

(2) 技術上の改善

華北特有の灌漑法は是を試験研究に俟たねばならない。例へば各種植民の需水量、灌漑時期の如し。又渠道の横断面、淤積、冲刷及滲透等は土質、流速、流量、含砂量等にて異なるが故に實地研究にて決めるの外なし。

(3) 現有灌漑系統の整理

現有の錯雑せる灌漑系統を整理統一し、又最新灌漑学の原理に基づきて浪費を省き範囲を擴大せしむ。

以上の3項に基づきて興すべき灌漑事業としては(a) 滹沱河灌漑、(b) 桑乾河第1灌漑事業、(c) 洋河淤灌事業、(d) 永定河中流放淤、(e) 蘆運河系地区の灌漑、(f) 其の他潮河、白河貯水池による灌漑、滹沱河上流綿蔓河灌漑等とす。是を要するに華北に於ける諸河は枯水缺乏せりと雖も、充分是を利用せば其の利は甚大なるものありと思考せらる。唯用水の經濟問題は最も重要なる事項と云はねばならない。是がため灌漑試験場の如きは必須のものにして、灌漑需水量、鹹地改良等の研究をなし是等の試験結果を俟ちて計畫の根據とせば、必ずや華北水利上の一新紀元を劃すべしと信ぜらる。

(附記) 本文は著者が昭和11年7月より當局の依頼により調査研究せしもの、結論を取纏めたるものなるが紙面の都合上細部に論及することは出来なかつた。

施工中の十勝川河西橋架換工事に就て

(昭和13年7月17日土木學會第2回年次學術講演會に於て)

會員 横 道 英 雄*

1. 概 説

本邦最長径間41m9連の鉄筋コンクリートゲルバー桁橋が帯廣治水事務所擔當の下に北海道帯廣市の近傍で帯廣網走間地方費道の十勝川横断箇所計畫せられ目下施行中である事は既に概報せられた所である。(1) 昭和10年度着工以來昭和12年度中に下部構造を殆ど完了し本年度は上部構造を施行中で14年度に完成の豫定であるが、本文は本橋の設計及施行上特に注目すべき點に就き概略を述べ其の中間報告としたものである。

本橋の架橋位置、一般図及一部配筋図は図-1~3で其の大略を察知し得る。設計及施行上に就ては述べ度き事多々あるも、工事完成後稿を改める事にし、茲には特に注目すべき次の5事項に就て少しく述べて見たい。即ち(1) 本邦最長径間41m9連の採用と本橋の規模の大きさ、(2) 設計荷重618tのコンクリートロッカー、(3) 長大鉄筋の使用と其の鍛接々手、(4) アーチ式支保工、(5) 工事中の各種現場試験である。

2. 本橋に於て注目すべき事項

1. 径間及規模の大きさ コンクリートゲルバー桁橋で長径間の例は1930年迄にて獨逸のDonaubrücke Großmehringの61.5mであつたが1935年に出來た獨逸のSaalebrücke Bernburgの67.78mが第1となつてゐるが、本邦では既設のものに公道橋として川島橋の34m(九州)計畫中のものに鉄道橋にて只見線第3

