 419	664 375	347
7	18 658	023 437	796 092	416
8	41 931	023 455	1 787 721	933
9	35 948	023 473	1 531 462	800
10	19 252	023 490	819 583	428
11	21 623	023 508	919 815	480
12	23 011	023 526	978 109	511
13	13 613	023 544	578 194	302
14	17 736	023 562	752 737	393
15	4 097	023 580	173 749	91
16	11 984	023 598	507 840	265
17	4 644	023 616	196 646	103
18	16 785	023 634	710 206	371
19	483	023 652	20 421	11
20	—	—	—	—
平 均 値				339

表-56. 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}\right)$.

副索番號	$X_{s,i}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,i}}{c' - 2i + 1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	19 507	0,021 9321	889 427	464
2	10 171	022 0166	461 970	241
3	10 443	022 1017	472 498	247
4	2 120	022 1875	95 549	50
5	1 654	022 2740	74 257	39
	15 559	022 3612	695 803	363
7	18 658	022 4490	831 129	434
8	41 931	022 5375	1 860 499	971
9	35 948	022 6267	1 588 743	830
10	19 252	022 7166	847 486	442
11	21 623	022 8073	948 074	495
12	23 011	022 8987	1 004 904	525
13	13 613	022 9908	592 106	309
14	17 736	023 0836	768 338	401
15	4 097	023 1773	176 768	92
16	11 984	023 2716	514 962	269
17	4 644	023 3668	198 744	104
18	16 785	023 4627	715 391	374
19	483	023 5590	20 502	11
20	—	023 7556	—	—
平 均 値				351

斯くして算出せられた荷重量 w' と假定 $\left(\frac{\delta}{L}\right)$ との値が正しいものとすれば、これらの數値を假定して算出せられる主索第1格間應力 X_1 は表-54 記載の其の實測値と一致しなければならぬ。従て $\left(\frac{\delta}{L}\right)$ 及 w' の適正值を求をることが出来る。

(i) $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$ と假定せる場合、

$w' = 339 \text{ kg/m}$ (表-55)

$$H_0' = \frac{w' l^2}{8f} = 649 302 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0,015 873 \cdot H_0^{(1)} = 10 306 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 (\text{實測値})}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right)} = \frac{56\,828}{10\,306} = 5,514$$

(ii) $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$ と假定せる場合,

$$w' = 351 \text{ kg/m (表-56)}$$

$$H_0' = 672\,251 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0,081\,035 \cdot H_0' = 54\,475 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 (\text{實測値})}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right)} = \frac{56\,828}{54\,475} = 1,043$$

(iii) $\frac{\delta}{L}$ 及び w' の適正值

(i), (ii) により

X_1 の比 $\backslash \frac{\delta}{L}$	0,1	0,2
	5,514	1,043

であるから X_1 の比=1 なるときは

$$\frac{\delta}{L} = 0,200\,962 = \frac{1}{4,9761},$$

又 w' に関し

$w' \text{ (kg/m)} \backslash \frac{\delta}{L}$	0,1	0,2
	339	351

従て $\frac{\delta}{L} = 0,200\,962$ に對し

$$w' = 351 \text{ kg/m}$$

(4) 昭和15年度實驗成績

本年度は4月15日に副索の全部材及び主索第1格間部分に測定標點の鐵線巻を設定した。かく設定が遅れたのは昭和14年度も同様であつたが現場との連絡の精であつて、本年度は網羽の架設も例年より遅れたためその架設が終ると殆ど同時に第1回の出水があつて連絡の餘裕が無かつたのである。測定標點の設定時は副索系統中第4番乃至第8番のものは既に相當の緊張度であつた。本年度はこの設定以前の應力の發生が激しかつたものと見え、従て實測し得

た荷重量 w' の大きさは著しく小さくなつた。又主索第1格間に關する本年度實驗に於ては、表親綱の伸長率が裏親綱のそれよりも小さく出たのであるが、これは兩者とも應力作用開始以前の同様の弛緩状態のもとに標點設定を行つたものであるから、普通ならば表親綱の方が一切の外部荷重の働き方がより直接的であるから伸長率は此の方が大でなければならぬ理で全く豫想外であつた。現場點檢によれば設定標點が支障に因て不慮の「すれ」を起した形跡も全く認められず、從て此の現象の由來する處は全く不明であるが、強いて言へば次の如き想像が許され得るかもしれない。即ち第1格間に於て或は抑留網羽の全長に於て、表親綱の長さが裏親綱のそれに比較して幾分の餘長を有してゐたものではあるまいかといふことである。

以下本年度實驗成績を掲げ之によりて荷重量及方向量の算定をなした。

表-57. 副索の測定伸長並に伸長率

(單位 mm)

副番 索號	s		s'					Δs_{max}	伸長率 (ϵ)
	設定時の 緊張形態	IV-15	IV-30	VI-8	VI-16	VI-17	VI-26		
1	弛	7717	7722	— *)	—	—	—	5	1:1543,4
2	〃	8142	8145	8146	8145	8147	8147	5	1:1628,4
3	〃	5794	5798	5801	5800	5802	5801	8	1:724,25
4	張	7735	7734	7731	7733	7732	7731	—	—
5	〃	6922	6924	6923	6922	6923	6926	4	1:1730,5
6	〃	5746	5751	5751	5754	5754	5754	8	1:718,25
7	〃	5410	5409	5408	5410	5411	5407	1	1:5410
8	〃	4660	4663	4665	4667	4667	4665	7	1:665,7143
9	弛	4937	4946	4945	4944	4946	4945	9	1:548,5
10	稍 張	4960	4964	4967	4966	4967	4966	7	1:708,5714
11	〃	5055	5064	5062	5060	5062	5062	9	1:561,6
12	弛	5054	5071	5068	5067	5068	5068	17	1:297,2941
13	稍 張	5325	5335	5330	5330	5332	5331	10	1:532,5
14	弛	5977	5997	5995	5994	5995	5994	20	1:298,85
15	〃	4407	4409	4411	4412	4411	4411	5	1:881,4
16	〃	5176	5177	5180	5179	5178	5175	4	1:1294
17	〃	5695	5700	5710	5697	5697	5697	15	1:379,6
18	〃	6190	6196	6193	6191	6190	6189	6	1:1031,6
19	張	5896	5893	5890	5892	5893	5893	—	—
20	〃	6080	6074	6075	6073	6073	6073	—	—

*) 鐵線巻離脱

表-58 主索の測定伸長並に伸長率

(単位 mm)

	測定月日	格 間 0-1 (上 親 抗 側)	
		表 親 綱 (2'')	裏 親 綱 (1½'')
s	IV — 15	6509	7202
s'	IV — 30	6515	7217
	VI — 8	6516	7221
	VI — 17	6516	7221
	VI — 26	6517	7218
Δs_{max}		8	19
伸 長 率 (ϵ)		1:813,625	1:379,053

表-59 副索測定應力

副索番號	直 徑	ϵ	$\sigma = \epsilon \cdot E_s$ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_{s,t} = \sigma \cdot F_s$ (kg)
1	2''	1:1543,4	680	8,866 852	6 029
2	1½''	1:1628,4	645	5,121 494	3 303
3	1½''	1:724,25	1 450	5,121 494	7 426
4	1½''	—	—	5,121 494	—
5	1½''	1:1730,5	607	5,121 494	3 109
6	1½''	1:718,25	1 462	5,121 494	7 478
7	1½''	1:5410	1 941	5,121 494	9 931
8	2''	1:665,7143	1 577	8,866 852	13 983
9	1½''	1:548,5	1 914	5,121 494	9 803
10	1½''	1:708,5714	1 482	5,121 494	7 590
11	1½''	1:561,6	1 869	5,121 494	9 572
12	1½''	1:297,2941	3 532	5,121 494	18 089
13	1½''	1:532,5	1 972	5,121 494	10 100
14	1½''	1:298,85	3 513	5,121 494	17 992
15	1½''	1:881,4	1 191	3,631 854	4 326
16	1½''	1:1294	811	3,631 854	2 945
17	1½''	1:379,6	2 766	3,631 854	10 046
18	1½''	1:1031,6	1 018	3,631 854	3 697
19	1½''	—	—	3,631 854	—
20	1½''	—	—	3,631 854	—

表-60 主索第1格間測定應力

	ϵ	σ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_1 = \sigma \cdot F_s$ (kg)	%
表 親 綱	1:813,625	1 291	8,866 812	11 447	45
裏 親 綱	1:379,053	2 770	5,121 494	14 187	55
				$\therefore X_1 = 25 634$	100

表-61 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}\right)$.

副索番號	$X_{s,i}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,i}}{c' - 2i + 1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	6 029	0,023 331	258 412	135
2	3 303	023 348	141 468	74
3	7 426	023 366	317 812	166
4	—	023 384	—	—
5	3 109	023 401	132 858	69
6	7 478	023 419	319 313	167
7	9 931	023 437	423 732	221
8	13 983	023 455	596 163	311
9	9 803	023 473	417 629	218
10	7 590	023 490	323 116	169
11	9 572	023 508	407 181	213
12	18 089	023 526	768 894	401
13	10 100	023 544	428 984	224
14	17 992	023 562	763 602	399
15	4 326	023 580	183 461	96
16	2 945	023 598	124 799	65
17	10 046	023 616	425 390	222
18	3 697	023 634	156 427	82
19	—	023 652	—	—
20	—	—	—	—
平 均 値				190

表-62 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}\right)$.

副索番號	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{1+\cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,t}}{c'-2i+1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	6 029	0,021 9321	274 894	144
2	3 303	022 0166	150 023	78
3	7 426	022 1017	335 992	175
4	—	022 1875	—	—
5	3 109	022 2740	139 580	73
6	7 478	022 3612	334 419	175
7	9 931	022 4490	442 381	231
8	13 983	022 5375	620 433	324
9	9 803	022 6267	433 249	226
10	7 590	022 7166	334 117	174
11	9 572	022 8073	419 690	219
12	18 089	022 8987	789 958	412
13	10 100	022 9908	439 306	229
14	17 992	023 0836	779 428	407
15	4 326	023 1773	186 648	97
16	2 945	023 2716	126 549	66
17	10 046	023 3668	429 926	224
18	3 697	023 4627	157 569	82
19	—	023 5590	—	—
20	—	023 7556	—	—
平 均 値				196

以上により $\left(\frac{\delta}{L}\right)$ 及 w' の適正値を求むることが出来る。

(i) $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$ と假定せる場合,

$w' = 190 \text{ kg/m}$ (表-61)

$$H_0' = \frac{w' l^2}{8f} = 363 893 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0,015873 \cdot H_0' = 5776 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 (\text{實 測 値})}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値}\right)} = \frac{25 634}{5 776} = 4,44$$

(96)

(ii) $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$ と假定せる場合,

$$w' = 196 \text{ kg/m (表-62)}$$

$$H_0' = 375\,388 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0,081\,035 \cdot H_0' = 30\,419 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 \text{ (實 測 値)}}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right)} = \frac{25\,634}{30\,419} = 0,843$$

(iii) $\frac{\delta}{L}$ 及び w' の適正值

(i), (ii) により

$\frac{\delta}{L}$	0,1	0,2
X_1 の比	4,44	0,843

なれば X_1 の比=1 なる $\frac{\delta}{L}$ の値は

$$\frac{\delta}{L} = 0,195\,627 = \frac{1}{5,1118}$$

又 w' に関し

$\frac{\delta}{L}$	0,1	0,2
w' (kg/m)	190	196

従て $\frac{\delta}{L} = 0,195\,627$ に對し

$$w' = 196 \text{ kg/m}$$

前記の理由により本年度の判定荷重量の大きさは著しく過小である。

尙ほ本年度流送期間中の沙流川の水位を次に掲げる(表-63)。門別村富川町(佐瑠太)量水標に於ける水位なるも、平取村二風谷地先抑留網羽地點の水位を推知するには十分である。基準面は東京灣中等潮位である。

表-63 昭和15年度流送期沙流川水位

(門別村富川町量水標 午前8時)

月 日	水 位	月 日	水 位	月 日	水 位
IV - 21	^M 4,82	V - 14	^M 5,15	VI - 6	^M 5,04
22	4,82	15	4,94	7	5,10
23	4,81	16	4,68	8	5,02
24	4,80	17	5,04	9	4,98
25	4,82	18	5,06	10	4,86
26	4,92	19	5,02	11	4,84
27	5,60	20	4,88	12	4,86
28	5,26	21	4,86	13	4,78
29	5,27	22	4,88	14	4,74
30	5,25	23	4,88	15	4,74
V - 1	5,00	24	4,88	16	4,74
2	4,90	25	4,87	17	4,70
3	5,60	26	4,86	18	4,68
4	5,60	27	4,84	19	4,22
5	5,12	28	4,82	20	4,84
6	4,96	29	4,88	21	4,68
7	4,88	30	4,88	22	4,60
8	4,86	31	4,88	23	4,56
9	4,92	VI - 1	4,86	24	4,50
10	4,80	2	4,88	25	4,48
11	4,82	3	5,32	26	4,44
12	4,83	4	5,10	27	4,38
13	5,02	5	5,04		

(98)

(5) 昭和16年度實驗成績

本年度は日本學術振興會の援助によつて實驗をなすの機會を與えられ、始て精しく實驗することを得た。¹⁾

本年度流送材積：

ニセウ流域材	26000
糠平流域材	41000
千呂露流域材	21000
ウェンザル流域材	110000
計	198000 平石

本年度は4月6日に副索の全部材及び主索第1格間部分に測定標點の鐵線巻を設定した。當日鋼索は悉く完全なる應力開始以前の狀態に於て弛緩してゐた。作用應力を決定的ならしめたのは4月19日の第1次出水で、副索の大多數及び主索第1格間の最大伸長は之によつて起きた。残りの副索の最大伸長は5月10日前後の第2次出水に因て起きたものである。本年度は1月以來の奥地方の降雪が充分であつたために小谷狩が良く進捗し、第1次出水期前後の増水に乗じて4月中旬に於てニセウ流域材實に22000石の抑留網羽着材を見るに至り本年度荷重量 w の最大値が此の時期に出現したのである(圖-77参照)。尙ほ本年度は應力測定時期毎の荷重量を解析し荷重量曲線として之を表し、水位曲線及び着材々積曲線と比較した(圖-77)。此の着材々積は著者の目測によるものである。又網羽の地點に於ける流速をも測定した。

1) 日本學術振興會 昭和16年度前期補助研究事項：“抑留期網羽の安全なる實際荷重の判定に關する實驗的研究”

昭和 16 年 度 作 業 状 況 (1)

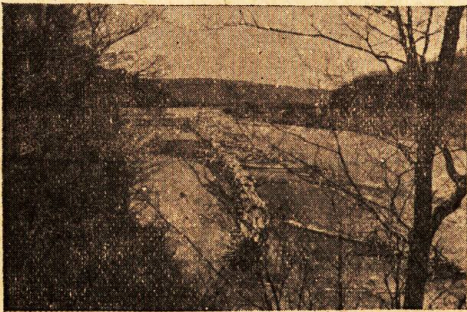


圖-69 上親杭地點より下流網羽
を望む (V-14).

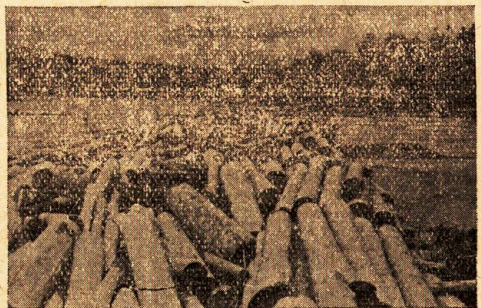


圖-70. 主索格點第9番より上流の着
材状態を望む (V-28).



圖-71. 主索格點第10番附近に於け
る着材堆積状態 (V-28)

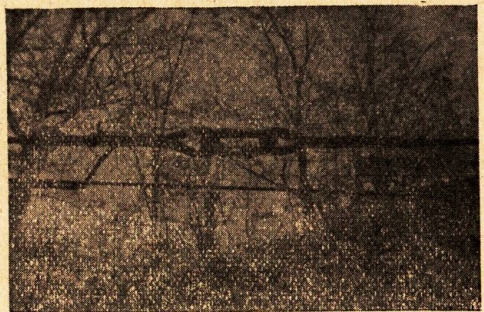


圖-72. 主索第1格間部分に於ける
表親網繼手 (V-28).



圖-73. 網羽尻に於ける編筏作業
(V-28)

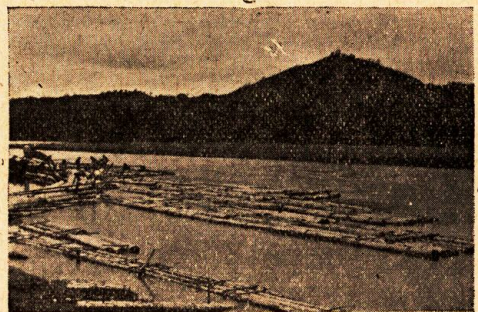


圖-74. 編筏作業を了えて出發を待
つ筏群 (V-28).

昭和 16 年度 作業 狀況 (2)

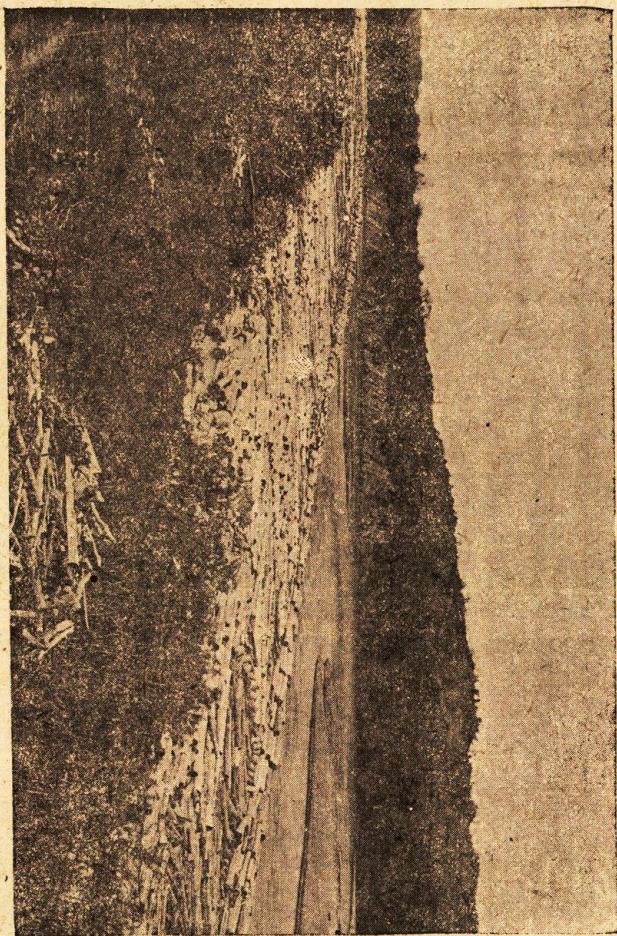


圖 75. 平取 抑留網 羽 全 景
(下流右岸より上流を望む: V.31).

(A) 實 驗 結 果

(a) 伸 長 測 定

表-64 副索の測定伸長並に伸長率

(單位 mm)

副番 索號	s		s'						ds _{max}	伸長率 (e)
	設定時の 緊張状態	IV-6	IV-17	IV-19	IV-28	V-13	V-27	V-30		
1	弛	5 552	5 552	5 562	5 562	5 562	5 562	5 562	10	1:555,2
2	"	5 021	5 023	5 029	5 029	5 031	5 031	5 031	10	1:502,1
3	"	4 101	4 101	4 102	4 101	4 102	4 102	4 102	1	1:4101
4	"	4 788	4 789	4 791	4 791	4 790	4 790	4 790	3	1:1596
5	"	10 158	10 159	10 172	10 167	10 168	10 168	10 168	14	1:725,571
6	"	2 995	2 996	3 001	2 999	3 000	3 000	3 000	6	1:499,167
7	"	3 987	4 001	4 003	4 003	4 005	4 002	4 005	18	1:221,5
8	"	5 005	5 018	5 025	5 025	5 023	5 022	5 022	20	1:250,25
9	"	4 157	4 168	4 178	4 178	4 168	4 169	4 169	21	1:197,952
10	"	3 760	3 763	3 771	3 771	3 771	3 771	3 771	11	1:341,818
11	"	4 494	4 494	4 514	4 507	4 507	4 506	4 506	20	1:224,7
12	"	5 323	5 326	5 354	5 335	5 335	5 335	5 337	31	1:171,710
13	"	4 230	4 230	4 241	4 235	4 238	4 234	4 236	11	1:384,545
14	"	4 633	4 635	4 641	鐵線卷 離 脱	—	—	—	8	1:579,125
15	"	3 579	3 584	3 586	3 585	3 587	3 585	3 585	8	1:447,375
16	"	3 779	3 779	3 779	鐵線卷 離 脱	—	—	—	0	—
17	"	4 100	4 106	4 106	同 上	—	—	—	6	1:683,3
18	"	2 629	2 630	2 630	同 上	—	—	—	1	1:2629
19	"	6 769	6 777	6 786	6 778	6 789	6 785	6 785	20	1:338,45
20	"	5 485	5 488	5 493	5 493	5 494	5 493	5 493	9	1:609,4
測 定 時 の 天 候 状 態		小雪, 寒	南風, 晴, 暖	南風, 暖, 昨夜強風 降雨	晴, 暖	南風, 快 晴	小雨, 北 風	夜明より 豪 雨		

表-65 主索の測定伸長並に伸長率

(単位 mm)

	測定月日	格 間 0—1 (上親杭側)		格 間 20—21 (下親杭側)	
		表 親 綱	裏 親 綱	表 親 綱	裏 親 綱
s	4—16	5 166	3 369	2 988	3 032
s'	4—17	5 166	3 369	2 991	3 035
	4—19	5 194	3 387	2 991	3 036
	4—28	5 194	3 387	2 990	3 039
	5—13	5 194	3 387	2 990	3 038
	5—27	5 194	3 387	2 990	3 037
	5—30	5 194	3 387	2 990	3 037
Δs_{max}		28	18	3	7
伸 長 率 (e)		1:184,5	1:187,167	— *)	—

*) 格間20—21 伸長率は不必要に付算せず。

(b) 抑留網羽の着材状態

伸長測定當時の管流材の網羽着材の状況及び其の大約の石数は圖の通りである (圖-76 其一, 其二, 其三, 其四, 其五, 其六)。

(c) 流 速 測 定

伸長測定當時に於ける流速を測定した。測定個所は上流網羽懐内1個所, 下流網羽懐外1個所である (圖-76 参照)。4月19日の最大増水時は懐内は流速極めて大なるに加えて管流材の流着するもの夥しく, 危険にして測定するを得なかつたのは遺憾である。懐外のみは辛うじて測定することを得た。又船の都合で一部測定出来なかつた個所もあつた。

使用器械は「ブライス」式音響流速計及び廣井式正向流速計である。

圖-76 平取抑留網羽着材圖 昭和16年度 (其一)

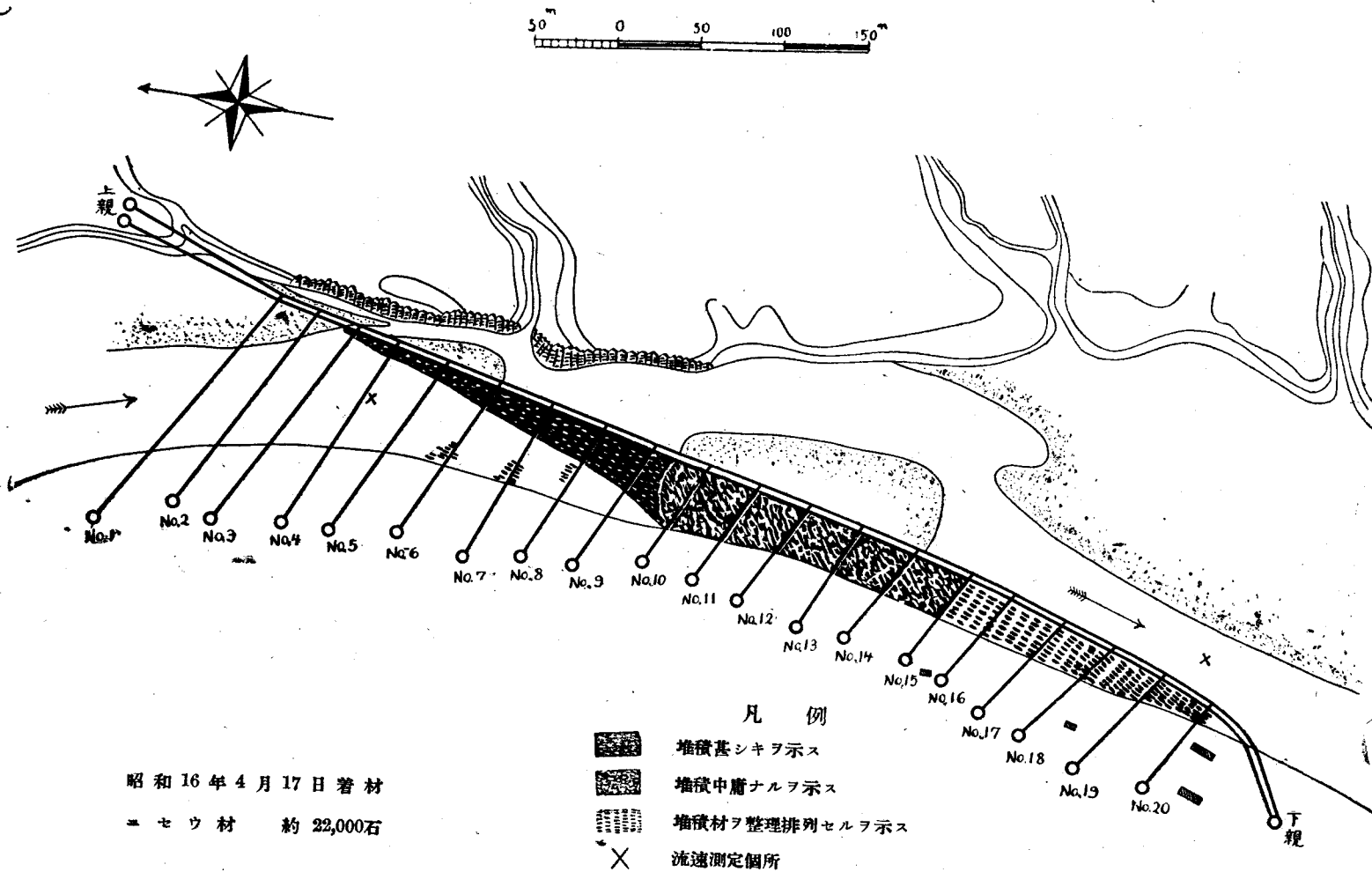


圖76 平取抑留網羽着材圖 昭和16年度(其二)

