



Title	壓搾空気潜函鉄筋コンクリート酷寒電気養生施工報告
Author(s)	板倉, 忠三; Itakura, Chūzo
Citation	北海道大學工学部彙報, 2, 128-170
Issue Date	1949-09-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40450
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_128-170.pdf



壓搾空氣潛函鐵筋コンクリート 酷寒電氣養生施工報告

板倉 忠三

(北海道大學教授・工學博士)

Research and Execution on Curing of Reinforced Concrete Pneumatic Caissons with Electric Current in Cold Weather

Dr. Eng., Prof. Chūzō Itakura

Faculty of Technology, Hokkaido University.

This is a report on research and execution for curing of reinforced concrete pneumatic caissons in cold weather concreting by Joule's heat, exerted in concrete itself with electric current, for the first time in Japan. This work was a repair work of a steel trestle, planned and executed by the Nippon Electric Generation and Transmission Co., spanning six main wires of 110,000 volts high tension transmission of electricity from Uryū hydroelectric power plant to Sunagawa transformer substation, located on the right bank of the river Ishikari at Shintotsugawa Village, Kabato District, Hokkaido. The repaired trestle was located on the farm yard, about 100 meters apart from the site of the former one, 55 meters high from the ground level and composed of four legs, whose arrangement was 9.259 meters square centre to centre, and their foundations were independent. Between the sinonimous steel trestle on the opposite bank and this new trestle, six main alluminum wires being spanned 652 meters across the river.

The foundation was determined to 14 meters of depth below the ground level, cared for change of the stream line and scouring, and to be executed by four pneumatic caissons. The underground caisson part was a circular cylinder of outer diameter of 3 meters and inner diameter of 2.4 meters. The working chamber of the foot of the caisson was 3.2 meters square and its inner height was 2.45 meters. The total depth of the caisson including the working chamber was 14 meters. The upper part of the caisson, formed the anchor of the leg of the steel trestle, was a truncated circular cone, whose apex diameter was one meter and base diameter 2 meters, and 6 meters high. All parts were of reinforced concrete.

Since this work was to be executed during severe winter, the site was in vast plain and the wind was very violent, so the curing of concrete was considered to be a task of the great difficulty.

By the method of curing with the electric current, investigated and planned and directed by the writer, its merits being reliability of raising and keeping temperature of the concrete, saving of materials for curing and shortening the period of the execution, this difficult work was able to be completed successfully at minimum cost.

The concreting of each caisson was carried out in 8 rods, which were one rod of working chamber, 3 rods of body of caisson, one rod of concrete filling in working chamber, one rod of cover slab after the sand and gravel filling in the body, and two rods of foot anchor of the steel leg of the trestle. Six rods among these eight rods, except the first and fifth rods of the working chamber, were executed with the electric curing.

The concreting was executed in the severe climatic condition, in which the minimum temperature of the atmosphere was about 20 degrees below zero, maximum wind velocity exceeded 10 meters per second and were attacked occasionally by the severe snow storm. Neither sand nor gravel were heated, but only the mixing water was heated to 60 to 70 degrees celcius with electricity. After mixing, the transportation of about 30 meters from mixer to centering was operated with chute. Although the temperature of the placed concrete before switch in, was from 10 to -1 degrees celcius, and the cover was only at the top of caisson with a few sheets of straw-mat, the maximum temperature were raised up to 30 to 50 degrees celcius after 7 or 8 hours' electrifying. As the electrodes, galvornized wires No. 8 B.W.G. and reinforcing bars of diameter 19 and 12 mm. were used, whose spacings were 30 and 50 cm., and sources of 90 and 100 volts of A.C. single phase were adopted.

Centering was removed and the caisson was sunk after minimum 3 days' curing at the temperature of 30 to 40 degrees celcius, by intermittent electrifying, rather quicker than in summer time work. The amount of electric power consumed was totalled to 9,350 K.W.H. for the concrete volume of 172.81 cubic meters, and 51.75 K.W.H. of mean value for one cubic meter. The work was begun on December 1947 and completed on March 1948 before melting of river ice, in spite of the delay of caisson sinking work.

In this paper, many fundamental investigations including the bond test of reinforcing bars, executed in laboratory and in the field before and during the work, are also described.

