

論 說 報 告

第 27 卷 第 11 號 昭和 16 年 11 月

玉石交り砂礫層の河川に設けたる取水堰基礎 止水壁潜函工事の一例

正會員 内 海 清 温*

要 旨 河床が玉石交り砂利層なる河川に設けた取水堰に於て、可動堰部基礎止水壁は、築期による工法を以てしては湧水夥しく短期完成は不可能であり、且つ莫大な費用を要するにより、壓氣潜函工法を採用し合計 11 基を沈設して好結果を得た。本文は其の工事報告である。

1. 取水堰の概要

本取水堰の構造は圖-1 に示す如く、右岸 192m は固定堰とし左岸 98m は可動堰とした。可動堰は径間 20m 高 4.5m のローラー・ゲート 3 門と排砂路及び舟筏路各径間 7.5m、高 5.0m のローラー・ゲートより成る。排砂路の直上流左岸に取水口を設け之より本流の水を取る。

取水位は治水上の要求から略在來の平水位と限定されてゐる。従つて極めて低い取水堰ではあるが、河床は何處まで掘つても玉石交り砂利層であつて構造物の基礎を岩盤に置くことが出来ない爲、少なからぬ考慮を要したのであるが、結局、可動堰部には壓氣潜函を固定堰部には井筒を夫々上下流 2 列に沈設して基礎たらしめ、兼ねて止水壁の用を爲さしめた。基礎止水壁の設計條件を掲げれば次の如くである。

基礎止水壁設計條件

1. 玉石交り砂利層に於て重量大なる上部構造物を載せても沈下せぬこと。
2. 洪水により上下流が洗掘されても上部構造物が傾かない様な根入を有すること。
3. 水の滲透漏洩を阻止する爲その滲透距離を充分大にすること。
4. 當発電所は本流より取水する外に、對岸の既設発電所放水をも利用する必要がある。然るにその発電所放水は既に充分砂を除かれた水であるから、之を一旦本流に放出し本流の濁流と混じて後、再度洗砂せしめることは徒らに大なる洗砂設備を必要とすることになり、効果は却つて低下する。故に此の水は基礎止水壁體內に管路を設け、之によつて河川を横斷せしめ沈砂池下流に於て初めて本流より取水した水と合流せしめるのが、遙かに合理的であり且つ經濟的であること。
5. 工期が極めて短かく湧水期が僅かに 2 回であり、加ふるに施工數量龐大である爲、到底湧水期間内の施行だけで完成することは困難である。従つて工事中必ず多少の出水に遭遇すべく、その爲に致命的な被害を蒙らない工法を採り得ること。

壓氣潜函は以上の諸條件を完全に満足し、其の他工程が確實なること、狀況に應じての設備變更少きこと等の利點を有し、且つ機械掘付に適當な場所が存在するので、總ての點に於て適切な工法なりとの結論に達したのである。