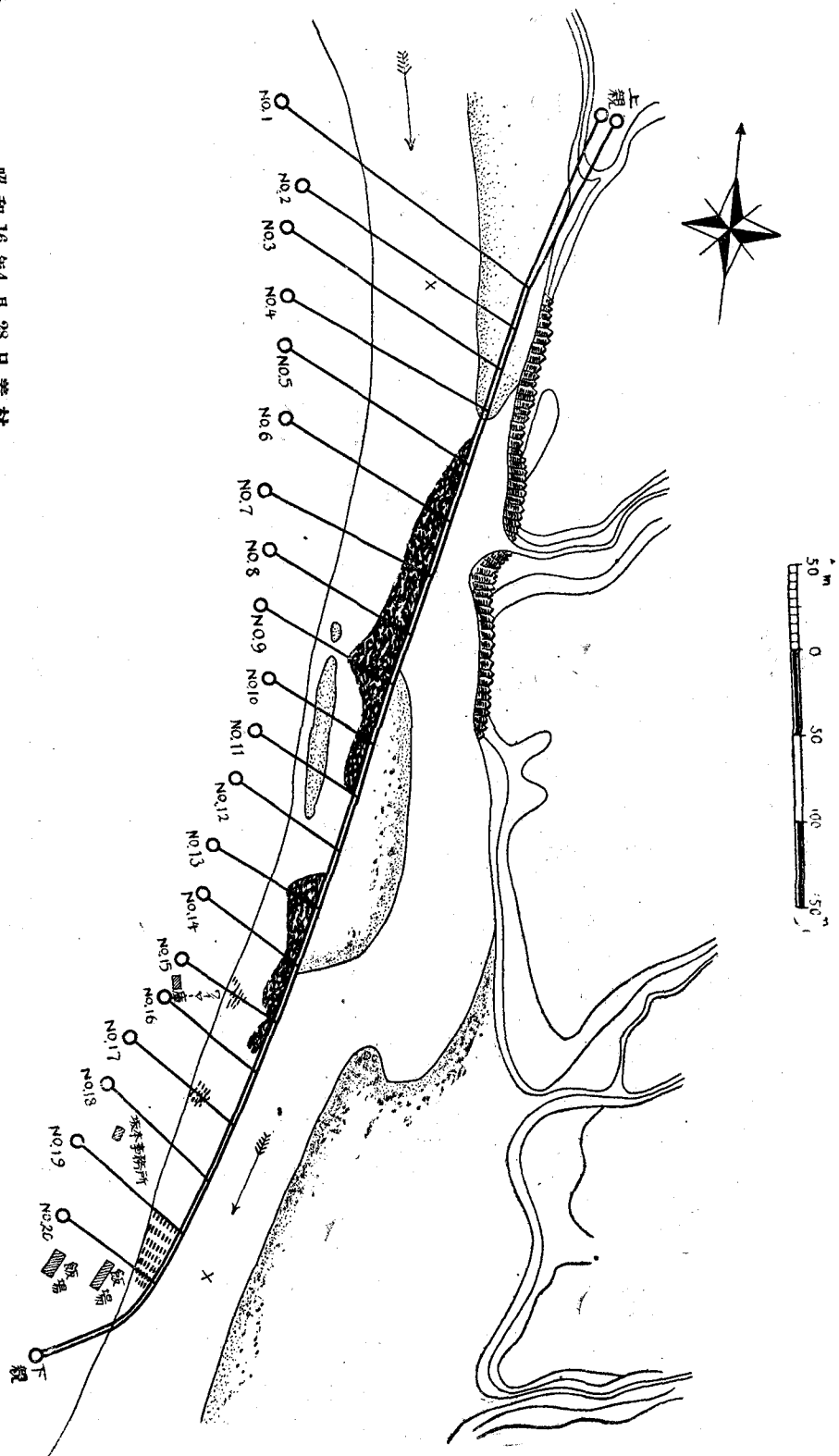
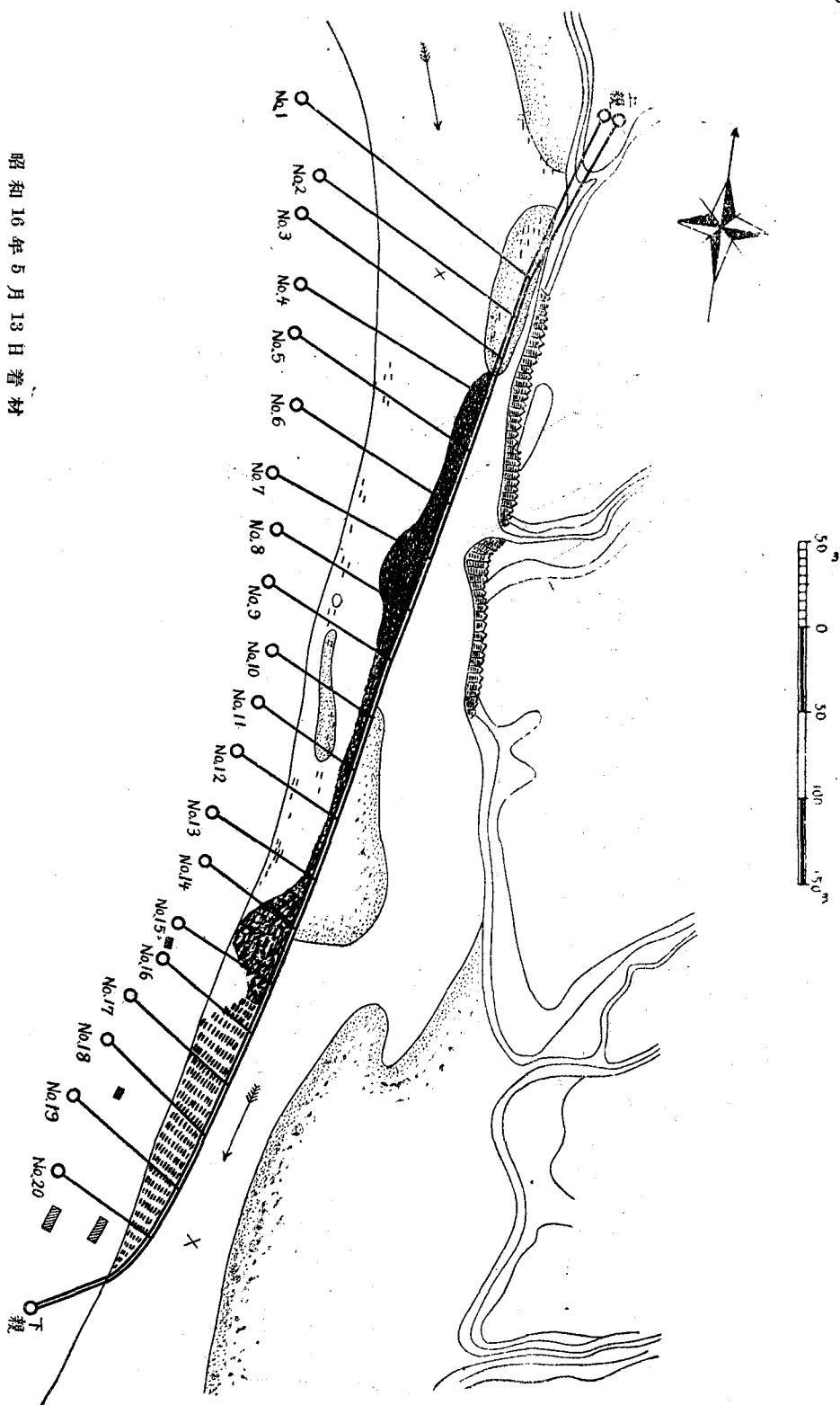
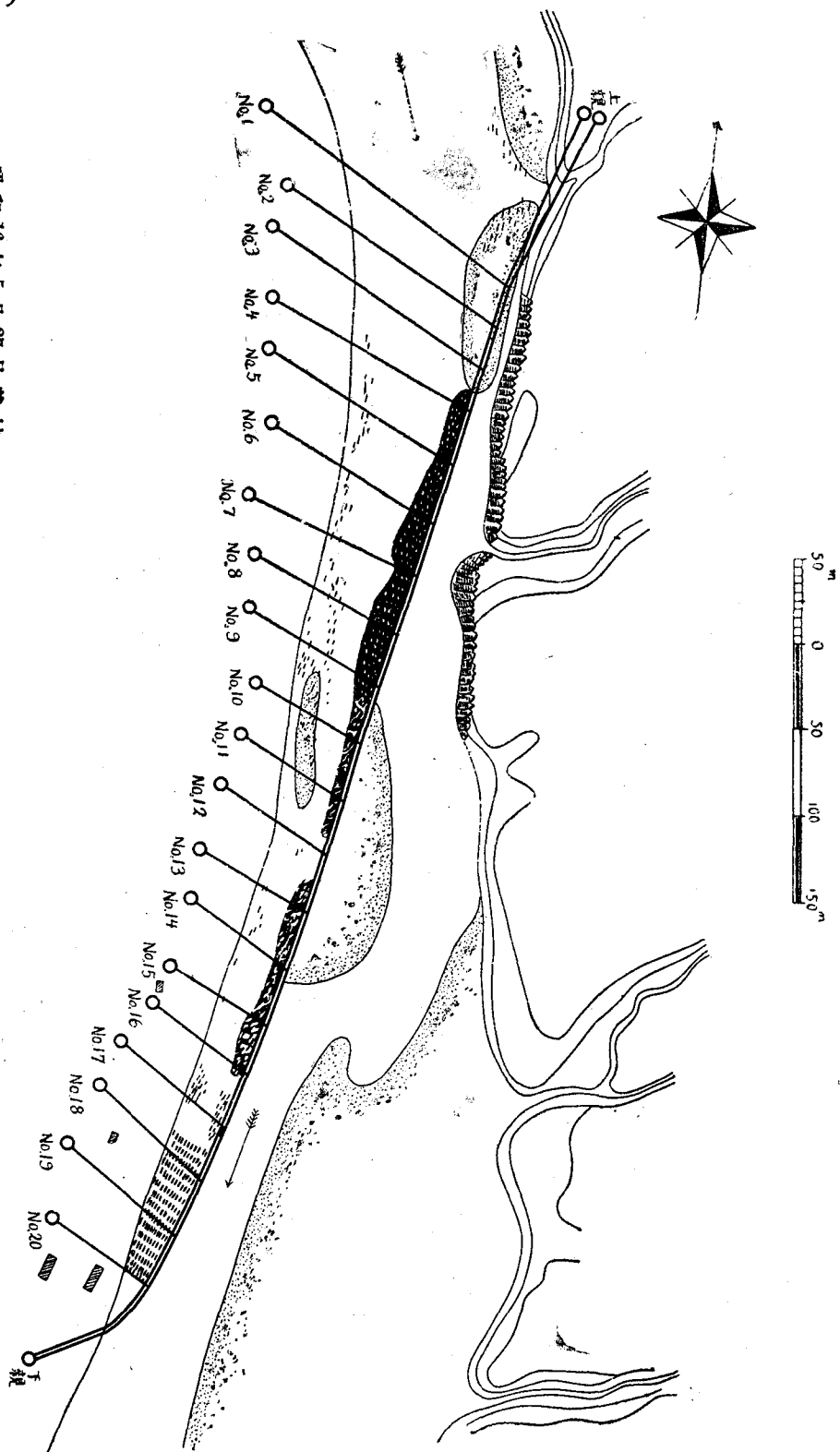


圖-76 平取抑留網羽着材圖 昭和16年度 (其三)



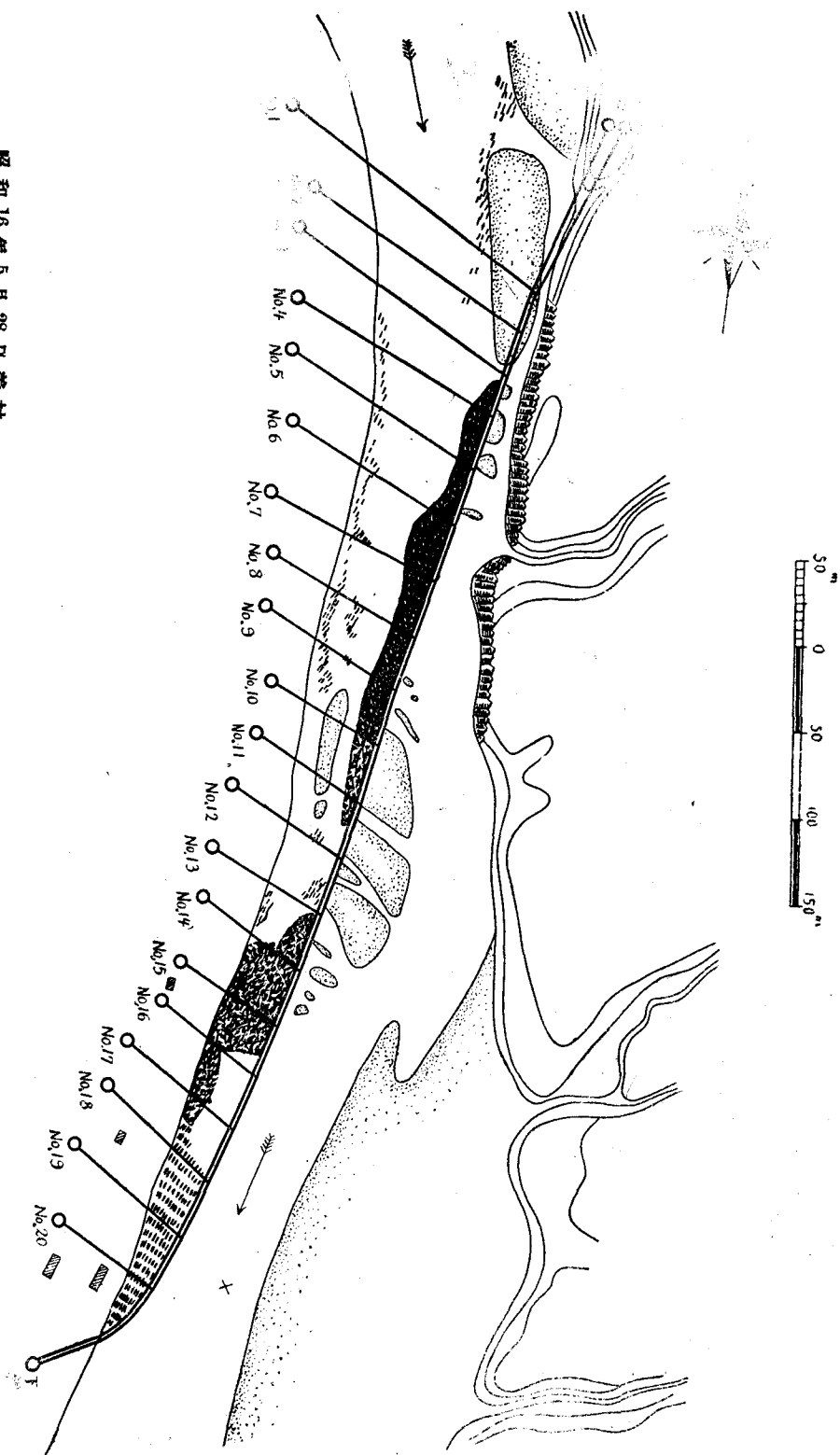
昭和16年5月13日着材
標 平 材 約 5,000石

圖-76 平取抑留網羽着材圖 昭和16年度 (其四)



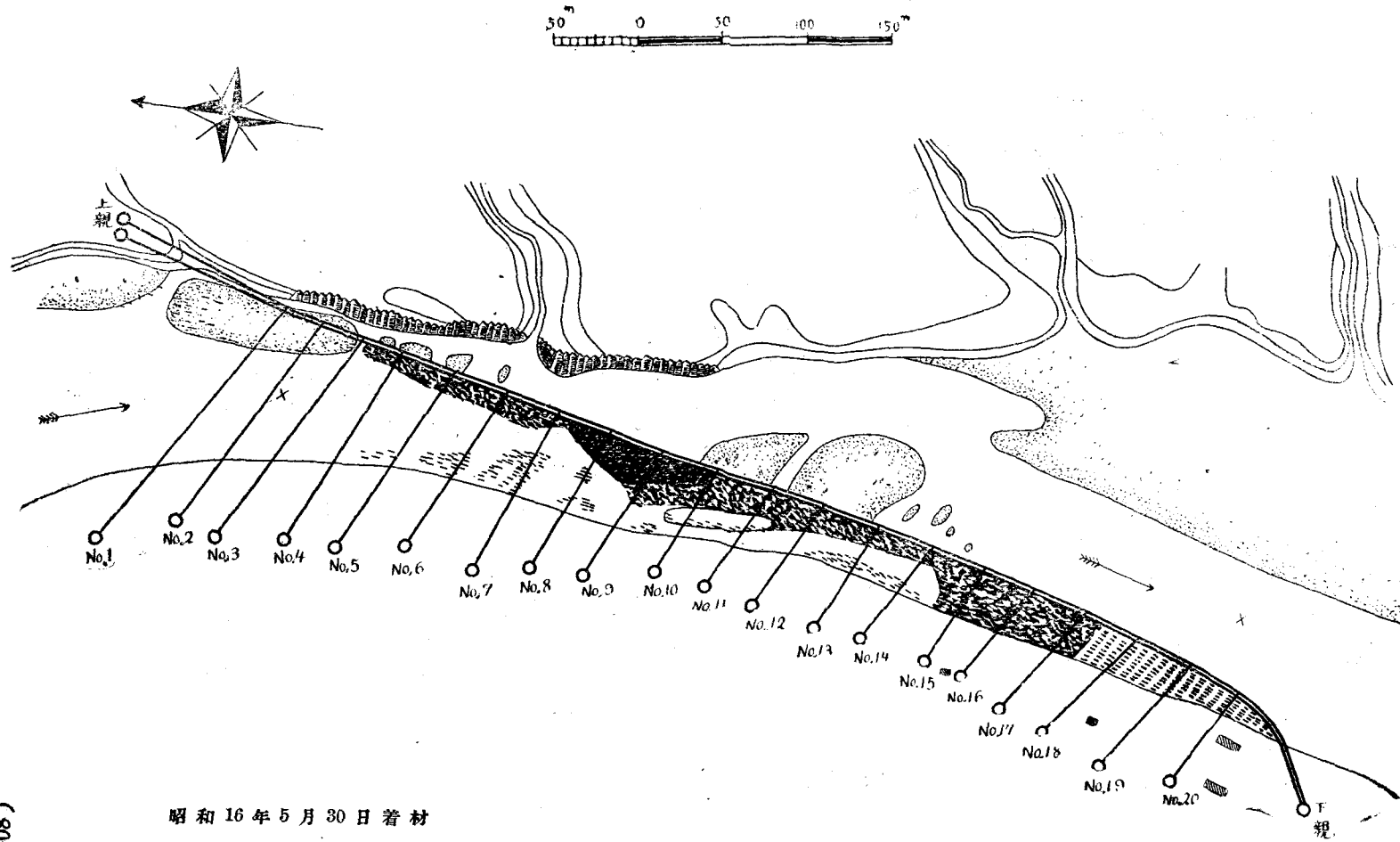
昭和16年5月27日 着材
テロロ材 約4,000石

圖-76 平取抑留網羽着材圖 昭和10年度(其五)



昭和10年5月28日着材
チロロ材 約6,000石

圖-76 平取抑留網羽着材圖 昭和16年度 (其六)



昭和 16 年 5 月 30 日 着材
チロ口材 約 8,000石

表-66 流速測定値

(流速単位: m/sec)

測定日時		水面ヨリ ノ水深	器械 種類	cm 0	cm 15	cm 30	cm 45	cm 60	測定時 ノ水深
快晴 南風	4-18 午前10時20分	網羽上流	ブライス式	1,05	1,07	1,05			5 ^R
	" 午前10時50分	網羽下流	同	1,73	1,71	1,57			5 ^R
快晴 南強風	4-19	網羽上流	前夜來ノ強風豪雨ノ直後ナルタメ危険ニシテ測定不可能						
	" 午前10時20分	網羽下流	同	2,35	2,48	2,24			11 ^R
快 晴	4-29 午前9時20分	網羽上流	同	1,09	1,08	1,28			4 ^R
	" 午前10時30分	網羽下流	同	0,98	1,26	1,23			3,5 ^R
快晴 南西風	5-14 午前10時30分	網羽上流	同	2,07	1,97	1,98			5,5 ^R
	" 午前11時45分	網羽下流	同	1,38	1,56	1,42			4,5 ^R
曇 無 風	5-28	網羽上流	舟ノ都合ニヨリ測定不可能						
	"	網羽下流	ブライス式	1,50	1,58	1,64	1,72	1,45	4 ^R
	午前10時		廣井式	1,77	1,45	1,43	1,43	1,60	"
薄曇 南微 風	5-29	網羽上流	ブライス式	1,47	1,46	1,41	1,21	1,28	5 ^R
	午後12時40分		廣井式	1,64	1,52	1,64	1,52	1,19	"
	" ^{*)}	網羽下流	ブライス式	1,79	1,70	1,71	1,53	1,40	5 ^R
	午後1時20分		廣井式	1,60	1,82	1,77	1,60	1,56	"

*) 舟の固定を完全に行ひたるを以て此の比較結果は精度良きものと信ぜらる。

(110)

(d) 水 位 観 測

日高國門別村富川町沙流川公道橋右岸下の量水標による主要なる流送期間の観測水位を掲ぐれば表-67を得る。

表-67 昭和16年度流送時期沙流川水位

(基準：東京灣中等潮位)

月	日	水	位	月	日	水	位
4	— 19	M	5,80	5	— 11	M	5,10
	20		5,80		12		4,98
	21		5,20		13		4,84
	22		5,20		14		4,82
	23		5,16		15		4,78
	24		5,00		16		4,66
	25		4,80		17		4,76
	26		4,80		18		4,80
	27		4,74		19		4,80
	28		4,54		20		4,98
	29		4,54		21		5,08
	30		4,60		22		5,00
5	— 1		4,62		23		5,02
	2		4,60		24		5,00
	3		4,78		25		5,04
	4		4,80		26		4,98
	5		4,96		27		4,88
	6		4,90		28		4,86
	7		4,90		29		4,84
	8		4,92		30		4,86
	9		4,94		午後5時		4,98
	10		5,12				

備考：午前8時観測

灌漑調節館の影響で水位が著しくかはる。

(B) 荷 重 計 算

(a) 本年度副索に作用したる最大應力

表-68 副 索 測 定 應 力

副索番號	直 徑	ϵ	$\sigma = \epsilon \cdot E_s$ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_{s,t} = \sigma \cdot F_s$ (kg)
1	2''	$\frac{1}{522.2}$	1891	8,866 852	16 769
2	1½''	$\frac{1}{502.1}$	2091	5,121 494	10 699
3	1½''	$\frac{1}{4101}$	256	5,121 494	1 301
4	1½''	$\frac{1}{1596}$	658	5,121 494	3 360
5	1½''	$\frac{1}{725.571}$	1 447	5,121 494	7 401
6	1½''	$\frac{1}{499.167}$	2 104	5,121 494	10 766
7	1½''	$\frac{1}{221.5}$	4 740	5,121 494	24 266
8	2''	$\frac{1}{250.25}$	4 196	8,866 852	37 205
9	1½''	$\frac{1}{197.952}$	5 304	5,121 494	27 154
10	1½''	$\frac{1}{341.818}$	3 072	5,121 494	15 723
11	1½''	$\frac{1}{224.7}$	4 673	5,121 494	23 923
12	1½''	$\frac{1}{171.710}$	6 115	5,121 494	31 308
13	1½''	$\frac{1}{384.545}$	2 730	5,121 494	13 972
14	1½''	$\frac{1}{579.125}$	1 813	5,121 494	9 275
15	1¼''	$\frac{1}{447.375}$	2 347	3,631 854	8 524
16	1¼''	—	—	3,631 854	—
17	1¼''	$\frac{1}{683.333}$	1 537	3,631 854	5 582
18	1¼''	$\frac{1}{2629}$	399	3,631 854	1 449
19	1¼''	$\frac{1}{338.450}$	3 102	3,631 854	11 266
20	1¼''	$\frac{1}{609.4}$	1 723	3,631 854	6 258

(b) 本年度主索第1格間部分に作用したる最大應力

表-69 主 索 第 1 格 間 測 定 應 力

	ϵ	σ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_1 = \sigma \cdot F_s$ (kg)	%
表 親 綱	1:184.5	5 691	8,866 852	50 461	64
裏 親 綱	1:187.167	5 610	5,121 494	28 732	36
				$\therefore X_1 = 79 193$	100

(112)

(c) 荷重量 w' 及び $\frac{\delta}{L}$ の算定

平取抑留網羽基本数値:

$$\beta_0 = 70^\circ$$

$$\alpha_{80} = 26^\circ$$

$$n = 21$$

$$w' = \frac{H'_0}{1915, m 2445} \quad [(114) \text{ 式}]$$

(i) 方向量 $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$ と假定する場合

$$\tan \beta = 0,13737385 \quad \cos \alpha_s = 0,0317943$$

$$m = 0,063163964 \quad c' = 2645,2713$$

表-70 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}\right)$.

