

論 說 報 告

土木學會誌 第十五卷第四號 昭和四年四月

關西線木曾川橋梁複線架設下部工事概要

會員 工學士 釘 宮 磐

Report of the Construction Work of the
Kisogawa Bridge Substructure

By Iwao Kugimiya, C.E., Member.

内 容 梗 概

本編は關西線木曾川橋梁下部工事（壓搾空氣潛函基礎）實施の經過及費用に就て記述せるものなり。

Spnopsis

This paper principally deals with the pneumatic caisson work of the Kisogawa railway bridge and its cost.

緒 言

關西線木曾川橋梁は之と姉妹橋たる揖斐川橋梁（實際は長良，揖斐兩川に架す）と共に鐵道省として壓搾空氣潛函工法を採用せる最初の橋梁たるのみならず，其の工事設備の規模，從つて其の工事組織の大なること近來稀に見る所なり。

施行の結果より之を見れば，幸にして略々豫定の工期に竣功せりと雖も，其の完備せる工事設備に對し，運用悉く當を得たりと云ふ能はざりしと，組織内の各分子の工事に習熟せざりしと，其の間の連絡統制の未だ完からざりし等の爲，決算費額稍々大なるを免れざりき。之に引續き施行せる揖斐川橋梁工事に於ては，木曾川橋梁に於ける經驗を活用して設備及方法に適當の改良を加へ，工事費額を節約すると同時に，建造物の眞價を發揮せしむることに努力したるを以て，其の結果に就ては相當の期待を抱き得べしと信するものなるが，之に就ては他日筆を改めて本誌上に見えんと欲す。

尙本橋梁の計畫設計に就ては本誌第十四卷第四號に於ける柳生養郎氏の論說に詳かなるを以て，茲には成るべく重複を避けたり。

第一章 總 說

木曾川橋梁は愛知、三重兩縣に跨り、關西本線彌富、長島間、名古屋起點 11 m 18 ch³ 311 の地點に位し、伊勢灣に面せる其の河口より約 3 哩の上流に在り。(附圖第一參照)

舊木曾川橋梁は關西鐵道株式會社の建設に係り、明治 27 年 3 月工を起し、同 28 年 12 月(西曆 1895 年)開通せるものなれば、橋齡正に 34 歳に達す。爾來荷重の増加に伴ひ、元來地盤の軟弱なると、一般に根入の少きとの爲(井筒沈下工法に依り低水面下最淺 37 呎、最深 62 呎に達す)各橋臺橋脚共多少の沈下を來し最小 1 寸、最大 1 尺 4 寸に及べり。鐵桁も亦荷重に對し強度不充分にして、本橋梁通過の機關車を 6800 型以下の重量に制限し、又機關車の重聯運轉を禁止し居たりき。橋梁の全長 2839 呎 3 吋にして、其の徑間割は 200 呎 13 連、120 呎 1 連なり。

新設橋梁は主として水利上より舊橋梁と同様の徑間割とし、單線 1 線を舊橋の下流約 150 呎の距離に架設せり。橋脚基礎は壓搾空氣潛函法に依り低水面下最淺 73 呎、最深 95 呎に達せしめ、橋臺は開函法に依り大部分を沈下し、最後の沈下竝に底部混凝土を壓搾空氣法に依り施行せり。東西橋臺の沈下高度は底水面下夫々 24.5 呎及 32.7 呎なり。橋脚底部の地質は粘土にして其の耐荷力は實測の結果、每平方呎 2.2 乃至 3.4 噸あり。東橋臺底部は細砂にして其の耐荷力每平方呎 2.75 噸、西橋臺底部は粘土混り砂にして其の耐荷力每平方呎 5 噸に達せり。壓搾空氣潛函法を採用したる理由は(1)施行の期間短小なること、(2)地盤の支持力を親しく實測し得、又或時期の側面摩擦抵抗を算定し得て井筒全體に對し試驗荷重を加ふるの必要無きこと、(3)沈下中の位置、傾斜の補正、障害物除去の容易なること、(4)井筒底部混凝土を清掃せる自然地盤上に確實に施行し得ること等の一般的利益の外に、木曾川橋梁の地質が粘土なる爲及び口外縁より外方に約 4 呎まで基礎面積を擴大し得る特殊の利益を認めたるに依る。即ち斯くして舊橋脚底面積約 375 平方呎なるに對し、新橋脚底面積は約 1082 平方呎に及ぶ。(附圖第二參照)

橋脚井筒断面は橢圓形にして、長徑 44 呎、短徑 20 呎あり。底部作業室の高さは 6 呎 6 吋、其の天井たる鐵筋混凝土の厚さ 4 呎 6 吋あり。天井の上は中央に隔壁を以て 2 個の中空部を設く。壁の混凝土の厚さ 2 呎 7 吋にして、内外 2 重の鐵筋を挿入す。潛函井筒頂部は之を低水面に定め、厚さ 6 呎の鐵筋混凝土の蓋を設け、其の上に橋脚軀體を築造す。軀體も亦重量軽減の爲中空の鐵筋混凝土構造とす(附圖第三參照)、橋臺井筒の断面は橋脚のものと同様なれども、開函法に依る爲、双口上 6 呎 6 吋の高さに天井の必要なく、只双口の構造を階段狀とし最終の底部混凝土碇着の確實ならむことを期せり。其の最後の仕上げの爲壓搾空氣法を用ふるに當りては、頂部の鐵筋混凝土蓋を利用し之に堅管を埋設せり。(附圖第四參照)

潜函の種類としては、深水部4橋脚に對し鋼製潜函を東岸に設けたる傾斜1/8の進水臺上にて組立て、現場に曳航、沈下せしめたる外は、皆地均し又は築島上にて始めより鐵筋混凝土潜函を築造沈下せり。

鐵筋混凝土は1:2:4の調合を用ひ、總量2445立坪なりき。

本工事は準備の第一着手として大正15年8月下旬砂利棧臺の築造に着手し、9月上旬假棧橋杭打開始、12月12日鉸桁架設を完了し、12月可動棧臺及デリックの組立、混凝土プラントの組立を急ぎ、翌昭和2年1月7日混凝土プラント運轉を開始せり。但し工事の都合上、上記設備の完成を待たず、前年12月初め潜函下部の型枠組立に着手し12月21日より可搬式混合機を用ひて混凝土を施行したり。

空氣壓搾設備は大正15年11月初旬其の基礎杭打に着手し、翌年1月10日全部完成し試運轉を施行し、翌11日第11號橋脚潜函に對し送氣を開始し、引續き同月17日第9號、同月28日第13號橋脚潜函の送氣を開始せり。其の後は附圖第五の工程表に示す如く、概ね同時に3乃至4個の潜函を沈下しつつ、東橋臺の壓搾空氣作業を最後として5月22日全く送氣を停止せり。

混凝土作業は之より稍遅れて6月10日全く之を終了せり。

斯くて假棧橋其他河中の構造物の撤去は、時恰も洪水期に入りたる關係上、最も急を要したるが、同年7月3日假棧橋の鉸桁全部を取外し終り、幸ひに事故無きを得たりき。

潜函沈下は1月、2月は寒氣凜烈なりしと諸事未熟との爲比較的遅々たりしが、3月に入り混凝土を晝夜連続施行するに及び、漸く豫定の進行を見るに至れり。

送氣延日數實に375日4時にして、1日當り平均沈下2.84呎、之を掘鑿作業延日數273日12時にて平均すれば1日3.80呎に當る。

假棧橋架設、築島、進水臺、施行足場、機械基礎、電力設備及諸建物等の準備的工事を請負に附したる外、機械据付より潜函沈下の本作業は皆之を直營施行したり。其の内最重要なる潜函夫全部及葺人夫、大工、鍛冶工、並人夫の一部は之を直轄即ち直扱ひとし、其の殘餘は之を數名の請負者より供給せしめたり。

第二章 準備工事並に設備

第一節 總括

本工事の設備の主要なるものは、工事用假線路、假棧橋、混凝土混合並に配給の設備、空氣壓搾設備、電力設備、進水臺等なり。以下節を逐うて其の概略を記述す。(本會誌第十四卷第四號柳生氏論文中附圖第二十、二十二參照)

第二節 工事に用假線路及假棧橋

工事に用假線路（軌間 3 呎 6 吋）は、一は長島驛構内より分岐し木曾川西岸に達する約 60 箇の線にして、萬一の時の爲其の中間にタブレット・ロックを設けて本線と連絡せしめ、尙木曾川西岸に數條の支線を分岐せしめたり。他の一は彌富驛の西約 33 箇の所にタブレット・ロックを設け、之より木曾川東岸まで約 20 箇の分岐線を敷設し、之より數條の支線を岐出せり。

假棧橋は木曾川及其の前後の立田川、三番奈良川上に新舊兩橋梁の中間、新橋中心より 50 呎の所に中心を置き、總延長 3120 呎、幅 36 呎にして、古鋼桁 70 呎 35 連、60 呎 60 連を木造橋臺、橋脚上に 2 列に架し、並行せる鋼桁間は新造の鋼製橫桁を 15 呎間隔に入れて繋結し、其の上に軌條桁を載せたり。假棧橋上にはデリック（動臂起重機）2 臺を載せたる可動棧臺 4 臺の移動に用ふる線路（軌間 3 呎 6 吋）2 線及材料運搬用輕便線 5 線（内 2 線は混凝土用、2 線は土砂用、1 線は一般材料用とす）を敷設せり。鋼桁架設には 2 臺の操重車を使用したり。