* 工學士 日本發送電株式會社 建設部長

固定堰部には重要な上部構造物が無いので潜函に代ふるに井筒を以てした（之に就ては次の機会に報告する積りである）。

圖-1a. 取水堰一般圖

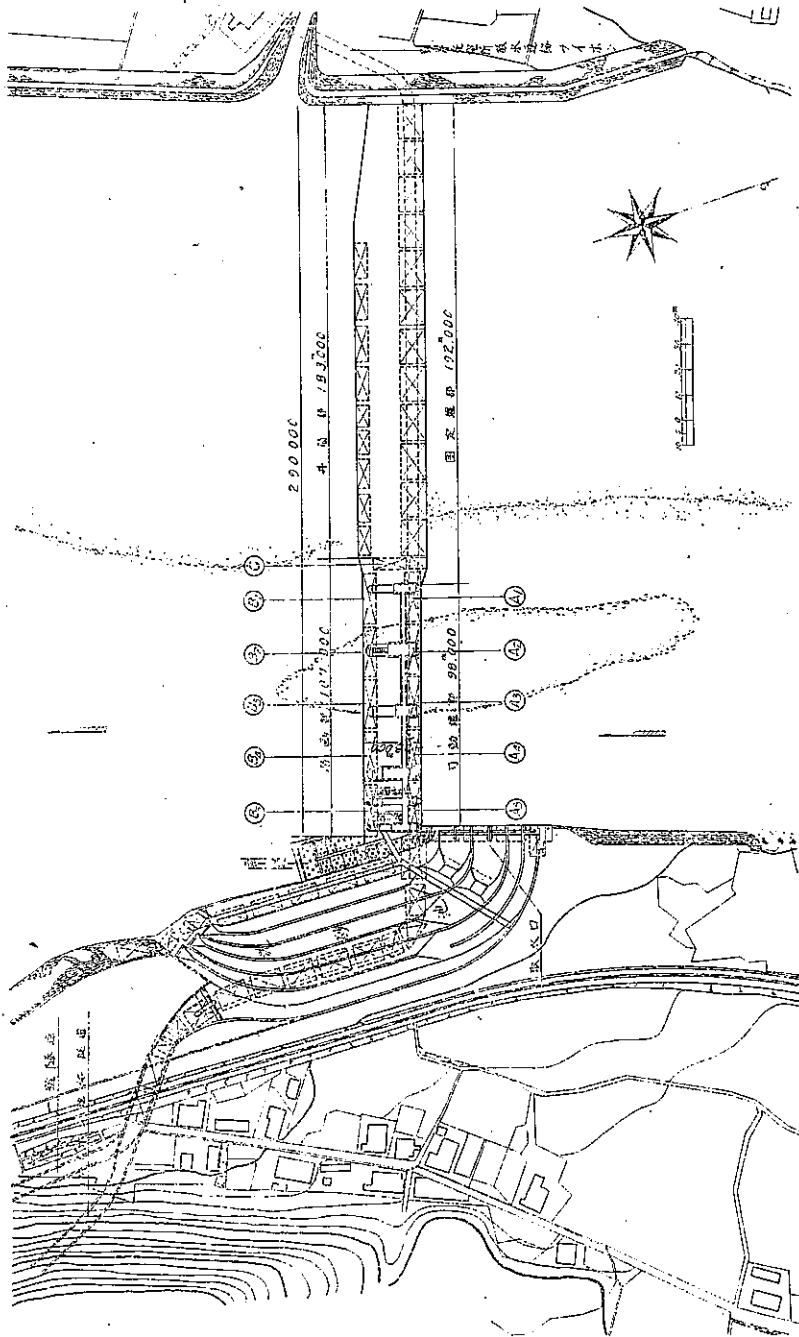


圖-1b. 取水堰正面圖

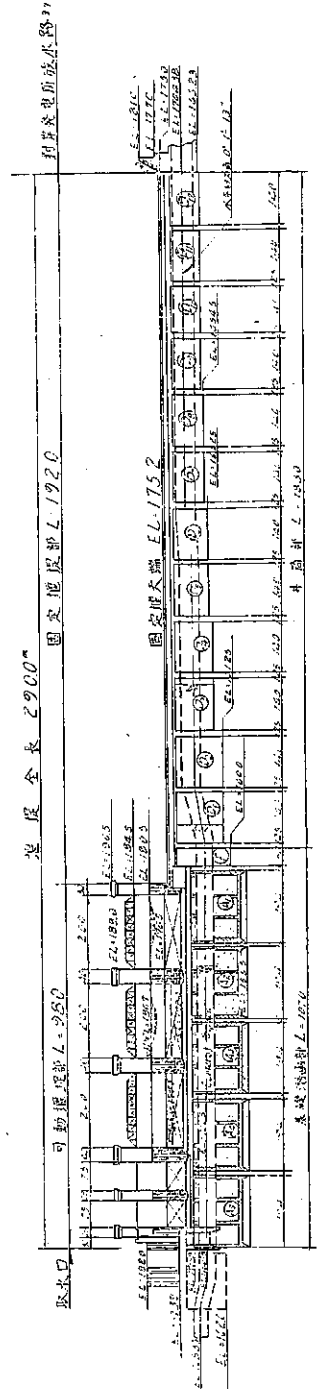


圖-2a. 取水堰模型

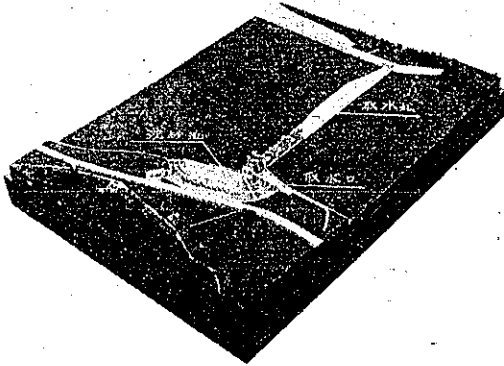


圖-2b. 下流より可動堰部を見る模型

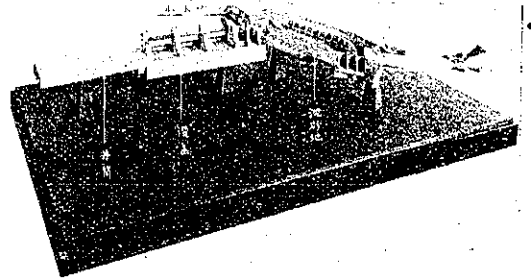
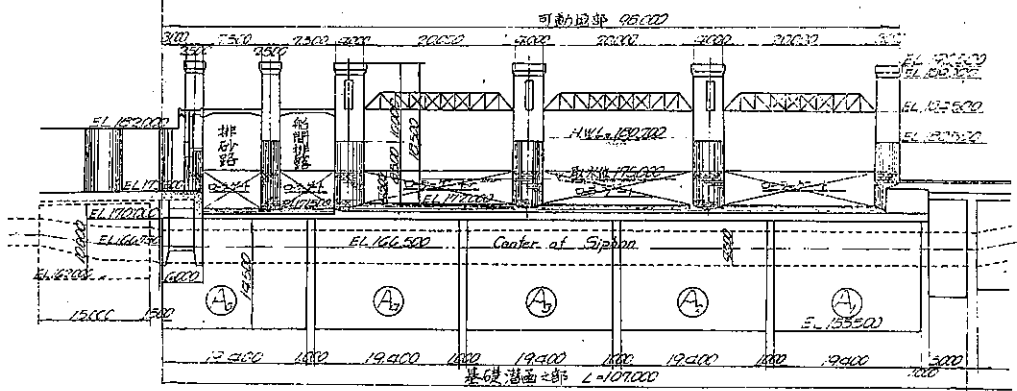
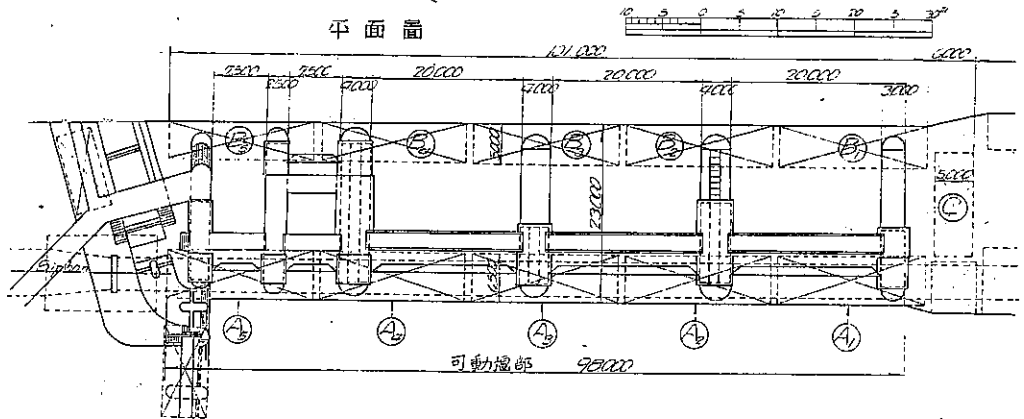


圖-3. 潜函配置圖

正面圖



平面圖



對岸の既設發電所の放水は上流側の各井筒及び潜函軀體を貫いてサイホン水路を設け、之により右岸より左岸に導いた。此の水路は更に洗砂池の下を潜つて洗砂池下流に至り本流よりの取水と合流する様になつてゐる。

