

【論文・報告】

新大浦橋架設工事報告

Construction Report of SHIN-OHURA Bridge

島 辺 政 秀 *
Masahide SHIMABE
間 島 謙 一 **
Kenichi MAJIMA

【要旨】 日本列島の北部、吾妻山に端を発し、左岸に越後山脈、右岸に奥羽山脈を見ながら山形県中央部の丘陵地帯を縦断し、蛇行を繰り返しながら日本海に注ぐ220kmの旅をする最上川がある。河口では800mにもなる、日本河川の10指に入る河川である。

三方が山間部に囲まれたこの地域は、古くは豊かな穀物を中央都市へ積み出し、塩茶などが運びこまれた船道で、非常に重大な河川であった。近代交通、特にモーターゼーション化した今日、陸路の交通整備が急務となり意欲的に進められてきた。今回施工にあたった新大浦橋は、最上川の中域の田園地帯に、交通に対応できなくなった巾員2mの吊橋に替って架けられた橋梁である。

橋梁の規模は橋長210m、車道巾員7.25m歩道2mで、支間109.8mのトラスドランガー(1連)、49.85mの単純合成鉄桁(2連)で構成されている。

合成鉄桁部は高水敷で重機の進入も可能であることからトラッククレーンとベンド工法を採用し架設した。

トラスドランガー部は全面流水部であり、雨による増水で急流となることから、河川敷を使用しないケーブルエクシジョン工法を選定した。本報告はトラスドランガーの架設工事を主としてまとめ報告するものである。

1. まえがき

東北地方の日本海に面する山形県。県名の示すとおり地形は山間部が多く他県と接する部分のほとんどが山岳地帯で、東に奥羽山脈、西に越後山脈、南に吾妻、飯豊、北に鳥海山がそびえ、気候は日本海に面した海洋性気候の庄内地方と、盆地地形内陸部に大別される。最上川は福島県境の吾妻山に端を発し、奥羽、朝日等の山々の水を集め、県の中央部を縦断し出羽丘陵を横ぎり、庄内平野に出て日本海に注ぐ延長220km、河口では河巾800mにもなる大河川である。この最上川は、古くは豊かな穀物を京・大阪へ積立し、塩茶などが運びこまれた船道で非常に重要な河川であった。のんびりと舟を漕ぐ姿も十数年前の過去となった今日、陸路の交通確保は流域一帯の人々の切実な願いとなり、現実に国道7号、13号、48号を大動脈に意欲的に進められている。このほど施工された新大浦橋は、最上川の中域、尾花沢市から約7kmの大石田町大浦地内に、近代交通に対応できなくなった巾員2mの吊橋に替って架けられた、トラスドランガー桁1連、単純合成鉄桁2連からなる、橋長210m、車道巾員7.25m、歩道2.0mの永久橋である。架橋地点の地形は鉄桁部は高水敷で重機の進入も可能ことからトラッククレーン、ベンド工法としたが、トラスドランガー桁部は低水敷に位置し、最上川の雄大な水量と併せて梅雨期の増水を考え、河川を使用しないケーブル

エクシジョン工法を選定した。本報告は、トラスドランガー桁の架設を主題におき報告するものであり、今後の参考になれば幸いである。

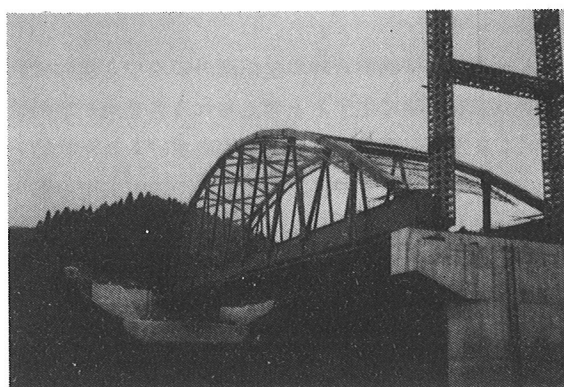


写真-1 完成写真

2. 工事概要(図-1, 2 表-1, 2参照)