* 北海道廳技手 工學士 帯廣治水事務所勤務

(1) 十勝川河西橋架換工事: 土木學會誌, 時報欄, 昭和12年2月
架換工事中の十勝川河西橋: 横道英雄, 土木工學, 昭和12年10月

図-1. 本橋位置

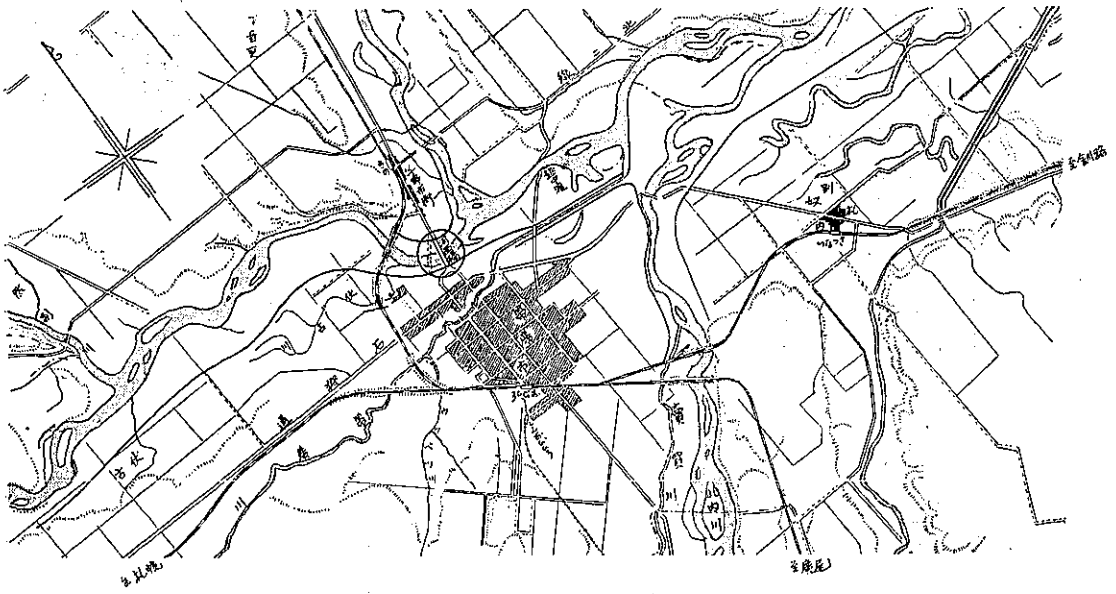


図-2 (a). 一般図

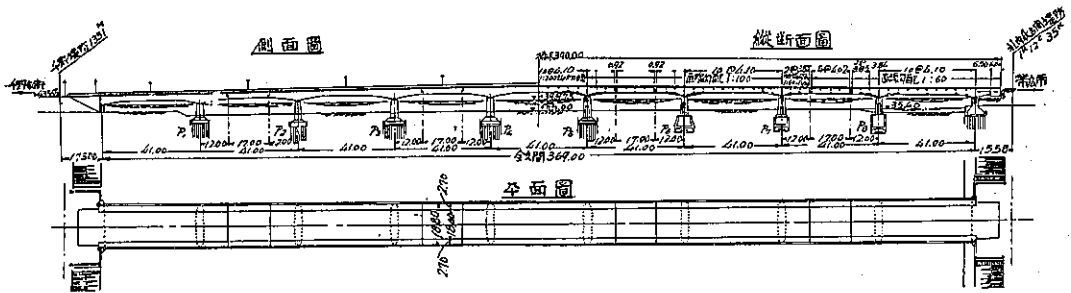


図-2 (b). 一部詳細図

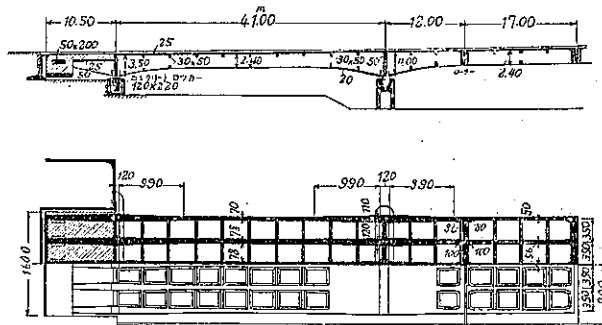


図-2 (c). 横断面図

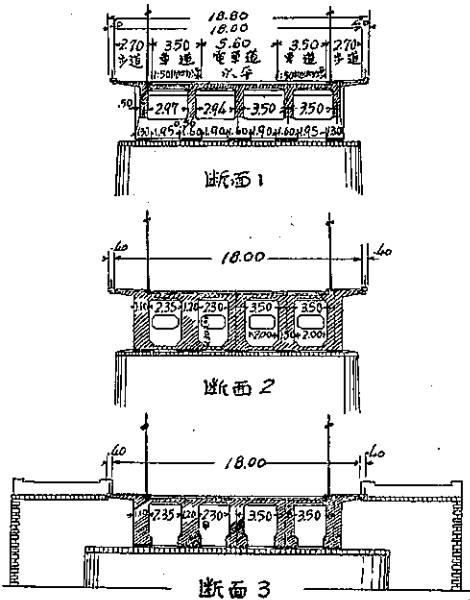
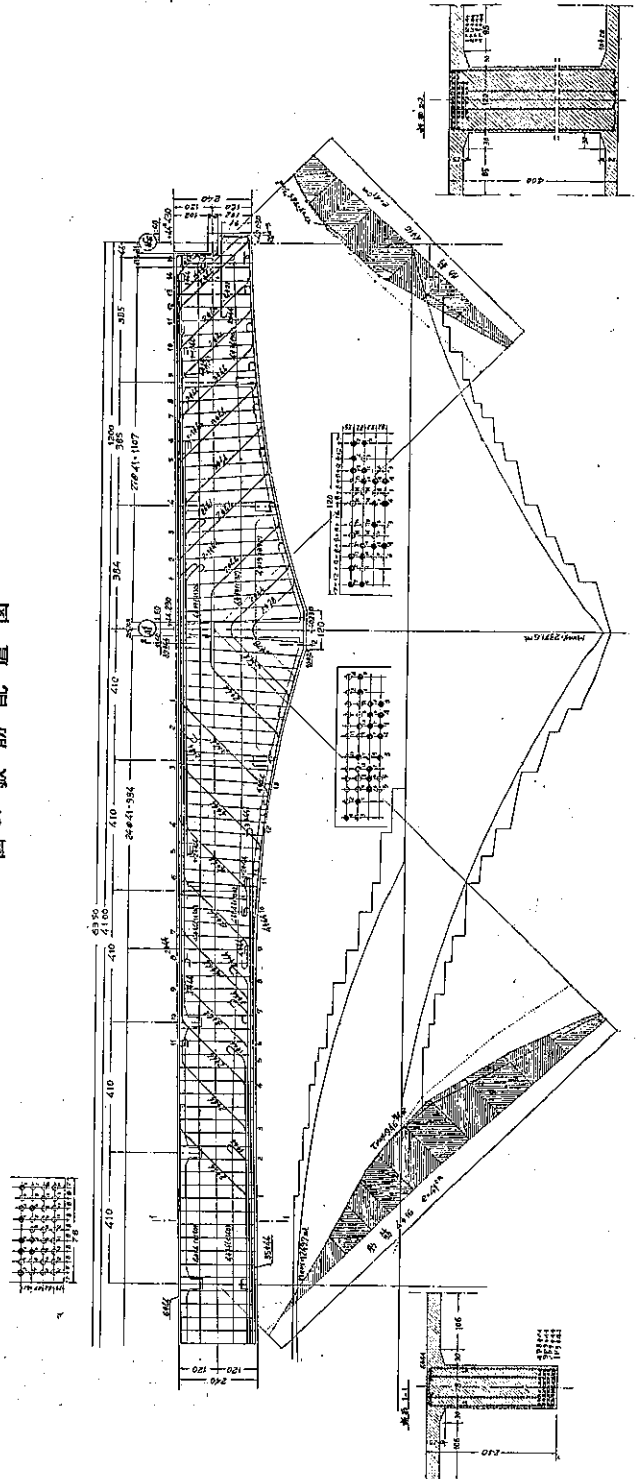


図-3. 鉄筋配置図



只見川鉄道橋の 38 m がある。河西橋は径間 41 m 9 連で本邦最長のものである。又幅員 18 m で橋の有効面積は 6 642 m² を算し、固型式中の最大橋面積を有する獨逸の Surebachtalbrücke (1935) の 6 368 m² を凌駕するものである (表-1)。

又更に 9 連 41 m の等径間とするため橋臺の裏には対重用突桁 10.5 m を突出させて路面下に埋込み、主桁間には 1 m² 當り 200 kg のセメントを用ひたコンクリートを填充する事にした。この填充コンクリートは主桁腹部に設けた突起と厚 50 cm の下方床版に依り收縮後に於ても主体と一体に働く様にしてある (図-2)。又径間を大にする爲上部構造コンクリートの許容圧縮強度を 60 kg/cm² 迄高め、又車道床版の厚さを出来るだけ薄くして死荷重を小ならしめた。車道床版の計算には主桁の振りモーメントに對する抵抗を考慮した。又橋脚附近には下方に抗压版を設けて桁高の減少を図つた。次に長径間のコンク