2. 潜函の設計

a. 配置

潜函は A 型、B 型及び C 型の 3 種に分ち、何れも鉄筋コンクリート造り矩形で A 型は上流側に、B 型は下流側に夫々圖-3 及び圖-4 の如く配置した。潜函沈設の後その間の継手接續を行つたこと勿論である。

b. 函體の設計

1. 各の寸法は表-1 の如くである。

圖-4. 潜函部断面圖

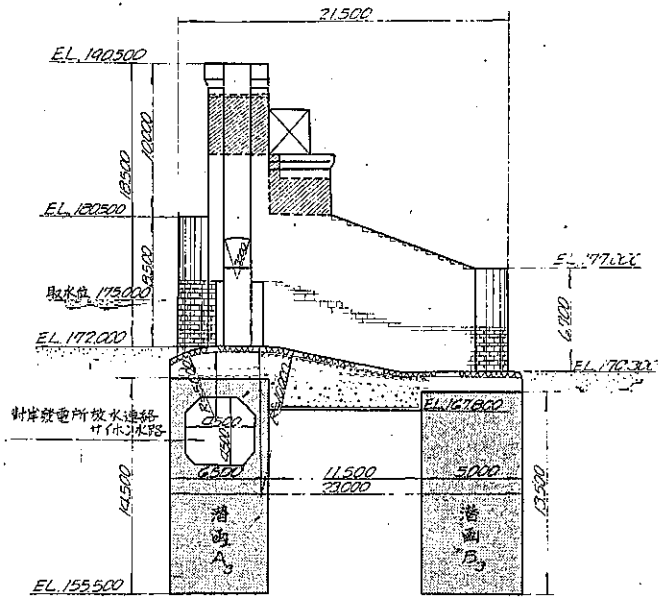


表-1.

種 別	基 数	基 礎 面			高 (m)	壁厚 (m)	中仕切壁厚 (m)	鉄筋量 (t)
		長 (m)	幅 (m)	面積 (m ²)				
A 型	5	19.40	6.70	129.98	14.50	0.80	0.60	48.7
B 型	5	19.40	5.20	100.88	13.50	0.80	0.60	35.0
C 型	1	13.70	5.20	71.24	13.50	0.80	0.60	24.7

2. 作業室 (圖-5)