Contents

I. General description of the work.	130
II. Testings and investigations.	133
III. Design on electricity.	144
IV. Execution.	148
V. Conclusion.	170

目 次

I. 工 事 概 要	130
1. 沿 革	130
2. 工 法	131
3. 工 事 施 行	133
4. 動 力 設 備	133
5. 工 事 期 間	133
6. 工 事 請 負 者	133
II. 試 験	133
1. 概 説	133
2. 基 礎 研 究	134
3. セメントの規格試験成績	133
4. 骨材標準試験成績	136
5. 電氣養生コンクリートの抗折並に耐圧強度試験	137
6. 電氣養生コンクリートの鉄筋との附着強度試験	138
7. 實施構造物の原寸模型試験	140
III. 電 氣 設 計	144
1. 電極の間隔及び電圧の選擇	144
2. 電 極 の 配 置	144
3. 電 力 設 計	147
IV. 施 工	148
1. 概 説	148
2. 潜 函 軀 體	149
3. 潜函床版及び鐵塔支脚	167
4. 消費電力及び消耗資材	169
V. 結 説	170

I. 工 事 概 要

1. 沿 革

本工事は雨龍發電所より砂川變電所に至る電壓 110,000 ボルト幹線送電線路の内、石狩川横斷地點右岸付、樺戸郡新十津川村字下徳富下 4 號川 4 線所在、第 18 號鐵塔の改修工事である。

本鐵塔は昭和 17 年雨龍電力株式會社が建設し、河岸より約 100 m 離れ、普通基礎で施工された。その後毎年出水毎に河岸が缺壞されてゐたが、昭和 21 年秋の洪水に河身が全く變化し、河流は鐵塔個所に激突して洗掘甚しく、翌年春融雪期の出水には倒壞を豫想されるに至つたので、昭和 22 年 3 月應急策として本鐵塔位置より上流約 130 m の地點に假木柱を建てて架線し、これに切替へて送電した。その直後鐵塔部材解體と同時に融雪の出水により倒壞し去つたのである。

然るにこの假木柱建設の位置も同年 8 月、9 月の洪水時には河身が更に偏倚し、河岸は猛烈な洗掘を受けて翌 23 年春の出水には再び流失の懸念が濃くなつたので、茲に根本的改修工事を急ぐ