路線名 町道 次年次北路線
工事名 大浦橋架換工事(第2工区)
工事場所 山形県北村山郡大石田町大浦地内
発注者 山形県 村山建設事務所

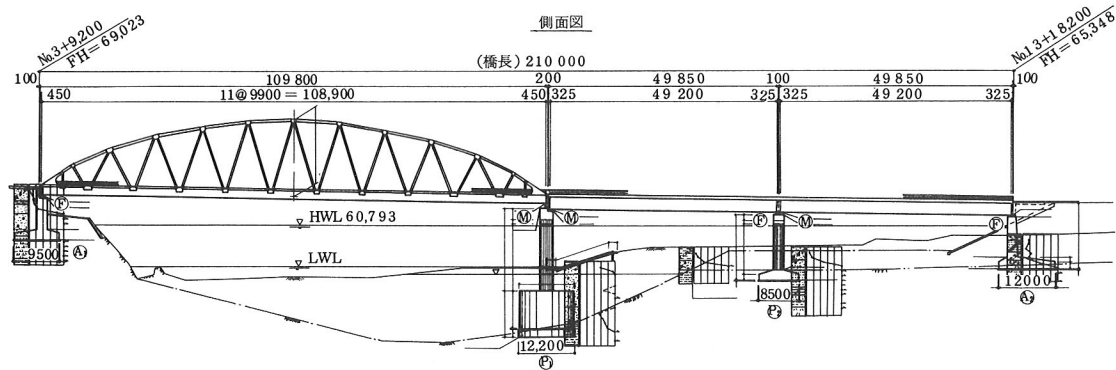


図-2 橋梁一般図

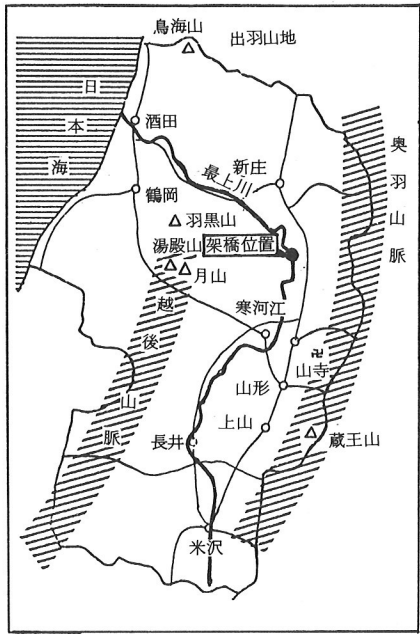


図-1 位置図

表-1 橋梁諸元

型式	トラスランガー桁	単純合成鉄桁
連数	1	2
橋格	1等橋(TL-20)	
橋長	210.0 m	
支間	108.9 m	2×49.2 m
有効巾員	(車道) 7.25 m + (歩道) 2.0 m	
主構間隔	11.4 m	3×2.8 m
桁高	(主構高) 16.5 m	2.55 m
斜角	90°	
勾配	横断勾配 2.0 % 直線 縦断勾配 1.75 % 左岸高 直線片勾配	

表-2 鋼重総括表

種別	細別	重量
トラス部 Span = 108.9 m × 1 連	補剛材	123,528
	上弦材	130,366
	吊材	32,380
	縦材	64,472
	横桁支材	40,832
	橋門構	5,192
	上横構・支材	17,296
	下横構	15,200
	沓	5,828
	小計	435,094
	落橋防止	3,416
	伸縮継手	5,676
	高欄	10,121
	排水装置	1,463
	小計	20,676
	計	455,770
合成鉄桁 Span = 49.2 m × 2 連	主桁	180,614
	対傾構	10,296
	分配横桁	7,548
	横構	8,382
	沓	4,584
	小計	211,424
	落橋防止	1,740
	伸縮継手	4,972
	高欄	8,958
	排水装置	1,606
	小計	17,276
	計	228,700
総合計		684,470

3. 架設工法の検討

3-1 架設工法の選定

前述の通り、単純合成鋼桁部については大部分が高水敷に位置し重機の進入が可能であることから、トラッククレーン、ベンド併用法とした。

トラスランガー桁部はスパン全体に流水があり、併せて梅雨期の増水等を考え、河川敷を使用しないケーブルエレクトシオン工法とした。地形の関係、作業能率等の検討を加えながら、左岸A₁橋台側に荷取りヤードを作り

部材搬入は左岸側とし、門構位置及びアンカー位置を検討した。

3-2 架設設備の基本形状

現場の状況から、ケーブルクレーンの門構とエレクトシオン用は共用する。従ってアンカーブロックも共用することとし、各部に作用する応力は併用荷重として検討、計算を行った。