リート桁橋に於てはコンクリートの曲げ引張応力が重要な問題となるが、本橋にては之を 27 kg/cm² 程度以下にしてある。

2. コンクリート ロッカー コンクリート ロッカーは鋼製ローラー等に比し著しく廉價である事は勿論であるが、本邦にては最近漸く 2, 3 の例あるに過ぎない。而して本橋計畫當初(昭和 9 年)にては實例なく歐米にては設計荷重 490 t (die Neue Dillinger Donau-Brücke) が最大であつたので、本橋の如く設計荷重 618 t に達するコンクリート ロッカーの採用は少しく躊躇させられたのであるが、その後模型実験を行つてその安全なる事を推定し得たのである。

本ロッカーは車道及歩道主桁に對し夫々設計荷重 617.81 及 517.51 t, 幅 120 cm 高 220 cm 奥行 160 cm 及 130 cm 下, 上下兩端面中央には幅 50 cm 厚 3 cm の鉛板を挿入して支圧板とした。

コンクリートの様な脆性材料で作られたロッカーはその粒子の粗大にして且つ不均一なる事、無数の氣泡が不規則に分布されてある事と相俟つて内応力の理論的研究が非常に困難である爲未だ確實な算式が求められて居ない。然し從來 Kruger, Mörsch, Kriebitz 及 Freudenthal 等は、ロッカー破壊の主要因と見做される最大水平張力の大きさを實驗的に又は任意の假定の下に作られた算式に依り與へて居る。就中 Mörsch の式が最も一般に使用されて居る様で之は

$$Z = \frac{P(a-a_0)}{h} \dots\dots\dots(1)$$

で表はされる。上式はロッカーの内部に生ずる垂直圧縮応力の分布が高さの 1/2 附近にては幅 a 全体に平等であると云ふ任意の假定の下に導かれたもので、一般に過大な Z を與へるので多量の水平鉄筋量を必要とする。而も同じ a_0 及 h に於て幅員 a を増加させる時は荷重 P を一定にするも Z は増加すると云ふ矛盾を生ずる。依而著者はこの不合理を出来る丈除く爲、略式として次式を作つた。即ち

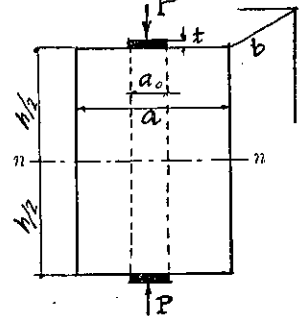
$$Z = \frac{a}{h} (P - \sigma_0 b) \dots\dots\dots(2)$$

上式中第 2 項は 図-4 の $n-n$ 断面に於て幅 a_0 の部分の支持し得べき許容圧縮力で、 σ_0 は幅 a_0 高 h なる

表-1.

橋名	1		2		3		4		5				
	Donau- brücke Großmün- ding (Deutsch.)	Oder- brücke Oppeln (Deutsch.)	Saale- brücke Bernburg (Deutsch.)	Saale- brücke Bernburg (Deutsch.)	Saale- brücke Bernburg (Deutsch.)	Saale- brücke Bernburg (Deutsch.)	Saale- brücke Bernburg (Deutsch.)	Saale- brücke Bernburg (Deutsch.)	ミヨコ橋 (日本)				
1 竣工年次	1930	1933	1935	1935	1939								
2 型式	9	9	9	9	9								
3 径間数	3	4	3	3	3								
4 全長	146.7	129.9	101.8	261.0	369.3(380)								
5 橋梁(車道)	6.5(5.5)	12.9(7.5)	13.26(8.5)	21.22(11.5)	18.9(12.4)								
6 橋面積	953.55	1525	1350	6368	6642(6000)								
7 径間長	42.0, 61.5 + 42.0	38.0+46.0 + (58.0)+16.9	17.0+67.78 +16.0	33.5	(10.5) + 5x41.0 +(10.5)								
8 主桁	桁 数		2	3	6	4	5						
	桁 断面	径間中央	m	2.75	2.70	1.63	2.47	2.40					
	桁 断面	橋脚上	m	5.40	2.70	3.95	2.47	4.00					
9 吊桁	覆部巾	破券桁中央	材料中央	cm	70	56	50	32	50	78(70)55(50)			
	覆部巾	橋脚上	cm	130	110	150	136	69		120(110)			
	支 間	m	24.5	26.7	27.0				17.0				
10 破着桁	max M	1m 当り M	mt	623	143	960	233	497	200	413	108		
	Mg	Mp	%	68	32	76	24	72	28		75	25	
	Σ Fe	Σ Fe/m	cm ²	238	73						181	47	
11 突新	支 間	m	42.0	46.0					30.2	41.0			
	max M	M/m	mt	350	262				545	173	1250	319	
	Mg	Mp	%						69	31	48	52	
12 コンクリート 最大張力	支 間	m	18.5	11.5			17.39	9.0		12.0			
	max M	M/m	mt	4160	1280	2617	632	2420	1090	887	282	2372	608
	Mg	Mp	%	78	22			72	28	72	28	80	20
12	吊 桁	kg/cm ²	23							27			
	橋脚上	kg/cm ²	22							22			

図-4.