副索番號	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{\gamma_{s,t}}{c' - 2i + 1}$	H'_0 (kg)	w' (kg/m)
1	16 767	0,023 331	718 658	375
2	10 699	023 348	458 241	196
3	1 301	023 366	55 679	29
4	3 360	023 384	143 688	75
5	7 401	023 401	316 269	165
6	10 766	023 419	459 712	240
7	24 266	023 437	1 035 371	541
8	37 205	023 455	1 586 229	828
9	27 154	023 473	1 156 818	604
10	15 723	023 490	669 349	349
11	23 923	023 508	1 017 654	531
12	31 308	023 526	1 330 783	695
13	13 972	023 544	593 442	310
14	9 275	023 562	393 642	206
15	8 524	023 580	361 493	189
16	—	023 598	—	—
17	5 582	023 616	236 365	123
18	1 449	023 634	61 310	32
19	11 266	023 652	476 323	249
20	6 258	023 689	264 173	138
平 均 値				309

$$w' = 309 \text{ kg/m (表-70)}$$

$$H_0' = \frac{w' l^2}{8f'} = 591\,810 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0,015873 \cdot H_0' = 9374 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 (\text{實測値})}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right)} = \frac{79\,193}{9\,374} = 8,448$$

(ii) 方向量 $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$ と假定する場合,

$$\tan \beta = 0,27474774 \quad \cos \alpha_s = 0,1626857$$

$$m = 0,066675849 \quad c' = 520,18149$$

表-71 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \right)$

副索番號	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,t}}{c' - 2i + 1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	16 767	0,021 9321	764 496	399
2	10 699	022 0166	485 952	254
3	1 301	022 1017	58 864	31
4	3 360	022 1875	151 437	79
5	7 401	022 2740	332 271	173
6	10 766	022 3612	481 459	251
7	24 266	022 44897	1080 940	564
8	37 205	022 5375	1650 804	862
9	27 154	022 6267	1200 087	627
10	15 723	022 7166	692 137	361
11	23 923	022 8073	1048 919	548
12	31 308	022 8987	1367 239	714
13	13 972	022 9908	607 721	317
14	9 275	023 0836	401 801	210
15	8 524	023 1773	367 774	192
16	—	023 2716	—	—
17	5 582	023 3668	238 886	125
18	1 449	023 4627	61 758	32
19	11 266	023 55897	478 204	250
20	6 258	723 7556	263 433	138
平 均 値				322

(114)

$$w' = 322 \text{ kg/m (表-71)}$$

$$H_0' = 616\,708 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0.081\,035 \cdot H_0' = 49\,974 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 \text{ (實測値)}}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right)} = \frac{79\,193}{49\,974} = 1.585$$

(iii) $\frac{\delta}{L}$ 及び w' の適正值

(i), (ii) により

$\frac{\delta}{L}$	0,1	0,2
X_1 の比	8,448	1,585

なれば X_1 の比=1 なる $\frac{\delta}{L}$ の値は

$$\frac{\delta}{L} = 0.208\,524 = \frac{1}{4.7956}$$

又 w' に関し

$\frac{\delta}{L}$	0,1	0,2
w' (kgm)	309	322

従て $\frac{\delta}{L} = 0.208524$ に對し

$$w' = 323 \text{ kg/m}$$

(C) 荷重量と因子

(a) 各伸長測定時期毎の荷重量の算定

本項に於ては荷重量 w' とその流送因子たる着材々積及び水位との關係につき吟味せむとするも、それに先立ちて伸長測定時期毎の荷重量の大きさを決めなければならぬ。次に表-72 及びそれによる適正值の計算を掲げる。

表-72 其一. 4月17日の実験値

副番 索 號	Δs (mm)	$\sigma^*)$ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	0	—	—	—	—	—	—
2	2	418	2141	91700	48	97245	51
3	0	—	—	—	—	—	—
4	1	219	1122	47982	25	50569	26
5	1	103	528	22563	12	23705	12
6	1	351	1798	76775	40	80407	42
7	14	3687	18883	805692	421	841152	439
8	13	2727	24180	1030910	538	1072879	560
9	11	2778	14228	606143	316	628815	328
10	3	838	4292	182716	95	188937	99
11	0	—	—	—	—	—	—
12	3	592	3032	128879	67	132409	69
13	0	—	—	—	—	—	—
14	2	453	2320	98464	51	100504	52
15	5	1467	5328	225954	118	229880	120
16	0	—	—	—	—	—	—
17	6	1537	5582	236365	123	238886	125
18	1	399	1449	61310	32	61758	32
19	8	1241	4507	190555	99	191307	100
20	3	574	2085	88016	46	87769	46

*) (111) 式: $\sigma = \epsilon \cdot E = \frac{\Delta s}{s} \cdot E_s$.

135

140

平均値

此の表-72 其一の w' , $\frac{\delta}{L}$ の2組の値によつてその適正値を求めなければならぬが, 4月17日に於ける主索第1格間伸長は0なれば(表-65)之を求めることが出来ない。依てこの場合は $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$, $w' = 140 \text{ kgm}$ を適正値として採用する。

表-72 其二 4月19日の実験値

副番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	10	1891	16767	718658	375	764496	399
2	8	1673	8568	366969	192	389161	203
3	1	256	1301	55679	29	58864	31
4	3	658	3360	143688	75	151437	79
5	14	1447	7401	316269	165	332271	173
6	6	2104	10766	459712	240	481459	251
7	16	4214	21582	920852	481	961380	502
8	20	4196	37205	1586229	828	1650804	862
9	21	5304	27154	1156818	604	1200087	627
10	11	3072	15723	669349	349	692137	361
11	20	4673	23923	1017654	531	1048919	548
12	31	6115	31308	1330783	695	1367239	714
13	11	2730	13972	593442	310	607721	317
14	8	1813	9275	393642	206	401801	210
15	7	2054	7460	316370	165	321867	168
16	0	—	—	—	—	—	—
17	6	1537	5582	236365	123	238886	125
18	1	399	1449	61310	32	61758	32
19	17	2637	9577	404913	211	405663	212
20	8	1531	5560	234708	123	234050	122

302

312

平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 9181 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 48423 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 79193 \text{ kg (表-65, 表-69)}^{1)}$$

従て

- 1) 以後主索第1格間は本年度實驗最終日までこの状態を持ち續けた。従て X_1 (實驗値) の値は本年度實驗期間中不變である。

4月19日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 313 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.20908 \end{array} \right.$

表-72 其三 4月28日の實驗値

副番 索號	Δ_s (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	10	1891	16767	718658	375	764496	399
2	8	1673	8568	366969	192	389161	203
3	0	—	—	—	—	—	—
4	3	658	3360	143688	75	151437	79
5	9	930	4763	203538	106	213837	112
6	4	1402	7180	306589	160	321092	168
7	16	4214	21582	920852	481	961380	502
8	20	4196	37205	1586229	828	1650804	862
9	21	5304	27154	1156818	604	1200087	627
10	11	3072	15723	669349	349	692137	361
11	13	3037	15554	661647	345	681975	356
12	12	2367	12123	515302	269	529419	276
13	5	1241	6356	269963	141	276458	144
14	鐵線卷 離脱	—	—	—	—	—	—
15	6	1760	6392	271077	142	275787	144
16	鐵線卷 離脱	—	—	—	—	—	—
17	同	—	—	—	—	—	—
18	同	—	—	—	—	—	—
19	9	1396	5070	214358	112	215205	112
20	8	1531	5560	234708	123	234050	122

287

298

平均値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 8725 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 46250 \text{ kg}$$

$$X_1 \text{ (實測値)} = 79193 \text{ kg}$$

(118)

従て

4月28日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 299 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.20967 \end{array} \right.$

表-72 其四. 5月13日の實驗値

副番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	10	1891	16767	718658	375	764496	399
2	10	2091	10699	458241	196	485952	254
3	1	256	1301	55679	29	58864	31
4	2	439	2248	96134	50	101318	53
5	10	1034	5296	226315	118	237766	124
6	5	1753	8978	383364	200	401499	210
7	18	4740	24266	1035371	541	1080940	564
8	18	3776	33481	1427457	745	1485568	776
9	11	2778	14228	606143	316	628815	328
10	11	3072	15723	669349	349	692137	361
11	13	3037	15554	661647	345	681975	356
12	12	2367	12123	515302	269	529419	276
13	8	1986	10171	432000	226	442394	231
14	—	—	—	—	—	—	—
15	8	2347	8524	361493	189	367774	192
16	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—
19	20	3102	11266	476323	249	478204	250
20	9	1723	6258	264173	138	263433	138

271

284

平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 8239 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 44077 \text{ kg}$$

X_1 (實測値) = 79193 kg

従て

$$5 \text{ 月 13 日 實驗適正 } \begin{cases} \text{荷重量 } w' = 285 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21020 \end{cases}$$

表-72 其五 5 月 27 日の實驗値

副 番 索 號	d_s (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				$H\theta'$ (kg)	w' (kg/m)	$H\theta'$ (kg)	w' (kg/m)
1	10	1891	16767	718658	375	764496	399
2	10	2091	10699	458241	196	485952	254
3	1	256	1301	55679	29	58864	31
4	2	439	2248	96134	50	101318	53
5	10	1034	5296	226315	118	237766	124
6	5	1753	8978	383364	200	401499	210
7	15	3950	20230	863165	451	901155	471
8	17	3566	31619	1348071	704	1402951	733
9	12	3031	15523	661313	345	686048	358
10	11	3072	15723	669349	349	692137	361
11	12	2804	14361	610898	319	629667	329
12	12	2367	12123	515302	269	529419	276
13	4	993	5086	216021	113	221219	116
14	—	—	—	—	—	—	—
15	6	1760	6392	271077	142	275787	144
16	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—
19	16	2482	9014	381109	199	382614	200
20	8	1531	5560	234708	123	234050	122

249

261

平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 7570 \text{ kg}$$

(120)

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 40507 \text{ kg}$$

$$X_1 \text{ (實測値)} = 79193 \text{ kg}$$

従て

$$5 \text{ 月 } 27 \text{ 日 實驗適正 } \begin{cases} \text{荷重量 } w' = 262 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21123 \end{cases}$$

表-72 其六 5 月 30 日 の 實 驗 値

副 番 索 號	d_s (mm)	σ (kg/cm)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	10	1891	16767	718658	375	764496	399
2	10	2091	10699	458241	196	485952	254
3	1	256	1301	55679	29	58864	31
4	2	439	2248	96134	50	101318	53
5	10	1034	5296	226315	118	237766	124
6	5	1753	8978	383364	200	401499	210
7	18	4740	24266	1035371	541	1080940	564
8	17	3566	31619	1348071	704	1402951	733
9	12	3031	15523	661313	345	686048	358
10	11	3072	15723	669349	349	692137	361
11	12	2804	14361	610898	319	629667	329
12	14	2762	14146	601292	314	617764	323
13	6	1489	7626	323904	169	331698	173
14	—	—	—	—	—	—	—
15	6	1760	6392	271077	142	275787	144
16	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—
19	16	2482	9014	381109	199	382614	200
20	8	1531	5560	234708	123	234050	122

261

274

平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 7935 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 42525 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 79193 \text{ kg}$$

従て

$$5 \text{ 月 } 30 \text{ 日 實驗適正} \begin{cases} \text{荷重量 } w' = 275 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21062 \end{cases}$$

以上を一括すれば 表-73 を得る。

表-73 伸長測定時の荷重量 w' 及び方向量 $\frac{\delta}{L}$
(昭和 16 年度)

測定月日	w' (kg/m)	$\frac{\delta}{L}$
IV — 17	140	0,20000
19	313	0,20908
28	299	0,20967
V — 13	285	0,21020
27	262	0,21123
30	275	0,21062
前節 (B). (c). の 値	323	0,208524

(b) 荷重量と着材材積及び水位

前項 (a) に於て求めたる荷重量 w' , 水位, 並びに抑留網羽着材材積量の流送期間中の變化をあらはす 3 曲線を同一座標上に表はせば 圖-77 を得る。

本年度流送期の初頭に於ける第 1 次融雪大出水による抑留網羽の着材材積量がかなりしことと、其の水位又極めて高かりしために負擔荷重量 w' の本年度最大値は此の時期に發生した。以後荷重量は漸減の傾向を辿り、一方水位の方も其の後大なる出水なかりしために従て荷重量曲線は水位曲線に略平行の傾向を示すに至つてゐる。着材材積曲線の方は 5 月下旬に上流中刈作業督勵による著しい着材材積の増加があるので、此の部分は全く荷重量曲線と平行ではない。即ち之は荷重量曲線を此の部分に於て昂上せしむるための著しい水位の上昇が伴はざるに因るのである。着材材積曲線が昂上して居るにも拘らず荷重量曲線の昂上之に伴はざる理由は、水位上昇の少きために抑留網羽の主體は水深淺き河底に靜著して (圖-46, 圖-69 参照), 従て主案,

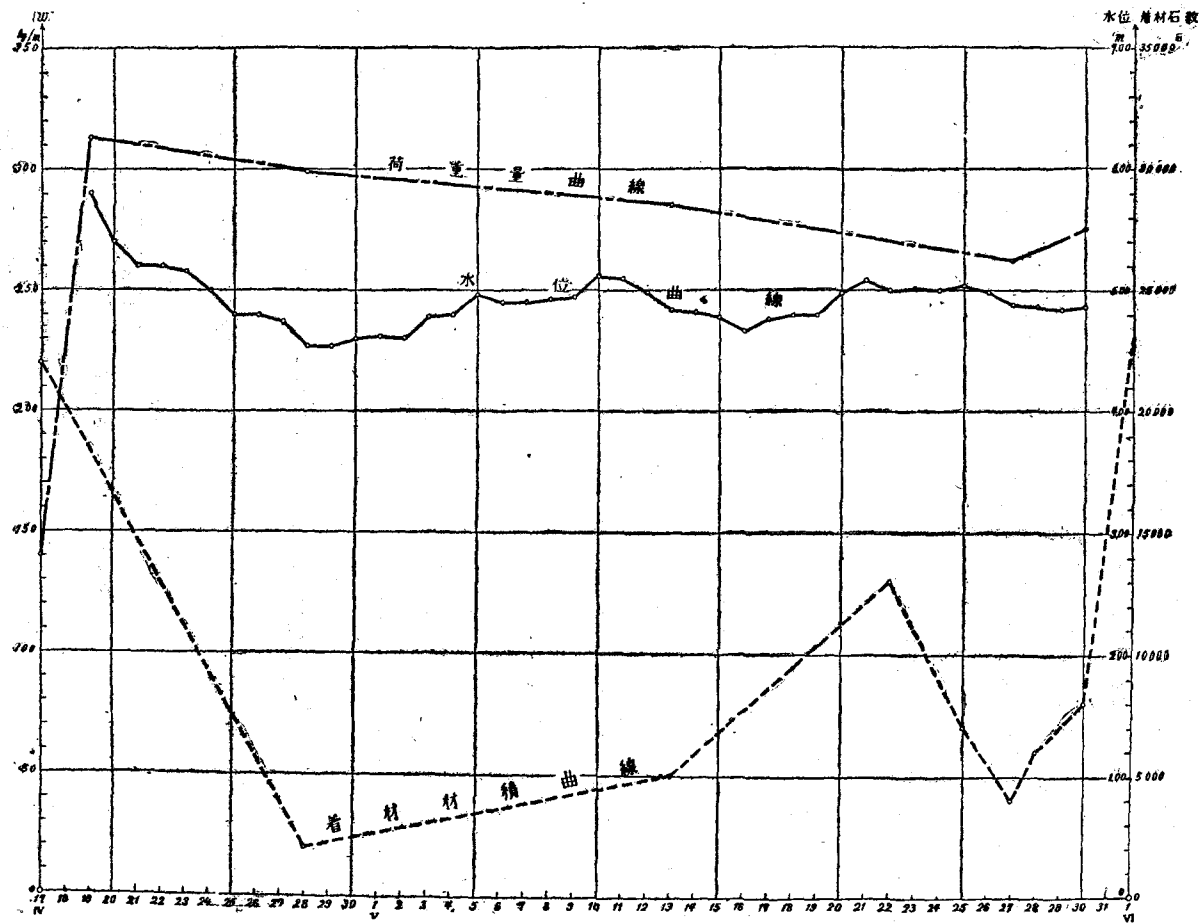


圖-77 昭和16年度水位曲線、着材材積曲線及び荷重量曲線の關係

副索兩系統には新しき荷重は傳達せられず爲めに索條の伸長を見ざる結果である。

(6) 昭和17年度實驗成績

本年度も日本學術振興會の前年度よりの繼續援助によつて實驗をなすことを得て、著者は之によつて前年度より更に詳細なる實驗を行つた。尙ほ日本學術振興會援助による本年度及び昨年度實驗結果を主流となし、更に之に先行して實施せられたる昭和13年度より昭和15年度に至る實驗結果をも併せ考ふるときは、之によつて從來全く不明なりし抑留網羽荷重量の全貌を略々明確ならしめ得たりと信ぜらるゝが故に、抑留網羽に關する實驗的研究は本年度を最終として一先づ打切ることとした。

本年度流送材積：

ニセウ流域材	24 000石
糠平流域材	7 000石
千呂露及ウェンザル流域材	120 000石
計	151 000石

此の中ニセウ流域材は4月20日前後より5月5日頃にかけて、糠平流域材は5月上旬より5月中旬にかけて、又千呂露及ウェンザル流域材は5月下旬より7月上旬にかけて本抑留網羽に着材した。

本年度は施工者の都合により平取抑留網羽の架設が非常に遅れ、最後の副索の主索系統への取附が完了したのは4月18日であつた。即ち主索第1格間部分の測定標點の設定は4月5日になしたが、副索の全部材及主索の最終格間部分の測定標點の設定は之を網羽架設工事の進行と平行になしたるを以て、4月13日より始めて前記副索取附完了日たる4月18日に終つた。¹⁾4月中旬といへば例年相當の出水を見る時期であるが、本年度は一月以降の降雪量少なりしたため4月10日に多少の水位を見たる以外には出水例年の如からず、抑留網羽架設の遅延従て本研究の實驗のためには幸であつたといへる。併し4月中旬のこの程度の出水も既に主索及副索に或る程度の伸長を生ぜしめるのが例年の實驗に見られたる處で、従て架設工事の遅延は此の初期伸長を本年度記録より逸せしめたこととなり遺憾であつた。本年度の第1次大出水は4月21日に來たがニセウ流域材約500石が網羽に着材せるのみで翌5月5日に同流域材18000石の着材を見たる頃は大出水之に伴はず、従て本年度荷重量の最大値は昨年度の如く流送初期には現れず、大量着材と出水との合致した5月下旬に現はれてゐるのである。

1) 普通は沙流川凍結水面上にて架設作業をなすも、本年度は工事遅延のため網羽の水中架設作業を餘儀なくされた(圖-78, 圖-79, 圖-80, 圖-81)。

先に第六部. II. (1) に於て述べたるが如き理由により、設定標點間伸長率の鋼卷尺による測定は相當の誤差を豫想せらるゝが故に、本年度はこの方法の精度を別に比較吟味する目的を以て「オクイツェン」歪計による第2法の伸長率測定を副索の一部に併用した。即ち副索第9番及び第10番は其の作用應力が例年大なるのみならず、地盤の状態も現場木材作業に支障を生ぜざる個所に良好なる歪計の取附個所あるを以て、此の兩者を歪計實驗の對象として撰び之に歪計を取附けた(圖-84, 圖-85, 圖-86, 圖-87)。主索第1格間に對しても此の歪計による實驗を計畫したるも、平取抑留網羽のこの第1格間は作用應力大なるに加えて地盤も高きがために表裏兩親綱とも地中への減り込みが甚しく(圖-89)、一方負荷後の主索第1格點の大なる變位につれてこの第1格間部分の水平的移動も激しくして、如何にするも歪計破損の危險を避け難く従てこの部材は歪計實驗を割愛せざるを得なかつた。又副索碇著岸は何分木材の作業現場であるためにその全體に涉て歪計を破損さるゝ虞れが十分にあるのと、他方歪計が高價なるために、副索の悉くに涉つてこの實驗をなすことをやめ前記副索第9番、第10番のみを撰むのである。

「オクイツェン」歪計を索條に取附くる場合の標點距離は補助測定桿によつて50mm¹⁾としF型「クランプ」によつて堅固に取附けた(圖-84, 圖-86)。歪計の索條への取附は豫想以上に容易であつた。而して計器が河岸の外界に露出されるのを避けるために蝶番によつて上下兩開きの出来る木箱を以て之を被蔽し、箱を閉ぢれば索條は豫め箱の側板に穿たれた圓孔の中に収まる(圖-85, 圖-87)。此の孔は大き目に穿たれてゐるから雨水や地面の跳水がその隙間から箱の内部に侵入するのを防ぐために、自動車の古「タイヤ」から切りとつた四角な護謄片に索條直徑の圓孔をあけて之に當てた。更に箱が索條に沿ふて移動しない様に護謄片の外側に接近して針金を卷いた。かゝる位置で木箱が風などの爲めに如何に廻轉しても、又歪計自身が索條と共に廻轉しても歪計が内面に接觸せぬやう木箱の上下及水平方向の内法に餘裕をとつた。木箱の前面(歪計の目盛面側)には上下に「ガラス」窓をあけ木箱の外側から目盛を読み得るやうにした。

此の歪計實驗設備は4月19日から5月11日まで現場に設置された。此の期間中觀測員は現場に駐在して鋼卷尺及び歪計の2種の觀測を同時に行つた。更に此の期間の最後の3日間は索條伸長の時間的變化を午前から午後迄に涉て觀測した。「オクイツェン」歪計撤去後は流送材の大量に着材した時期を見計つて現場に向き鋼卷尺による第1法の觀測を續けた。而して本年度觀測は6月24日を以て打切りとした。

1) 第六部. II. (1). 參照。

昭和 17 年度 作業 状況



圖-78. 網羽水中架設作業 (1).
網羽用木材を河岸まで極積より曳き出し、
河岸にて網羽子をつくる (IV-15).

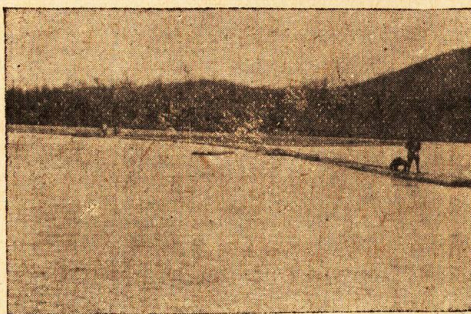


圖-79. 同 (2).
主索に取付けられた網羽子の先端、表裏
兩親綱とも網羽子より先は水中に沈むで
見えない (IV-15).



圖-80. 同 (3).
河岸から主索に渡してある渡船綱に網羽子
を引掛け水勢を利用して主索まで之を流し
込む、今突放さむとするところ (IV-15)

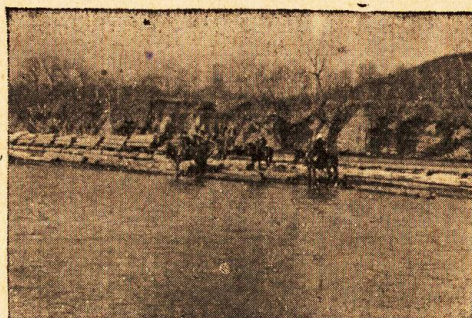


圖-81. 同 (4).
馬による「重し材」の作業 (IV-15)



圖-82. 上親杭地點より下流網羽
を望む (VI-2).



圖-83. 主索格點第7番より下
流流着材堆積の甚しき
を望む (VI-2).

昭和 17 年 度 實 験 状 況

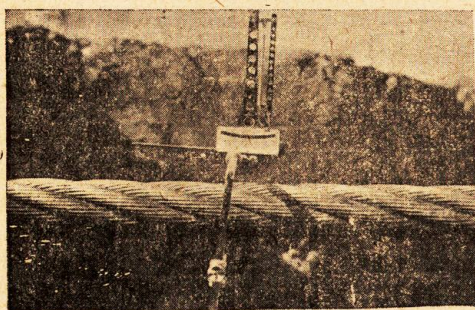


圖-84. 副索第9番に歪計を取付けた處
索條が地盤に接觸してゐるので下を廻り
取り更に之より排水溝を穿て溜水を抜く
(IV-19).

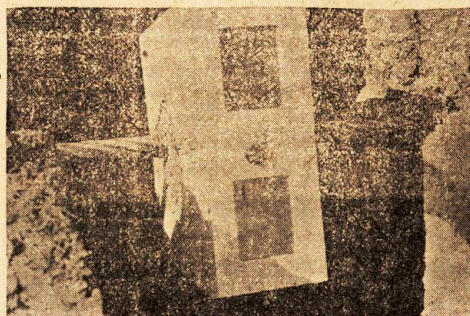


圖-85. 圖-84の歪計を木箱にて被
覆せる處 (IV-19).

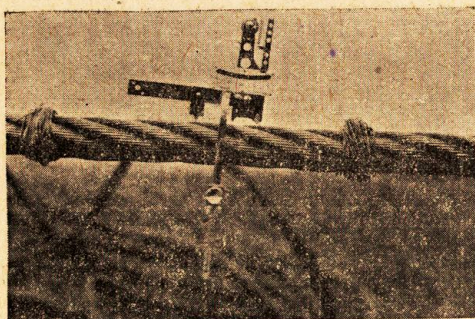


圖-86. 副索第10番に歪計を取
付けた處 (IV-19).

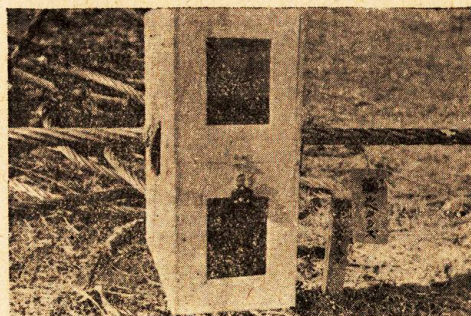


圖-87. 圖-86の歪計を木箱にて被覆せる處
箱の右側に鋼卷尺による測定標點の白エナメ
ル附が見える (IV-19)

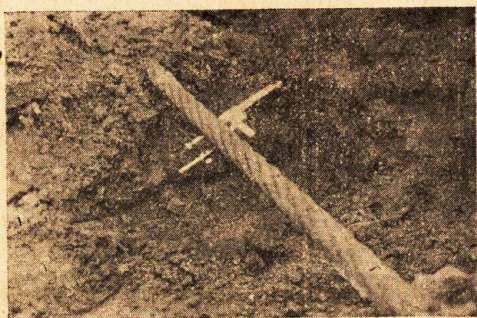


圖-88. 伸長後の索條の回轉
(副索第9番 V-11).