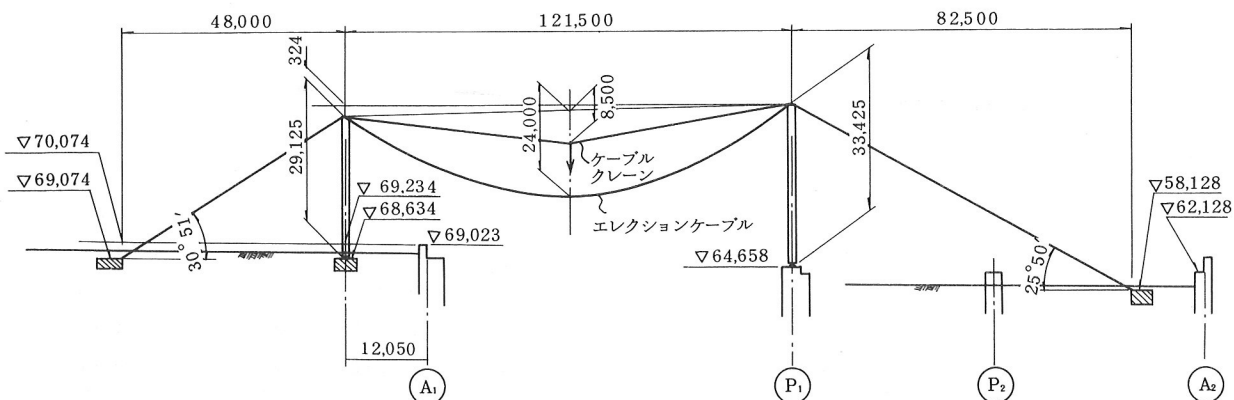


図-3 架設設備の基本形状

3-3 現場継手と格点位置

本橋は前年度に製作が完了しており、補剛桁の現場継手位置は図-4の通り中央部より両端にむかって格点の外側に製作されている。従って、通常行われている両支点から中央部にむかっての架設は困難である。当面中央から両端にむかって架設順となるが、風の影響が大きく、通常行い吊線から受梁を通して桁を受ける方法では固定が非常に不安定ともなることから、横桁に吊索を直接固定し、横桁に補剛桁を添接する方法を選定した。

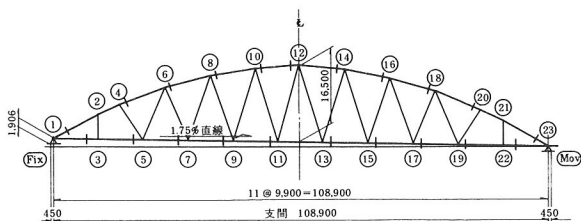


図-4 ジョイント配置図

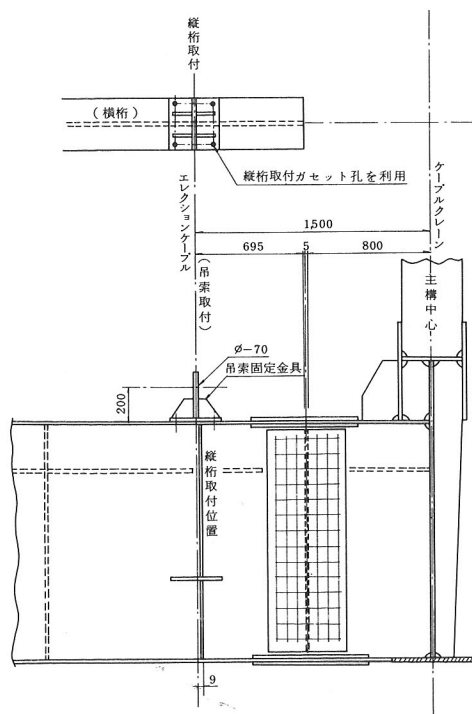


図-5 吊索取付固定金具

この結果、ケーブルクレーンは補剛桁上に設置することから、エレクションケーブルは内側に位置することになり、すべての部材は単材架設を余儀なくされた。また中間部材の架設用に、別に1系統のケーブルクレーンを設置し、縦桁、上下横構支材の運搬、架設に活用するこ