工事に用假線路の費用	73 346.420
假棧橋總費用	295 078.204
計	368 424.624

第三節 混凝土設備

混凝土混合設備は所謂バッチャー・プラントにて、之を西岸築堤中央に設け、蒸汽運轉の混合機 27 立方呎練のもの 2 臺を置けり。混凝土材料の内、砂利及砂は本線及輕便線に依りて搬入せられ、一旦軌條面下に設けられたる別々の溜に落され、溜の一端にある出口より、夫々のコンベヤーのバケットに移され、15 馬力電動機にて運轉せらるゝコンベヤーに依りて高さ約 55 呎 6 吋の所にあるビンに搬入せらるゝ、ビン内の砂利、砂は夫々計量函を経て混合機に送入せらるゝ。セメントは袋或は樽のまま軌條製のガイドに沿ひ 15 馬力電動捲揚機に依りて混合機材料投入口のレベルに引揚げられ、同レベルに在る給水栓よりの水と共に混合機に入る。

練上り混凝土を配給するには、2 線分を 4 乃至 6 臺のナベトロに入れ、4 噸ガソリン機關車にて假棧橋上をタワー位置に運搬し、タワーよりシュートに依りて橋臺橋脚に配付せり。タワーは初め高さ 105 呎のもの 4 臺を用ひ、各タワーにて 2 箇所に供給し得る様、シュートを取り付けたり。タワー・バケットは容量 27 立方呎にして、捲揚機は 3 基は 30 馬力單胴蒸汽運轉、1 基は 75 馬力電動機付單胴なりしが後、工を急ぐ爲復興局よりタワー 1 基及 75 馬力電動單胴捲揚機を借入れ使用せり。結局 5 基のタワーを用ひ、其の内 3 基を 1 回づゝ移轉して全部の混凝土を完了したり。

混凝土設備の費用

砂 利 置 場	7 776.000
セメント倉庫 (164 坪)	6 400.590
運 搬 線 路 假 設	8 235.844
プ ラ ン ト (混 合 機 を 除 く)	12 816.000
タ ワ ー 基 礎	9 984.000
タ ワ ー 關 係 及 混 合 機	146 130.427
混 凝 土 試 驗 費 及 雜 費	1 413.650
計	192 746.511

第四節 空氣壓搾設備

空氣壓搾設備は蒸汽を動力とし、之を西岸、新線の下流側、田圃中に据附けたり。

潜函用低壓空氣壓搾機 150 馬力、容量毎分 1 062 立方呎、氣壓 50 封度 5 臺。

機械用高壓空氣壓搾機 58 馬力、容量毎分 300 立方呎、氣壓 100 封度 2 臺。

他に冷却器及空氣溜各々 2 臺を附屬す。

蒸汽罐は古機關車のもの、全部 9 臺

9020 型	5 臺
6600 型	2 臺
3400 型	2 臺

他に給水加熱器 26 吋のもの 2 臺を附す。

空氣壓搾設備の費用

用 地 及 増 築 費	5 618.830
汽 罐 室 關 係	
石 炭 棧 臺	2 212.600
機 械 費	3 198.127
基 礎 費	3 564.380
古汽罐加工並据付	41 939.312
上 家	6 423.300
計	57 337.719

壓搾機室關係

機械費 (米國より購入)

	105 987.868
基 礎 費	4 327.414
据 付 費	8 602.599
上 家	6 554.130
計	125 472.011
總計	188 428.610

第五節 可動棧臺

可動棧臺は假棧橋の兩側に敷設したる軌間 3 呎 6 吋の線路上を自力にて動き得る鋼製の棧臺にして、幅 40 呎、長 52 呎、高 15 呎あり、其の重量 50 噸にして 16 個の車輪を有し、上に 6 噸デリック 2 臺を据付けたり。棧臺數すべて 4 臺なりき。

可動棧臺の費用は

製作費 (横河橋梁製作所製) (4 臺分)	54 558.684
組立費	8 777.873
デリック (米國より購入)	143 302.722
デリック組立費	14 490.219
上家	2 133.240
計	223 262.738
可動棧臺 1 臺當り	55 813.185

第六節 鐵管敷設及給水設備

低壓空氣主管は空氣壓搾室より假棧橋の上流側、線路のレベルに敷設せり。其の總延長 3 003 呎 8 吋にして、徑 10 吋のもの 208 呎、徑 8 吋のもの 1 569 呎、徑 6 吋のもの 1 226 呎 8 吋あり、各潛函位置に分岐を設け、尙伸縮繼手 4 箇所を設けたり。

高壓空氣主管は徑 3 吋にして、給水管と共に假棧橋上流側鐵術の中に敷設せり。

工事現場全體の給水の爲 2 箇所にて揚水せり。第一ポンプ場は西岸より約 400 呎の下流側川中に設け、Lawrence 會社製徑 4 吋の蒸汽ポンプ (容量毎分 57 立方呎) 2 臺にて壓搾空氣冷却用及汽缸用水を供給し、又徑 2 吋電動ポンプ (3 馬力) 1 臺にて機關車給水槽、詰所及合宿所に供給せり。第二ポンプ場は第 12 號、第 13 號橋脚の間、假棧橋下に之を設け徑 4 吋及 2 吋の電動ポンプ各々 1 臺を用ひ、假棧橋全長に亘り徑 1 吋及 2 吋の水管を敷設送水し、可動棧臺上の汽缸用水其の他の水を供給せり。尙第一ポンプ場より送水せる壓搾室用水槽より徑 2 吋 1 馬力の電動ポンプにて混凝土プラントの用水を供給せり。

鐵管敷設の費用は

材料消耗品用具費	39 319.146
工費	5 748.767
計	45 067.913

給水設備の費用は

ポンプ機械	3 026.875
-------	-----------

設 備 費	12 263.903
上 家	70.000
計	15 360.778
總計	60 428.691

第七節 空 氣 閘

空氣閘は直徑 6 呎、高 11 呎の鋼製圓筒に上下の兩扉を取付けたるものにて、人の出入の際の氣壓増減に用ふる徑 $1\frac{1}{2}$ 吋の瓣及管竝に材料出入の際の氣壓増減に用ふる徑 4 吋の瓣及管、及潛函内部よりの信號用汽笛を取付けたり。又氣閘係 (Lock Tender) の作業に便する爲木造 platform を氣閘の外周に設けたり

空氣閘は一の潛函に對し 2 個を用ひ、全部にて 10 個を購入せり。

空氣閘設備の費用は

機械器具費 (空氣閘 10 個、米國より購入)	154 104.907
工 費	4 094.455
材料消耗品用具費	10 317.733
計	168 517.095

第八節 假 鍛 冶 場

工用機械器具等の修理、部分品補充等の必要上之を西岸に設け、其の面積 58 坪なりしが、猶不充分なるを免れざりき。設備したる機械器具の主要なるものを擧ぐれば、

名 稱	數 量	價 格	備 考
シェーピング・マシン (ストローク 24 吋×16 吋)	1 臺	1 079.296 圓	
旋 盤 (8 尺)	1 〃		濱松工場より借入
ドリリング・マシン (スキニング 22 1/2 吋)	1 組	450.00 圓	
モーター・ドリリング・マシン (手持)	2 臺	230.00 圓	
ハンド・ホール (1 1/4 吋まで)	3 挺	4.436 圓	
ツール・ケラインダー (徑 2 尺)	1 臺	75.660 圓	
酸素溶接器	1 組	174.500 圓	
平行萬力	3 臺		
螺旋切道具 1 式	2 組		
オスター・ダイ・ストック	3 挺		
パイプ・カッター (1 1/2 吋より 4 吋まで)	1 〃		
パイプ・レンチ	5 〃		
火床 (ホド)	3 箇所		

假鍛冶場の費用は

機械器具費	3 000,000
材料消耗品費	335,369
工 費	486,918
計	<u>3 822,287</u>

第九節 電 氣 設 備

其一 通 信 設 備

現場と名古屋交換所との間に直通	1 回線
構内通信用	2 "
現場電話機總數	21 個

其二 電 力

東邦電力會社より電力を購入したるが、其の供給電壓 3300 volt にて、之を電燈用は 100 volt に、動力用は 200 volt に變壓して使用せり。變壓器は 3 kw より 15 kw までのもの、全 kw 數約 300 を備へたり。電動機の總馬力數は約 175 にして、電力の最大使用量は會社の設備等の關係上 100 kw を限度とせり。

照明は壓搾空氣送中及空掘中の潜函は晝夜の別無きは勿論其の他外部作業も一般に晝夜連續のものなれば、現場 7 坪に付き 50 燭 1 箇の割合にて設備し、全燭光 15,000 なりき。

電氣設備の費用は

電力設備費	47 552,800
電燈 "	2 508,000
通信 "	5 228,000
計	<u>55 288,800</u>

第十節 施行足場、進水臺及築島

施行足場は進水したる鋼製潜函を繋留し引續き沈下する時のガイドとして當該橋脚位置に設くる杭打基礎の足場にして、豫め 3 方を施行し置き、潜函鋼製部を曳航挿入したる後、残りの 1 方を施工して完成せり。