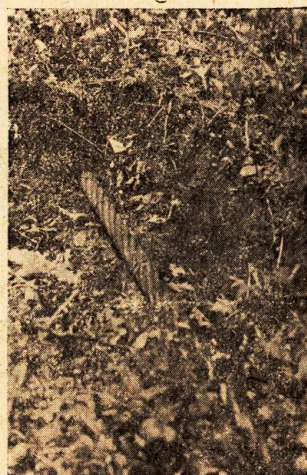


圖 89
の減り込み (VI-3)
上親杭附近に於ける表親綱

(A) 實驗結果

(a) 伸長測定

表-74 副索の測定伸長並に伸長率

(單位 mm)

副番 索號	s			s'											Δs _{max}	伸長率 (ε)
	設定 日	緊狀 張態	標設 點定 間長	IV-21	IV-22	IV-26	IV-28	V-3	V-5	V-8	V-9	V-11	VI-2	VI-24		
1	IV-13 疊 南 風 強	弛	4063	4066	4065	4067	4067	4067	4066	4067	4067	4067	4069	4069	6	1:677,167
2		"	4443	4446	4445	4447	4447	4447	4447	4447	4447	4447	4448	4448	5	1:888,6
3		"	4527	4534	4533	4536	4532	4533	4532	4532	4532	4532	4533	4532	9	1:503
4		"	3531	3535	3531	3532	3531	3531	3531	3531	3531	3531	3531	3532	4	1:882,75
5		"	5483	5488	5487	5488	5487	5485	5485	5485	5485	5485	5490	5489	7	1:783,286
6		"	3480	3488	3486	3486	3486	3486	3486	3486	3486	3486	3489	鐵線卷 離 脫	9	1:386,667
7		"	5348	5350	5349	5349	5348	5348	5348	5348	5348	5348	5357	5357	9	1:594,222
8		"	4461	4467	4465	4467	4467	4467	4469	4469	4469	4469	4479	4473	18	1:247,833
9	IV-15 北 風 弱	"	3247	3249	3247	3247	3248	3248	3251	3250	3250	3250	3254	3251	7	1:463,857
10		"	4006	4009	4007	4008	4008	4008	4010	4009	4009	4007	4013	4009	7	1:572,286
11		"	4746	4748	4749	4740	4748	4746	4749	4749	4749	4746	4747	4746	4	1:1186,5
12		"	3949	3955	3956	3957	3958	3958	3958	3958	3956	3956	3951	3956	9	1:438,778
13		"	3344	3344	3345	3347	3347	3344	3344	3344	3344	3344	3348	3350	6	1:557,333
14		"	2505	2508	2508	2508	2508	2513	2513	2513	2513	2514	2515	2515	10	1:250,5
15		"	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3539	3543	3547	8	1:442,375
16		"	3801	3801	3801	3801	3801	3801	3801	3798	3798	3798	3800	3800	—	—
17	北 風 弱	"	3695	3695	3695	3695	3695	3697	3698	3698	3698	3698	3698	3698	3	1:1231,667
18		"	2509	2511	2510	2511	2517	2517	2517	2514	2514	2514	2510	2512	8	1:313,625
19		"	3376	3384	3384	3384	3384	3389	3390	3385	3385	3385	3387	3384	15	1:225,067
20		"	4826	4837	4839	4839	4836	4838	4838	4838	4838	4838	4834	4833	13	1:371,231
測定時の 天候状態				雨後晴 南風強	曇 南風弱	曇 南風弱	曇 南風弱	晴 南風強	曇 北風強	曇 西南風	西南風 曇後 北風晴	曇 南風	晴 北疾風	曇 南風弱		

表-75 主索の測定伸長並に伸長率

(単位 mm)

	測 定 月 日	格 間 0-1 (上親杭側)		格 間 20-21 (下親杭側)	
		表 親 綱	裏 親 綱	表 親 綱	裏 親 綱
s	IV-5 (0-1) IV-18 (20-21)	2041	3389	3629	3475
s'	IV-21	2051	3400	3631	3475
	IV-22	2051	3400	3632	3475
	IV-26	2051	3403	3633	3475
	IV-28	2052	3402	3624	3475
	V-3	2052	3402	3624	3475
	V-5	2054	3403	3624	3475
	V-8	2053	3403	3624	3475
	V-9	2052	3403	3624	3475
	V-11	2052	3403	3624	3475
	VI-2	2055	3404	3626	3486
	VI-24	2057	3405	3626	3480
Δs_{max}		16	16	4	11
伸 長 率 (ϵ)		1:127,563	1:211,813	1:907,25	1:315,909

表-76 「オタイツエン」歪計による副索第9番の測定伸長、
伸長率及び換算應力

測定 月 日	天 候 状 況	Δs^{**} (mm)	ϵ	σ (kg/cm ²)	$X_{s,9}$ (kg)
IV-19	晴 時 々 曇	0	0	0	0
20	曇	0	0	0	0
21	雨 後 晴	0,0080	$\frac{1}{6250}$	168	1154
22	曇 南 微 風	0080	$\frac{1}{6250}$	168	1154
23	曇 南 風	0063	$\frac{1}{7936,508}$	132	906
24*)	—	—	—	—	—
25	晴 南 微 風	0026	$\frac{1}{19230,769}$	55	378
26	薄 曇 南 微 風	0042	$\frac{1}{11904,762}$	88	604
27	晴時々曇南微風	0018	$\frac{1}{27777,778}$	38	261
28	晴 南 微 風	0102	$\frac{1}{4901,961}$	214	1469
29	晴 南 風	0130	$\frac{1}{3846,154}$	273	1875
30	〃	0110	$\frac{1}{4545,455}$	231	1586
V-1	〃	0105	$\frac{1}{4761,905}$	220	1511
2	〃	0140	$\frac{1}{3571,429}$	294	2019
3	晴 南 強 風	0190	$\frac{1}{2631,579}$	399	2740
4	曇 南 東 風	0223	$\frac{1}{2242,152}$	468	3214
5	曇 北 風	0550	$\frac{1}{909,091}$	1155	7931
6	晴 北 風	0525	$\frac{1}{952,381}$	1102	7567
7	晴 南 風	0515	$\frac{1}{970,874}$	1081	7423
8	快 晴 南 風	0500	$\frac{1}{1000}$	1050	7210
9	曇 後 晴 北 風	0520	$\frac{1}{961,538}$	1092	7498
10	快 晴 北 風	0519	$\frac{1}{963,391}$	1090	7484
11	晴 南 風	0513	$\frac{1}{974,659}$	1077	7395

*) 観測員の事故により測定不能であつた。

**) 標點距離50mm. 伸長 Δs は午前9時~10時に測定したものである、5月9, 10, 11日のものは1日中の観測値の平均値をとつた。

表-77 「オクイツエン」歪計による副索第10番の測定伸長,
伸長率及び換算應力

測 定 月 日	天 候 状 況	Δs (mm)	ϵ	σ (kg/cm ²)	$X_{s,9}$ (kg)
IV-19		0	0	0	0
20		0	0	0	0
21		0,0064	$\frac{1}{7812,5}$	134	686
22		0064	$\frac{1}{7812,5}$	134	686
23		0044	$\frac{1}{11363,636}$	92	471
24		—	—	—	—
25		0014	$\frac{1}{35714,286}$	29	149
26		0024	$\frac{1}{20833,333}$	50	256
27	表 - 76 と 同 じ	0004	$\frac{1}{125\ 000}$	8	41
28		0075	$\frac{1}{6666,667}$	157	804
29		0034	$\frac{1}{14705,882}$	71	364
30		0004	$\frac{1}{125\ 000}$	8	41
V - 1		0014	$\frac{1}{35714,286}$	29	149
2		0028	$\frac{1}{17857,143}$	59	302
3		0029	$\frac{1}{17241,379}$	61	312
4		0059	$\frac{1}{8474,576}$	124	635
5		0259	$\frac{1}{1930,502}$	544	2786
6		0209	$\frac{1}{2392,344}$	439	2248
7		0229	$\frac{1}{2183,406}$	481	2463
8		0192	$\frac{1}{2604,167}$	403	2064
9		0167	$\frac{1}{2994,012}$	351	1798
10		0056	$\frac{1}{8928,571}$	118	604
11		0050	$\frac{1}{10000}$	105	538

(b) 鋼巻尺及び「オクイツエン」歪計による測定値の比較

副索第9番、第10番に關する歪計による測定伸長率及び其の換算應力は夫々前項表-76、表-77記載の通りであるが、此の數値を利用して歪計設置期間中の鋼巻尺(第1法)及び歪計(第2法)の兩種の測定伸長率即ち換算應力を副索第9番、第10番について比較すれば表-78、表-79を得る。圖-90はこの兩種觀測値2曲線を座標にあらはせるものである。

之では副索第9番は第1法、第2法とも實測値は極めて良く近接してゐる。副索第10番の方は此の兩値が前者に比して稍懸け離れてゐるが、それはこの副索第10番に取付けた歪計は取附の翌日4月20日に索條の馬搬衝擊のために外れて同日取附直しを行つた結果ではないかと思はれる。然し第1法が十分信頼し得る結果を與ふことは此の比較實驗によつて解るのである。

副索第9番、第10番の歪計による兩曲線は大體に於て平行的に變化してゐるが、最後の2日間位の處が多少異つた傾向にある。これは副索第10番に堆積した流着材がその整理作業夫によつて切崩されて下流網羽尻に流れ去つたためであらうと思はれる。

表-78 鋼巻尺及び「オクイツエン」歪計による副索

第9番伸長測定値比較

(換算應力を以てする)

測 定 月 日	鋼 巻 尺				「オ ク イ ツ エ ン」歪 計
	Δc (mm)	ε	σ (kg/cm ²)	$X_{s,9}$ (kg)	$X_{s,9}$ (kg)
IV-21	2	$\frac{1}{1623.5}$	647	4443	1154
22	0	0	0	0	1154
23	—	—	—	—	906
24	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	378
26	0	0	0	0	604
27	—	—	—	—	261
28	1	$\frac{1}{3247}$	323	2218	1469
29	—	—	—	—	1875
30	—	—	—	—	1586
V-1	—	—	—	—	1511
2	—	—	—	—	2019
3	1	$\frac{1}{3247}$	323	2218	2740
4	—	—	—	—	3214
5	4	$\frac{1}{811.75}$	1294	8885	7931
6	—	—	—	—	7567
7	—	—	—	—	7423
8	3	$\frac{1}{1082.333}$	970	6660	7210
9	3	$\frac{1}{1082.333}$	970	6660	7498
10	—	—	—	—	7484
11	3	$\frac{1}{1082.333}$	970	6660	7395

表-79 鋼巻尺及び「オクイツエン」歪計による副索

第10番伸長測定値比較

(換算應力を以てする)

測 定 月 日	鋼 巻 尺				「オ ク イ ツ エ ン」歪 計
	Δs (mm)	ϵ	σ (kg/cm ²)	$X_{s,9}$ (kg)	$X_{s,9}$ (kg)
IV-21	3	$\frac{1}{1335.333}$	786	4025	686
22	1	$\frac{1}{4006}$	262	1342	686
23	—	—	—	—	471
24	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	149
26	2	$\frac{1}{2003}$	524	2684	256
27	—	—	—	—	41
28	2	$\frac{1}{2003}$	524	2684	804
29	—	—	—	—	364
30	—	—	—	—	41
V - 1	—	—	—	—	149
2	—	—	—	—	302
3	2	$\frac{1}{2003}$	524	2684	312
4	—	—	—	—	635
5	4	$\frac{1}{1001.5}$	1048	5367	2786
6	—	—	—	—	2248
7	—	—	—	—	2463
8	3	$\frac{1}{1335.333}$	786	4025	2064
9	3	$\frac{1}{1335.333}$	786	4025	1798
10	—	—	—	—	604
11	1	$\frac{1}{1335.333}$	262	1342	538

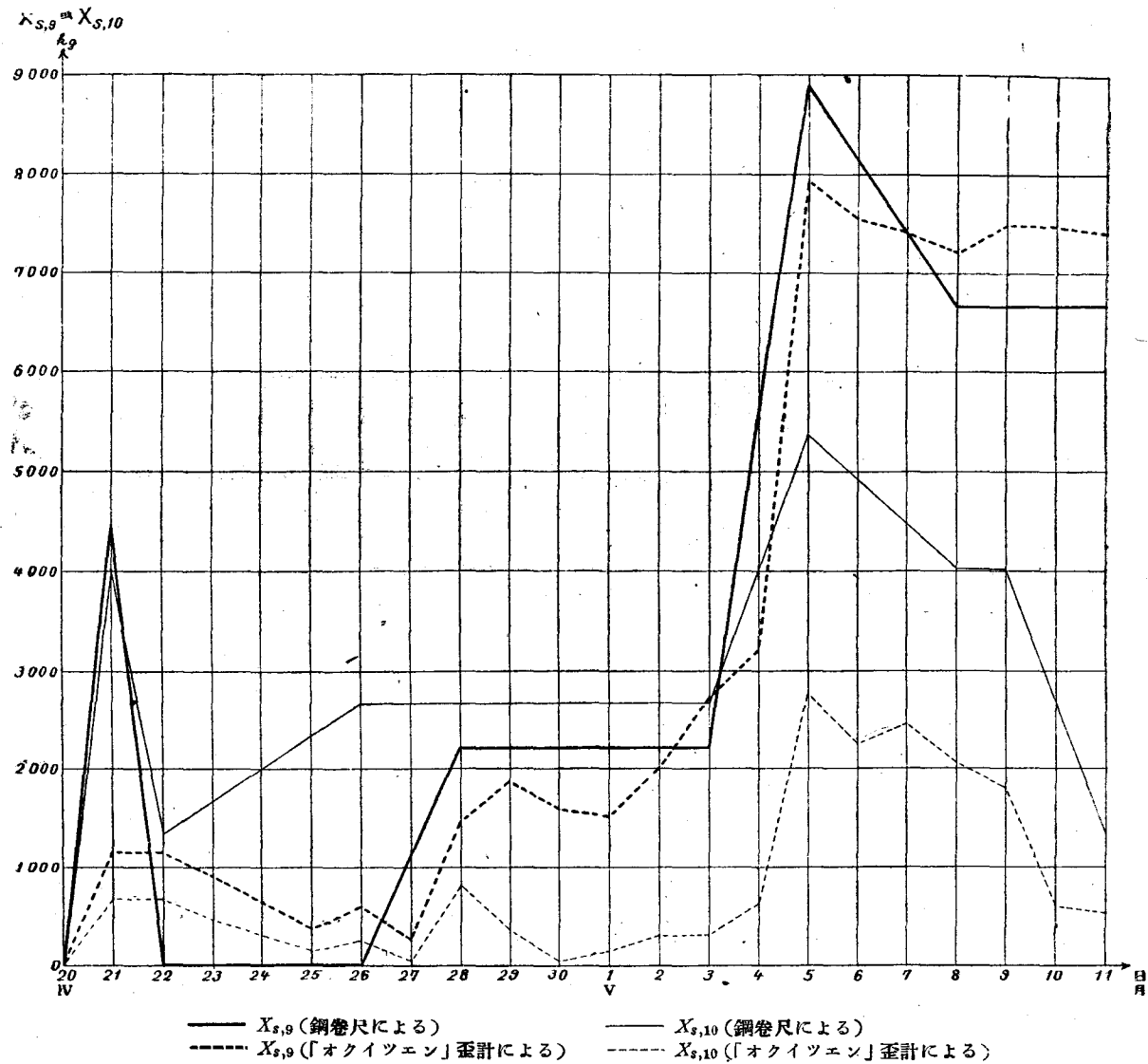


圖-90 副索第9番第10番の第1法及び第2法による應力値測定曲線

(c) 伸長の時間的變化

著者は副索に取付けられた此の「オクイツェン」歪計の示度が始終時間的に變動しつゝあるものなることをその實驗中に知つたのであるが、之は全然最初に豫期せざる現象であつたのでその性質を明かにする目的で歪計設置期間中の最後の3日間は此の時間的變化を測定した。

表 80 其一、其二、其三 が之である。圖 91、圖 92、圖 93 はこの曲線を座標にしたものである。

此の3圖特に 圖 92、圖 93 を比較して興味あることは、副索第9番も第10番も1日中の時間的變化は全く同じ様な傾向を示して居ることである。即ち朝より正午、午後1時前後にかけて伸長は漸減して従て此の時刻に伸長は略々最低となり、之より夕刻にかけて之が今度は逆に次第に増大する傾向を辿るのである。唯副索第10番の5月9日午後3時半から4時の間及び副索第9番の5月11日午後4時半から5時の間に於て曲線は急激に下つてゐるが、これは此等の副索に直接抑留されてその上に堆積した木材が流着材の整理作業夫によつて切崩されてその負擔が急激に輕減したる理由に基くもので、若し此の作業がなかつたならばこの曲線部分は矢張り増大の傾向を辿つたらうといふことは十分の確率を以て想像され得るのである。此の副索の伸長が午前より午後に涉つて漸減、漸増の一般的傾向を辿るのは、一に索條の溫度變化によるものと推定される。其の理由は水位曲線の示す如く5月のこの最後の3日間は水位が非常な低位にあつて、4月21日の高水位に浮むで其の結果として副索を緊張せしめたる状態のまゝで主索系統はこの頃凡て河底に著いてゐたのである。従て此の状態の主索格點第9番、第10番は索條の碇著杭（留杭）と同様力學的には移動せざる固定點と考へて差支ない。故に副索はこの場合兩端の固定點の間に一定の力で張られてゐる1本の索條であつて、今正午から午後にかけて氣溫が上昇して來るとこの索條の長さが

$$\Delta l_T = \varepsilon t l$$

但し

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon : \text{線膨脹係數} \\ t : \text{溫度變化} \\ l : \text{長さ} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (115)$$

この Δl_T だけ溫度の影響を受けて伸びることになる。伸びるけれども兩端は固定してゐるから其の緊張の弛むだけ結局副索の作用張應力が減少しこれが伸長の遞減となつてあらはれる。

此のとき副索の作用張應力 $X_{(s,t)}$ は

$$X_{(s,t)} = X_{s,t} - \varepsilon t E_s F_{s,t} \dots\dots\dots (116)$$

で與えられる。午後1時頃を境として氣溫が降下し始めると同様の意味で伸長が再び漸増する

ことになるのである。此の事柄はこれだけの現象としては非常に面白いが、併し抑留網羽の荷重量に影響を及ぼす因子としては左程重要ではないかもしれぬ。唯此の事實によつて副索の作用應力は温度の影響をうけて最大作用應力から其の90%位の應力までの時間的波動性を有し、且つ其の週期が恰も24時間なることを知るのである。

更に又この 圖-92, 圖-93 から知り得る第2の事柄は流着材の整理作業によつて副索は最大應力より其の30%位の應力まで局所應力的な大幅な急激な變化をなすことがあり、且つそれには勿論一定の週期性など期待することが出来ないといふことである。

表-80 其一 「オクイツエン」歪計による伸長の時間的變化 (5月9日)

(單位: 0,001mm)

測 定 月 日	測 定 時 刻	副 索 第 9 番		副 索 第 10 番	
		測 定 値	累 計 *)	測 定 値	累 計 *)
V - 9	午前 時 分 9 30	3,0	52,5	18,8	21,7
	〃 10 15	1,9	51,4	17,4	20,3
	〃 11	1,5	51,0	17,3	20,2
	午後 1	1,2	50,7	17,0	19,9
	〃 1 30	0,8	50,3	16,2	19,1
	〃 2	0,5	50,0	16,2	19,1
	〃 2 30	1,0	50,5	16,3	19,2
	〃 3	2,0	51,5	16,4	19,3
	〃 3 30	4,0	53,5	16,8	19,7
	〃 4	4,2	53,7	3,5	6,4
	〃 4 30	4,3	53,8	4,4	7,3
	〃 5	5,0	54,5	5,0	7,9
	平 均		52,0		16,7

*) 設置期日 4月19日よりの累計, 以下同断。

表-80 其二 「オクイツエン」歪計による伸長の時間的変化 (5月10日)

(単位: 0,001mm)

測定 月 日	測定 時 刻	副 索 第 9 番		副 索 第 10 番	
		測定値	累 計	測定値	累 計
V-10	午前 ^{時 分} 9 00	3,0	52,5	2,9	5,8
	" 9 30	2,5	52,0	2,8	5,7
	" 10	2,0	51,5	2,2	5,1
	" 10 30	1,8	51,3	2,1	5,0
	" 11	2,0	51,5	2,3	5,2
	" 11 30	2,0	51,5	2,0	4,9
	午後 1	1,3	50,8	1,3	4,2
	" 1 30	1,5	51,0	2,0	4,9
	" 2	2,6	52,1	3,0	5,9
	" 2 30	2,2	51,7	2,1	5,0
	" 3	2,0	51,5	2,0	4,9
	" 3 30	2,7	52,2	3,4	6,3
	" 4	3,8	53,3	4,3	7,2
	" 4 30	3,8	53,3	4,6	7,5
	" 5	3,5	53,0	4,0	6,9
平 均			51,9		5,6

表-80 其三 「オクイツエン」歪計による伸長の時間的変化 (5月11日)

(単位: 0,001mm)

測定 月 日	測定 時 刻	副 索 第 9 番		副 索 第 10 番	
		測定値	累 計	測定値	累 計
V-11	午前 ^{時 分} 9 00	1,5	51,0	2,4	5,3
	" 9 30	1,4	50,9	2,5	5,4
	" 10	1,4	50,9	2,1	5,0
	" 10 30	1,7	51,2	2,9	5,8
	" 11	1,6	51,1	2,1	5,0
	" 11 30	1,5	51,0	2,1	5,0
	午後 1	1,0	50,5	1,3	4,2
	" 1 30	1,4	50,9	1,9	4,8
	" 2	2,0	51,5	2,3	5,2
	" 2 30	1,9	51,4	0,9	3,8
	" 3	2,1	51,6	1,5	4,4
	" 3 30	2,8	52,3	1,9	4,8
	" 4	3,1	52,6	2,1	5,0
	" 4 30	3,3	52,8	2,3	5,2
	" 5	0,9	50,4	2,9	5,8
平 均			51,3		5,0

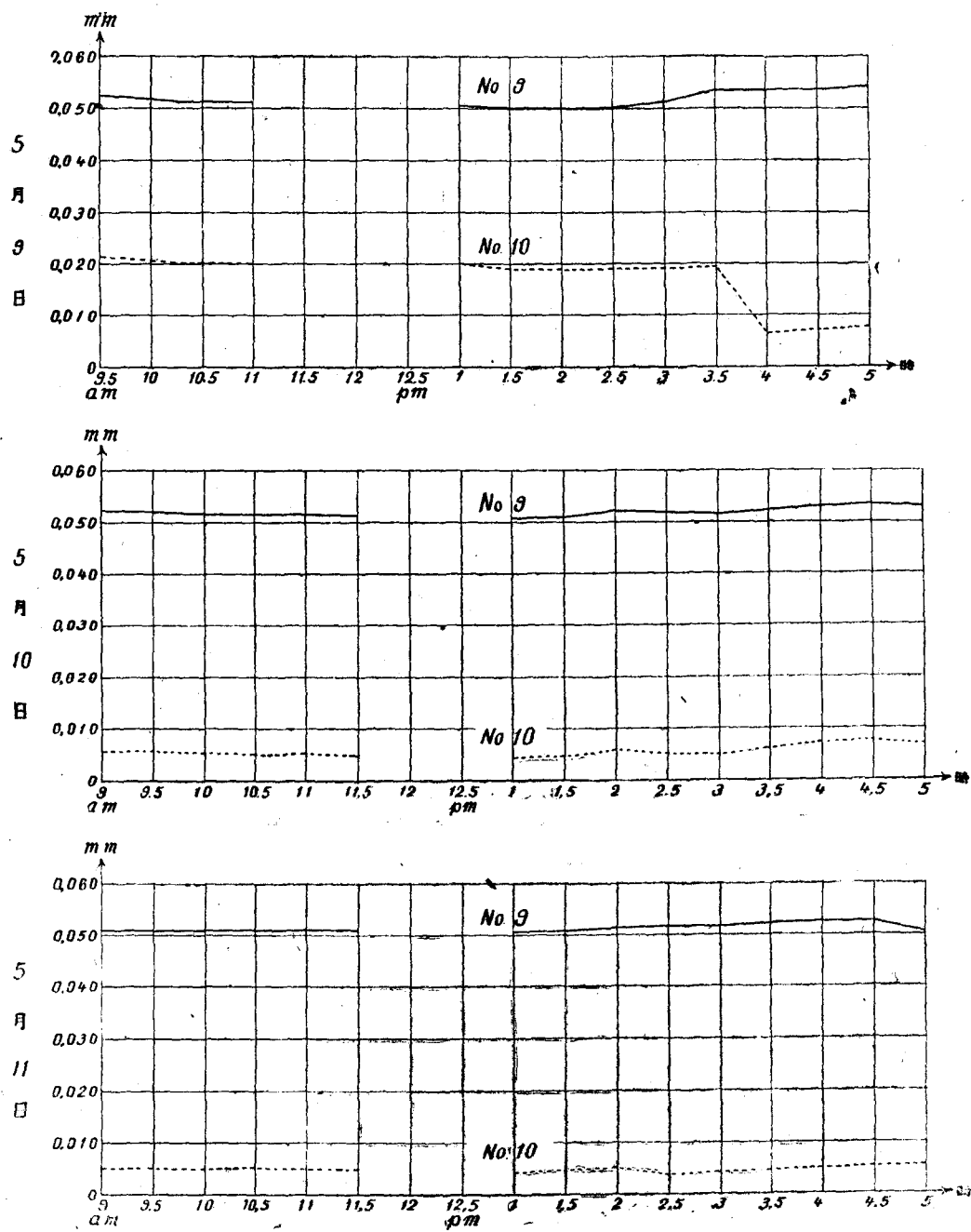


圖-91 副索第9番、第10番伸長の時間的變化

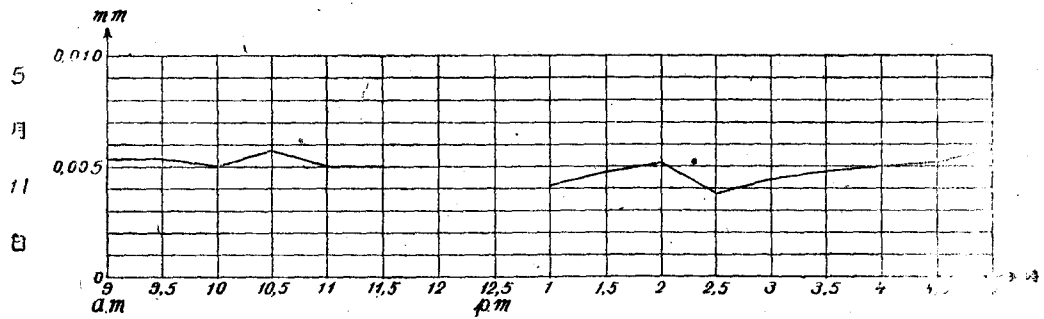
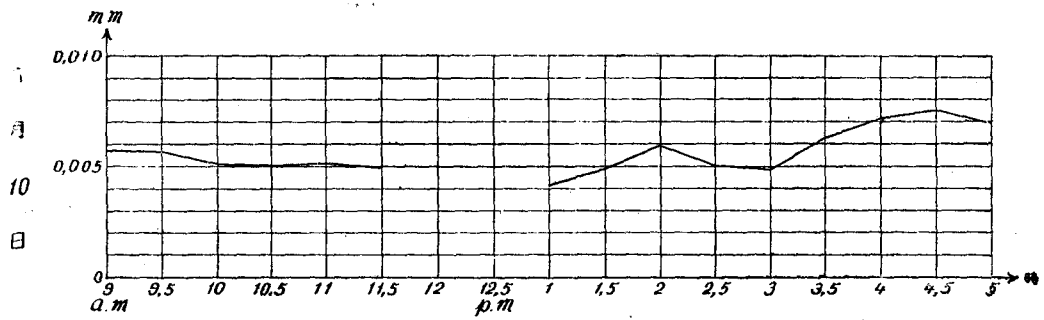
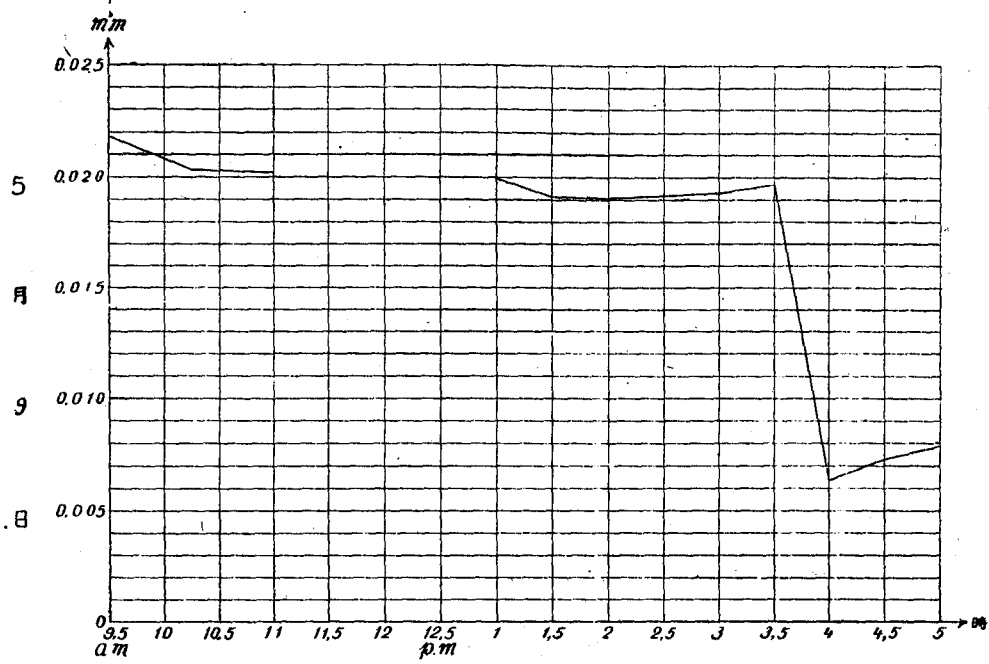