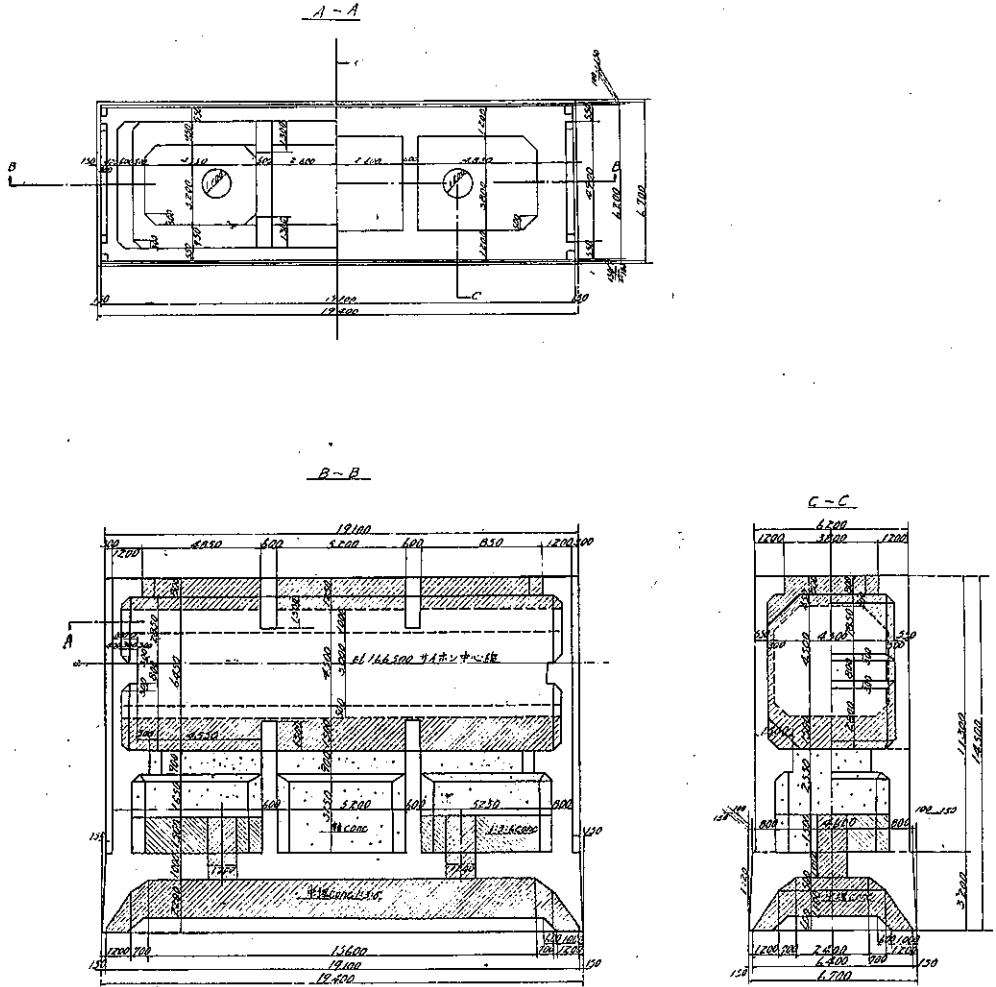
- 寸 法
- 高 さ……………2.2m
 - 天井厚さ……………1.0m
 - シャフト孔……………徑 1.2m 2 箇所 (但 C 型は 1 箇所)
- 設 備
- 送氣用排氣用鐵管……………徑 4 吋 2 本
 - 電燈線用鐵管……………徑 1 吋 1 本

3. 接續部側壁 A 型潜函は互に接續して、サイホン水路を貫通せしめる爲、この部分の側壁は壁厚を半減して 0.4m となし後に取替すに便利なる様考慮した。

4. 双口 双口は下幅 150m として第一期工事の分は外側を垂直にしたが第二期工事の分 6 基には約 1:20 のテーバーを附した。沈下にはテーバーの有る方が好成绩であつた。双口金物は溝型鋼 150×75×75 を使用し、外側に鋼板 300×9 を取付けたが、後に述べる様に沈下促進用にダイナマイトの爆發を行つた爲内側が損傷するに より、第二期工事の分には内側にも鋼板 500×9 を以て補強し好結果を得た。

c. 實施工程

圖-5. A型潜函寸法圖



河川は毎年 11 月中旬から翌年 4 月迄は略濁水期である。故に此の濁水期を利用し、昭. 13. 12. 1. 着手、翌年 6 月末迄に洗身部を外れてゐる A₁, A₂, B₁, B₂ 及び C の 5 基を完成したる後、洗身を右岸に切換へ昭. 14. 11. より昭. 15. 6. 迄に残り 6 基を完成した。前者を第一期工事、後者を第二期工事と呼ぶ。