進水臺は東岸、新橋の下流に之を設けたり。2 列の杭打を施したる上に尺角の木材を 1/8 の傾斜に取付けたるものなり。潜函鋼製部を組立つるに先だち、進水臺上にクレードル即ち木製滑走棒（軌條及砂利にて加重せり）を据ゑ、其の上に鋼製部を組立て進水の際鋼製部はクレードルと共に進水し、深水部に於てクレードルが其の自重の爲沈下すると同時に鋼製部は水上に浮揚するものとす。

築島は水浅き部分の橋脚に對し木製矢板工を周圍に打ち廻し、内部を高水位より稍々高く土砂にて埋立てたるものなり。

施行足場、進水臺及築島の費用は 21,245,728 円なり

第十一節 雜 設 備

詰所 5 棟	總面積 83	7,517,510
假合宿所 1 棟	" 138	21,306,110
潜函夫 合宿所	" 124	8,563,930
機關庫 1 棟		2,315,280
倉庫 3 棟		4,816,896
材料置場、運搬線、作業上家等		10,543,070
醫務室及治療所		6,201,580
治療用閘 (Hospital Lock) (米國より購入)		19,315,450
治療用閘据付材料及工費		742,037
計		81,326,863

第十二節 準備工事並に設備費總額

以上第二節より第十一節までの諸費用に直營工事材料運賃を加へて合算すれば、

工事用假線路及假棧橋	368,424,624
混凝土設備	192,746,511
空氣壓搾設備	188,428,610
可動棧臺	223,262,733
鐵管敷設及給水設備	60,428,691
空氣閘	168,517,095
假鍛冶場	3,822,287
電氣設備	55,238,800
施行足場進水臺及築島	21,245,728
雜設備	81,326,863
直營工事材料運賃	20,117,950
總計	1,383,609,897
内主要機械器具費	797,095 圓

第三章 潜函の築造

第一節 刃口及潜函鋼製部

刃口 1 箇の重量 3.04 噸、其の製作据付の費用約 948 圓なり。

潜函鋼製部は外板の厚 3/8 吋，内側をアングル等にて補強せり。(附圖第六参照)
其の高及重量を表示すれば

	高	重量(噸)
第 4 及第 5 橋脚の方	15'-0"	各 33.27
第 3 " "	22'-4"	39.98
第 2 " "	29'-8"	46.79
製作及組立を請負としたるが總費用	約 49 562 圓	
其の進水は直營にて施行せるが總費用	約 800 圓	

第二節 型枠及假締切枠

井筒壁内外の型枠には主として鋼製枠を用ひ，厚 1/8 吋の鋼を 3"×4" 及 2"×2" のアングルにて補強したもにて，1 段の高さ 6 呎，外側は 16 枚にて 1 段，内側は 20 枚にて 1 段が揃ふ様にし，全部にて 32 段分，其の重量 133 噸，(製作費 48 110.496 圓)を備へたり。工費は外側 1 段分を組立つるに，デリックを使用する時は薦 5 人，デリックを使用せざる時は薦の外に並人夫 5 人を要し，時間も後者は前者の數倍を要したり。外側の鋼製枠は成績良好なりしも，内側のものは混凝土の爲強く押へられ居るに加へて作業位置亦狹隘暗濕なる爲，取外しに意外に多くの時間と勞力とを要したるに依り，後に木製枠を用ひて之を改良せり。上部軀體型枠も亦鋼製なりき。

潜函の頂面を低水位に定めたる爲，橋脚軀體築造終了迄，高 6 乃至 12 呎の木製假締切枠を混凝土頂部に取付け，水壓又は土壓に耐へしめたるが，陸上潜函にて假締切枠の土中に入るものにありては沈下の際土壓の爲締附けられて潜函より離脱する傾向ありて，之を防ぐに苦心したり。

型枠としては以上の外，作業室内部型枠及井筒天井型枠等(何れも木製)あるが，其の型枠の總費用は

材 料 費	114 487.000
工 費	45 374.888
計	159 841.888

第三節 鐵 筋

鐵筋全量 1 017.385 噸，混凝土 1 立坪當り 0.389 噸，容積の比にて 0.082 % に當る。内 96.278 噸は古軌條，其の他は丸棒なりき。

鐵筋を 1 本づつ潜函位置にて結束する場合と，豫め別の廣場にて 8 呎×10 呎のマットに組立て之をデリックにて吊込む場合と比較するに，後者は材料稍々増加するも，別の廣場に

て手分けして組立て得るを以て工程の進捗する利益ありき。

鐵筋の總費用は

工	費	32 394.993
材	料	135 244.082
	計	167 639.075

第四節 混凝土作業

混凝土材料中、砂利は三瀧川上流高角附近(四日市より電車あり)、木曾川上流穂積附近及町屋川上流桑名在の3箇所のものを用ひ總量 2 321.5 立坪なりき。

砂は木曾川架橋點の稍々上流にて採取納入せしめたるが、總量 1 167.5 立坪なりき。

セメントは豊國及土佐兩セメント会社の製品を用ひ、之を一旦白鳥及四日市倉庫に納入せしめ、此處より現場に運搬使用せり。其の總量は 16 941 樽及 43 203 袋なりき。

：プラントにて練合せ使用したる總量 2 445 立坪にて、1 箇月の最高 752.6 立坪、1 日の最高 39.76 立坪なりき。

混凝土作業の費用は

工	費	
人	夫	賃
	運	轉
	手	給
	料	
	計	44 463.172
材	料	費
セ	メ	ン
ト		
	砂	利
	砂	
	石	炭
	ガ	ソ
	リ	ン
	雜	
	計	237 415.887
總	計	281 879.059

第五節 作業室内混凝土填充

第四節の混凝土作業中、掘鑿作業終了後作業室内混凝土填充の方法は略々永代橋基礎工事の場合に詳述したるもの(昭和2年10月土木學會誌第十三卷第五號参照)と同様なれども、木曾川橋梁の場合には双口外方に基礎を擴大したるを以て、其の部分の混凝土填充には特に注意を拂ひ、氣閘より落下せる混凝土相當の量に達したる頃、潜函夫を入函せしめ混凝土を双口外方に充分突込み且つ搗固めしめたり。此の底部搔均し搗固め作業完了後は潜函夫を一

且函外に出し、混凝土を連続的に打ち込み、混凝土上面が作業室天井に近接せる頃を見計ひ時々函上の瓣を開きて空気を噴かしめ、作業室全體に混凝土の完全に行渡るに便したり。

第六節 潜函及橋脚橋臺築造費

双口及潜函鋼製部				66 151.350	
型枠及假締切枠				159 841.890	
鐵筋組立				167 639.075	
混 凝 土				281 879.059	
計				675 511.374	
混凝土 1 立坪當りの費用					
	混凝土	鐵筋	型枠		合計
工 費	18.185	12.372	65.375		
材料費	97.108	51.652			
計	115.288	64.024	65.375		244.687

第四章 潜函の沈下

第一節 壓搾空氣の費用

汽罐室關係、汽罐使用開始昭和 2 年 1 月 11 日、使用終了同年 5 月 22 日、

使用日數 132 日、焚火延時間 118 26 時、1 日平均 89.6 時即ち 24 時間平均 3.73 臺の使用に當る、使用石炭 2 228.3 噸、1 日當り 16.88 噸なり。

汽罐室の費用は

工 費	16 586.327
材 料 費	33 294.134
計	49 880.461

空氣壓搾室關係、低壓空氣壓搾機運轉延時間 6 940 時、運轉日數 132 日なれば、1 日當り 52.6 時、即ち 24 時間平均 2.16 臺の運轉に當る、又井筒沈下總高 1 011.12 呎にて除すれば沈下 1 呎當り 6.8 時の運轉を要したる事となる。

空氣壓搾室の運轉費は

工 費	16 119.323
材 料 費	1 964.980
計	18 084.303

故に壓搾空氣の費用は

汽 罐 室	49 880.461
空氣壓搾室	18 084.303
計	67 964.764

之を沈下高 1011.12 呎にて割れば 1 呎當り 67.22 圓となる。

第二節 掘鑿及沈下

air on 即ち送氣開始の際は 4 吋の送氣管と空氣閘との双方よりするものなるが、水中潜函に於ては其の憂無きも、陸上潜函にては Blowout 即ち空氣の双口より爆發的に噴出する恐あり。此の爲送氣開始に先だち潜函の周圍を外部より充分拵固むることに注意せしめたり。

木曾川橋梁潜函の理論的沈下圖表、即ち沈下を促進する潜函其の他の荷重と沈下を妨ぐる上壓力、表面摩擦力及支持力等との關係を附圖第七の圖表に示したるが、之に依り木曾川にては一般に沈下を妨ぐる力の比較的大なることを知る。

木曾川橋梁にては沈下を計る爲、先づ双口の下を浚除す。双口の下を全く清掃するも沈下せざる時は、井筒上部の築造を急ぎ又は中空部に注水加重す。然るも猶沈下せざる時は、函内氣壓を一旦數封度上昇せしめて後、逆に氣壓を低下す。此の法は木曾川にて止むを得ず偶々利用したるが、一旦勞働者を函外に出して實施したれば人體に害無しとするも、潜函にとりては俄かに上壓力を除くことゝて、概ね急激に沈下し豫定の高さに停止せず、屢々双口の爲に押し除けられたる軟土の爲に作業室の大部を填充せられ、爾後の掘鑿の能率を低下し、或ひは僅少の障害物の爲に潜函の傾斜を誘致したる等の事あり、爲に成るべく氣壓低下の法を避けしめ、止を得ず此の法をとる時は責任ある監督者の下にて極めて慎重に且つ相當の時間に亘りて之を行はしめたり。