圖-92 副索第9番伸長の時間的變化

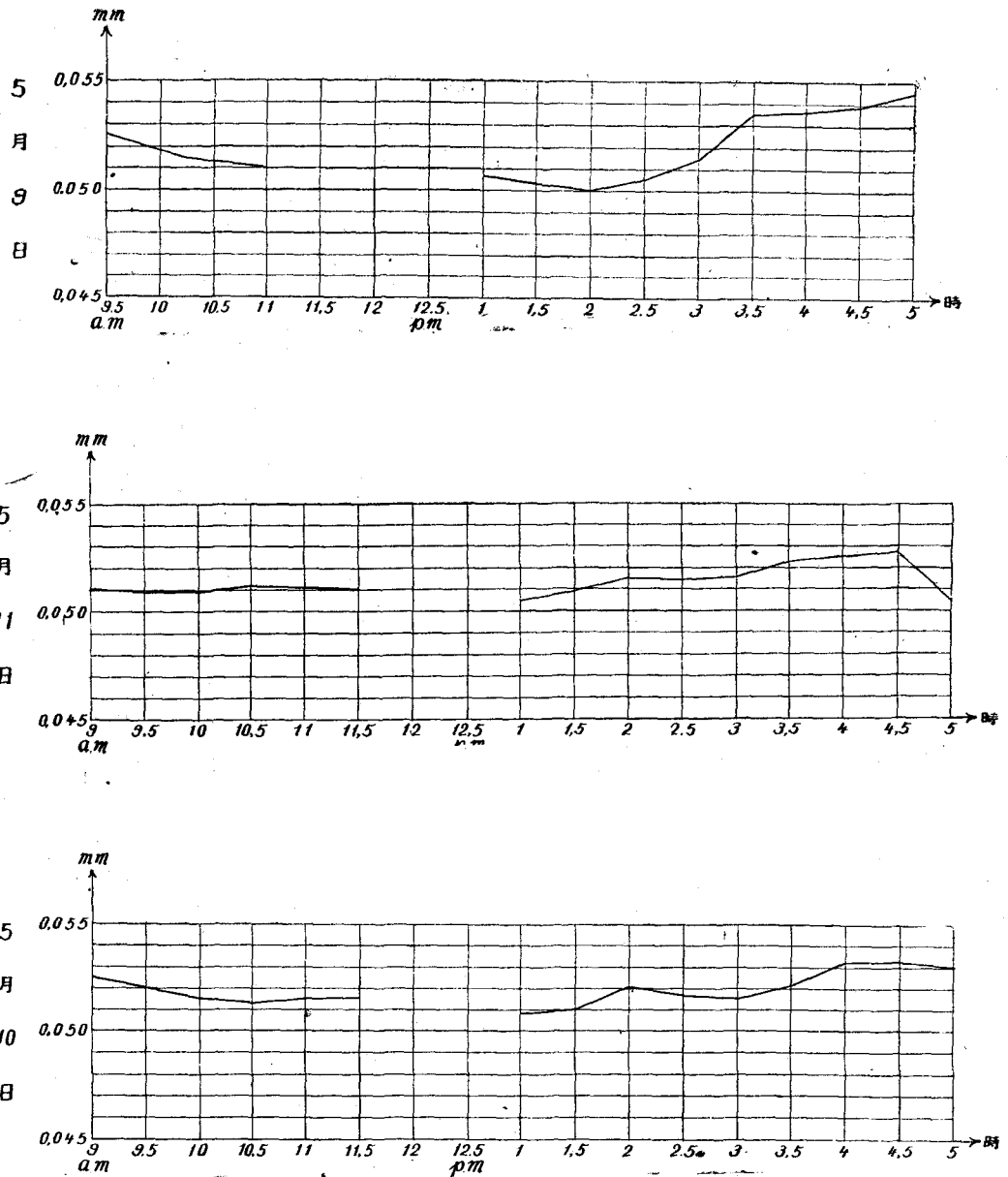


圖-93 副索第10番伸長の時間的變化

(d) 抑留網羽の着材状態

伸長測定當時の管流材の網羽着材の状況及び其の大約の石数は圖の通りである (圖-94 其一, 其二, 其三, 其四, 其五, 其六, 其七, 其八, 其九, 其十, 其十一, 其十二, 其十三, 其十四, 其十五)。

(e) 流速測定

伸長測定當時の流速を測定した。測定個所は上流網羽懷内1個所下流網羽懷外1個所であ

る(圖-94 着材狀況圖 参照)。5月2日上流, 同3日上流, 5月8日下流は孰れも流送材中刈作業の爲めに舟はその現場の個所になく測定は不可能であつた。使用器械は5月中は廣井式正向流速計, 6月は其の外に「プライス」式音響流速計をも併用した。

表-81 流 速 測 定 値

(流速單位: m/sec)

測 定 日 時		水面ヨリ ノ 水 深		cm 0	cm 15	cm 30	cm 45	cm 60	測定時 ノ 水 深
快 晴 南 風	V-2	網羽上流	舟ノ都合ニヨリ測定不可能						
	同 午前11時	網羽下流	廣井式	2,25	2,34	2,10	2,04	1,99	5,0 ^尺
快 晴 南 強 風	V-3	網羽上流	舟ノ都合ニヨリ測定不可能						
	同 午前10時30分	網羽下流	廣井式	2,61	2,83	2,42	2,42	2,25	7,0
快 晴 西 南 風	V-8 午後2時	網羽上流	廣井式	1,15	1,26	1,22	1,15	1,04	4,0
	同	網羽下流	舟ノ都合ニヨリ測定不可能						
曇 南 疾 風	VI-3 午前10時20分	網羽上流	プライス式	1,44	1,51	1,49	1,32	1,29	5,0
			廣井式	1,60	1,52	1,56	1,45	1,45	5,0
	同 午前11時	網羽下流	プライス式	2,21	2,14	2,14	2,17	2,18	6,6
			廣井式	2,10	2,34	2,25	2,18	2,18	6,6
曇 靜 穩	VI-25 午前9時20分	網羽上流	プライス式	0,78	0,80	0,82	0,79	0,74	4,6
			廣井式	0,75	0,83	0,75	0,69	0,61	4,6
	同 午前8時40分	網羽下流	プライス式	1,39	1,36	1,30	1,34	1,13	4,3
			廣井式	1,52	1,64	1,49	1,31	1,13	4,3

圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其一

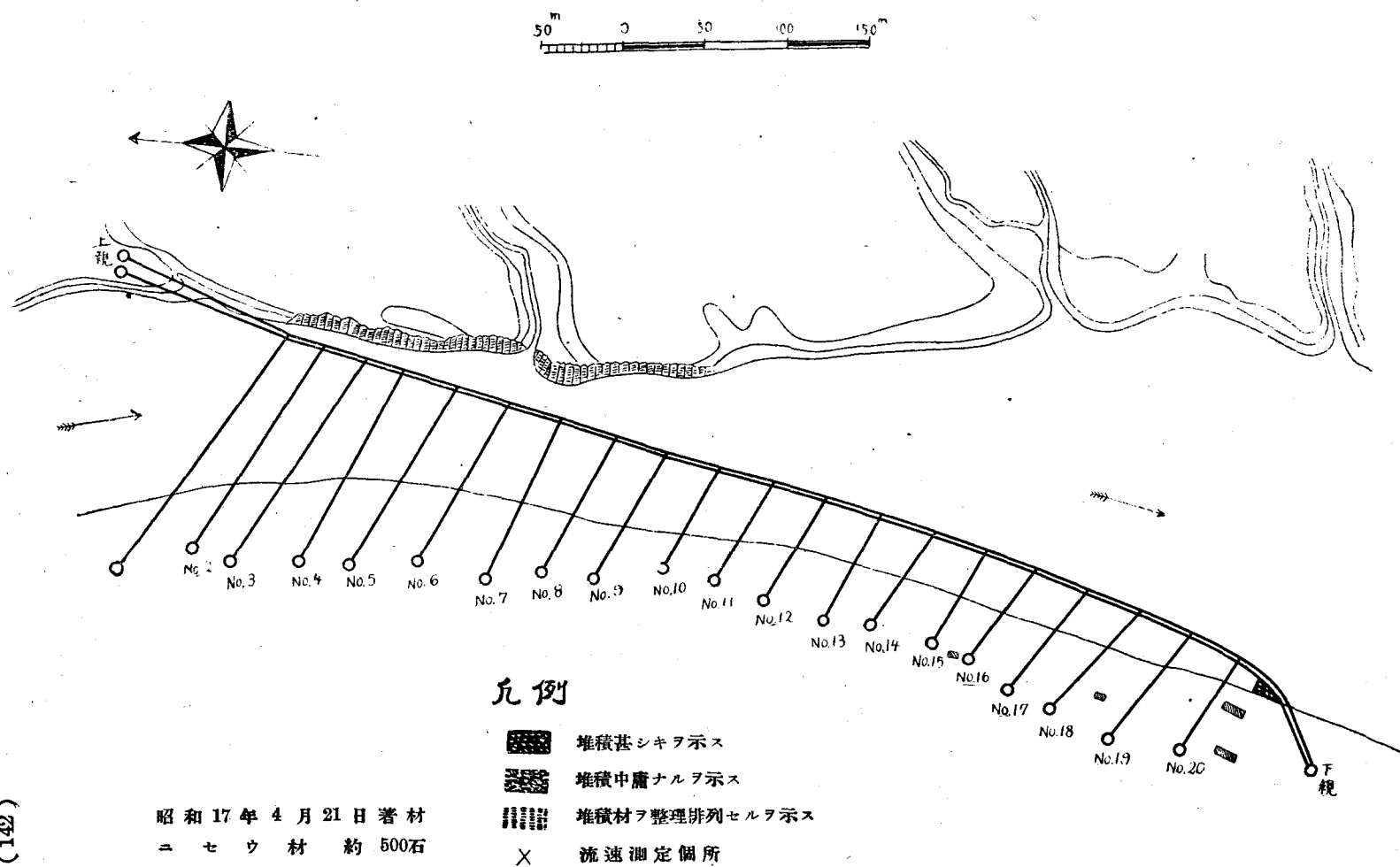
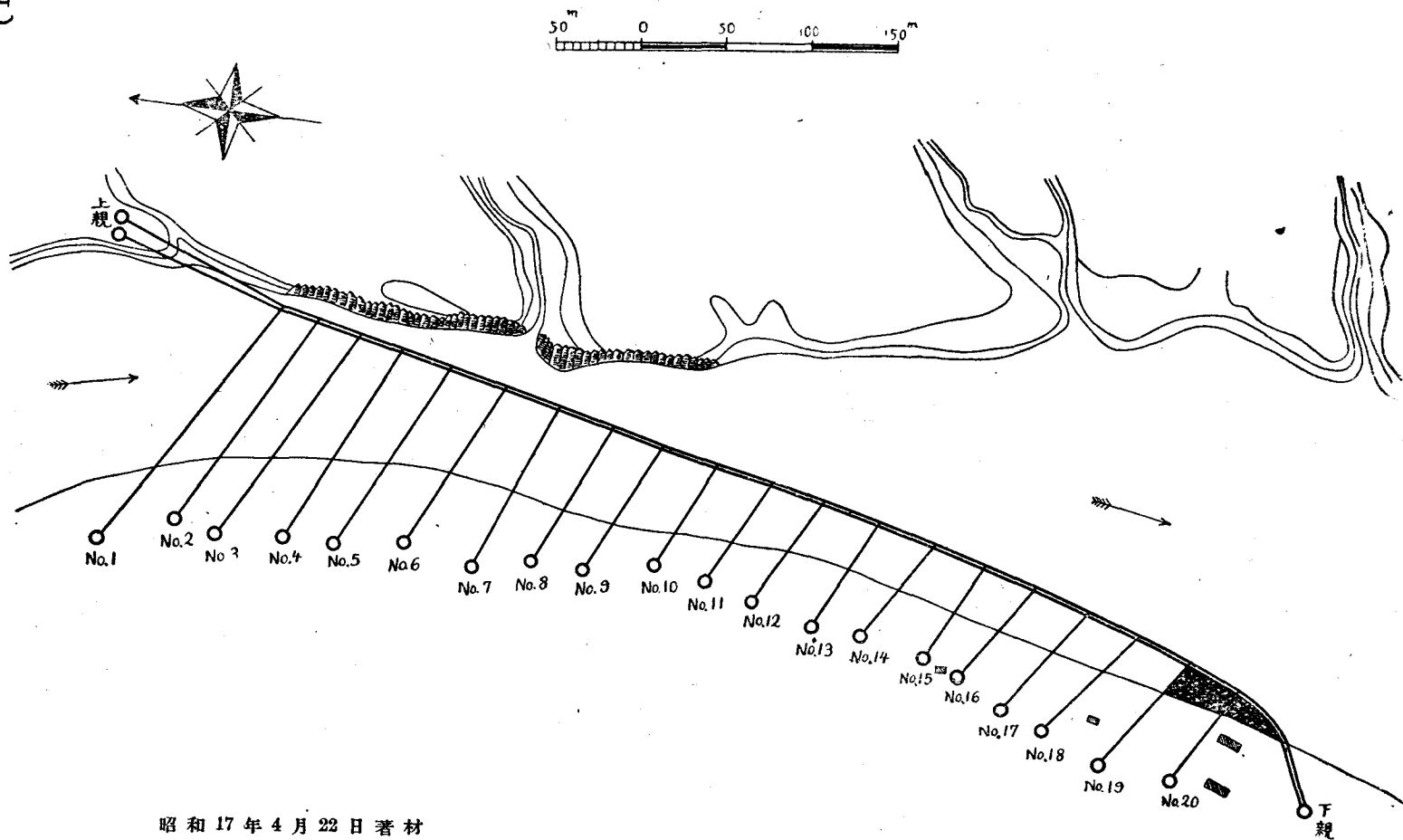
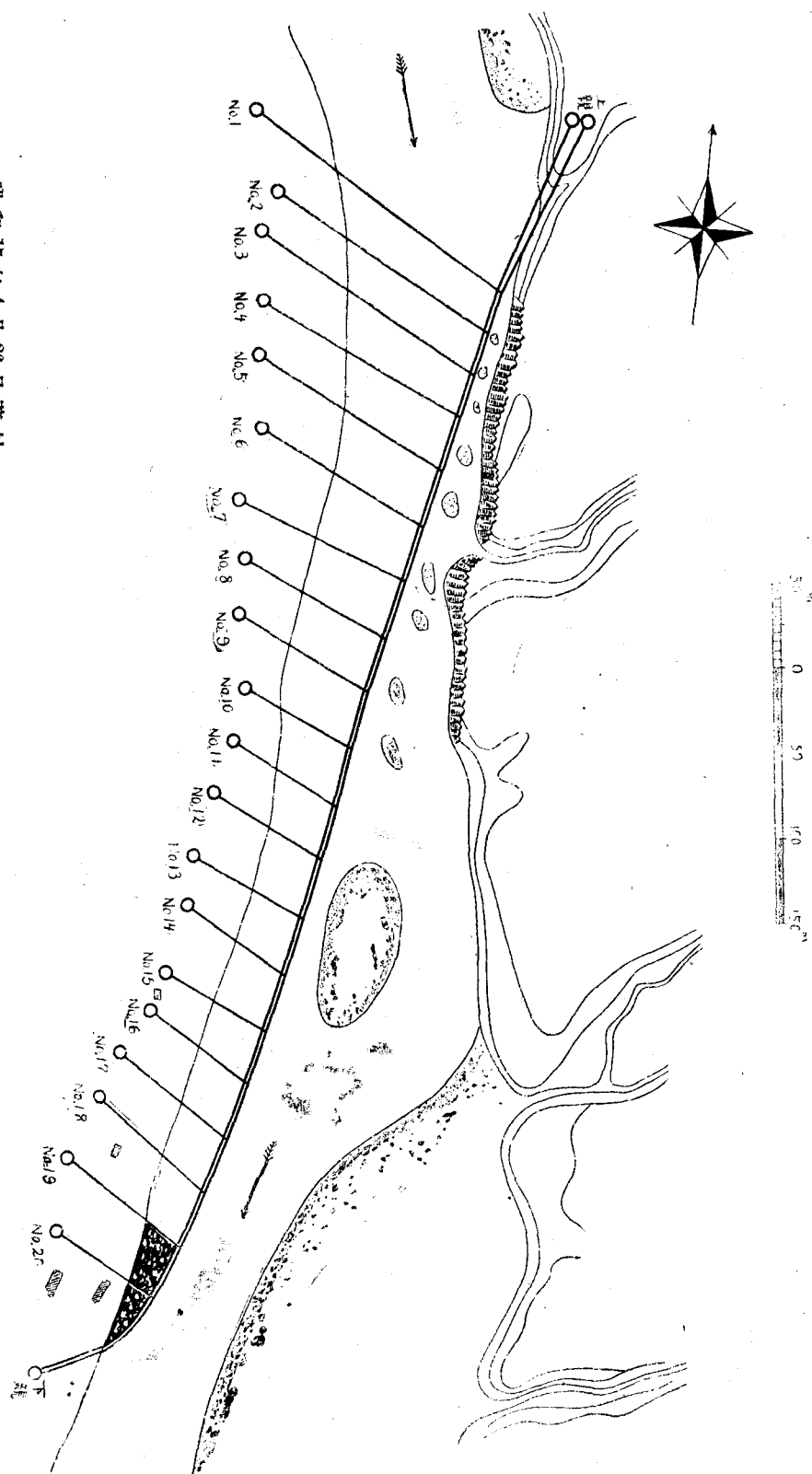


圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其二



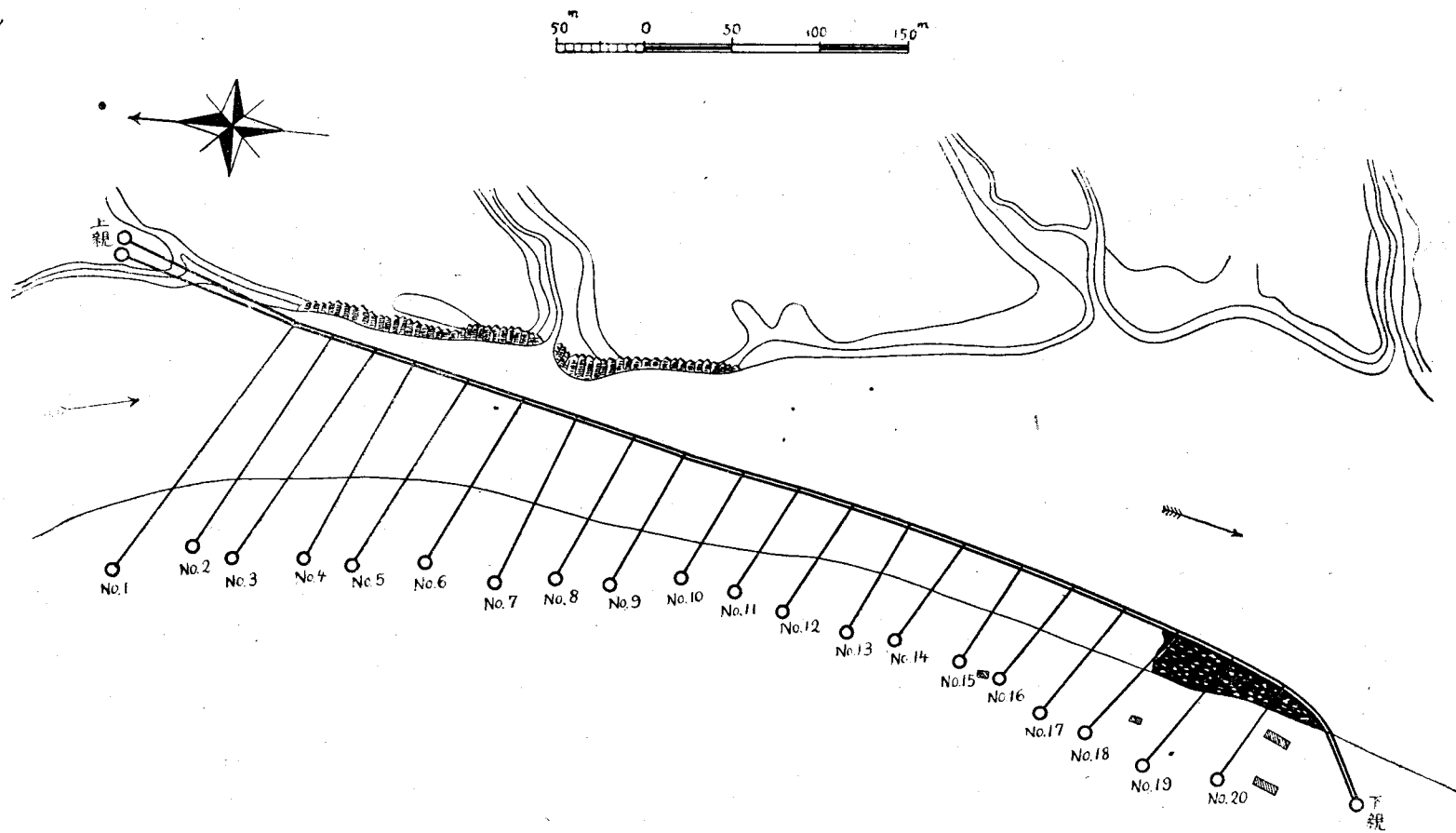
昭和17年4月22日著材
ニセウ材 約 3,000石。

圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其三



昭和17年4月26日着材
ニセウ材 約3,000石

圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其四



昭和17年4月28日著材
ニセウ材 約 4,500石

圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其五

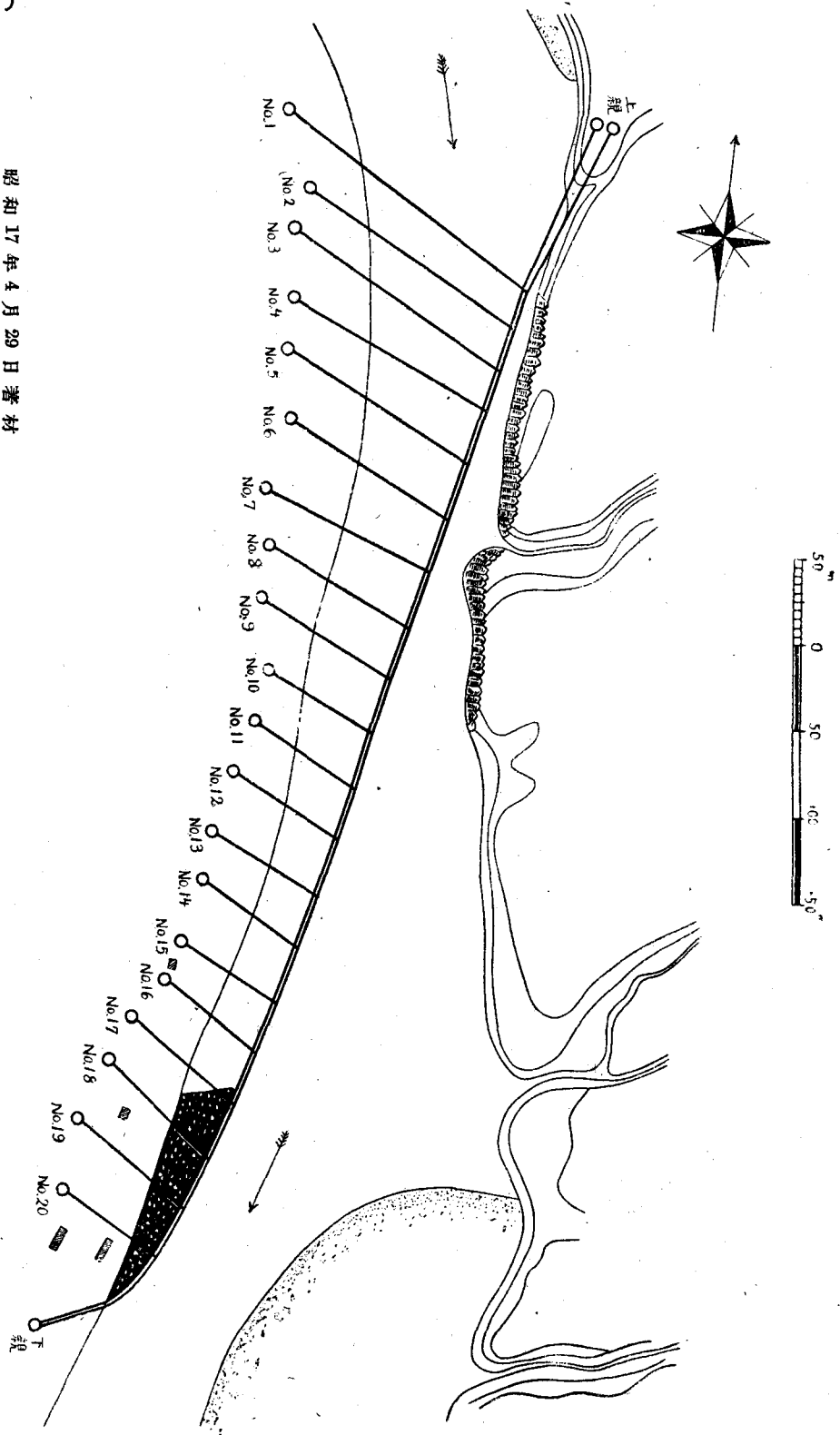
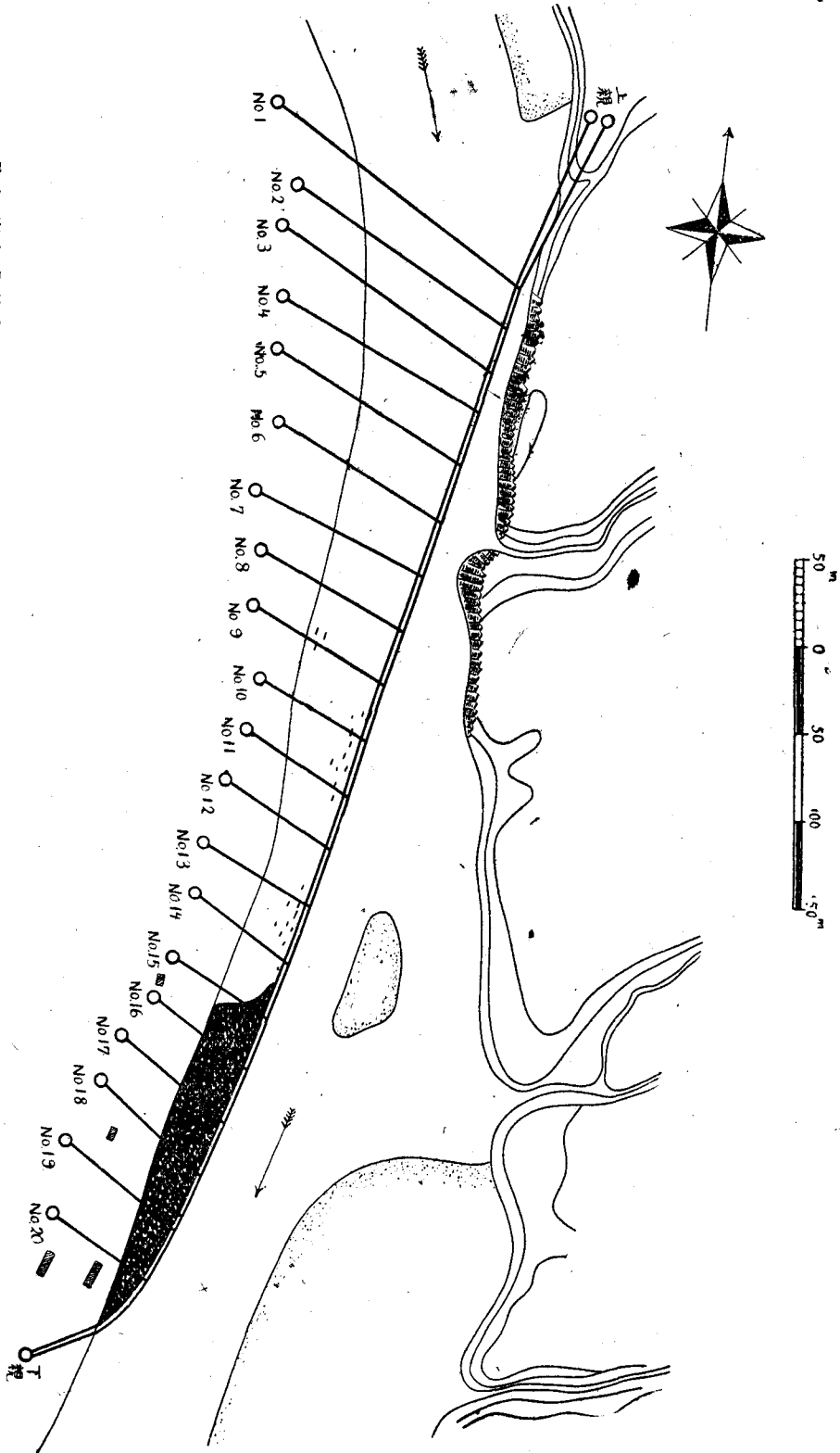


圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其六



昭和17年5月2日着材
セウ材 約8,000石

圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其七

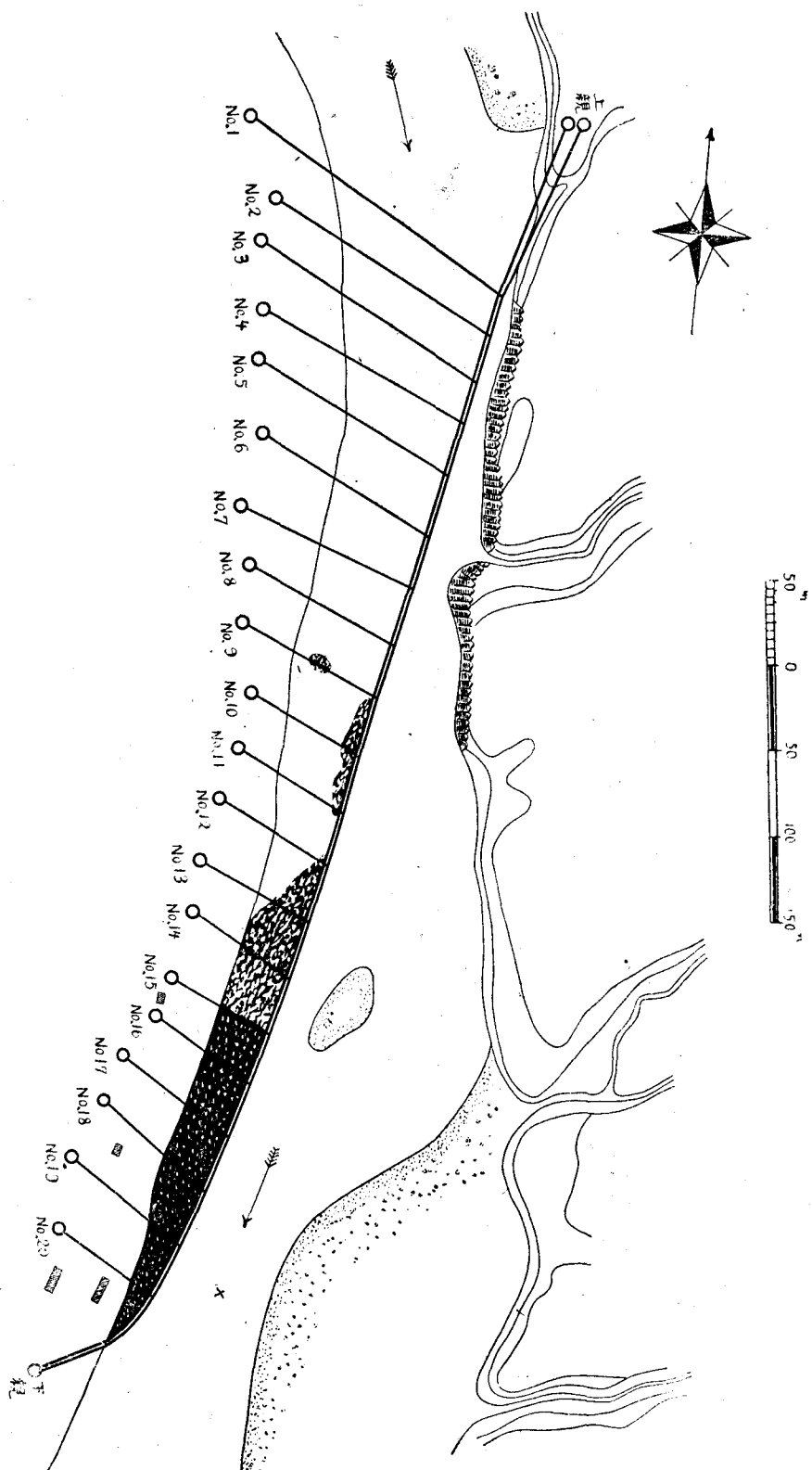
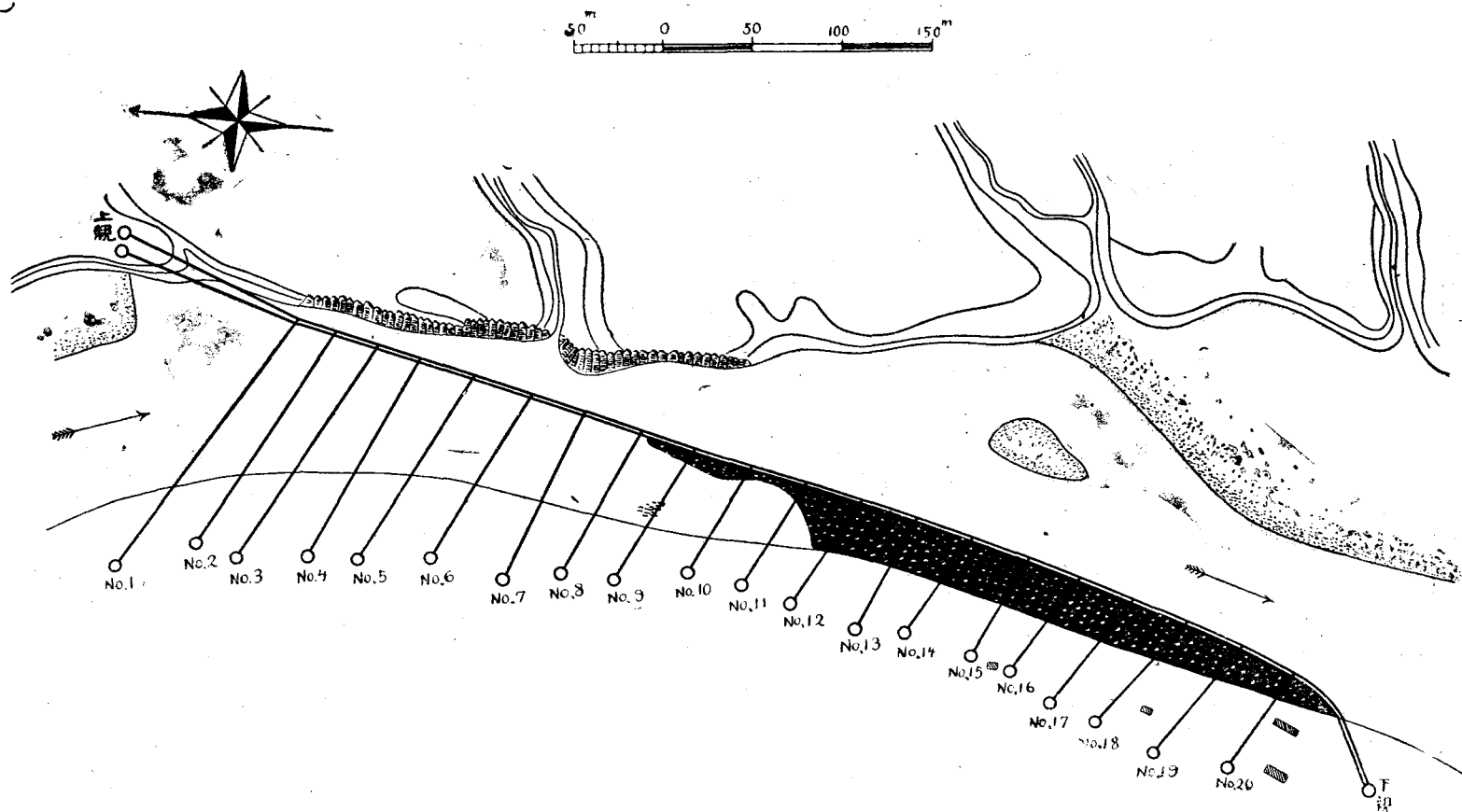


圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其八



昭和17年5月4日著材
ニセウ材 約 15,000石

圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其八

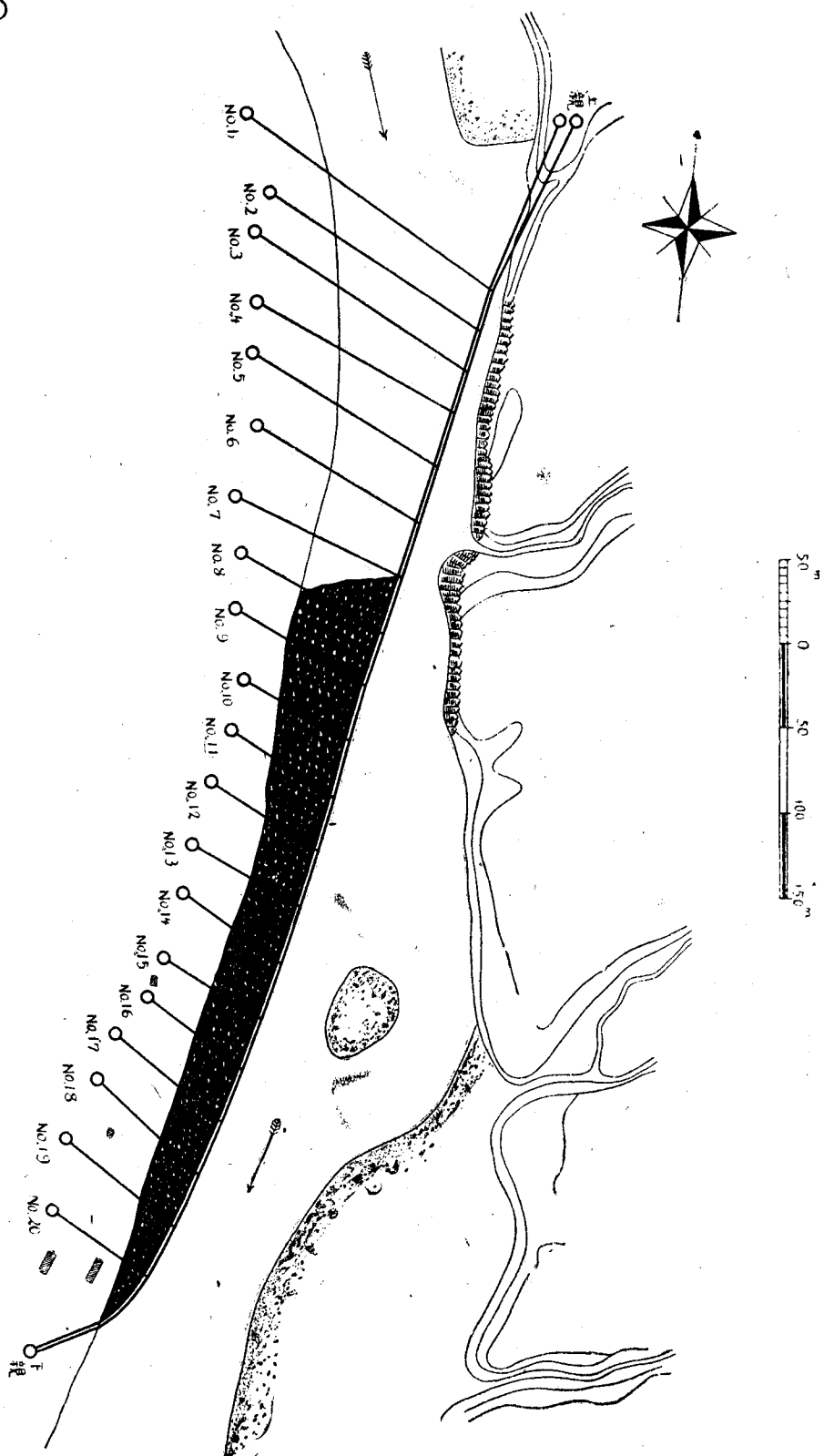
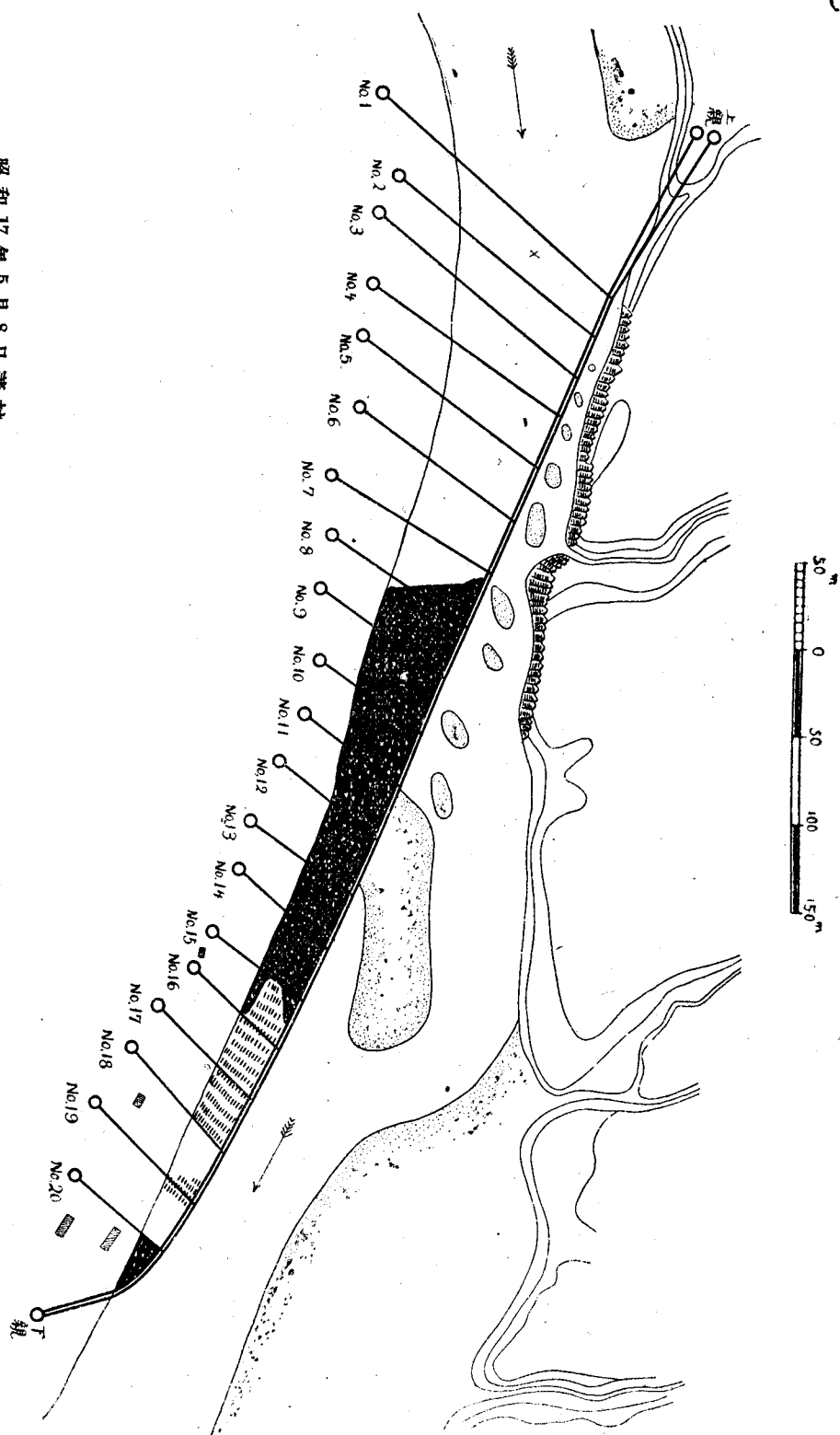


圖 94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其十



昭和17年5月8日着材
ニセウ材 約 13,000石

圖 94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其十一

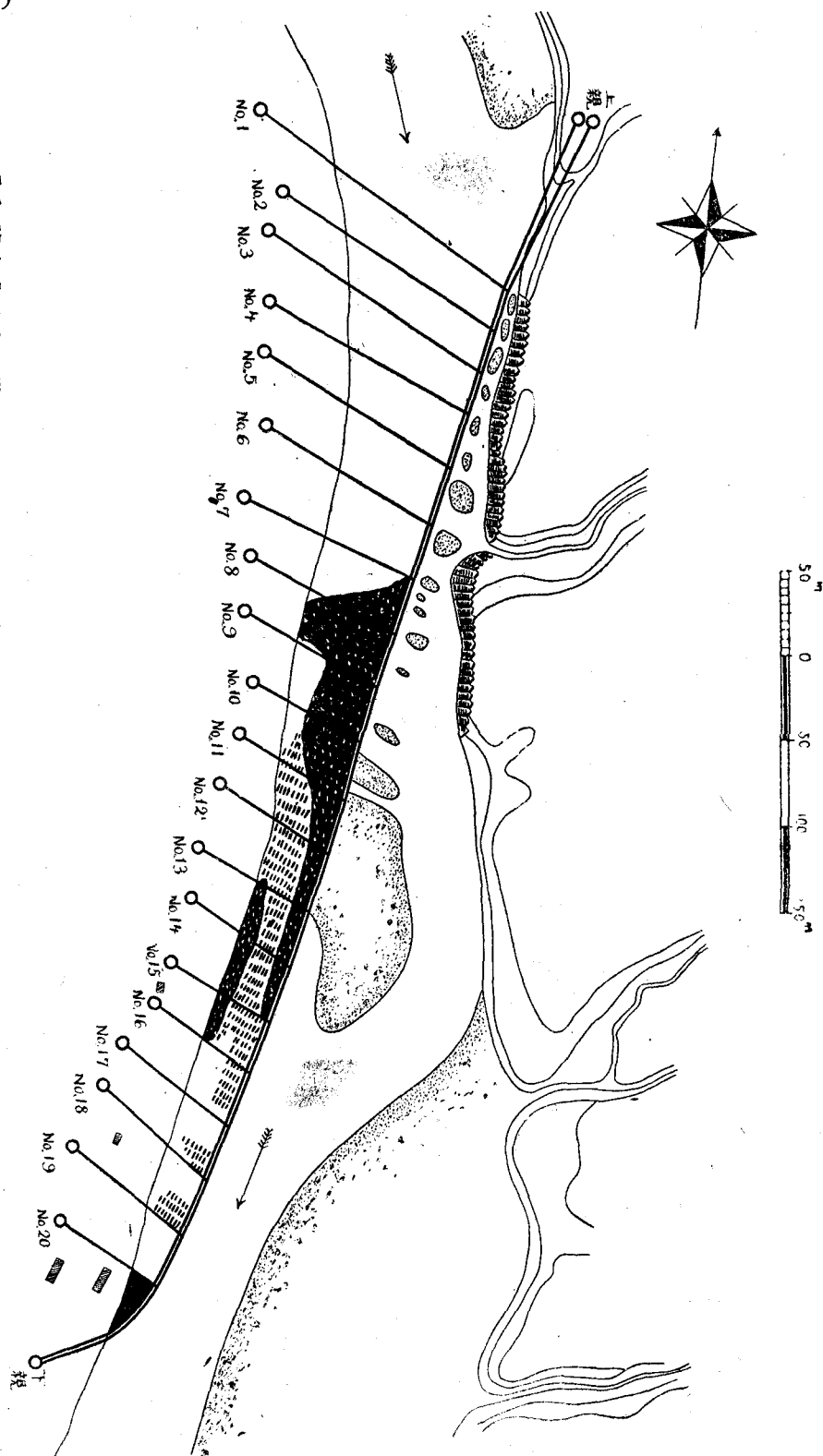
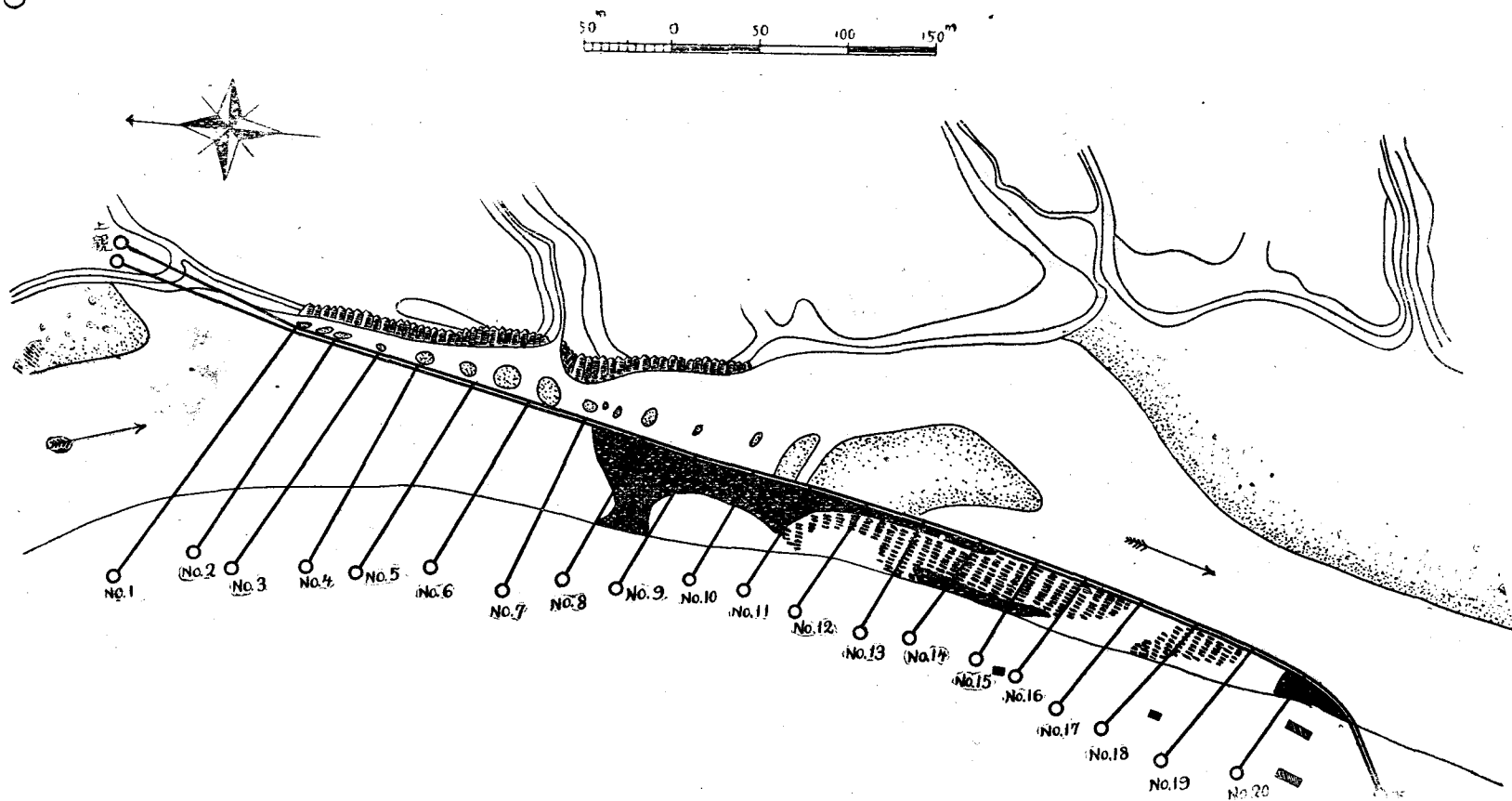


圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其十二



昭和17年5月10日着材
ニセウ材 約10,000石

圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其十三

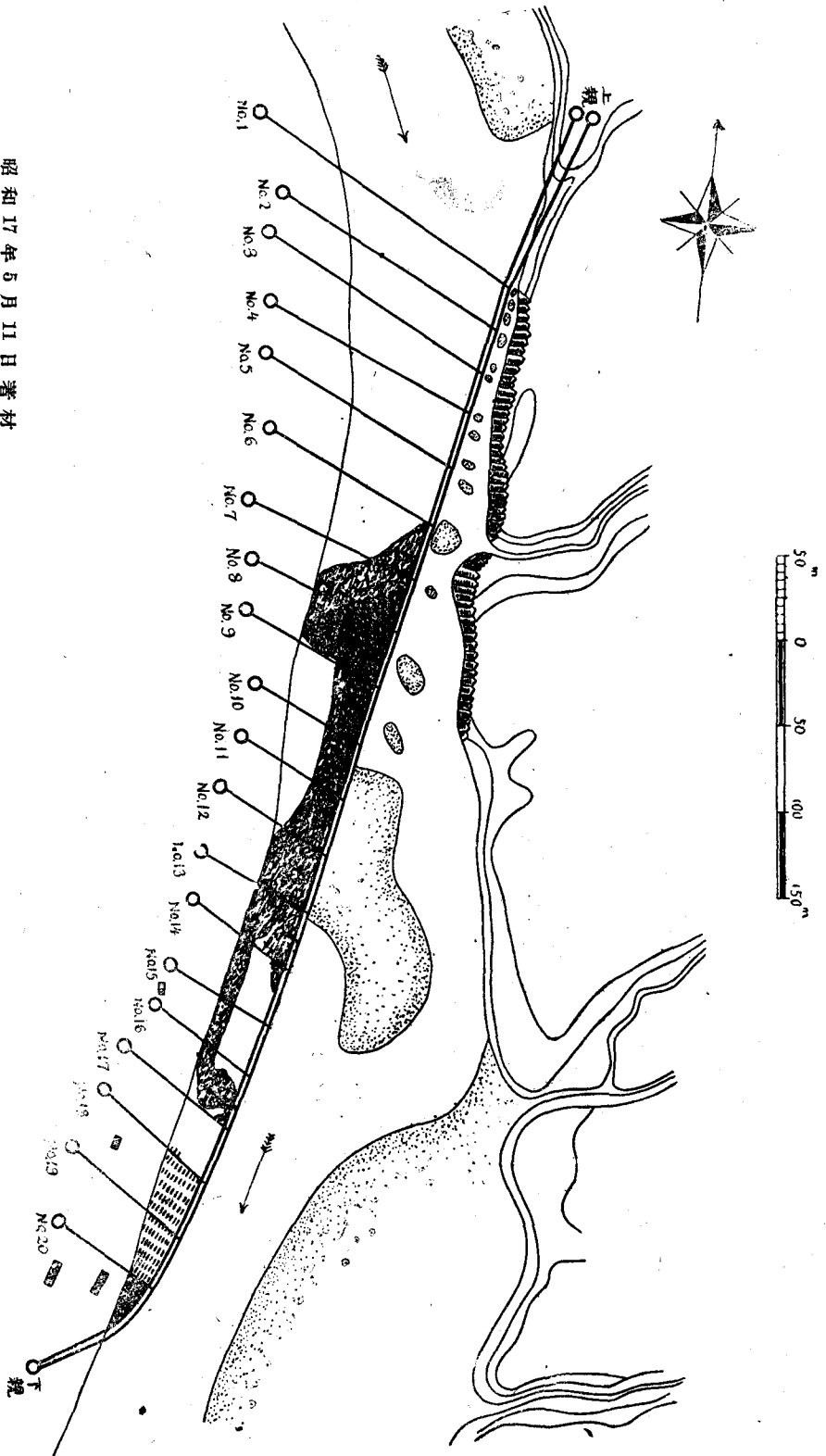
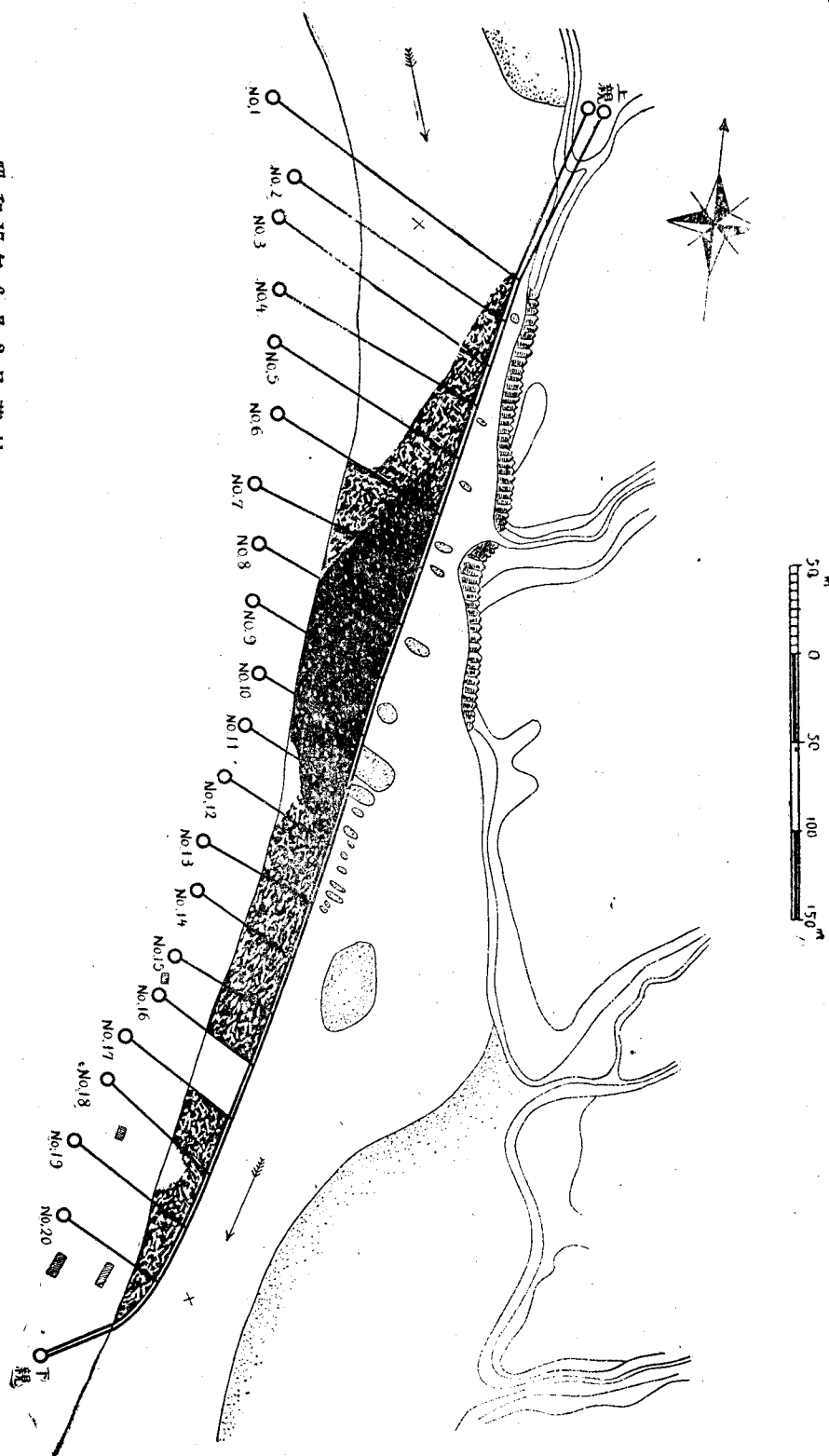
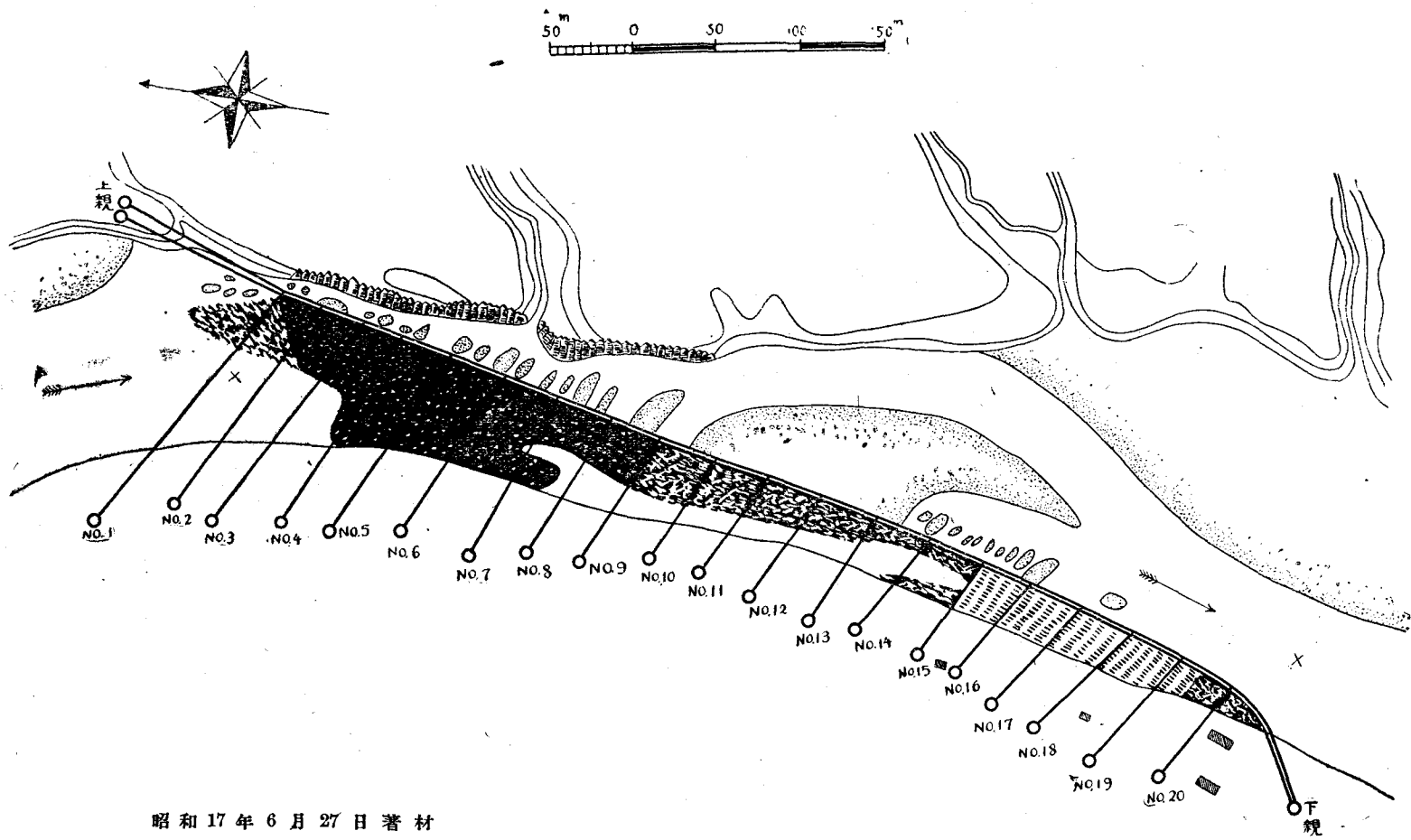


圖-94 平取抑留網羽着材圖 昭和17年度 其十四



昭和17年 6月2日 著材
チロロ, ウェンザル材 約28,000石

圖-94 平 取 抑 留 網 羽 着 材 圖 昭和17年度 其十五



昭和17年6月27日著材
チロロ、ウエンザル材 約20,000石

(f) 水 位 観 測

日高國門別村富川町沙流川公道橋右岸下の量水標による主要なる流送期間の観測水位を掲ぐれば表-82を得る。

表-82 昭和17年度流送時期沙流川水位

(基準: 東京灣中等潮位)

月 日	水 位		月 日	水 位		月 日	水 位	
	午前8時	午後4時		午前8時	午後4時		午前8時	午後4時
IV-5	4,70	4,90	V-3	4,94	4,96	V-31	4,82	4,80
6	5,04	5,02	4	4,98	4,98	VI-1	5,20	5,30
7	4,90	4,88	5	4,98	4,96	2	5,24	5,10
8	4,80	4,80	6	4,96	4,94	3	5,02	4,86
9	4,79	4,84	7	4,80	4,80	4	4,84	4,80
10	5,42	5,20	8	4,79	4,78	5	4,80	4,76
11	5,04	4,92	9	4,76	4,72	6	4,78	4,76
12	4,90	4,88	10	4,70	4,70	7	4,78	4,76
13	4,88	4,86	11	4,70	4,72	8	4,76	4,84
14	4,90	4,90	12	4,80	4,82	9	5,04	5,06
15	4,86	4,80	13	4,82	5,02	10	4,94	4,92
16	4,79	4,76	14	5,02	5,04	11	4,84	4,74
17	4,76	4,76	15	5,20	5,06	12	4,70	4,64
18	4,74	4,72	16	5,00	4,98	13	4,64	4,62
19	4,72	4,70	17	4,96	4,92	14	4,62	4,64
20	4,70	4,69	18	4,86	4,84	15	4,64	4,64
21	4,80	5,66	19	4,74	4,70	16	4,64	4,64
22	5,60	5,50	20	4,69	4,68	17	4,64	4,64
23	5,06	4,90	21	4,68	4,66	18	4,62	4,54
24	4,90	4,90	22	4,66	4,60	19	4,50	4,54
25	4,90	4,80	23	4,62	4,58	20	4,76	4,70
26	4,80	4,80	24	4,60	4,58	21	4,68	4,64
27	4,90	5,04	25	4,74	4,70	22	4,62	4,58
28	5,04	5,06	26	4,76	4,74	23	4,54	4,50
29	4,98	4,96	27	4,90	5,30	24	4,48	4,46
30	4,92	4,94	28	5,06	4,97	25	4,62	4,54
V-1	4,90	4,90	29	4,99	4,94			
2	4,92	4,94	30	4,88	4,80			

(158)

(B) 荷 重 計 算

(a) 本年度副索に作用したる最大應力

表-83 副 索 測 定 應 力

副索番號	直 徑	ϵ	$\sigma = \epsilon \cdot E_s$ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_{s,t} = \sigma \cdot F_s$ (kg)
1	2"	$\frac{1}{677,167}$	1551	8,866852	13752
2	1½"	$\frac{1}{888,6}$	1182	5,121494	6054
3	1½"	$\frac{1}{503}$	2087	5,121494	10689
4	1½"	$\frac{1}{882,75}$	1189	5,121494	6089
5	1½"	$\frac{1}{783,286}$	1341	5,121494	6868
6	1½"	$\frac{1}{386,667}$	2716	5,121494	13910
7	1½"	$\frac{1}{594,222}$	1767	5,121494	9050
8	2"	$\frac{1}{247,833}$	4237	8,866852	37569
9	1½"	$\frac{1}{463,857}$	2264	6,866490	15546
10	1½"	$\frac{1}{572,286}$	1835	5,121494	9398
11	1½"	$\frac{1}{1186,5}$	885	5,121494	4533
12	1½"	$\frac{1}{438,778}$	2393	5,121494	12256
13	1½"	$\frac{1}{557,333}$	1884	5,121494	9649
14	1½"	$\frac{1}{250,5}$	4192	5,121494	21469
15	1½"	$\frac{1}{442,375}$	2374	5,121494	12158
16	1½"	—	—	3,631854	—
17	1½"	$\frac{1}{1231,667}$	853	3,631854	3098
18	1½"	$\frac{1}{313,625}$	3348	3,631854	12159
19	1½"	$\frac{1}{225,067}$	4665	3,631854	16943
20	1½"	$\frac{1}{371,231}$	2828	3,631854	10271

(b) 本年度主索第1格間に作用したる最大應力

表-84 主 索 第 1 格 間 測 定 應 力

	ϵ	σ (kg/cm ²)	F_s (cm ²)	$X_1 = \sigma \cdot F_s$ (kg)	%
表 親 綱	1:127,563	8231	8,866 852	72 983	74
裏 親 綱	1:211,813	4957	5,121 494	25 387	26
				$\therefore X_1 = 98 370$	100

(c) 荷重量 w' 及び $\frac{\delta}{L}$ の算定

平取抑留網羽基本数値:

$$\beta_0 = 70^\circ$$

$$\alpha_{s0} = 26^\circ$$

$$n = 21$$

$$w' = \frac{H_0'}{m} = \frac{1915,2445}{m}$$

(i) 方向量 $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$ と假定する場合

$$\tan \beta = 0,13737385 \quad \cos \alpha_s = 0,0317943$$

$$m = 0,063165964 \quad c' = 2645,2713$$

表-85 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}\right)$.

副索番號	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{r_{s,t}}{c' - 2i + 1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	13 752	0,023 331	589 430	308
2	6 054	023 348	259 293	135
3	10 689	023 366	457 460	239
4	6 089	023 384	260 392	136
5	6 868	023 401	293 492	153
6	13 910	023 419	593 962	310
7	9 050	023 437	386 142	202
8	37 569	023 455	1 601 748	836
9	15 546	023 473	662 293	346
10	9 398	023 490	400 085	209
11	4 533	023 508	192 828	101
12	12 256	023 526	520 956	272
13	9 649	023 544	409 828	214
14	21 469	023 562	911 171	476
15	12 158	023 580	515 606	269
16	—	023 598	—	—
17	3 098	023 616	131 182	68
18	12 159	023 634	514 471	269
19	16 943	023 652	716 345	374
20	10 271	023 689	433 577	226
平均値				271

(160)

$$w' = 271 \text{ kg/m}$$

$$H_0' = \frac{w'l'^2}{8f} = 519\,031 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0,015873 \cdot H_0' = 8239 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 (\text{實測値})}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right)} = \frac{98370}{8239} = 11,940$$

(ii) 方向量 $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$ と假定する場合

$$\tan \beta = 0,27474774 \quad \cos \alpha_s = 0,1626857$$

$$m = 0,066675849 \quad c' = 520,18149$$

表-86 副索測定應力値より算出せらるゝ荷重量 w' の値 $\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \right)$.

副索番號	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{1 + \cos 2\beta}{\cos \alpha_s} \cdot \frac{\tau_{s,t}}{c' - 2i + 1}$	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	13 752	0,021 9321	627 026	327
2	6 054	022 0166	274 974	144
3	10 689	022 1017	483 628	253
4	6 089	022 1875	274 434	143
5	6 868	022 2740	308 342	161
6	13 910	022 3612	622 060	325
7	9 050	022 4490	403 137	210
8	37 569	022 5375	1 666 955	870
9	15 546	022 6267	687 064	359
10	9 398	022 7166	413 706	216
11	4 533	022 8073	198 752	104
12	12 256	022 8987	535 227	279
13	9 649	022 9908	419 690	219
14	21 469	023 0836	930 054	486
15	12 158	023 1773	524 565	274
16	—	023 2716	—	—
17	3 098	023 3668	132 581	69
18	12 159	023 4627	518 227	271
19	16 943	023 5590	719 174	375
20	10 271	023 7556	432 361	226
平 均 値				280

$$w' = 280 \text{ kg/m (表-86)}$$

$$H_0' = \frac{w' l^2}{8f'} = 536\,268 \text{ kg}$$

$$\therefore X_1 = 0,081\,035 \cdot H_0' = 43\,456 \text{ kg}$$

故に

$$\frac{X_1 (\text{實測値})}{X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right)} = \frac{98\,370}{43\,456} = 2,264$$

(iii) $\frac{\delta}{L}$ 及び w' の適正值

前記 (1), (2) より次の如くに $\frac{\delta}{L}$ 及 w' の適正值を求めらる。

$\frac{\delta}{L}$	0,1	0,2
X_1 の比	11,940	2,264

なれば X_1 の比=1 なる $\frac{\delta}{L}$ の値は

$$\frac{\delta}{L} = 0,21306 = \frac{1}{4,6935}$$

又 w' に関し

$\frac{\delta}{L}$	0,1	280
$w' \text{ (kg/m)}$	271	280

従て $\frac{\delta}{L} = 0,21306$ に對し

$$w' = 281 \text{ kg/m}$$

(C) 荷重量と因子

(a) 各伸長測定時毎の主索第1格間應力

表-87 伸長測定時主索第1格間應力

測定月日	索種類	d_s (mm)	σ (kg/cm ²)	兩親網の 作用應力 (kg)	X_1 (kg)
IV-21	表親網	10	5145	45620	63074
	裏親網	11	3408	17454	
IV-22	表親網	10	5145	45620	63074
	裏親網	11	3408	17454	
IV-26	表親網	10	5145	45620	67837
	裏親網	14	4338	22217	
IV-28	表親網	11	5659	50178	70807
	裏親網	13	4028	20629	
V-3	表親網	11	5659	50178	70807
	裏親網	13	4028	20629	
V-5	表親網	13	6688	59302	81519
	裏親網	14	4338	22217	
V-8	表親網	12	6173	54735	76952
	裏親網	14	4338	22217	
V-9	表親網	11	5659	50178	72395
	裏親網	14	4338	22217	
V-11	表親網	11	5659	50178	72395
	裏親網	14	4338	22217	
VI-2	表親網	14	7202	63859	87659
	裏親網	15	4647	23800	
VI-24	表親網	16	8231	72983	98370
	裏親網	16	4957	25387	

*) 表親網: 直径 2"

裏親網: 直径 1 1/2"

(b) 各伸長測定時毎の副索應力及び荷重量の算定

伸長測定時期毎の荷重量の大きさを算定すれば次の如くである (表-88 其一, 其二, 其三, 其

四, 其五, 其六, 其七, 其八, 其九, 其十, 其十一)。

表-88 其一. 4月21日の実験値

副 番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,i}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	3	775	6872	294544	154	313331	164
2	3	709	3631	155517	81	164921	86
3	7	1624	8317	355945	186	376306	196
4	4	1189	6089	260392	136	274434	143
5	5	958	4906	209649	109	220257	115
6	8	2414	12363	527905	276	552877	289
7	2	393	2013	85890	45	89670	47
8	6	1412	12520	533788	279	555519	290
9	2	647	4443	189281	99	196361	103
10	3	786	4025	171350	89	177183	93
11	2	442	2264	96308	50	99266	52
12	6	1595	8169	347233	181	356745	186
13	0	—	—	—	—	—	—
14	3	1257	6438	273237	143	278899	146
15	0	—	—	—	—	—	—
16	0	—	—	—	—	—	—
17	0	—	—	—	—	—	—
18	2	837	3040	128628	67	129567	68
19	8	2488	9036	382040	199	383548	200
20	11	2393	8691	366879	192	365851	191

143 148
平均値

$$X_1\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 4347 \text{ kg}$$

$$X_1\left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 22970 \text{ kg}$$

$$X_1(\text{實測値}) = 63074 \text{ kg (表-87)}$$

従て

4月21日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 149 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21484 \end{array} \right.$

表-88 其二 4月22日の實驗値

副 番 索 號	d_s (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	2	517	4584	196477	103	209009	109
2	2	473	2422	103735	54	110008	57
3	6	1392	7129	305101	159	322554	168
4	0	—	—	—	—	—	—
5	4	766	3923	167642	88	176125	92
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	1	196	1004	42838	22	44724	23
8	4	941	8344	355745	186	370227	193
9	0	—	—	—	—	—	—
10	1	262	1342	57131	30	59076	31
11	3	664	3401	144674	76	149119	78
12	7	1861	9531	405126	212	416225	217
13	1	314	1608	68298	36	69941	37
14	3	1257	6438	273237	143	278899	146
15	0	—	—	—	—	—	—
16	0	—	—	—	—	—	—
17	0	—	—	—	—	—	—
18	1	418	1518	64229	34	64698	34
19	8	2488	9036	382040	199	383548	200
20	13	2828	10271	433577	226	432361	226

118 122

平均値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 3587 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 18934 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 63074 \text{ kg (表-87)}$$

従て

4月22日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 123 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21635 \end{array} \right.$

表-88 其三 4月26日の實驗値

副番 索 號	ds (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	4	1034	9168	392954	205	418017	218
2	4	945	4840	207298	108	219834	115
3	9	2087	10689	457460	239	483628	253
4	1	297	1521	65044	34	68552	36
5	5	958	4906	209649	109	220257	115
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	1	196	1004	42838	22	44724	23
8	6	1412	12520	533788	279	555519	290
9	0	—	—	—	—	—	—
10	2	524	2684	114261	60	118151	62
11	4	885	4533	192828	101	198752	104
12	8	2127	10893	463020	242	475704	248
13	3	942	4824	204893	107	209823	110
14	3	1257	6438	273237	143	278899	146
15	0	—	—	—	—	—	—
16	0	—	—	—	—	—	—
17	0	—	—	—	—	—	—
18	2	837	3040	128628	67	129567	68
19	8	2488	9036	382040	199	383548	200
20	13	2828	10271	433577	226	432361	226

147 152
 平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 4469 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 23590$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 67837 \text{ kg (表-87)}$$

従て

4月26日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 153 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21525 \end{array} \right.$

表-88 其四. 4月28日の實驗値

副番 索號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	4	1034	9168	392954	205	418017	218
2	4	945	4840	207298	108	219834	115
3	5	1160	5941	254258	133	268803	140
4	0	—	—	—	—	—	—
5	4	766	3923	167642	88	176125	92
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	0	—	—	—	—	—	—
8	6	1412	12520	533788	279	555519	290
9	1	323	2218	94492	49	98026	51
10	2	524	2684	114261	60	118151	62
11	2	442	2264	96308	50	99266	52
12	9	2393	12256	520956	272	535227	279
13	3	942	4824	204893	107	209823	110
14	3	1257	6438	273237	143	278899	146
15	0	—	—	—	—	—	—
16	0	—	—	—	—	—	—
17	0	—	—	—	—	—	—
18	8	3348	12159	514471	269	518227	271
19	15	4665	16943	716345	374	719174	375
20	10	2176	7903	333615	174	332679	174

168

173

平均値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 5107 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 26850 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 70807 \text{ kg (表-87)}$$

從て

4月28日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 174 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21458 \end{array} \right.$

表-88 其五. 5月3日の實驗値

副番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,i}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	4	1034	9168	392954	205	418017	218
2	4	945	4840	207298	108	219834	115
3	6	1392	7129	305101	159	322554	168
4	0	—	—	—	—	—	—
5	2	383	1962	83843	44	88085	46
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	0	—	—	—	—	—	—
8	6	1412	12520	533788	279	555519	290
9	1	323	2218	94492	49	98026	51
10	2	524	2684	114261	60	118151	62
11	0	—	—	—	—	—	—
12	9	2393	12256	520956	272	535227	279
13	0	—	—	—	—	—	—
14	8	3353	17172	728801	381	743905	388
15	0	—	—	—	—	—	—
16	0	—	—	—	—	—	—
17	2	568	2063	87356	46	88288	46
18	8	3348	12159	514471	269	518227	271
19	13	4043	14684	620835	324	623287	325
20	12	2611	9483	400312	209	399190	208

187 192
平均値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 5685 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 29799 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 70807 \text{ kg (表-87)}$$

従て

5月3日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 193 \text{ kg} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21365 \end{array} \right.$

表-88 其六. 5月5日の實驗値

副 番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	3	775	6872	294544	154	313331	164
2	4	945	4840	207298	108	219834	115
3	5	1160	5941	254258	133	268803	140
4	0	—	—	—	—	—	—
5	2	383	1962	83343	44	88085	46
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	0	—	—	—	—	—	—
8	8	1883	16696	711831	372	740810	387
9	4	1294	8885	378520	198	392678	205
10	4	1048	5367	228480	119	236259	123
11	3	664	3401	144674	76	149119	78
12	9	2393	12256	520956	272	535227	279
13	0	—	—	—	—	—	—
14	8	3353	17172	728801	381	743905	388
15	0	—	—	—	—	—	—
16	0	—	—	—	—	—	—
17	3	853	3098	131182	68	132581	69
18	8	3348	12159	514471	269	518227	271
19	14	4354	15813	668569	349	671209	350
20	12	2611	9483	400312	209	399190	208