柱体の許容圧縮強度に略等しく、材料のコンクリートの許容圧縮強度に比し幾分低い値を採るのがよい。例へば本橋桁受部コンクリートの許容圧縮強度は 65 kg/cm² であるが、之に對し $\sigma_0 = 55 \text{ kg/cm}^2$ を採用した。今車道主桁にて計算して見ると、

$$a_0 = 50 \text{ cm}, \quad a = 120 \text{ cm}, \quad b = 160 \text{ cm}, \quad h = 220 \text{ cm}, \quad P = 617.81 \text{ t}$$

故に (2) 式に依り

$$Z = \frac{120}{220} (617.81 - 55 \times 50 \times 160) = 97 \text{ t}$$

(1) 式を用ひる時は

$$Z = \frac{617.81}{220} (120 - 50) = 197 \text{ t}$$

で著者式の約 2 倍の値となる。本橋では (1) 式を採用し、コンクリートの応張力を無視して鉄筋の許容張応力を 1200 kg/cm² とする事に依り所要鉄筋量 80.8 cm² に對し径 12 mm の丸鋼 104 本 117.62 cm² を使用した。又この外に幅 a_0 高 h なる柱体を補強する管径 16 mm の軸鉄筋 28 本を 3 列に配置したのである。

次に模型実験は設計に對する縮尺 1/6 及 1/8 の 2 種に就て前後 3 回の試験をなせる處、コンクリート材料、配合比及材齢等に依り異なるも水セメント比 50%、セメント使用量 330~350 kg/m³ の場合材齢 24~180 日にて標準供試体の圧縮強度 283~399 kg/cm²、模型ロッカー支圧面強度 385~581 kg/cm²、設計荷重に對する安全率は約 4.8~6.6 なる事が判明した (表-2)。

實驗に使用した骨材は表-3 の様なもので配合比 1:1.83:3.66 (セメント使用量 350 kg/m³) 水セメント比 50% 淺野ペロセメントを用ひ材齢 28 日にて圧縮強度現場養生のもの 375~506 kg/cm² 恒温室養生のもの 399~469 kg/cm² であつたから充分安全と云ふ事が出来る。

表-2.

		設 計	第 1 回 試 験	第 2 回 試 験	第 3 回 試 験
コン ク リ ー ト ロ ッ カ ー	模型縮尺		1 : 8	1 : 6	1 : 6
	ロッカーの寸法 $a \times h \times b$ cm	120 × 220 × 160 (190)	15 × 27.5 × 20	20 × 36.7 × 21.7	20 × 36.7 × 21.7
	支圧面幅 a_0 cm	50	6.3	8.3	8.3
	破壊荷重 t	617.81 (517.51)*	52.7, 49.2, 44.5 平均 45.5	74.9	94.1, 96.8 平均 95.5
	支圧面強度 kg/cm ²	77.2 (79.7)	385	416	531
設計 79.7 kg/cm ² に 對する比		1	4.83	5.23	6.55
標準供試体圧縮強度 kg/cm ²		195	283	286	399
材 齡 日		28	24	48	180
備 考	* 設計荷重を示す 括弧内は歩道主桁の 場合		w/c = 50% セメント使用量 = 330 kg/m ³ 小野田微 細セメント	w/c = 50% セメント使用量 = 350 kg/m ³ 淺野ボル トランドセメント	同 左

次にコンクリート ロッカーの回転に對する抵抗を考へるに 圖-4 に於てロッカーの上端に 1 t なる單位荷重が水平に作用した時の移動量 δ は近似的に

$$\delta = \delta_B + \delta_r + \delta_c = \left(\frac{12 h^2 t}{b a_0^3 E_B} + \frac{h}{ab G_c} + \frac{6 h^3}{b a_0^3 E_c} \right) \times 1$$

表-3.