潜函沈下して粘土中に相當没入する時は、函内壓力は之を當時の水頭より計算したるものに比し著しく小となる。一般に木曾川潜函の掘鑿は水頭が 90 呎餘に達せしに係らず、壓力略々 20 封度臺にて之を終りしが、只第 4 號橋脚橋函に於てはポーリングの孔様のものに遭遇し湧水烈しく、之に對し最後に 39 封度なる當時の水頭に應ずる程度の函内壓力を要したり。

1 回 1 潜函内にて掘鑿に従事する人員は使用し得べき堅管數及地質其の他の狀況に應じ 6 乃至 12 名となしたり。掘鑿器具はショベルを用ひ、土砂排出用バケツは容積 13.5 立方呎の鋼製バケツにして、之を堅管 1 本當、2 個を備へたり。1 バケツの排出に要する時間は平均 3 乃至 6 分なりき。

空氣閘の出入は、材料の場合は 4 吋の瓣及管を用ひ成るべく速かに氣壓を増減したれど、人の出入には 1 1/2 吋の瓣及管を用ひ、入函増壓速度は略々 2 封度 1 分、出函減壓速度は略々 1 封度 1 分としたり。尙減壓は階段狀に約 5 封度づゝ減壓しては一旦休止するを原則とせり。

潜函内作業時間は壓力に依りて異なるが、鐵道省の規定に依れば次の如し。

壓 力	純作業時間
20 封度以下	7 時
26 " まで	6
30 " "	5
33 " "	4
36 " "	3
39 " "	2

尙昭和 3 年 6 月壓力 40 封度以上の場合を追加せり。即ち

39 封度までを 40 封度までとし	2 時
42 封度まで	1.5
46 " "	1
48 " "	50 分
50 " "	40 分

以上の標準に依り木曾川にては壓力 20 封度までは 3 交替とし、約 5 日毎に晝夜の兩組を入れ替へ、20 封度を超え 26 封度までは 4 交替とし、26 封度を超ゆれば 6 交替とし、之以上は交替數を増さず、必要に應じ労働時間を適宜短縮して工事を施行せり。尙上記の純作業時間は之を 2 回に分ちて、中間に適當の休憩時間を設けたり。

潜函内温度は全期間を通じて地中に稍々深く進入したる後は略々一定し、攝氏 18 乃至 20 度なりき。

因に外界の温度は 1 月下旬より 3 月までは最寒く夜間は攝氏零度乃至 -4 度に降り、晝間も亦 10 度を昇ること稀なりき。4 月に入り漸く暖く夜間 6 度を降ることなく晝間平均 20 度位なりき。5 月に入り更に暖く夜は最低 9 度平均 13 度なりき。

附圖第九の沈下狀況表は實際の沈下高、其の際の函内壓力、築造の高さ等の關係を示せるものなり。

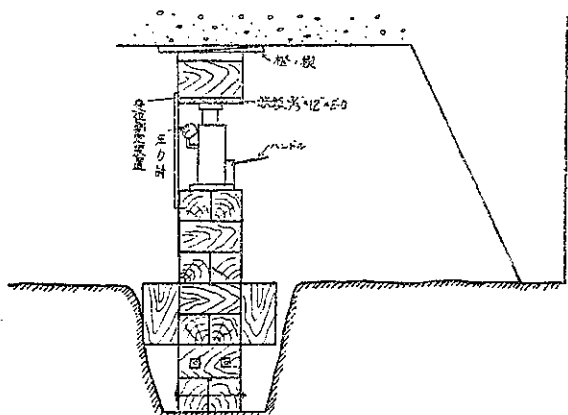
第三節 地質及地盤の耐荷力

地質 木曾川架橋地點の地質圖 附圖第九 に見らるゝ如く、地面より約 30 呎は細砂にて何等雜物を交へず、稍細に過ぐるも混凝土用とし得る程度なり。此の層を過ぐれば、砂は粘土及貝殻の細片を含みて黒色となる。此の層の厚さ 20 呎乃至 25 呎にして、下方は次第に牡蠣殻を増す。而して其の下に綠鼠色粘土を藏す。木曾川橋梁潜函の底は皆此の地層中にありて、其の耐荷力は試験の結果、毎平方呎 2.2 乃至 3.4 噸と推定せらる。其の試験方法を次に述ぶ。

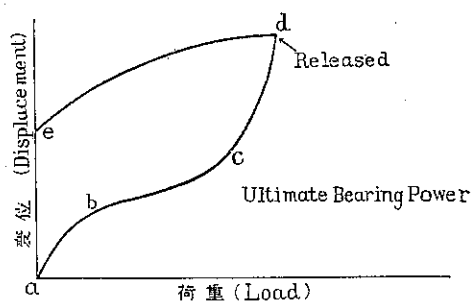
荷重試験の方法 荷重試験を施すには、先づ作業室内にて中央地盤を双口より約 4 呎位掘下げ、其の試験面積を 4 平方呎にとる爲 12 吋角、長 2 呎の木材 2 個を徑 7/8 吋のボルト 2 本にて縫合せて該地盤上に据ゑ、其の上更に 1 段ボルトにて縫ひたる木材を重ね、

其の上に 12 吋角、長 2 呎の木材を適宜重ねて略々天井との中間にオイル・ジャッキを置き、其の上には又前同様の木材を天井とジャッキとの間に置き、天井との間に 徑の楔を打入れて充分に緊締す。尙變位測定用尺をジャッキの側に、上端をジャッキ上の木材に固定せしむ。オイル・ジャッキは大阪内田鐵工所の製作に係り、容量 35 噸、壓力計は油の壓力と共にジャッキの受くる荷重を英噸にて表示す。試験地盤を 4 呎餘掘下ぐるは、負荷に依つて周圍地盤の隆起の現象を除去せんが爲なり。(第一圖参照)

第一圖



第二圖



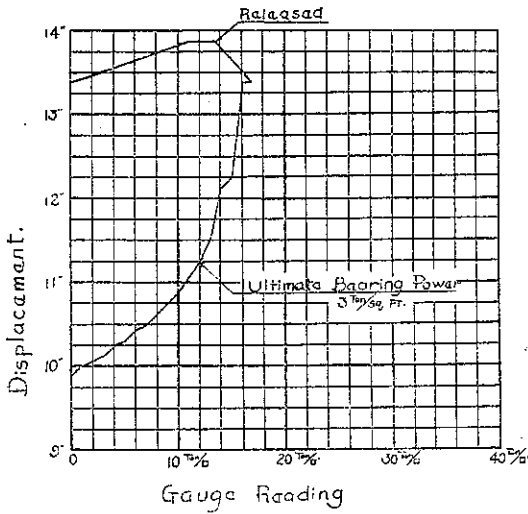
かくて、オイル・ジャッキを動かし地盤に負荷せしめ、其の荷重と地盤の變位とを測定し、其の荷重と變位との關係を圖表に調製し、之に依りて該地盤の最大耐荷力を推定せり。ジャッキ負荷の速度は毎分毎平方呎に付き約 0.25 噸の割合にて 1 分毎に荷重と變位とを記録せり。(第三圖 A, B, 参照)

荷重と變位との關係曲線は一般に第二圖の如くなる、即ち曲線中 ab 部は積重ねられたる装置全體が荷重の爲に沈定するを示し、地盤の沈下を示すものに非ず。木曾川の場合 5 噸位に達すれば、愈地盤の沈下のみを示すに至る。即ち bc 部の状態にて、曲線は略々直線狀となる。かくて或所まで荷重を増加すれば、單位荷重を増す爲に要する變位が急激に増加し行き、遂に何程變位を増すも荷重のゲージは進まざるに至る。即ち cd 部にて、最大耐荷力を超えたる状態を示す、次に遂に荷重を除去する時はマイナスの變位を起し de の如き曲線を描く。即ち幾分彈力性的の性質を表示す。

上述の方法に依り試験したる結果の耐荷力は西橋臺を除き他は悉く 2.2 乃至 3.4 噸の間にあるを以て決して充分ならず。従つて第一章に於て壓搾空氣法の特長として擧げたる如く双口外縁より外方に約 45 度の角度に粘土を切り下げ耐荷面積を擴大したり。其の外方に向つて水平距離最大 4 呎に及べり。

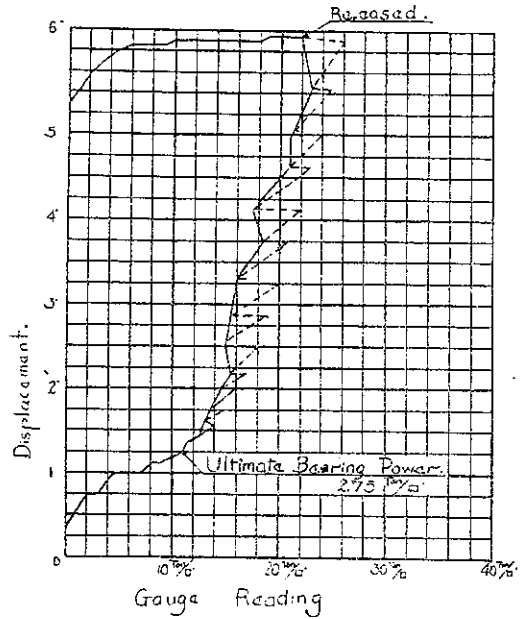
第三圖 A

耐荷力試験記録 第 23
 潜函——第一號橋脚用
 日時——5 月 12 日自午後 8 時 3) 分至同 10 時 1 分
 双口高度——(-)45.90 呎
 地盤高度——(-)50.00 呎
 耐荷面積——4 平方呎
 地質——綠鼠色粘土