ととした。

ケーブルエレクション工法は、過去に数多く採用されている工法であるが、本橋のような横桁吊工法は比較的少なく、本現場の特徴でもあろう。

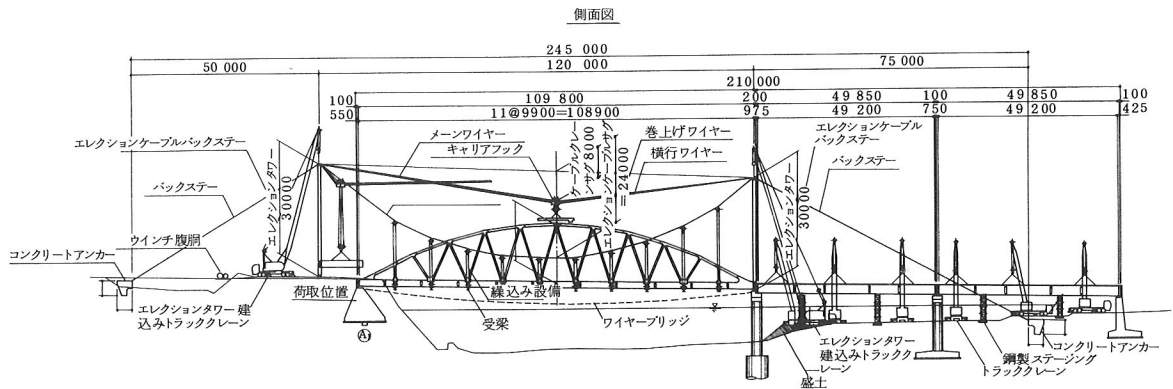


図-6 架設計画図

4. 架設フローチャート

トラスドランガーの架設手順は(図-7)に準じて施工した。

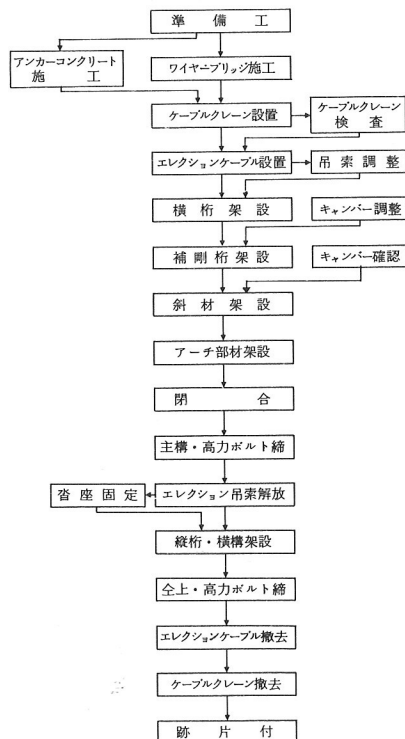


図-7 トラスドランガー架設フローチャート

5. ケーブルクレーンの設計

5-1 形状及び荷重

ケーブルクレーンの形状は(図-3)の通りとし、主ケーブル2系統、補助ケーブル1系統とした。ケーブルスパン及びアンカーは共用である。

5-2 ケーブルクレーンの規模

ケーブルクレーンの規模は表-3に示すとおりである。

表-3 ケーブルクレーンの規模

	主ケーブルクレーン	補助ケーブルクレーン
ケーブルスパン	120.15 m	
スパン中央サダフ	8.5 m	
最大吊荷重	10.5 t	4.2 t
水平力 H	39.69 t	17.18 t
張力 T	40.07 t	17.35 t
使用ワイヤー	1-50φ(7×19)	1-38φ(7×19)
ワイヤー切断荷重	15.6 t	9.04 t
衝撃係数	0.2	0.2
安全率 > 2.7	3.24	4.34
(捲上ワイヤー)		
繰込み数	4×3	2×1
ワイヤー張力	1.67 t	1.85 t
使用ワイヤー	1-16φ(6×24)	1-16φ(6×19)
ワイヤー切断荷重	12.8 t	14.1 t
安全率 > 6	6.39	6.35
(横行ワイヤー)		
繰込み数	2	1
ワイヤー張力	2.93 t	1.31 t
使用ワイヤー	1-14φ(6×24)	1-14φ(6×24)
ワイヤー切断強度	9.83 t	9.83 t
安全率 > 4	4.73	7.5
(使用ウインチ)	30 HP	30 HP
系統	2	1