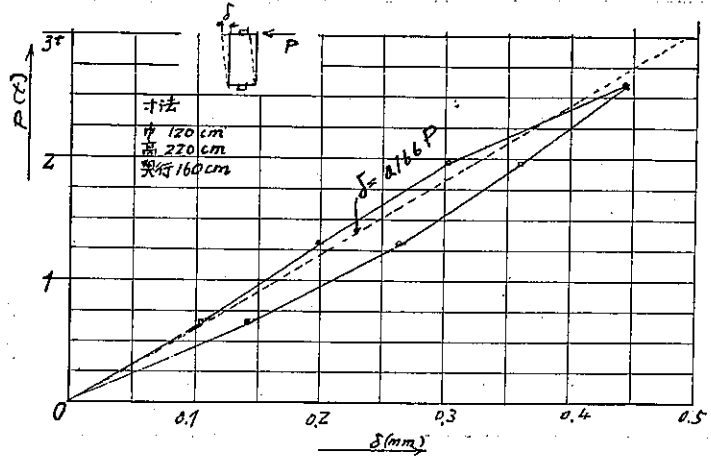
	最大寸法	細率	比重	吸水比	標準計量容量	空隙率	摘要
砂	No. 8	2.47	2.65	1.82 %	1.584 t/m ³	40.2 %	十勝川産
砂利	大	25 mm	7.3	2.68	1.731	35.4	札内川産にして、大小2種に篩分けFuller氏曲線に近づく様1:1.3の割合に混合したものをを用ふ
	小	15 mm	6.39	2.68	1.736	35.2	
	混合物	25 mm	6.79	2.68	0.78 %	1.772	

に依りて表はされる。 δ_B は鉛板の変形に依り、 δ_r 及 δ_c はロッカー自体の剪力及圧縮力に起因する変形に依りて生ずる移動量で本橋の車道主桁に就て計算すれば水平力 1t に對して $\delta = 1.66 \times 10^{-2}$ (單位 cm) となる。第5號橋脚上のロッカー (車道主桁 B) に就て實際に荷重試験を行つた處 圖-5 の如く大体一致して居る。

3. 長大鉄筋と其の鍛接々手 橋体

圖-5.

主鉄筋は合計 764t でその内譯は径 44mm 657t, 径 38mm 62t, 径 25mm 45t である。之等は最長 25m に及ぶもので径 44mm 長 25m の如き長大鉄筋の使用は本邦最初の事で、日本鋼管株式会社川崎工場 (小樽、清水商事株式會社代理) にて製作、昭和 12 年 4 月迄に運搬を完了した。川崎より小樽迄船積み、之より帯廣迄鉄道運搬とし、後者に於ては無蓋貨車チキ 2 臺聯結を以て平均 50t 宛輸送する事



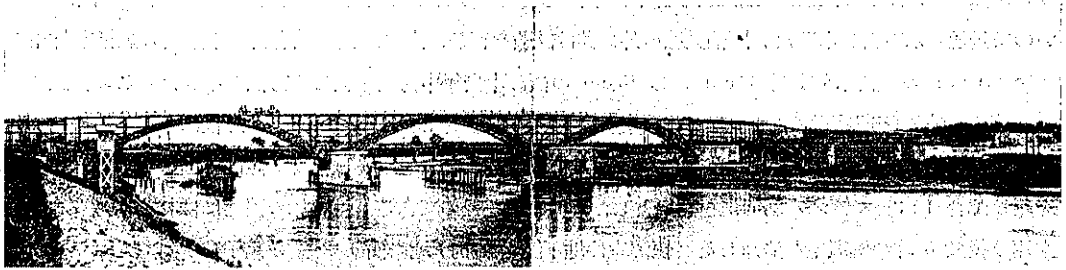
が出来た。かゝる長大な丸軟鋼は製作工場にて自働冷却装置を利用し得ざる爲勢ひ冷却充分ならざる中に運搬整理を餘儀なくされ波状を呈するを免れない。然し之が曲げ直し作業は比較的容易である。