第三圖 B

耐荷力試験記録 第 24
 潜函——東橋臺用
 日時——5 月 19 日自午後 0 時 7 分至同 1 時 22 分
 双口高度——(-)21.40 呎
 地盤高度——(-)23.00 呎
 耐荷面積——4 平方呎
 地質——貝殻交り細砂



第四節 掘鑿及土捨費

可動棧臺運轉費

四の棧臺 (八のデリックを載す) の 1 月初めより 5 月末までの運轉費は

工 費	12 672.000
材料費 (石炭 660 噸他に油クリース等)	10 822.880
計	23 494.880
潜函 1 箇所に付	1 807.222
潜函の高さ 1 呎當り	22.270

掘鑿費は

機械 (空氣壓縮機、可動棧臺等) 運轉費	91 459.644
正味掘鑿費	58 727.120
堅管空氣開取付其他	84 182.698
計	234 369.462

呎までは壓搾空氣工法にて沈下したり。東西兩橋臺の壓搾空氣工法に依る沈下は前章に包含せらるゝを以て、本章には兩橋臺の開函法に依り沈下せる部に付き記述す。

開函法は通例の井筒沈下の方法と同じく或深さはポンプにて水替して空掘し大部分は容量 3/4 立方碼のクラムシエル・バケットを用ひて掘鑿し、一般に沈下を助くる爲相當量の軌條を荷重として上部に積載せり。

開函法に依る沈下の費用は、

工 費	5 181.897
機械運轉費	800.000
計	5 981.897
沈下 1 呎當り	162.463 圓

第六章 本工事の組織及費用

第一節 工事組織 (人件費)

木曾川橋梁工事の計畫設計及工事準備は技師柳生義郎氏之に當りしが、同技師歐米留學の爲轉任後筆者之に代りて工事の實施に當れり。又大正 15 年 6 月より昭和 2 年 4 月まで 10 箇月間、米國紐育 Foundation Co. の技師 C. Craft 及 T. Finn の兩氏顧問として計畫及實施に付き助力したり。

工事酬なる頃の組織を述べれば、主任の下に庶務、工事、工務及醫務の 4 係を置けり。庶務は書記 4 名、雇 6 名及傭人より成り、庶務、物品、會計の他に輸送係を置き、輸送係書記は之を運輸事務所兼務として特に材料輸送の關係を圓滑ならしめたり。工事は潜函工事の主體なる築造、掘鑿及機械の 3 係に分ち囑託 1 名及技手 3 名を以て全般の統轄をなさしめたり。掘鑿係は雇 10 名及傭人 12 名より成り、築造係は技手 4 名、雇 16 名及傭人 10 名より成り、機械係は技手 2 名、雇 8 名、機關方 50 餘名及工手數名より成る。機械係には電氣關係の者を含む。工務は潜函鋼製部組立、線路關係、建物及設計の係にして技手 4 名、雇 3 名及傭人數名より成る。醫務は潜函病の豫防及治療、潜函夫の採用試驗等を主とし、其の傍一般工事従事員の保健衛生を司るものにて、醫員 3 名、藥劑師 2 名、助手 1 名及看護婦 3 名より成り、治療用開室 (Hospital Lock) を設けたる外、別に醫務室を建築せり。

潜函夫應募人員 386 名にして、體格試驗合格者は 222 名なりしが、實際潜函作業に従事せし者は最多き日にて 127 名なりき。

全工期を通じ潜函延人員 7 871 名にして、潜函病發生數 70 名、即延人員の 0.94% に當り皆全治せり。其の内譯は第二表の如くにして、第 2 號及第 4 號の 21 名を最高とし、東西兩橋臺、第 6 號、第 8 號及第 10 號にては 1 名の發生をも見ざりき。

第 二 表 潜 函 病 發 生 數

潜函番號	發生日	潜函	潜函病發症數	計	潜函番號	發生日	潜函	潜函病發症數	計		
第十一號	2. 21	22	1	11	第四號	4. 26	37	1	21		
	22	26	6			37	7				
	23	28	4			38.5	3				
	28	27	1			40	2				
第九號	2. 22	21.5	1	2	第七號	21	21	1	3		
	26	27	1			34	1				
第十三號	23	23	1	1	第五號	22	36	4	9		
	24	27-30	2			39	3				
第三號	3. 28	26.5	1	3	第一號	23	39	6	21		
	28	28	3			27.5	1				
第十二號	28	28	3	3	第七號	5. 16	27.5	1	3		
	28	28	3			27.5	3				
第二號	4. 21	31.5	2	3	第一號	17	27.5	1	4		
	22	34	1			19	33	4			
	24	32	2			合計					70
	25	34	1								
	35	35	1								

尙空氣間内にて氣壓増減の關係より發生せる耳鼻の患者は合計 74 名なりき。

工事掛員の諸給與額を示せば

職 名	人員	金 額
技 師	1	4 335.880
判 任 官	18	16 367.250
雇 員	75	30 541.040
術 人	50	17 666.250
醫員其他	8	6 643.590
外人技師	2	100 000.000
計	154	175 524.010

第 二 節 本 工 事 費 總 額

第二章の準備工事に對し、本工事の費用を集計すれば、

井筒鐵沓並に潜函鋼製部	66 151.350
土砂受臺	6 561.920
直營直轄人夫給額	334 262.566
材料費	662 804.090
建築用具費	43 978.660
運送費	3 000.000
電力料	20 000.000
計	1 136 758.586

第 三 節 下 部 工 事 費 總 額

準備工事費	1 338 609.897
本工事費	1 136 758.586
人件費	175 524.010
計	2 695 892.493

内主要機械費	797 095.000
橋梁延長 2 839 呎 3 吋なれば 1 呎當り	
工 事 費	668.768 ^円
主要機械費	280.741
計	949.509
潜函井筒の費用のみを其の總高にて除すれば、高さ 1 呎當り	
準備工事費	約 1 350 圓
本工事費	〃 1 000 圓

工 事 所 感

木曾川橋梁下部工事の結果に就て感想を述べれば、

第一 準備工事費は總費額の半を超ゆ。是れ洪水期を避けて嚴冬を含む數個月間に主要なる準備より跡片付までを完了すべき爲、設備は皆充分の容量となしたると、主要なる機械類を米國より購入したるとに依ること勿論にして、其の大部分は今後の工事に於て活用せらるべきものなれども、將來壓搾空氣作業並に一般土木用機械製作及使用に習熟する際には、之等設備も亦廉價となり且つ能率を發揮すべく、改良せらるゝと共に相當に簡易化せらるべきものと考へらる、換言すれば壓搾空氣潜函工法普及の爲、其の工事設備を簡便にして必要な程度に止むることは今後最も緊要の事なるべし。

第二 潜函の理論的沈下圖表を比較すれば明瞭なる如く、木曾川橋梁に於ては、隅田川の永代橋等に於けると異なり、沈下荷重は常に沈下抵抗に比して充分ならず、従つて築造の進行速度が直ちに潜函沈下の速度を決定する結果となるを以て、掘鑿沈下よりも築造に主力を注ぎ、鐵筋の組立、型枠の組立取外し等に就て急施の方法を講じたれども、猶常に掘鑿に充分の餘裕を存せしめたり。此の點に就ては此の種地質に於ける潜函の設計と施工との上に一層の研究を要すべきものと考へらる。

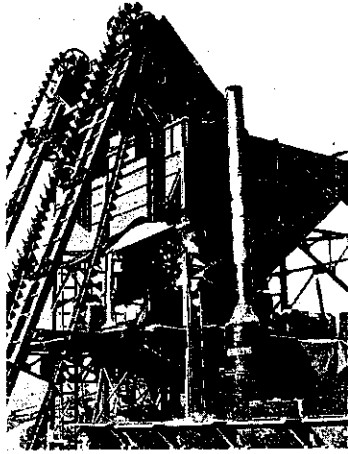
第三 豫め混凝土の材料、配合等の研究をなす爲の時日等の不足なりし恨あり。施行の結果其の費用、勞力及工程に及ぼす影響の尠少なからざることを痛感するものなり。

第四 勞力に關しては直轄即ち直扱職工人夫並に供給職工人夫（請負人の）の兩者を併用したるが、本工事の如き急施を要し而も屢々臨機の處置を要するものにありては、比較的地位安定し従て忠實なる直扱職工人夫の有効なりし事は論を俟たず。其の事務上の煩雜を増すの不利を償ひて餘ありしものと信ず。