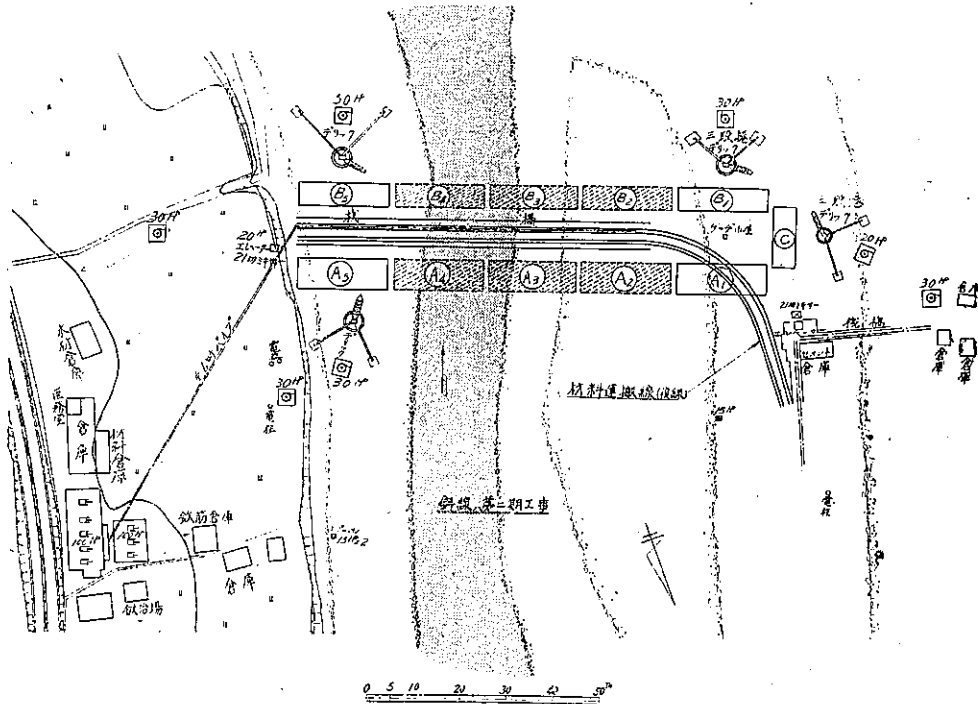
3. 施 工

a. 設備 (圖-6)

1. 空氣壓搾並に送氣設備 左岸に存在する平坦地を選び空氣壓搾機室を設置し、空氣は 6 吋鐵管で冷却器に連絡し更に空氣溜槽を通じて鐵管で現場に送られ、ゲージ小屋を経て 4 吋ホースに依つて潜函に送る。ゲージ小屋には減壓瓣と 2 個の壓力計を備へて送氣幹管、潜函送氣管及び作業室内の氣壓を判然たらしめると共に常に番人を附して氣壓の調節をなした。

次に主なる機械設備を列擧する。

圖-6. 第一期工事施工状況圖



- 空気壓縮機.....100HP 100#/口' 19m³/min 3300 Volt.....10 臺
- ".....40HP 100#/口' 5m³/min 220 Volt.....1 臺
- 空気冷却器.....徑 1.2m, 高 3.1m.....1 臺
- 同上用渦巻ポンプ.....口徑 3 吋, 10HP.....2 臺
- 壓力計.....22 個

2. 沈下掘鑿設備

- 起重機.....ブーム長 60 呎, 30 呎, 6t 複胴 3 段巻.....5 臺
- 土砂バケット.....容量 0.5 m³.....16 個
- 氣閘.....内徑 1.8 m.....9 個
- シャフト.....内徑 1.2m, 長 3.0m.....35 本
- 鑿岩機.....40HP.....4 臺
- スコップ.....500 挺

3. コンクリート設備

- ミキサー.....21 切練, 20HP.....2 臺
- 同上用タワー.....鐵製, 高 30m.....2 基
- ポンプ.....口徑 4 吋, 15HP.....2 臺

4. 電氣設備 電力は 2 つの變電所より受電し, 相互に切換運轉可能ならしめ不時の停電に具へた。夜間照明には投光器 500 ワット 20 個を設備し, 又潜函作業室内照明用には電球 60 ワット 150 燈を使用した。

5. 医療設備 醫務室、治療室、醫療間を設備し、潜函病の治療及び負傷者の處置を爲した。潜函病罹病者は總計 62 名で何れも 20 $\frac{1}{2}$ "/" 以上の氣壓に於て發生を見、症狀輕微の中に處置し全部回復した。

6. 修理設備 鍛冶工場を設け又製材機 (15HP) を備へた。

b. 掘鑿狀況

1. 函體築造 函體は所定の位置に地均らしを爲し、水中の部分は築島して刃口金物を据付け、周壁及び作業室の型枠鐵筋組立を爲し、之と同時に作業室天井に堅管、送氣管及び電燈線用鐵管を取付けて、第一節 3.2m のコンクリートを打つ。自後 2.5~3.5m を 1 節として順次打足して行く。沈下掘鑿は第 2 節の硬化を待つて開始する(圖-7)。

2. 掘鑿作業 掘鑿土砂は 0.5m³ 入バケットをスティフ・レッグデリック・クレーンにより堅管を通して外部の土砂置場に卸した。クレーンは潜函 1

基に就き 1 臺を配屬した。今 1 節(第一節を除く)築造に要する人員及び日敷を掲げる。

型枠組立	3 日	毎日大工 10 人	人夫 5 人
鐵筋組立	3 日	鐵工 5 人	人夫 3 人
コンクリート打	1 日		人夫 40 人
養生	6 日		

作業室内には 20~25 人の潜函夫が掘鑿に従事した。基礎面積 4~5m² に就き 1 人の割合である。各労働者の作業時間は 8 時間(中 1 時間休憩)で 1 日 3 交代とした。

3. 沈下狀況 深度 4m 迄は玉石無く潜函自重も大なるため、沈下量大で 1 日 40~80cm の沈下を見たが、深度 6m 以下は徑 0.3~1.5m の大小玉石現はれ、之がため 1 日數回ダイナマイトで爆破を行ひ、或は空爆發を爲して衝撃を與へつゝ進行した。