製作せられた丸軟鋼の強度、伸長及常温屈曲の狀況は孰れも規格に合格した。吊桁に使用する主鉄筋は径 38mm で最長 23m のものを製作した爲接手を除去し得たのであるが、複礎着桁にては径 44mm 長 25m のものを用ふるも尙 812 個所の接手を必要とする。この中 3 本継ぎ丈けでも 152 個所に達する。而してかゝる長大鉄筋の接手は本邦に於て前例乏しく慎重考慮するを要するもので最後に矢筈鍛接々手に成功し、之を採用したものである。普通鉄筋の接手として考へられる方法は、(1) 重ね合せ接手、(2) ターンバックルを用ひる接手、(3) 電氣熔接、(4) 鍛接々手等である。この中 (1) の方法はこの場合採用困難であり、(2) の方法は確實なるも長大鉄筋に螺旋切り作業をなす事が著しく困難である。(3) の電氣熔接は最近本邦に於ても相當確實性を増し、將來性のある方法なるも本道殊に本橋架設地點の如き遠隔の地に於ては、試験片作製より實際作業完了迄に至る長期間を通して同一優秀職工を雇傭する事に難色あり、依つて従來兎角之を避ける傾向にありし鍛接々手を検討する事にしたのである。之に依れば帯廣治水事務所附屬機械工場の既知熟練職工をして隨時所望仕様に依り試験片を作製する事が出来、又長大鉄筋加工の爲にも必要な鍛冶工場を現場附近に建設して之を利用し得る便利がある。

試験の順序として最初に接手箇所を母材と同断面積に仕上げたる場合の接手の効率を定め、次にこの結果を用ひ

図-6. 工事中の十勝川河西橋

下流側より全景を撮りしものにて向つて左手 3 径間には材料運搬假橋用木造アーチが架けられてある。又その下に見えるのは假橋脚でこの上に支保工用木造タイドアーチが架けられる豫定である。(昭. 18. 7.)



は 60×32 cm の断面を有するリップを 2 箇 1 組として用ひ、このリップは厚 4 cm 又は 8 cm、幅 20 cm 又は 30 cm の厚板を 4' 釘に依りて組立てられる。支保工として木造釘付けアーチを使用した例は露西亞*にあるが、本橋に於ては釘の試験を行つてその許容応力を定めた。アーチの支承部には鑄鉄製の杓を用ひる事にしその重量は 1 箇當り約 1.4 t である。繋材としてアーチ 1 箇に對し 4 本の径 44 耗、37 本線 6 撚り中心麻入りのワイヤロープを用ひる計畫で 1 本當りの設計荷重は 50 t で既に購入契約済みにして目下製作及試験中である。ワイヤロープは兩端シンプル付きにて購入するのである。ワイヤロープは圧延鋼材に比し強度大なるも伸長相當量に達する爲ターンバックルにて調節する様にしてある。

木造アーチは杭打式支保工に比し沈下量大であるが、この沈下はコンクリート打施行中惡影響を及ぼす事勿論である爲、この惡影響を除去する爲總ての難關に打勝ち豫め適當量の載荷をなし、コンクリート打進行と共に漸次之を取除くと云ふ最善の方法を取る事に決めた。

又この木造アーチの設計沈下量は 12 cm であるが、縮尺 1/10 の模型を作製して試験をなし之より實際値を推定する資料とした。この模型は初めボルトにて継手を作つたが、後に釘付けとしたものを作つた。後者では縮尺に比し大なる径を有する丸鋼を繋材として用ひて支間の延びを殆どなくしたものと、縮尺に殆ど等しい鋼索を用ひて自由に支間を変長させるものとの 2 種を作つて比較した。試験の詳細及實際施行の詳報は後日完了後に譲り度い。只模型試験の結果は本アーチが充分安全であり、沈下は 1 度載荷した後は設計に近い変化をなすものである事が確められた事を附言して置く。

5. 各種現場試験 河西橋は径間及規模共に大にして本邦に於ける鉄筋コンクリートゲルバー桁橋中最大のものである。然るに鉄筋コンクリートに關する理論は未だ不確實なる點あり、その解決は今後の研究に俟つ所が頗る多い。而も本橋の如き長径間の場合は局部的な缺陷が構造物全体に重大影響を及ぼす事が少くない。依つて施行に當りては出来るだけ比較研究をなし、各種載荷試験、材料試験、模型試験等を実施する事に依り設計及施行の合理化に努める必要がある。

現場には所望する程度の精密さを有する現場試験室を設けた。木材や小さな模型の試験には手製の 5 t 能力の試験機を備へて引張及圧縮試験を行ひコンクリートの試験には初め能力約 100 t の水平働水圧機を用ひたが、之は加圧速度大なる爲後に 100 t のアムスラー型耐圧試験機を購入して之に代らしめた。

木材試験に於て圧縮試験片には 3 cm 立方体を、剪断試験には $5 \times 5 \times 14$ cm を夫々使用し、引張試験には 1 cm

* E. L. Chlebnikov, "Nailed Timber Centering for Concrete-Arch Bridge in Russia", E.N.R. April. 16, 1936.