本稿起草に當りて材料蒐集其他につき所員 鈴木美英、坂本雅雄兩氏の勞に負ふ所多し、記して感謝に代ふ。

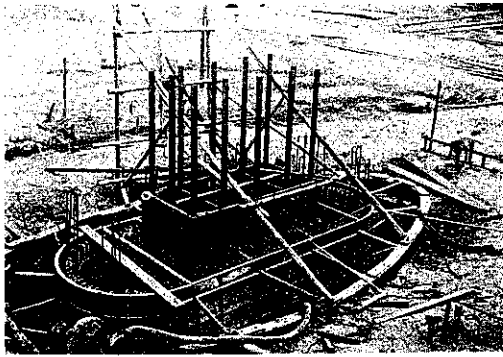
尙新設木曾川橋梁は昭和 3 年 6 月 1 日開通せり。（完）

寫眞第一



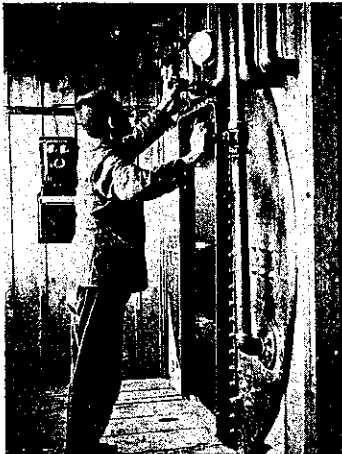
コンクリート・プラント

寫眞第三



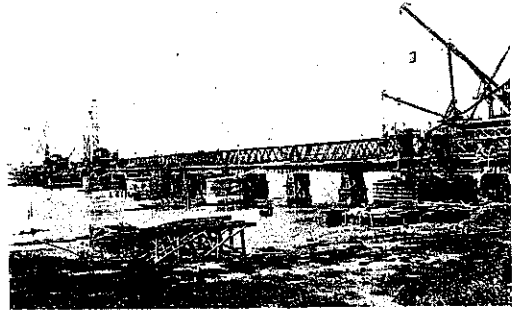
潜函上部締切枠内にて橋脚軀體の築造準備

寫眞第五



療養氣間 (Hospital Lock) 入口

寫眞第二



橋脚軀體完成せるもの及潜函沈下中のものあり。前景左方にあるは進水臺にして其の水に近き所にクレードル見ゆ

寫眞第四



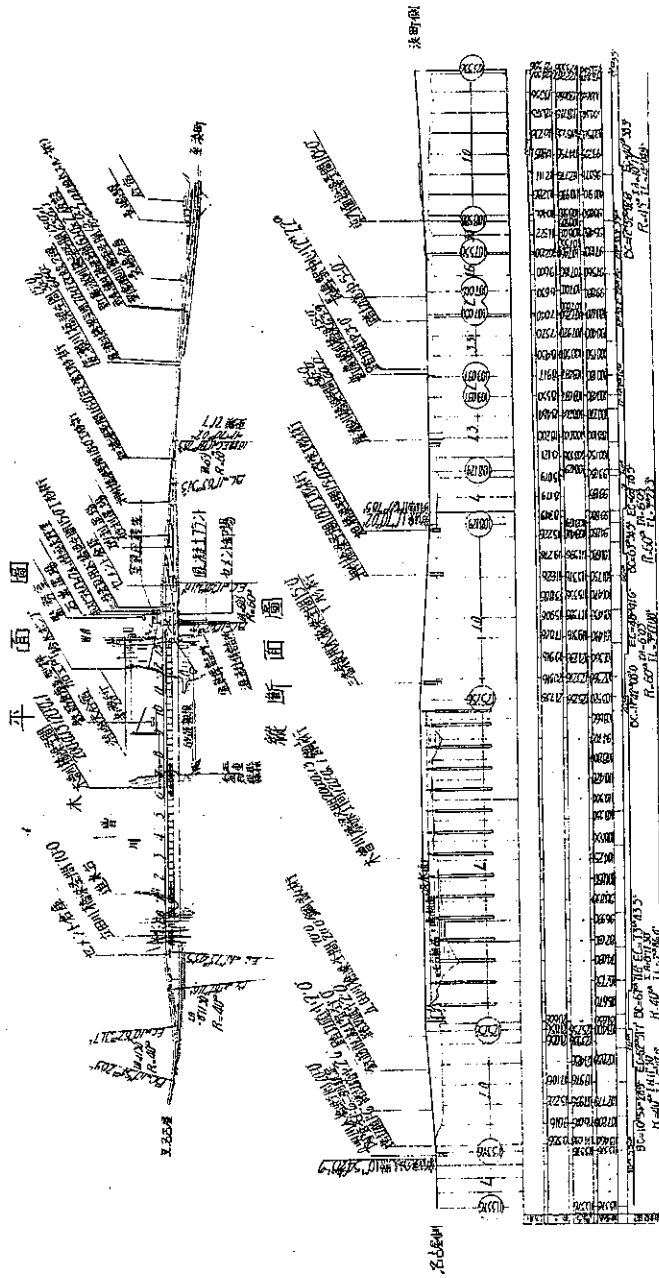
潜函内掘鑿 (バケットの上方潜函天井中に堅管の下端見ゆ)

寫眞第六

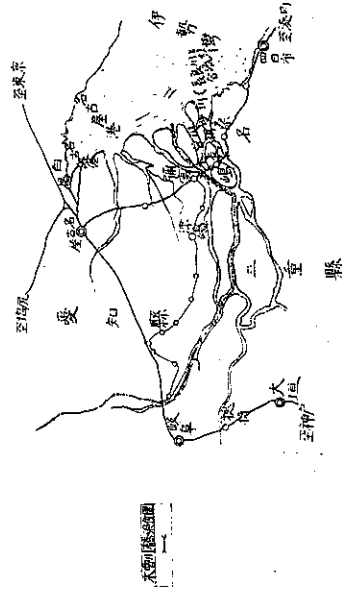


完成せる木曾川橋梁 (桁桁 200 呎 13 連及 120 呎 1 連 昭和三年六月一日開通)