6. エレクションケーブルの設計

6-1 形状及び荷重

エレクションケーブルの形状は、図-8の通りとした。現地の状況から判断して単独の設備をする場所が確保出来ないで、門構及びアンカーともケーブルクレーン用と同一にとることとした。ケーブルの負担する荷重は、縦桁重量を除く主構重量とした。従って縦桁は主構閉合後架設することとした。格点荷重は表-4の通りである。

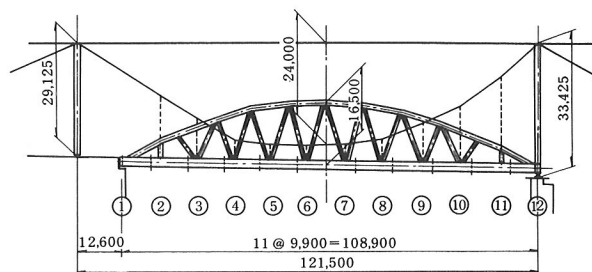


図-8 エレクションケーブルの形状

表-4 各格点ケーブル片側当り荷重表

名称		格点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	合計
アーチ部材			2.97	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93	5.93	2.97	65.24
補剛桁			2.81	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	5.61	2.81	61.72
横桁			1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	17.52
斜材			0	0.28	1.41	1.88	2.19	2.35	2.35	2.19	1.88	1.41	0.28	0	16.22
下横構			0.35	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.35	7.60
上横構			0.39	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.39	8.58
橋門構			0	0.67	0.67	0	0	0	0	0	0	0.67	0.67	0	2.68
主索, 吊線, 吊金具			0.15	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.15	3.30
合計			8.13	15.72	16.85	16.65	16.96	17.12	17.12	16.96	16.65	16.85	15.72	8.13	182.86

6-2 エレクションケーブルの規模

格点⑥、ケーブル最下点のサグ(f)を24.0mとし、各格点のサグ及び張力は表-5、6の通りである。

計算で得られた上記の結果、使用ワイヤーは1系統当たり50φ(7×19)、切断荷重156tを4本結束して使用することとした。

$$\text{破断強度 } T_a = 156 \times 4 = 624 \text{ t}$$

$$\text{安全率 } S_f = 624 / 155.7 = 4 > 2.5$$

表-5 各格点のサグ

格点	曲げモーメント	水平力	サグ(f)m
②	1,679.85	125.66	13.368
③	2,263.36	"	18.012
④	2,680.05	"	21.328
⑤	2,931.90	"	23.332
⑥	3,015.86	"	24.000
⑦	2,930.32	"	23.319
⑧	2,675.48	"	21.291
⑨	2,252.55	"	17.926
⑩	1,664.78	"	13.248
⑪	910.21	"	7.243

表-6 各格点間主索張力及び長さ

格間	h	λ	$\tan \theta$	$\theta (^{\circ})$	$\sec \theta$	$T (t)$	主索格間表(m)
タワー～②	13.368	22.50	0.5941	30.716	1.163	146.17	261.68
②～③	4.644	9.90	0.4691	25.131	1.105	138.80	109.40
③～④	3.316	"	0.3349	18.518	1.055	132.57	104.45
④～⑤	2.004	"	0.2024	11.443	1.020	128.21	100.98
⑤～⑥	0.668	"	0.0675	3.860	1.002	125.95	99.20
⑥～⑦	0.681	"	0.0688	3.935	1.002	125.95	99.20
⑦～⑧	2.028	"	0.2048	11.577	1.0208	128.27	101.06
⑧～⑨	3.365	"	0.3399	18.773	1.0562	132.72	104.56
⑨～⑩	4.678	"	0.4725	25.292	1.1060	138.98	109.49
⑩～⑪	6.005	"	0.6066	31.240	1.1696	146.97	115.79
⑪～タワー	7.243	"	0.7316	36.190	1.2391	155.70	122.67