角の矩形断面で標準点間距離 5 cm, 両端に摺みを附したたものを用ひ、曲げ試験には 10×5×220 cm の材料を支間 200 cm として用ひた。変形量は 10 倍に擴大して荷重毎に測定する。

コンクリートに関する試験は勿論標準試験法に依るのであるが、之には骨材の混合物に対する粒度曲線が示してないので獨逸の示方書を用ひた。圧縮試験の外に曲げ試験を行ひ、之には獨逸國有自働車道路の規格を採用して 10×15×70 cm の供試体を支間 60 cm とし 15 cm の面に中央集中荷重を載せる方法を用ひた。この供試体は曲げ試験後その破片を剪断試験に利用し、この際加圧幅を 10 cm とした。又試験結果の比較に便せしめる爲セメントの試料毎に軟練モルタル試験片を作つた。之には未だ現規格成立前なりしを以て直径 5 cm, 高 10 cm の円筒型を用ひ配合 1:3, スランプ 20 cm を標準としたものを用ひたのである。供試体の養生には初め建坪 3 坪の恒温室を用ひ後又 5 坪の恒温室を追加した。恒温室は地下深く掘下げ地表面は 2 重の硝子窓を附した屋根形にて覆ひ、窓以外の部分は總て土壤を被せた。この恒温室の内部には供試体養生用の水槽を設け水中温度を 18~24°C に保つ様にした。下部構造、上部構造及ロッカー又は桁受支承部に対するコンクリートの設計所要圧縮強度は材齢 28 日にて夫々 140, 180 及 195 kg/cm² であるが試験室強度はその 15% 以上の割増を附した。之等のコンクリートのセメント使用量は夫々 300, 330 及 350 kg/m³ で充分所要強度を示してゐる。尙コンクリート搦固めには電動震動機國産品 2 臺, 外國製 2 臺計 4 臺を用ひるので之に適した配合となすを要する。

鉄筋の接手試験等の如く特殊のものは北大工学部及内務省土木試験所に試験片を送つて依頼した。又杭の支持力、地盤の耐荷力、支保工の沈下、ロッカーの廻転試験等の荷重試験は其の都度實物試験を行ひ、以て施行の信頼度を確め又は今後の資料を得る事に努めてゐる。以上の諸試験に關しては別に詳報する事にし度い。

3. 結 語

以上に依り施行中の河西橋架橋工事の大約を述べる事が出来た。工事は下部構造を殆ど完了したが上部構造は之からである。試験室の結果と實績との對照、本橋の如き大径間の型枠及鉄筋の組立と諸材料の運搬設備、現場コンクリートの施行方法等に關する事項は興味ある問題であるが總て之からの事に屬し、詳報する機會を得たい。

最後に本橋設計及施行に關し御指導下さつた前帯廣治水事務所長齋藤静脩氏(現北海道廳河川課長)、現所長岩岡武博氏、北大小川敬次郎博士、東大吉田徳次郎博士、釧路土木事務所長池田一男氏に對し深甚の感謝を捧げ、尙直接の援助を蒙りし朋友土志田工学士、眞島工学士、工藤、長谷川兩技手に對し同様の謝意を表する次第であります。

溢流堰上の水深に就て

(昭和 13 年 7 月 16 日土木學會第 2 回年次學術講演云に於て)

會員 今 野 彦 貞*

要 旨 鋭縁堰や廣頂堰の上を水が溢流する場合、或は瀑の落水點に於ても考へ得られる様に溢流堰上の水深は如何なる値を保つて流下するものであるか、而して其の水深は水路の幅や水量の多少従つて水頭の大小に依つてどんな変化をするか、或は又堰の厚さとどんな關係があるかを矩形水路に就て實驗し、其の原

* 仙臺高等工業學校教授