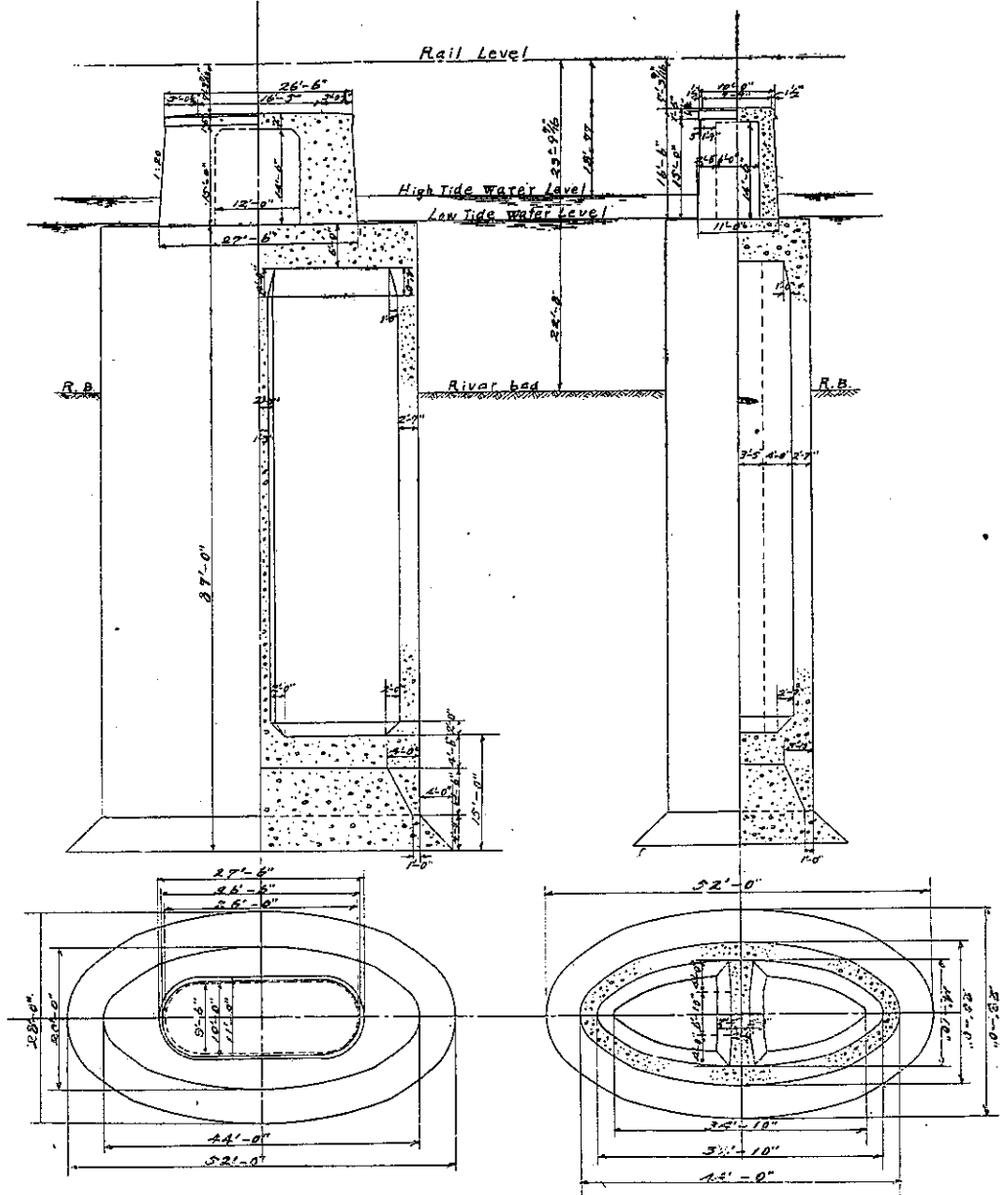
附圖第一 關西線木曾川橋梁附近一截圖



現場附近平面圖

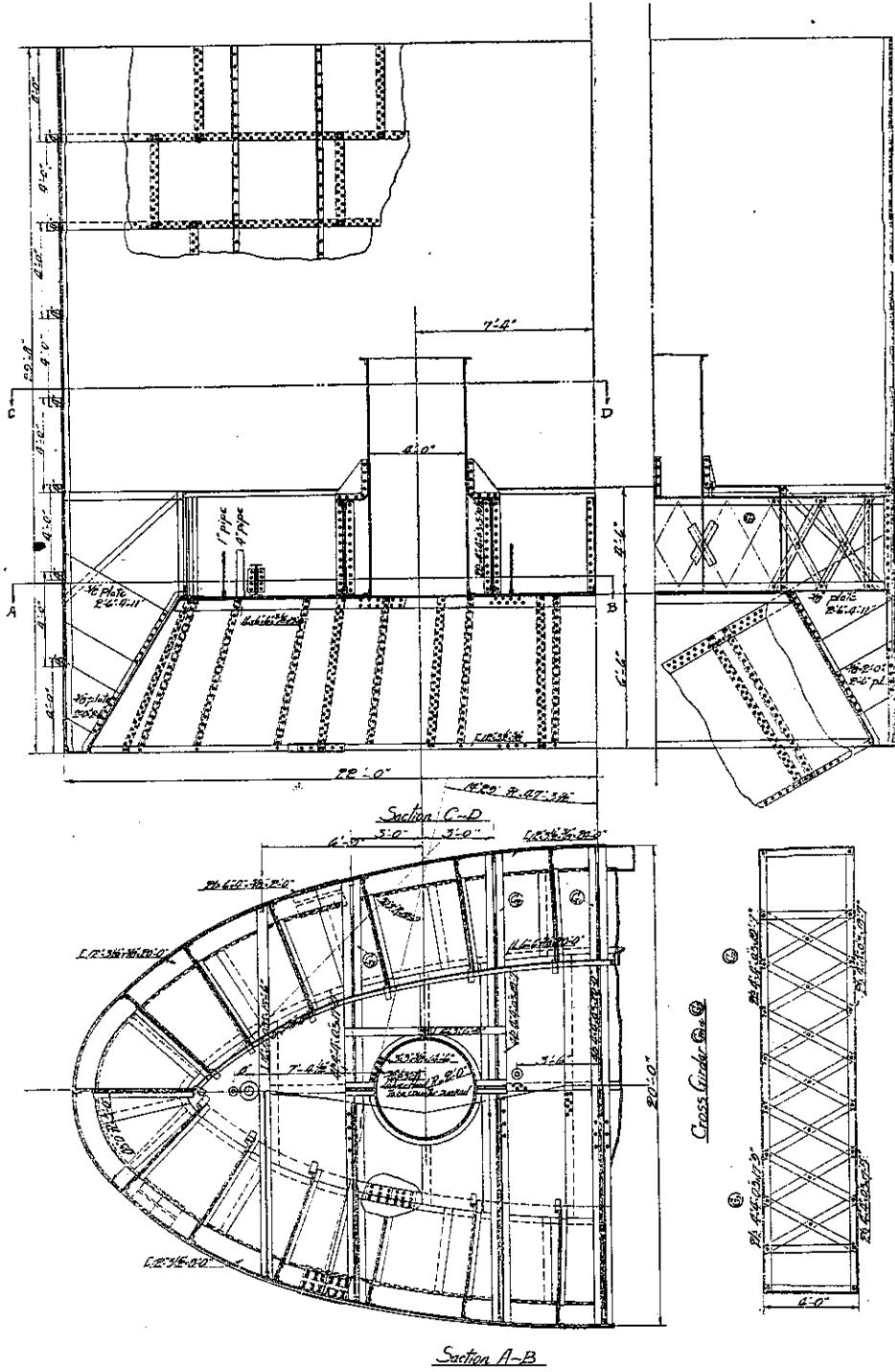


附圖第二 關西線木曾川橋梁橋脚及井筒圖



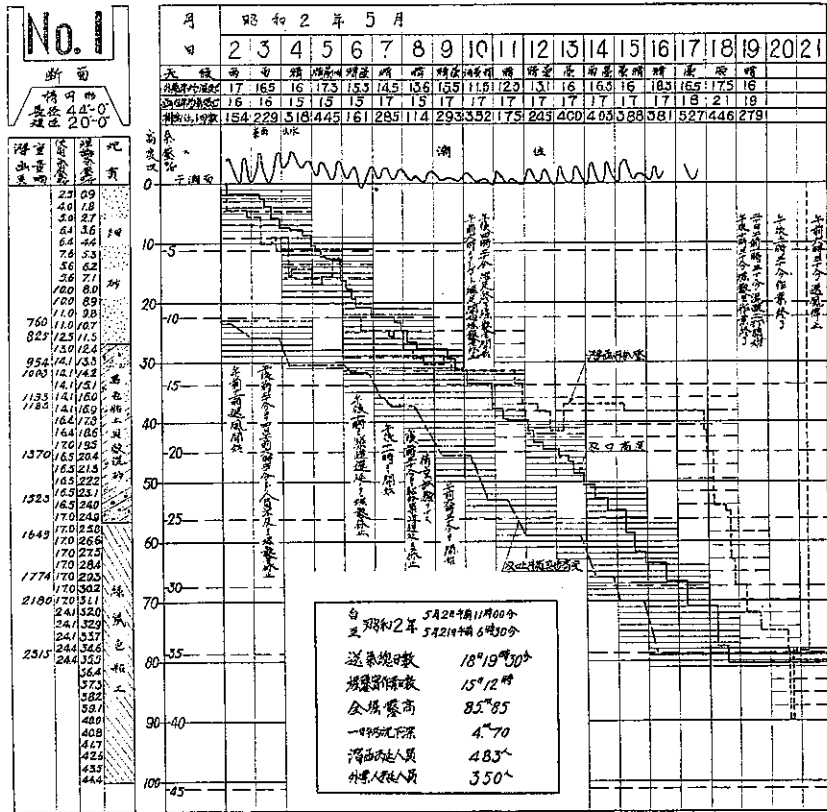
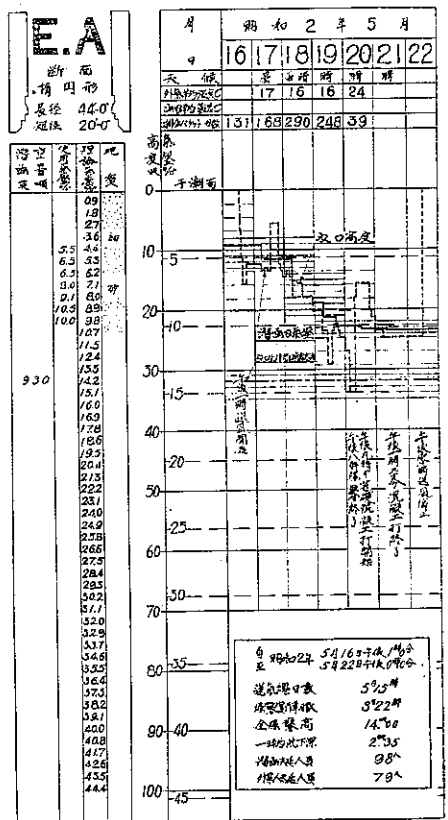
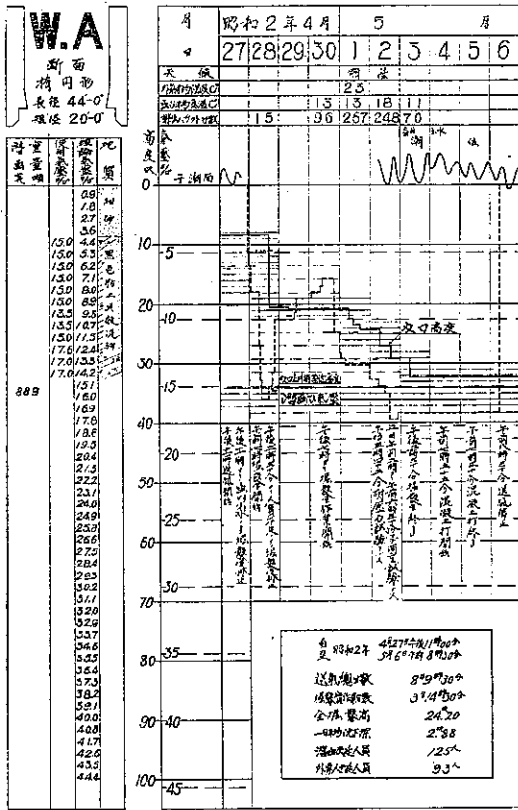
(此井筒係由河床面起算)