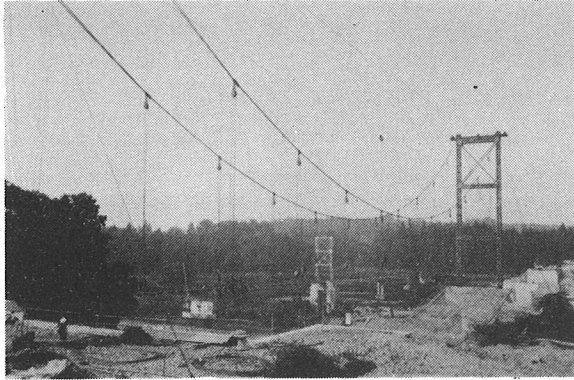


写真-2 ケーブルエレクション設備

6-3 ケーブルのマーキング

張力によるケーブルの伸びは、ワイヤーのヤング係数を $1.2 \times 10^7 t/m^2$ と仮定して計算した。温度変化による変位については、期間が短かくまた変位量も小さいので、無視することとした。理論マーキング長は表-7のとおりである。施工にあたっては、1系統各1本のワイヤーを緊張し、ケーブルバンド、塔頂及びアンカー固定点をマークした基準ロープとし、他のロープは基準ロープに併合させた。

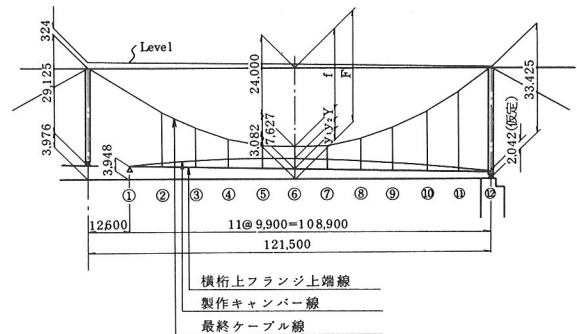
表-7 理論マーキング長

	T	L	ΔL	理論マーキング長 ($L_0 = L - \Delta L$)
タワ〜②	146.17	26.168	0.067	26.101
②〜③	138.80	10.940	0.027	10.913
③〜④	132.57	10.445	0.024	10.421
④〜⑤	128.21	10.098	0.023	10.075
⑤〜⑥	125.95	9.920	0.022	9.898
⑥〜⑦	125.95	9.920	0.022	9.898
⑦〜⑧	128.27	10.106	0.023	10.083
⑧〜⑨	132.72	10.456	0.024	10.432
⑨〜⑩	138.98	10.949	0.027	10.922
⑩〜⑪	146.97	11.579	0.030	11.549
⑪〜タワー	155.70	12.267	0.033	12.234
合計				132.526m

6-4 吊索の形状

エレクションケーブルの各点のサグは前項で定めたが吊索長は、縦断勾配及び製作キャンバーを考慮する必要がある。ケーブル中心から横桁天端迄の寸法は表-8の通りである。従って、ケーブルバンド、滑車、固定金具の実長を差引いたものをワイヤー繰りこみ長とした。

表-8 吊線形状



格点	F	f	y_1	y_2	吊金具含む 吊線長さ(Y)
②	33,161	13,368	3,775	68	15,950
③	33,188	18,012	3,602	96	11,478
④	33,214	21,328	3,428	129	8,329
⑤	33,241	23,332	3,255	150	6,504
⑥	33,267	24,000	3,082	162	6,023
⑦	33,293	23,319	2,908	162	6,904
⑧	33,320	21,291	2,735	150	9,144
⑨	33,346	17,926	2,562	129	12,729
⑩	33,373	13,248	2,389	96	17,640
⑪	33,399	7,243	2,215	68	23,873

7. アンカーブロックの設計

7-1 アンカーブロックに作用する力

左岸、右岸共それぞれケーブルクレーン及びエレクションケーブルの張力が集中することから、次の2-Caseについて検討し、作用力の大きい方で決定した。

なお、左岸、右岸のアンカーブロックにかかる張力は大差がないことから、張力の大きい左岸側で計算し右岸は同一形状とした。

Case-1 ; 横桁、補剛桁、下横構が架設完了の状態、外側ケーブルクレーンに掛る荷重は、上下流同時に吊る場合を考る(衝撃係数として20%加算する)。

Case-2 ; エレクションケーブルについては縦桁を除く全部材の組立完了とし、外側ケーブルクレーンに閉合部材を吊った場合の合計で計算する。

各々のCaseで計算した値は表-9、および表-10の通りであり、アンカーブロックの計算にはCase-2の値で行った。

表-9 Case-1 荷重表

	外側クレーン (定格荷重 $W=10.5$)	内側クレーン死 荷重の $\frac{1}{2}$ 荷重	エレクションケーブル (補剛桁完了)	合 計
上 揚 力	23.73×1.2 $= 28.48$	1.93	$75.13 \times \frac{90.14}{182.86}$ $= 37.03$	67.44
水 平 力	39.69×1.2 $= 47.63$	3.23	$125.66 \times \frac{90.14}{182.86}$ $= 61.94$	112.80
ボックス ディール張力	46.24×1.2 $= 55.49$	3.75	$146.39 \times \frac{90.14}{182.86}$ $= 72.16$	131.40