197 203
平、均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 5989 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 31506 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 81519 \text{ kg (表-87)}$$

従て

5月5日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 204 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21440 \end{array} \right.$

表-88 其七 5月8日の實驗値

副番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	4	1034	9168	392954	205	418017	218
2	4	945	4840	207298	108	219834	115
3	5	1160	5941	254258	133	268803	140
4	0	—	—	—	—	—	—
5	2	383	1962	83843	44	88085	46
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	0	—	—	—	—	—	—
8	8	1883	16696	711831	372	740810	387
9	3	970	6660	283730	148	294343	154
10	3	786	4025	171350	89	177183	93
11	3	664	3401	144674	76	149119	78
12	9	2393	12256	520956	272	535227	279
13	0	—	—	—	—	—	—
14	8	3353	17172	728801	381	743905	388
15	0	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—
17	3	853	3098	131182	68	132581	69
18	5	2092	7598	321486	168	323833	169
19	9	2799	10166	429816	224	431513	225
20	12	2611	9483	400312	209	399190	208

180 186
平均値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 5472 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 28867 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 76952 \text{ kg (表-87)}$$

從て

5月8日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 187 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21462 \end{array} \right.$

表-88 其八 5月9日の實驗値

副番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,i}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	4	1034	9168	392954	205	418017	218
2	4	945	4840	207298	108	219834	115
3	5	1160	5941	254258	133	268803	140
4	0	—	—	—	—	—	—
5	2	383	1962	83843	44	88085	46
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	0	—	—	—	—	—	—
8	8	1883	16696	711831	372	740810	387
9	3	970	6660	283730	148	294343	154
10	3	786	4025	171350	89	177183	93
11	3	664	3401	144674	76	149119	78
12	7	1861	9531	405126	212	416225	217
13	0	—	—	—	—	—	—
14	8	3353	17172	728801	381	743905	388
15	0	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—
17	3	853	3098	131182	68	132581	69
18	5	2092	7598	321486	168	323833	169
19	9	2799	10166	429816	224	431513	225
20	12	2611	9483	400312	209	399190	208

176 182

平均値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 5351 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 28246 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 72395 \text{ kg (表-87)}$$

従て

5月9日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 183 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21425 \end{array} \right.$

表-88 其九 5月11日の實驗値

副番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	4	1034	9168	392954	205	418017	218
2	4	945	4840	207298	108	219834	115
3	5	1160	5941	254258	133	268803	140
4	0	—	—	—	—	—	—
5	2	383	1962	83343	44	88085	46
6	6	1810	9270	395832	207	414557	216
7	0	—	—	—	—	—	—
8	8	1883	16696	711831	372	740810	387
9	3	970	6660	283730	148	294343	154
10	1	262	1342	57131	30	59076	31
11	0	—	—	—	—	—	—
12	7	1861	9531	405126	212	416225	217
13	0	—	—	—	—	—	—
14	9	3772	19318	819879	428	836871	437
15	0	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—
17	3	853	3098	131182	68	132581	69
18	5	2092	7598	321486	168	323833	169
19	9	2799	10166	429816	224	431513	225
20	12	2611	9483	400312	209	399100	208

183 188

平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 5563 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 29178 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 72395 \text{ kg (表-87)}$$

従て

5月11日實驗適正

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 189 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21406 \end{array} \right.$$

表-88 其十. 6月2日の實驗値

副 番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	6	1551	13752	589430	308	627026	327
2	5	1182	6054	259293	135	274974	144
3	6	1392	7129	305101	159	322554	168
4	0	—	—	—	—	—	—
5	7	1341	6868	293492	153	308342	161
6	9	2716	13910	593962	310	622060	325
7	9	1767	9050	386142	202	403137	210
8	18	4237	37569	1601748	836	1666955	870
9	7	2264	15546	662293	346	687064	359
10	7	1835	9398	400085	209	413706	216
11	1	221	1132	48154	25	49633	26
12	2	532	2725	115829	60	119002	62
13	4	1256	6433	273233	143	279808	146
14	10	4192	21469	911171	476	930054	486
15	4	1187	4311	182824	95	186001	97
16	—	—	—	—	—	—	—
17	3	853	3098	131182	68	132581	69
18	1	418	1518	64229	34	64698	34
19	11	3421	12425	525326	274	527400	275
20	8	1741	6323	266917	139	266169	139

221 229
 平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 6719 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 35541 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 87659 \text{ kg (表-87)}$$

従て

6月2日實驗適正 $\left\{ \begin{array}{l} \text{荷重量 } w' = 230 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21386 \end{array} \right.$

表-88 其十一. 6月24日の實驗値

副 番 索 號	Δs (mm)	σ (kg/cm ²)	$X_{s,t}$ (kg)	$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10}$		$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5}$	
				H_0' (kg)	w' (kg/m)	H_0' (kg)	w' (kg/m)
1	6	1551	13752	589430	308	627026	327
2	5	1182	6054	259293	135	274974	144
3	5	1160	5941	254258	133	268803	140
4	1	297	1521	65044	34	68552	36
5	6	1149	5885	251485	131	264209	138
6	鐵線卷 離 脱	—	—	—	—	—	—
7	9	1767	9050	386142	202	403137	210
8	12	2824	25040	1067576	557	1111037	580
9	4	1294	8885	378520	198	392678	205
10	3	786	4025	171350	89	177183	93
11	0	—	—	—	—	—	—
12	7	1861	9531	405126	212	416225	217
13	6	1884	9649	409828	214	419690	219
14	10	4192	21469	911171	476	930054	486
15	8	2374	12158	515606	269	524565	274
16	—	—	—	—	—	—	—
17	3	853	3098	131182	68	132581	69
18	3	1255	4558	192858	101	194266	101
19	8	2488	9036	382040	199	383548	200
20	7	1523	5531	233484	122	232829	122

203

209

平 均 値

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{10} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 6171 \text{ kg}$$

$$X_1 \left(\frac{\delta}{L} = \frac{1}{5} \text{ と假定せる場合の計算値} \right) = 32437 \text{ kg}$$

$$X_1 (\text{實測値}) = 98370 \text{ kg (表-87) .}$$

從て

(174)

$$6 \text{ 月 } 24 \text{ 日 實驗適正 } \begin{cases} \text{荷重量 } w' = 210 \text{ kg/m} \\ \text{方向量 } \frac{\delta}{L} = 0.21575 \end{cases}$$

以上を一括すれば 表-89 を得る。

表-89 伸長測定時の荷重量 w' 及び方向量 $\frac{\delta}{L}$
(昭和 17 年度)

測 定 月 日	w' (kg/m)	$\frac{\delta}{L}$
IV — 21	149	0.21484
22	123	0.21635
26	153	0.21525
28	174	0.21458
V — 3	193	0.21365
5	204	0.21440
8	187	0.21462
9	183	0.21425
11	189	0.21406
VI — 2	230	0.21386
24	210	0.21575
前節 (B). (c). の値	281	0.21306

(c) 荷重量と着材材積及び水位

荷重量 w' に重大な影響をもつ因子は流速と着材材積であるが、これは又水位と着材材積であると考えて良い。しかし此の水位と着材材積とは相互独立なりやといふ問題がその前に疑問になる。水量極めて豊富にして流送期間中些したる中刈作業を要せずして管流材の流着を見ることの出来るやうな河川に於ては着材材積は略々水位の昇降と伴つて上下し従つてかゝる場合は着材材積は水位の函数なりと考ふことを得るだらう。併し此の沙流川始め普通の流送河川の流送實況に徴するに、水位の高き必ずしも着材材積の多きを期せしめず、水位の低き亦必ずしも着材材積の少きを意味せず、従て一般的に水位、着材材積の 2 因子は相互独立なりと考えて先づ差支ないのである。然らば此の兩者の中荷重量 w' に強い影響を與ふる因子は孰れかといふことになる。

圖-95 は本年度荷重量曲線、着材材積曲線及び水位曲線を同一圖表にまとめて比較せるものであつて、此の 3 曲線によつて本年度實驗に於ける荷重量 w' と其の因子との關係について

次のことがわかる。

(i) 荷重量 w に重大なる影響をもつ因子は着材材積である。而して此の事柄は流送事業期間の殆ど大部分に涉て成り立つ。

(ii) 然し流送作業の始期に於て抑留網羽の着材材積極少なる間は、荷重量に影響を及ぼす因子は水位即ち流速である。併しかゝる着材數量を伴はざるとき荷重量は大ではない。

(iii) 荷重量曲線の極限值（極大、極小）は着材材積曲線の極限值と其の發生の時期を共にする可能性極めて多きも、管流材の中刈作業の影響を蒙る時期に對しては必ずしも然りと言ふことを得ない。

(iv) 荷重量曲線の極限值が水位曲線の極限值と其の時期を共にする可能性は、河川水位の上昇に從て抑留網羽の着材材積の増大が期待せらるゝ時にのみ多い〔前項 (iii) の理由による〕。

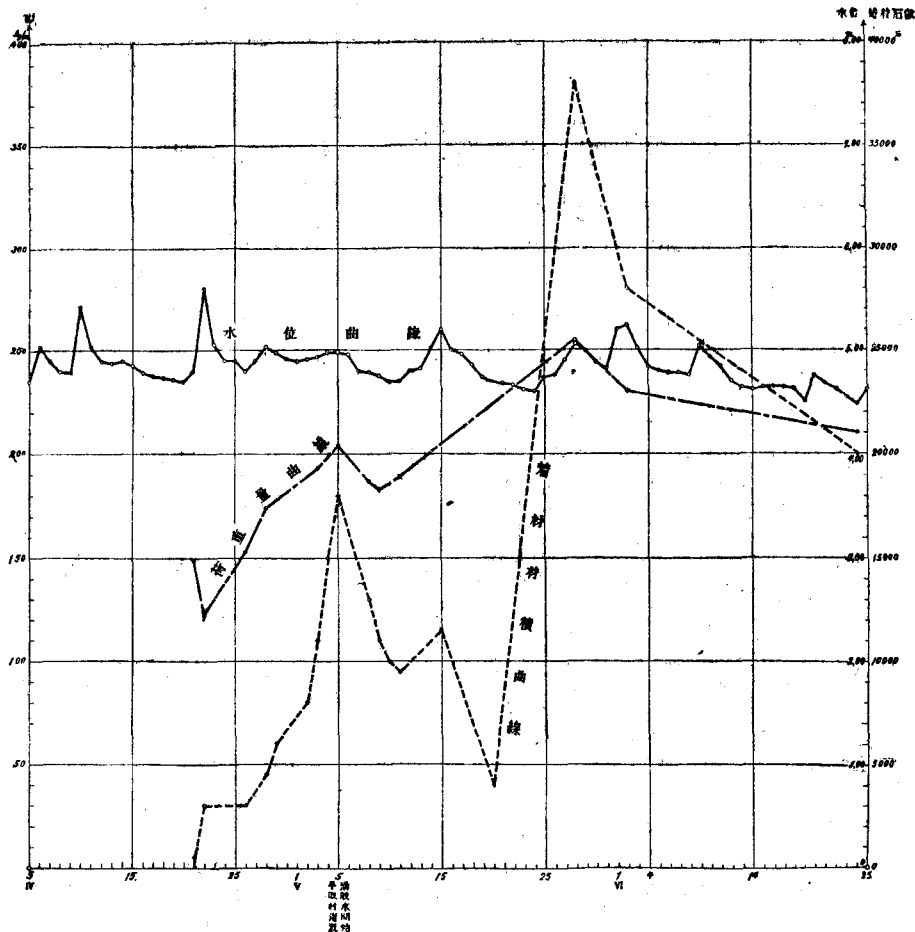


圖-95 昭和17年度水位曲線、着材材積曲線及び荷重量曲線の關係

III 結 論

本篇各節に取扱へる如く昭和16年度及び昭和17年度實驗結果を主體とし更に之に昭和13年度より昭和15年度に至る實驗結果を併せ考ふるときは、抑留網羽設計に當つて考慮すべき荷重量に關して次の諸事項が結論される。

(1) 荷重量の大きさ

敘上の荷重量及び方向量の適正値を一括すれば表-90を得る。

此の表記載の w' の値は、表-73、表-89の同値に徴して明かなる如く、これは副索の悉くが同時に最大伸長を受けたりとの假定に基きて實驗値より計算したるものなれば、各實驗年度に於ける實驗値より求め得る平均荷重量の最大限度を示すものである。従て各實驗年度に於てはこの限度以下の平均荷重量が實際作用したのである(表-73、表-89参照)。今安全の爲め表-90の

表-90 w' 及び $\frac{\delta}{L}$ の實驗適正値

年 度	w' (kg/m)	$\frac{\delta}{L}$
13	252	0.20000
14	351	20096
15	196	19563
16	323	20852
17	281	21306

荷重量最大限度を基礎とすれば、抑留網羽設計に當つて強度計算に採用すべき破壊荷重量の大きさは、

$$w' = 270 \sim 350 \text{ kg/m}$$

に假定して大過なからむと思考せらる。而して此の荷重量數値を適用すべき流送河川の性質に關する條件としては

- (i) 網羽架設地點に至るまでの流域面積と河川本流延長との比が大約 15 平方畝/軒 程度たること。
- (ii) 網羽架設地點に於ける流心の水深が融雪期最高水位時に於て 10~11 尺程度たること。
- (iii) 網羽架設地點に於ける融雪期最大流速が毎秒 2.5~3 米内外たること。
- (iv) 融雪期最高水位の出水持續期間が増水始期より減水終期をも含めて 3~4 日間程度たること。

又前記數値を適用すべき流送事業の性質に關する條件としては

- (i) 管流材の一時に抑留網羽に貯溜さるべき最大材積は 4~4.5 萬石を限度とすること。
- (ii) 抑留網羽の前項の貯溜最大能力を超過せざるやう嚴密なる流送作業上の調節をなす

べきこと。

(2) 大河川の荷重量

流域面積と河川本流延長との比が45平方軒/軒内外の大陸性大河にして高水位の持続期間も長く又管流材積も龐大にして其の時期に於ける抑留網羽の一時的に包擁すべき最大着材材積7～8萬石を豫想せらるゝ如き場合は、

$$w'=2300 \text{ kg/m}$$

程度の荷重量を考慮すべきである。而して流水衝擊の激しき主索部分を補強する副索は

$$w'=3800 \text{ kg/m}$$

程度の荷重量に對して其の斷面設計をなし置くを萬全とする。¹⁾

(3) 着材石數による荷重量の變化

荷重量と着材石數との間には、上記 w' =定値 以外の何等かの法則的傾向が 圖-96 に於て窺はれるが猶ほ法則化するほど顯著ではない。同圖上の $w'=323\text{kg/m}$, $w'=281\text{kg/m}$ は副索系統の全部材に同時に最大伸長を生じたりと假定して計算せる昭和16年度、17年度實驗の平均荷重量の最大限を示すものである(表-73, 表-89)。

(4) 荷重方向量 $\frac{\delta}{L}$

荷重の方向を決定する量 $\frac{\delta}{L}$ の大きさは

$$\frac{\delta}{L} = \frac{1}{4.7} \sim \frac{1}{4.9} = (\text{平均}) \frac{1}{4.8}$$

と假定して實用上些したる支障なからむと思考せらる。

(5) 特に流水衝擊の激しき部分の副索の斷面決定に當つて考慮すべき荷重量

抑留網羽の數多き副索中、河川の狀況に因つて特に流水の衝擊が大であり從て又管流材が著しく多量に抑留せらるゝ處の主索部分を補強してゐる副索は伸長率も亦極めて著大にして、かゝる條件にある副索に對しては前項(1)の荷重量の若干倍の數値を荷重量として其の鋼索斷面を設計するを可とする。而して此の場合の倍數は

(i) $w'=250 \text{ kg/m}$ 以上に假定する場合……………3 倍

(ii) $w'=250 \text{ kg/m}$ 以下に假定する場合

(中小河川にして流送材積も小なる場合)……………2～2.5倍

(6) 表親網及び裏親網の荷重の分擔率

抑留網羽の主索系統を構成する表裏の兩親網に對する荷重の分擔率は

1) 北海道帝國大學演習林研究報告, 第12卷 第2號, 44～45頁。

(178)

表親綱に対して 70%

裏親綱に対して 30%

である。即ち設計理論によつて計算される主索應力を表、裏兩親綱に此の割合を以て配分せしめたる應力に對して主索鋼索斷面を決定するのである。

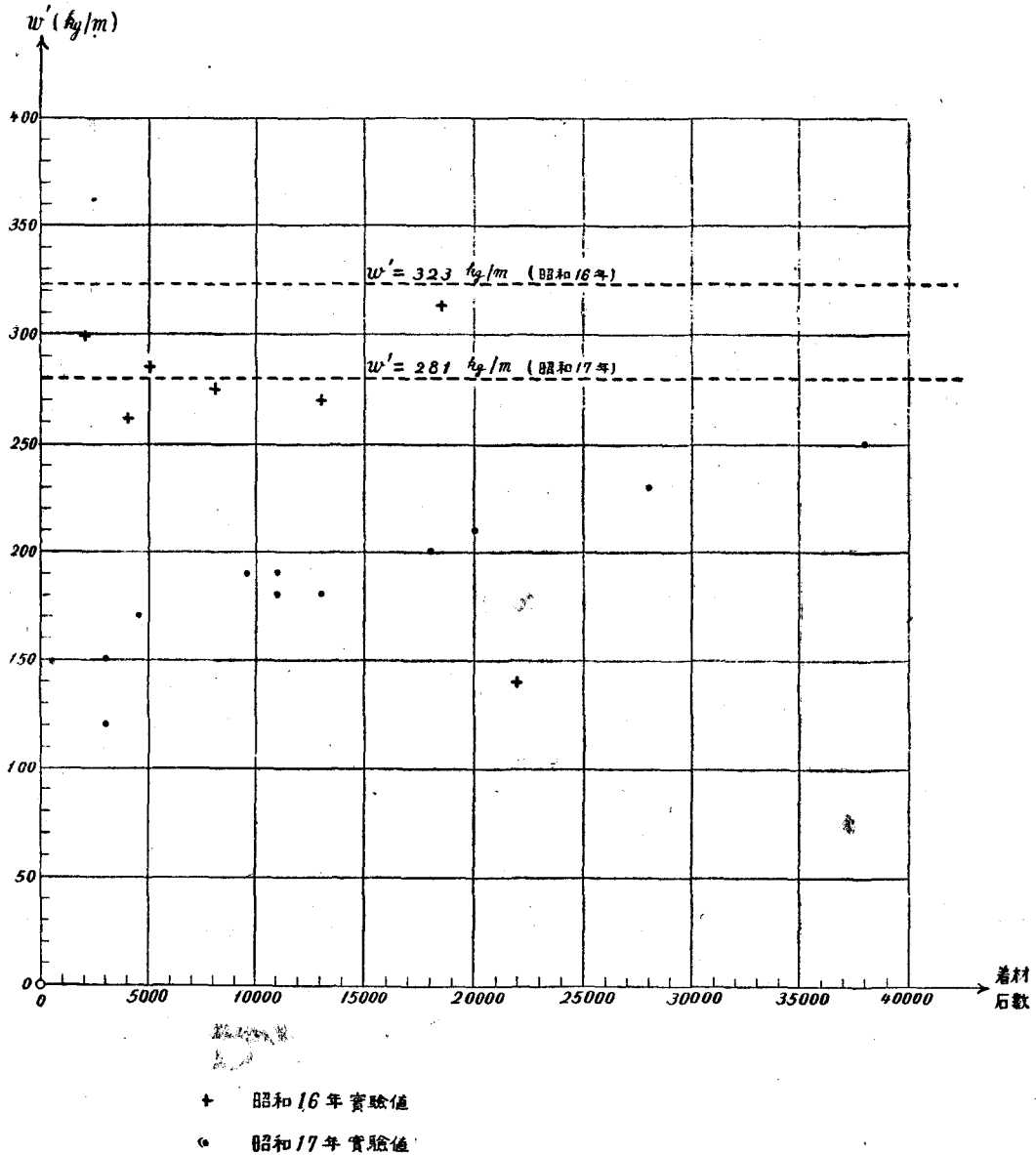


圖-96 潛材材積と荷重量

(7) 温度の影響

主索はその大部分が水中に沈漬してゐるから温度の影響は考ふるものとすればその第1格

間が最終格間のみである。

副索は陸上或は水上に露出する部分が大部分であるから、浮游し居らざる主索部分の副索はその影響を蒙る。1日の最高最低の温度差が $7\sim 10^{\circ}\text{C}$ 位の時期なれば最大作用應力から其の90%位の應力にまで24時間を1週期として週期的變化をなす。而して此の場合の最大作用應力は最低温度の時刻に生ずる。

第七部 總 結

本論文第一部に於て著者は抑留網羽の一般型式の設計理論に就て攻究し、一見妥當と見ゆる不靜定構造理論は、支配的な主索系統應力として壓縮應力を與え、從て設計に際しては主索系統に構造用鋼材を使用すべき構造的困難を齎すにより設計理論としては不適當なることを知つた。次で抑留網羽實地の狀況に徴して、網羽尻の主索終端格間部材を構造部材としての力學的機能を見捨てることにより、先に一次不靜定構造物たりし抑留網羽は茲に靜定構造物として取扱ひ得るに至り、靜定構造理論による設計理論を攻究し更に之による算例を試みて、此の新しき靜定構造理論によるときは主、副兩系統に與ふる應力は悉く引張應力となりて兩系統部材に鋼索の使用を可能ならしめ、抑留網羽設計に當つては構造上及び經濟上のこの理論の適切且つ有利なるべきことを結論した。而して此の場合の設計計算は應力量に關しては公式(53), (46)及び(51), (16)方向量に關しては公式(36), (37)による。

本論文第二部に於ては著者は抑留網羽の型式に關して第一部にて取扱ひたるものと全く異なる型式の存在することを指摘し、その力學的性質の相異は一に副索系統の方向と荷重方向との相互關係に歸因するものなるを知つた。而して之を抑留網羽第2型式とし之に對して第一部にて取扱ひたる型式のものを抑留網羽第1型式と稱し、力學的性質が恰もその中間に位するものを抑留網羽第3型式と稱した。此の3型式の判別は第1, 第2兩型式に關しては條件式(54), 第3型式に關しては條件式(63)による。次で第2型式の設計理論を攻究して設計公式(61), (62)を誘導し、更にその特殊場合として第3型式公式(65), (66)を得た。而して著者は之によつて一つの算例を行つた。

本論文第三部に於ては主索系統鋼索の斷面決定方法に就て攻究した。即ち先づ公式(67)によつて側方撓度をも考慮したる場合の主索格間に生ずる最大張應力を算出すべきことを論じ、主索の撓度比を抑留網羽の實際に徴して略々定値と看做して撓度應力 X' の計算を簡單化した。次で此の張應力と同時に主索の曲げ應力も優勢なる主索の最弱點たる主索格點の附近に於ける

複合應力度を考慮し、主索系統鋼索斷面を設計すべきものなることを適當とし、著者の近業の結果をも活用し、現今抑留網羽技術の實用に供せられて著者もそれを最適と認むる處の JES 第 4 號索條斷面型式に關して特殊化せる主索斷面決定公式 (78) を誘導した。此の場合の安全率は公式 (78a) の如く假定して宜しからむと思考さる。著者は上記方法による算例を夫々抑留網羽第 1 及び第 2 の兩型式に對して行つた。著者は又第三部最後に於て抑留網羽の第 1, 第 2 及び第 3 の 3 種型式の間の網羽構造の彈性變位に伴ふ型式の移行性に關して吟味を加え、特にその第 1 型式が型式上極めて不安定にして先づ第 3 型式に、最惡の場合更に第 2 型式に移行して其の力學的性質を豹變するの危險性を包藏するものなることを指摘した。而して此の事情及び流水衝擊の不等其他の事情を考慮して主索斷面設計方規を設けたのである。又第二部公式 (54) の第 1 型式判別條件式は、型式の移行性を未然に防止する安全目的のために條件式 (79) を以て置換えることの賢策なるべきことを吟味を通じて明らかにした。

本論文第四部には於ては副索系統鋼索の斷面決定方法に就て攻究した。即ち副索の最大張應力を式 (80) によつて求むることとし、更に此の最大純張力と同時に曲げ應力の優勢に作用する副索と主索系統との撓附連結部分（即ち主索格點）に於ける止杭側彎曲部の局部に最弱點を生ずるものと看做して、此の點に於ける複合應力度の考慮の下に副索系統鋼索斷面の決定公式 (84) を誘導した。この場合は失張り主索系統同様 JES 第 4 號索條斷面型式を對象として特殊化したのである。著者は更に此の方法による算例を抑留網羽第 1, 第 2 の兩型式に就て行つた。

本論文第五部に於ては主、副兩索系統鋼索の碇著部設計方法に關する攻究をなした。即ち先づ第 1 節に於て木杭群による碇著方法に就て取扱ひ、木杭群の碇著地盤の許容支持力に對して作用最大支壓力が安全なる如くに適當なる木杭の根入深を決める爲めの公式 (94), (95), (88), (89), (91) を誘導した。又かくして根入深の定まれる木杭の採用斷面が材料力學上曲げ應力及び剪斷應力に關して安全なりや否やを吟味するために曲げ應力度に對して公式 (97), (98), (100), 剪斷應力度に對しては公式 (100) を誘導した。表-44, 表-45 及び圖-60 は此の計算をなす場合の補助圖表である。著者は更に第 2 節に於て混凝土碇著杭の設計方法に關して研究を進め、碇著地盤の作用最大支壓力を算出するために方形斷面に對しては式 (102), 圓形斷面に對しては式 (103) を誘導し、地盤の許容支壓力は式 (105) によつて求め、この兩者を設計條件 (104) と照合し、設計を進むる道筋を明瞭にした。かくして根入深及び底面寸法の決定せる混凝土杭に對し鐵筋混凝土理論に従ひて配筋設計をなす場合の設計基準たる最大曲げ「モーメント」及び最大剪斷力を與ふべき公式 (107), (108), (109) を誘導した。更に第 3 節に於ては上記方法による計算例を木杭群及び混凝土單一杭に就て試みたのである。

本論文第六部に於ては設計上の重要因子たる荷重量の大きさ w 及び方向量 $\frac{\delta}{L}$, 又表, 裏
兩親網の荷重分擔率等を判定すべき實驗的研究を行つたのであるが, その成果は一括して第六
部 ■ に結論されてゐるから茲で再言することを省略する。

本研究をなすに當り實驗觀測及びそれに從屬する各種の仕事に關しては長い間に涉つて林
學士濱武則夫君の勞を煩すこと多大であつた。又昭和13年度に於ける最初の實驗では林學士工
學士平井秀夫君（當時學生）の勞を煩はした。本論文の筆を擱くに當りこれらの方々に深甚の
謝意を呈する次第である。

（昭和17年11月24日）