附圖第六 關西線木曾川橋梁灣區鋼製部之圖



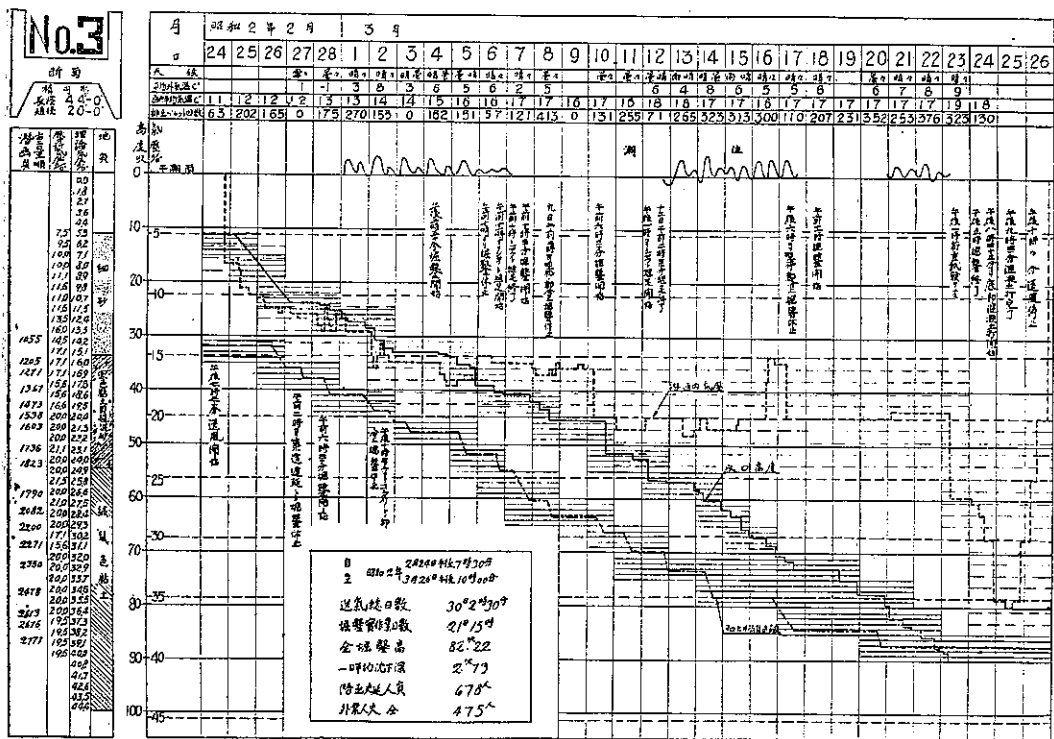
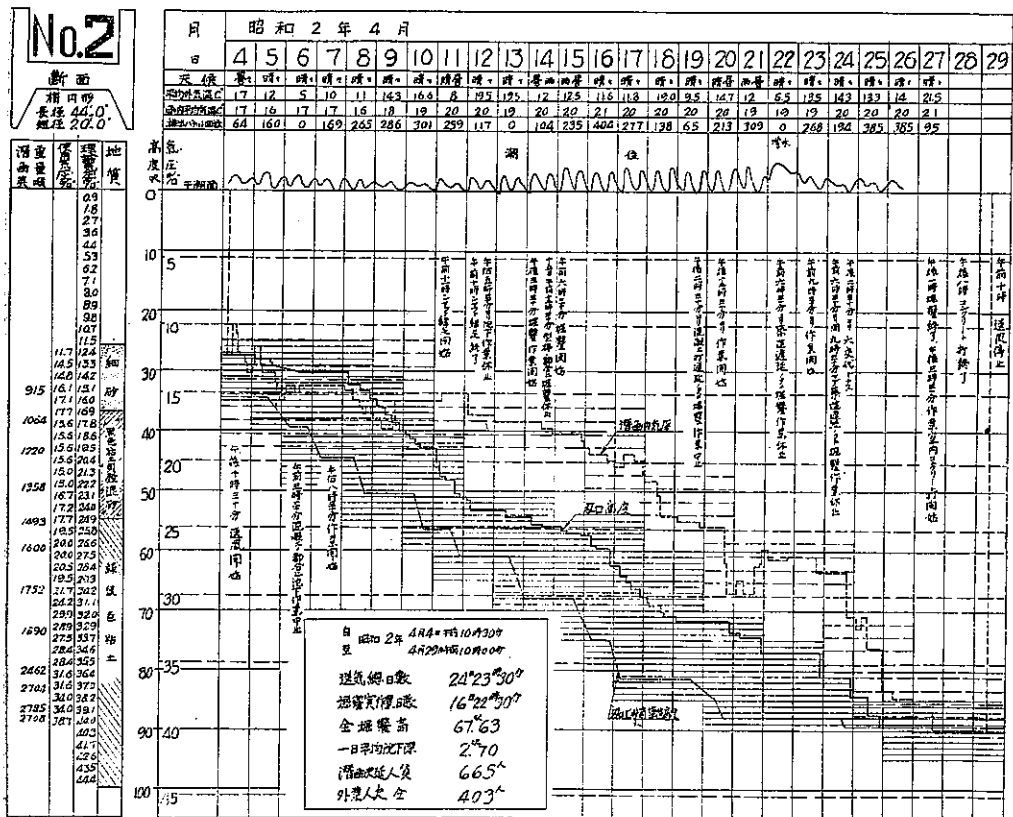
土木學會誌第十五卷第四號附圖

附圖第八 (其一)



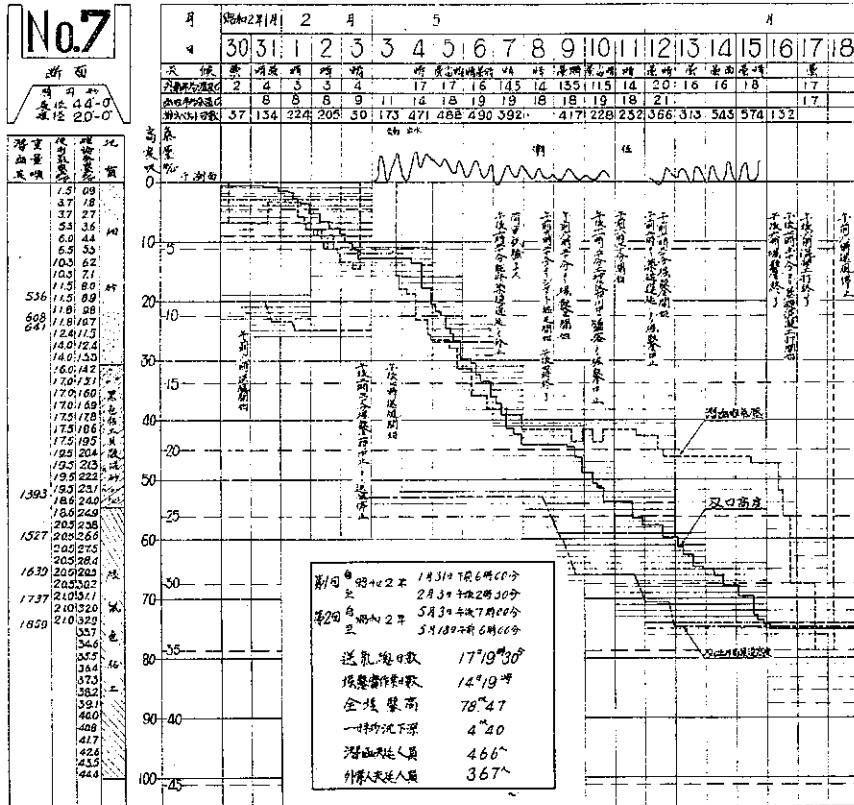
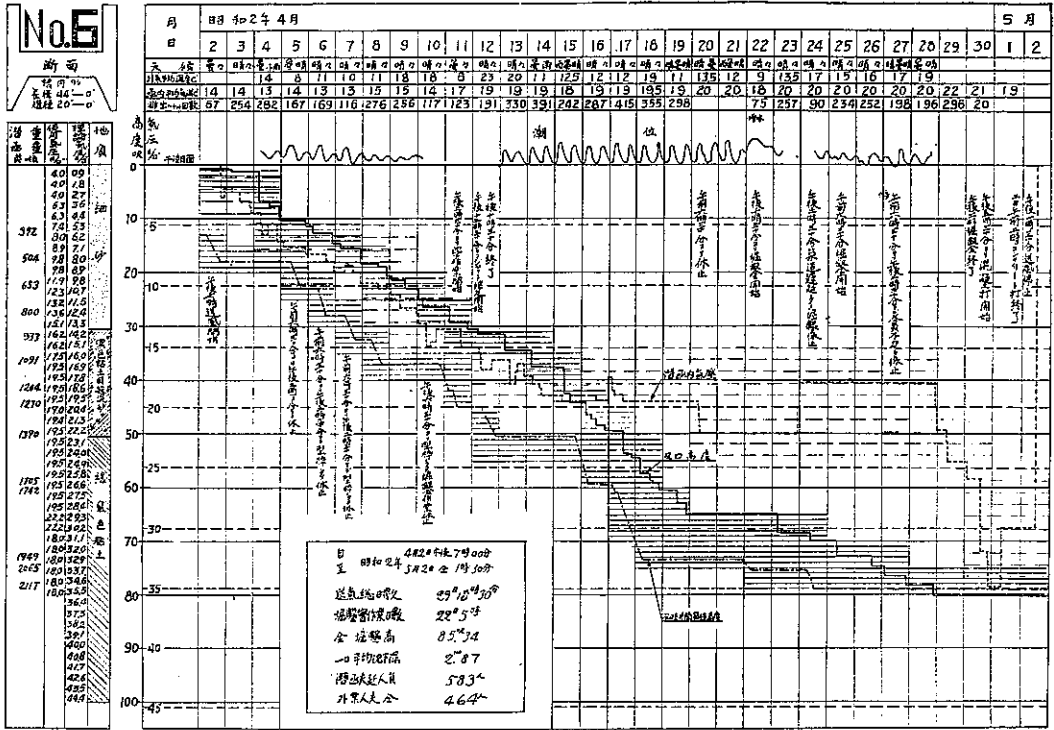
(土木學會誌第十五卷第四號附圖)

附圖第八 (其二)



(上) 水防会誌第十五卷第四號附圖

附圖第八 (其四)



(土木學會誌第十五卷第四號附圖)