ことにした。而して工事は冬期に入るので施工には多大の悪条件が重なつてゐたが、叙上の緊迫した状態に鑑み萬難を克服して着工したのである。

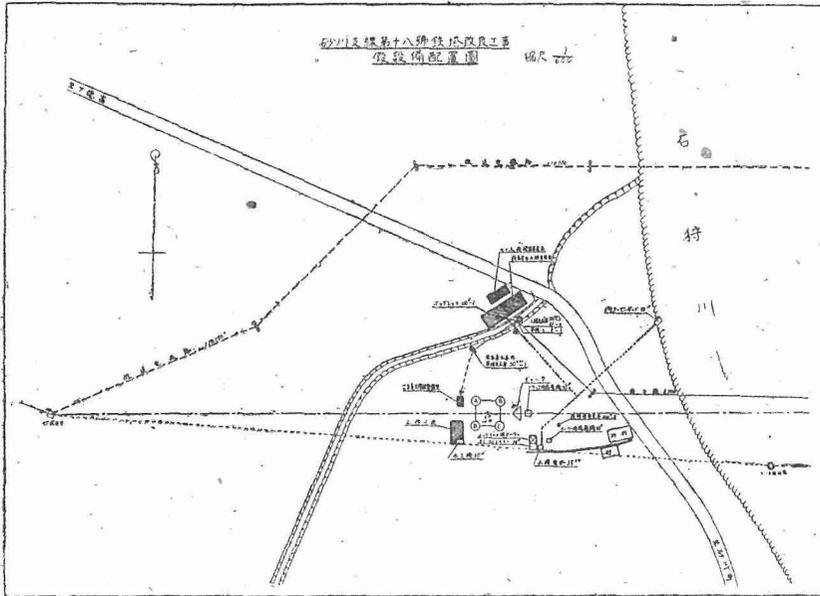


圖-1. 鐵塔基礎工事現場附近平面圖

圖-1 は本工事現場附近の平面圖である。

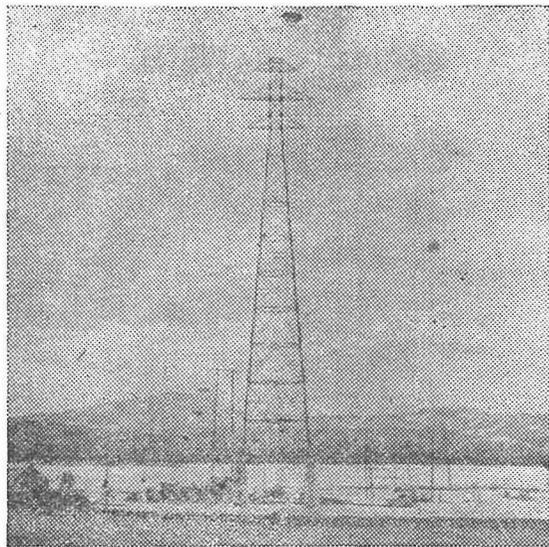
新鐵塔は地表面上高 55 m、ニューム線 6 本架線、石狩川横斷徑間 652 m、4 基の脚柱により組立てられてゐる(寫眞-1 参照)。

新位置は河中になつた舊鐵塔地點より 100 m 後退した畑の中を選んだ。

2. 工 法

工事個所の地質は沖積層より成り、3 m 以下は厚い砂利層である。

基礎の深さは今後の河身移動の状況を顧慮し河中になつても支障の無い様、河川横斷測量の結果を參酌し、現在の河床より下げて地表面下 14 m とした。これに對して諸種の工法を比較検討した結果、基礎根掘の際、流木その他障害物の處理、地下水の湧出等工事の困難を避ける爲、施工の確實性より壓搾空氣潛函工法を採用したので



寫眞-1. 竣功した第 18 號鐵塔

ある。

その構造は鉄筋コンクリート造で 圖-2 に示す通り、地上部は鉄塔支脚で上端径 1.00 m、 下端径 2.00 m、 高さ 6 m の截頭圓錐形、 地下部は潜函としての最小限度外径 3.00 m、 厚 30 cm、 高 14 m の圓筒形、 この内双口、 作業室部は高 2.45 m、 一辺 3.20 m の正方形である。

この施工は酷暑中の作業になることと、 周囲は廣漠たる平原で風強く障壁となるべき何物も無い爲、 コンクリートの保温養生が最大の難關であつた。 これに關して種々考究の結果、 養生保温の確實性、 資材の節約及び工期の短縮等の面より電気養生法を採用することにした。