表-10 Case-2 荷重表

	外側クレーンで最終 アーチ部材を吊った時	内側クレーン死 荷重の $\frac{1}{2}$ 荷重	エレクションケーブル (桁組立て完了)	合 計
上 揚 力	$23.73 \times 1.2 \times \frac{4.8}{10.5}$ $= 13.02$	1.93	75.13	90.08
水 平 力	$39.69 \times 1.2 \times \frac{4.8}{10.5}$ $= 21.77$	3.23	125.66	150.66
ボックス ディール張力	$46.24 \times 1.2 \times \frac{4.8}{10.5}$ $= 25.37$	3.75	146.39	175.51

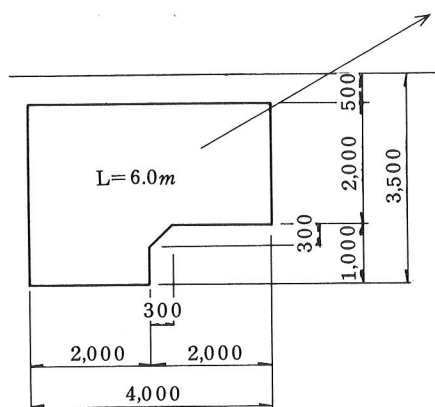


図-9 アンカー形状

8. 架設段階における調整値

架設最終状態において所定のキャンパー値を確保する為、次の3段階に分け各段階のサグ、吊線長等の計画数値を求めておき、現場において各段階の調整を行った。

- Step-1 ケーブルエレクション設備完了時
(ケーブルエレクション吊金具取付)
- Step-2 補剛桁(床組の一部を含む)完了時
- Step-3 桁架設完了時(アーチ部材閉合時)

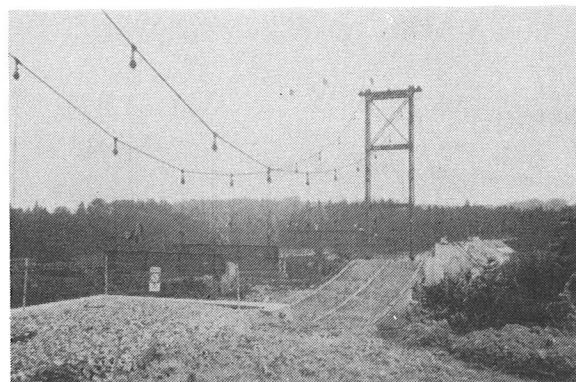


写真-3 横桁の架設

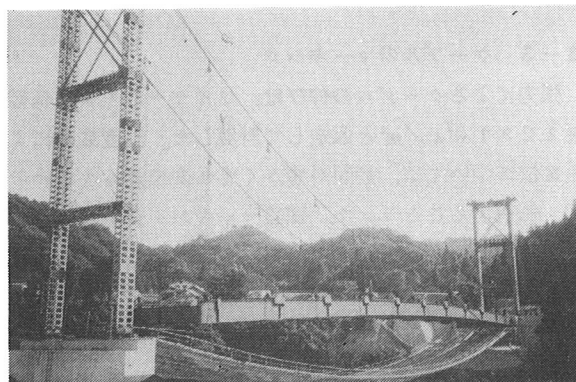


写真-4 下弦材の架設

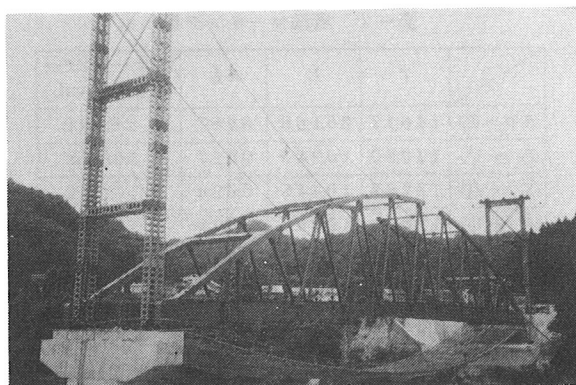


写真-5 閉 合

両塔頂間に張られたケーブルの分布荷重の変化にともない、水平張力も変化する。これによる両塔頂間の間隔が変化する。併せてワイヤーの弾性伸張による伸びも加わり、ケーブル長、サグが各段階において変化する。