更に深度が増すにつれて周圍摩擦力増大し函體自重が不足にて沈下不能となつたので、深度 10m 前後より函體空間部に水を入れ、次で砂礫を填充して荷重を増した。

深度 13~15m に至り大玉石層存在し沈下一段と困難となつたので、刃口下の各玉石に鑽孔してダイナマイトを装填し(各々の孔に 1~3 本宛 1 回に 10~20 本、1 本は 75 gr)、爆破を行ひ玉石を破碎すると共に驅體に衝撃を與へ周圍摩擦力を減じ、同時に排氣して揚壓力を減じて沈下を促進した結果大いに効果を擧げることが出来た。

深度 14.5m 以上になると(B型、C型は 13.5m)函體高さが不足することになる故、上部は箱枠を組立て之にも砂礫を填充し荷重を増加した上、函内排氣と發破を相變らず併用して所定の深度迄沈下完了した。

發破には休憩時及び交代時を利用したこと勿論である。各潜函にて行つた爆破回数は表-2 に示す。1 日平均沈下量は表-3 に示す如くであつた。又實際沈下の模様は第二期工事 B₂ 潜函のものを圖-8 に掲げる。

c. 封塞コンクリート

圖-7. B₁ 潜函驅體築造作業

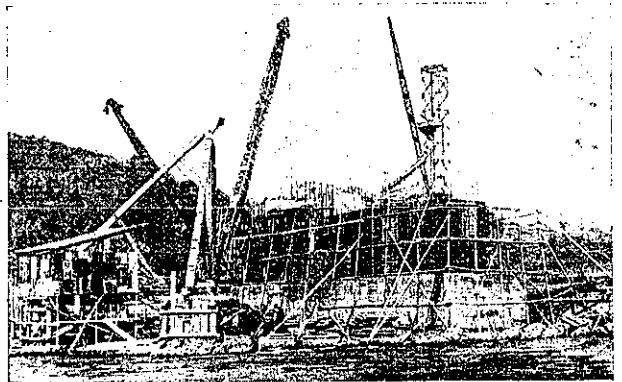
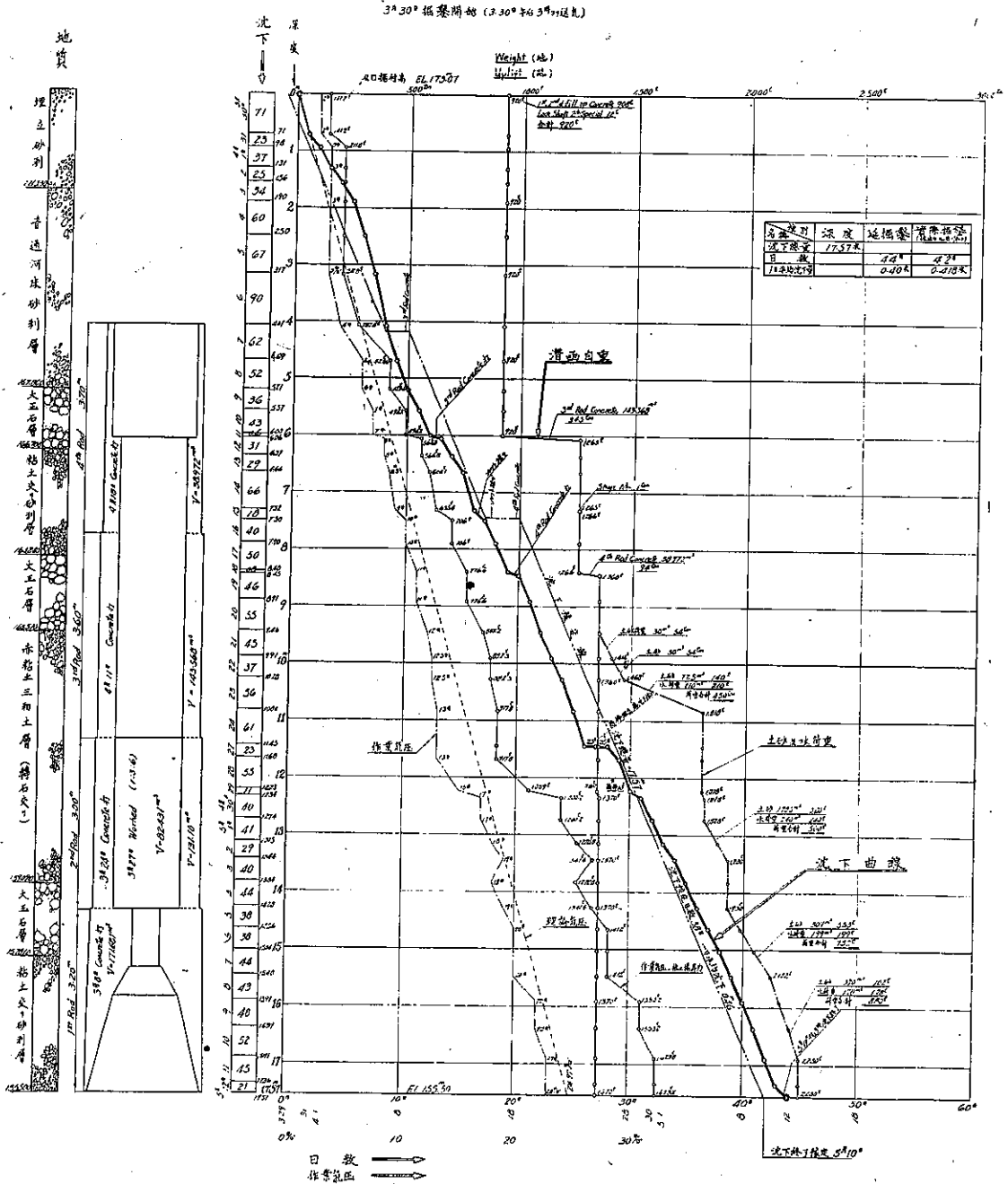