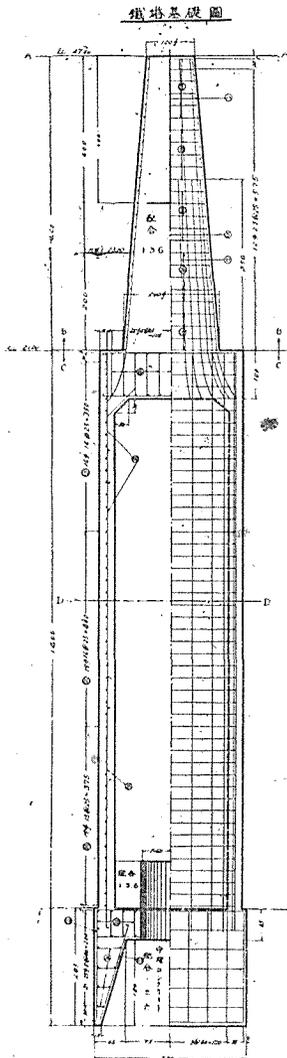


圖-2. 鐵塔基礎構造圖

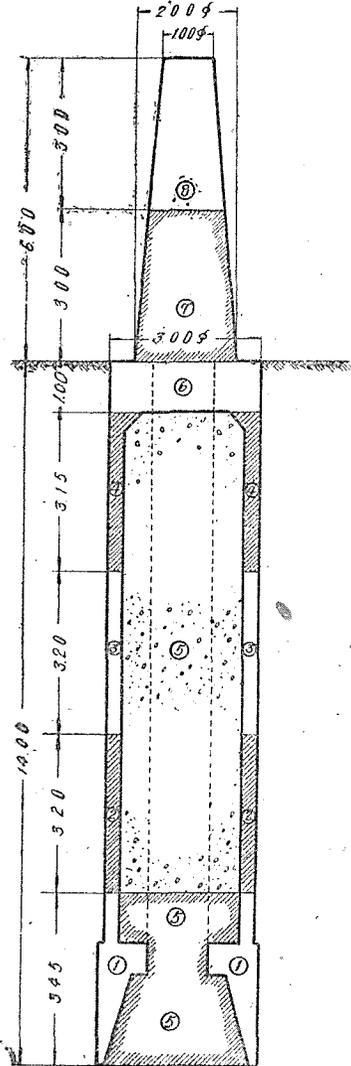
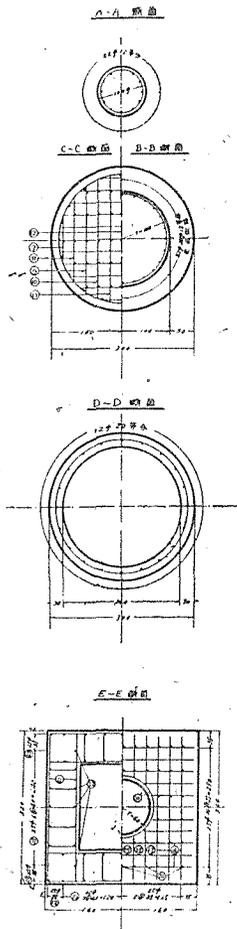


圖-3. 鐵塔基礎施工順序

コンクリートの施工は地下部は双口作業室の外、潜函軀體3回、作業室の中詰、床板、計5回打、地上部は高3mづつの2回打とした。而して潜函軀體の中詰は掘鑿土砂を以て填充したのである。

施工部分の詳細は圖-3に示す通りである。而して双口作業室の第1ロット及び作業室中詰の第5ロットを普通養生とした外、残り全部は電氣養生によつた。

3. 工事施行

本工事は請負工事とし、電氣設備及び電氣養生は日本發送電株式会社北海道支店の直營とした。

4. 動力設備 (圖-1参照)

工事用動力設備は次の通りである。

(1) 送氣設備

空氣壓縮機 日立製 HSD 型式、壓力 4.2 kg/cm²、容量 21.3 m³/min、馬力 100 HP 2 臺
空氣槽 直徑 95 cm、高 3 m 1 臺

(2) 電氣設備

電 動 機	空氣壓縮機用	3,300 V	200 HP	2 臺
	現場諸動力用	220 V	7.5 HP	1 臺
			10 HP	1 臺
			20 HP	1 臺
			30 HP	1 臺
變 壓 器	電氣養生用	110 V	50 K.V.A.	1 臺
	電熱湯沸用		35 K.V.A.	1 臺
	電 燈 用		5 K.V.A.	1 臺

(3) 電 話 1 基

5. 工事期間

着 工 昭和 22 年 10 月 10 日

竣 工 昭和 23 年 3 月 22 日

6. 工事請負者

白石基礎工業株式会社札幌支店

II. 試 験

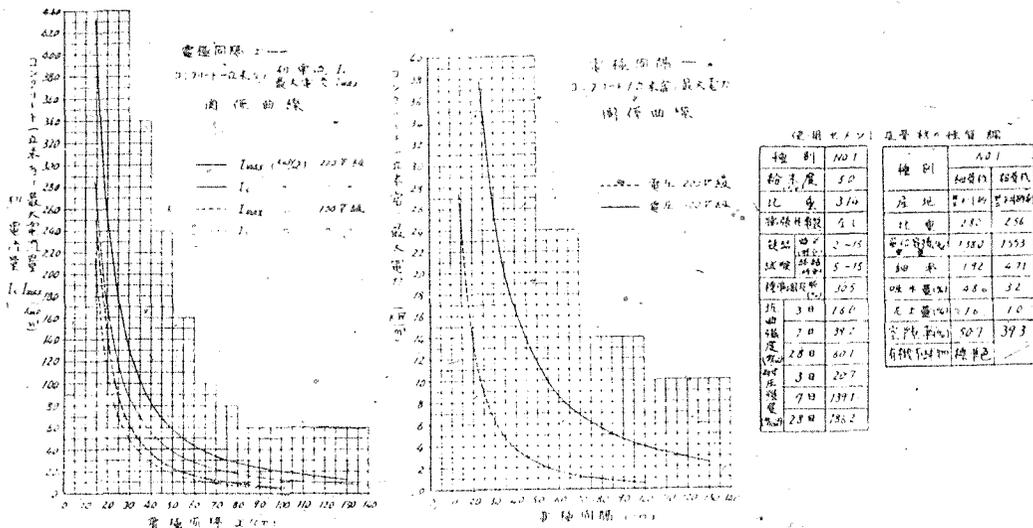
1. 概 説

本工事の電氣養生施工に際して諸般の準備、特に電力、配線等の豫定を樹てたのは研究室に於ける基礎研究の結果に基いたのであつて、更に實際現場に使用する資材、氣象條件及び設計、構造等に適合させる爲、諸種の試験を行つた。その内容は次の通りである。