これらの事項を考慮して、架設最終値に所定の値となるよう、あらかじめ塔を外側に変位させて施工した。

したがって、ワイヤーの伸び、サグの変位は吊線下端値に大きく影響することから、次の変位量を上越量とし

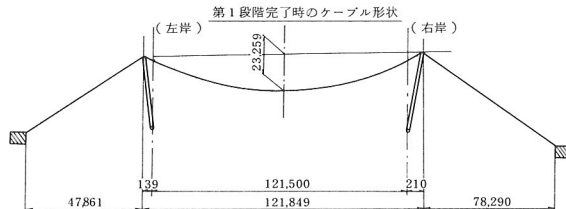
た。

- (1) ケーブルの伸びによるサグの変位
- (2) タワーの倒れによるサグの変位
- (3) 吊線の伸びによる変位

この他に温度変化によるケーブルの伸びが考えられるが架設期間が短かく、また温度変化による変位量も小さいので本現場では無視した。

以上のことから、各段階の変位量を集計したものを表-11に示した。

表-11 タワーの倒れ量とサグ



○タワーの倒れ量及び変位量の集計 (単位mm)

	タワー倒れ量		サグの増加量		
	左岸側	右岸側	ケーブル伸びによる	タワーが起きることによる	合計
第1段階	5	8	13	14	27
第2 "	67	101	175	182	357
第3 "	72	109	188	196	384
合計	144	218	376	392	768

○各段階に於るタワーの倒れ及びサグ (単位mm)

	タワー倒れ量		サグ
	左岸側	右岸側	
第1段階 (段取り終了時)	144-5=139	218-8=210	24,000-768+27 =23,259
第2段階 (補剛桁架設後)	144-(5+67)=72	218-(8+101)=109	23,259+357 =23,616
第3段階 (架設終了時)	0	0	23,616+384 =24,000

9. 施工管理

計画値の基準値と実施工寸法の確認を数多く行い、調整を行いつつ施工を進めた結果、上越量が⊕側となり閉合時では、両支点のジャッキ操作により、無事閉合を完了した。吊線の解体にあたっては、中央部より両端にむかって順次解放した。エレクトリオンケーブル解放後縦行架設をおえ、最終値(架設完了時)のキャンバーについて+3~+6mm程度の誤差で完了した。

10. 現場作業工程表

表-12に作業工程を示す。

表-12 工程表

工種	年・月 日		5		6		7		8		9	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
仮設準備工												
架設準備工												
アンカー工												
ケーブルクレーン												
エレクトリオンケーブル												
架設工												
調整												
現場継手工												
段取解体												
雑工												
跡付												

11. まとめ

全工事期間にわたって、例年になく雨天が多く天候に左右されながらの施工となった。施工現場の上流にはダムもなく、降雨による急激な増水にも対処すべく安全対策を十分検討し作業を進めたが、一度は予想以上の増水によりワイヤーブリッジが水面につかり崩壊寸前の状態をみたが、幸い一部の破損で難をまぬがれた。

工程や施工精度についても、計画と実施寸法を度々検測し取り組んだ結果、アーチ部材の閉合においては、支点上で若干のジャッキ操作を行うだけで、無事完了を見た。

たび重なる災害に老朽化した旧吊橋も、歩行者専用として通学通勤者に利用されてはいるが、これとても増水時には交通止となり、地域住民にとっては一日も早く完成を望まれている橋梁であるだけに、無事故で完成できたこと、併せてこの無事故災害工事にたいして労働基準局より表彰を受けたことは、会社をはじめ工事にたずさわった者一同大変な名誉と感激し、これを基にますます安全第一を目標に活躍することを誓いあった。末尾ながら、関係者一同にあらためて本工事報告の紙面をかりて感謝の意を表するものである。