圖-8. B₂ 號潜函沈下一覽圖



潜函が所定の位置に沈下終了すると、次に作業室内に封塞コンクリートを填充する。コンクリートはタワーよりシュートを通じ材料間に取り溜め、シャフトから作業室に投下する。作業室では潜函夫が練返しを行ひ潜函の間々迄填充し、0.6~0.7mの厚さになれば潜函夫外出し、更にコンクリートを投下する。他方排気管のコックを時々

表-2. 發破回數

潜 函 名	爆發回數	空爆回數	玉石個數	鑽 孔 數	使用ダイナ マイト(本)	雷管數(個)	
第 一 期	C	34	1	59	59	65	60
	A ₁	104	45	571	725	3 333	2 071
	B ₁	101	15	362	419	741	638
	A ₂	180	12	418	1 039	2 446	1 272
	B ₂	130	8	381	842	1 810	992
	計	549	81	1 791	3 084	8 395	5 033
第 二 期	A ₁	74	53	204	2 310	1 131	1 323
	A ₂	70	77	117	161	1 672	1 720
	A ₃	111	79	453	566	3 324	2 691
	B ₁	80	33	191	253	996	1 005
	B ₂	68	56	223	328	1 205	1 254
	B ₃	97	89	402	528	3 252	2 666
	計	500	387	1 590	2 146	11 580	10 659

表-3. 潜 函 沈 下 量

a. 深 度 別 沈 下 量

深 度 (m)	第一期 1日當り平均 (m)	第二期 1日當り平均 (m)	備 考
0~6	0.345	0.290	本沈下量は掘鑿開始の日より所定深度迄沈下に要したる延日數にて沈下量を除したるもの
6~11	0.164	0.248	
11~15	0.145	0.196	
15~18	0.236	0.233	
平 均	0.205	0.244	
			11~15 m は玉石多し、爲に沈下不良なり

b. 各 潜 函 沈 下 量

潜 函	沈下施工日數	實際掘鑿日數	實際掘鑿 1日 沈下量 (m)			
			最 小	最 大	平 均	
第 一 期	A ₁	64	55	0.05	0.87	0.33
	A ₂	94	75	0.02	0.58	0.22
	B ₁	90	77	0.01	0.83	0.23
	B ₂	71	54	0.01	0.65	0.28
	C	76	59	0.01	0.85	0.23
第 二 期	A ₁	66	47	0.06	1.07	0.37
	A ₂	86	55	0.01	0.79	0.32
	A ₃	70	63	0.05	0.97	0.28
	B ₁	44	42	0.05	0.90	0.42
	B ₂	79	52	0.08	0.67	0.34
	B ₃	90	80	0.05	1.06	0.22

開いて空気を放出しコンクリートを誘引する。排気管のコックを開いた時之よりコンクリートが噴出する様になるが、尙コンクリート投下を續行してゐると、臆てコンクリートの噴出が止む。之によつて作業室が既に満たされたことを知る。斯くて 24 時間其の儘の氣壓を保たしめて硬化を待ち、漸次氣壓を下げて斷氣を爲し、潜函工事を終るのである。

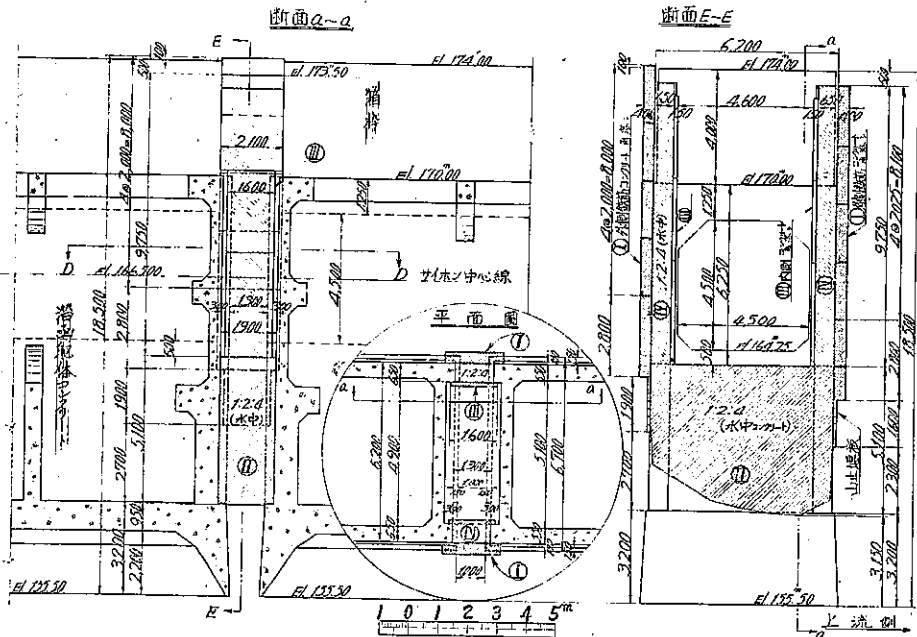
d. 潜函軀體内部

A 型の軀體内部は荷重用砂礫及び水を排除して、先づ天端スラブを打ち出水に際して埋没せられるのを防ぎ、然る後サイホン水路の構築に取掛つた。B 型及 C 型は切込砂利コンクリートを詰め上部 2m は 1:2:4 コンクリートとした。

e. 潜函継手接續工事

1. 掘鑿 各潜函の間隔は 1m であつてその接續工事は潜函工事終了後着手した。その工法は圖-9 の如く土留用として兩側に鐵筋コンクリート角落し、 $(2.0 \times 2.0 \times 0.4)$ I を建込み、その間をクラムシエル・バケツにて掘鑿した。角落し、I の下の際には潜水夫をして中央に掻き出さしめた。角落しは自重小なるため、豫め製作して置いた荷重用ブロック(コンクリート製・2 ton)を積み重ね、或は水中小爆發にてショックを與へて次第に沈下せしめ

圖-9. A 型潜函継手接續圖



ると共に、順次上部へ繼ぎ足して 5~6 個に及べば、最低角落しの下に山止堰板を嵌め込みつゝ、2m 内外を掘鑿し更に中央部を掘越する。堰板の厚さは 10 cm である。

2. コンクリート 掘鑿が終了すれば A 型潜函継手はサイホン水路構築のため、設計水路敷より 50 cm 下迄水中コンクリート II を施工、その厚さを平均 4m、最大 5m とした。斯くて底部は出来上つたが側壁が上述の土留角落しのみであるため、未だ水替不能である。依つて内側に第二角落し $(2.5m \sim 3.5m \times 1.6m \times 0.15m)$ III を下げ、第一、第二角落し間に水面迄水中コンクリート IV を施工した。養生に 1 週間放置して水替を行つたので

あるが、漏水皆無であつた。第二角落しはサイホン水路構築の際、邪魔になるので用済の後は剝除する必要がある。之が爲豫めグリースを塗布して置いたので容易に剝がすことが出来た。

偕て下流側潜函継手には水路不必要であるので、第二角落を用ふることなく、潜函天端迄水中コンクリートを施し以て止水壁工事を完了する。潜函上部及び上下流潜函の間は箱枠をその儘締切として水替を爲しコンクリートを施し、次でピーヤを打上げたのである。

4. 施工數量と設備費

施工數量	軀體コンクリート(1:2:4)	6 145.34 m ³	設備費	電力設備費	14 500 圓
	中埋コンクリート(1:3:6)	1 598.27 "		機械損料	191 360 "
	サイホンコンクリート(1:2:4)	1 409.86 "		機械運搬費	12 825 "
	上部填充コンクリート(1:2:4)	1 140.69 "		現場設備費	26 220 "
	切込砂利コンクリート	3 017.46 "		雜品費	38 000 "
	箱枠	2 308.60 m ²		醫療費	8 200 "
	上土掘鑿	985.00 m ³		災害保険料	23 300 "
	潜函沈下掘鑿	21 068.00 "			
	殘土處理	22 053.00 "			

尚ほ潜函継手接續工事のみに要した勞力費は A 型 4 ケ所にて 14 940 圓、B 型 4 ケ所にて 3 590 圓であつた。

5. 結 語

玉石交り砂利層に於ける潜函工事にては、玉石除去の巧拙が沈下進行に影響する處大であるが、本工事に於ては潜函夫を幾分多く入函せしめて之に當らしめ、又爆破に依つて破碎した。爆破に對しては双口内側に鐵釘を取付けることにより損傷を防ぐことが出来る。

表面摩擦力は圖-8 より算定せられる如く、平均 2.5 t/m² 位と推定される。之に對し水並に土砂荷重と空爆破衝撃と氣壓減とを共用して好結果を得ることが出来た。

壓搾空氣の消費量は詳細な調査は困難であるが、砂利層である爲確かに漏出量が多く、潜函周囲或は多少離れた箇所から漏出するのを認める事屢であつた。然し本潜函 1 基をその最終深度 18m に達せしめるには、100HP 容量 19 m³/min の空氣壓搾機 2 臺を使用すれば作業可能である。大河川下流部の水力開發は多くの場合基礎に岩盤無く砂礫の堆積層なる爲、取水堰は止水壁が堅固なるや否やによつて、その死命を制せられる。壓氣潜函工法は井筒工法と共に斯かる地層に適切であり、掘鑿方法継手接續工法も上述の如くにして解決せられるのである。