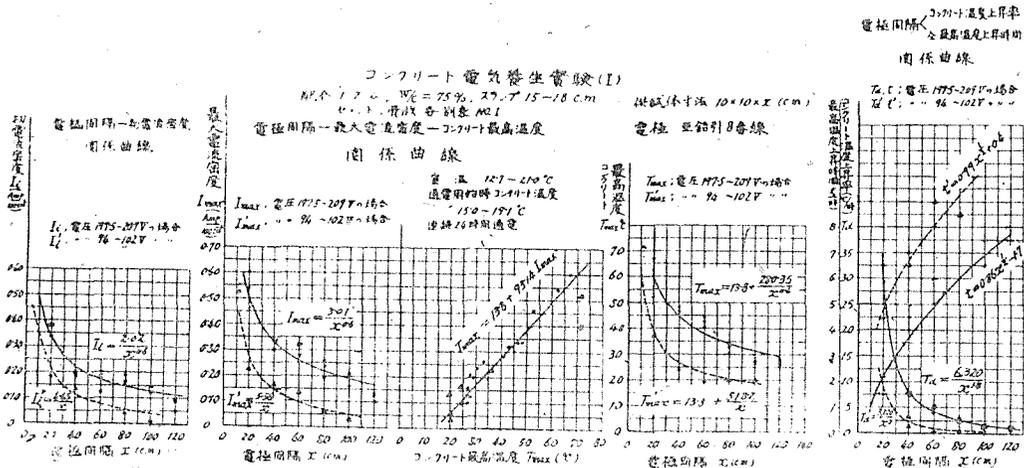
- (1) 基礎研究
- (2) セメントの規格試験
- (3) 電気養生コンクリートの抗折、耐圧強度試験
- (5) 同上の鉄筋との附着強度試験
- (6) 實施構造物原寸模型試験

2. 基礎研究

基礎研究としては研究室に於て既に行つてゐた下記のものであつて、これらを参照して次の試験に進んだのである。この詳細は工學部紀要第8巻第2號に發表した處であるが、茲に簡潔に集録すれば次の通りである。



圖—4—1. 電極間隔、電力、温度關係圖表



圖—4—2.

(1) 電極間隔と所要電力, 上昇温度関係曲線 (圖-4)

實驗條件其他は圖に記載した通りであつて本工事には實驗(I)を採つた。これは電壓 100 V 及び 200 V の場合, 電極間隔と初電流密度及び最大電流密度, コンクリートの上昇最高温度, 温度上昇率, 最高温度に上昇する時間との関係の外, 最大電流密度と上昇最高温度との関係及び電極間隔とコンクリート 1 立方メートル當りの初電流量及び最大電流量との関係が一目して求められ, 電氣設計に用ひて便利な圖表である。而してコンクリートの上昇温度に関しては練上り温度, 外気温, 風力及びコンクリート容積, 被覆の程度等によつて適宜修正を要する。

(2) 材齡とコンクリート強度との關係曲線 (圖-5)

上述の實驗(I)の供試體について 3, 7, 14 及び 28 日の各材齡に於て抗折及び耐壓破壊強度を取り, 同時に作製した水中養生のものとを比較したものである。これによれば電氣養生の方が強度に於て上廻つてゐることが判然としてゐる。

(3) セメント糊の凝結温度と壓縮強度との關係曲線 (圖 6)

條件を純粹にする爲にセメント糊を用ひ, 4×4×10 cm の供試體について凝結温度を通電により一定に保ち, 標準凝結試驗法により凝結時間を觀測し, 凝結の終結を見定めて 20°C の水中で養生し, 7 日目の壓縮強度を檢測して得たものである。これによれば温度 35~50°C の間のものが最も壓縮強度大で, これ以上に温度が上昇した場合には急激に強度が減少する。従つて本施工には最高温度を 30

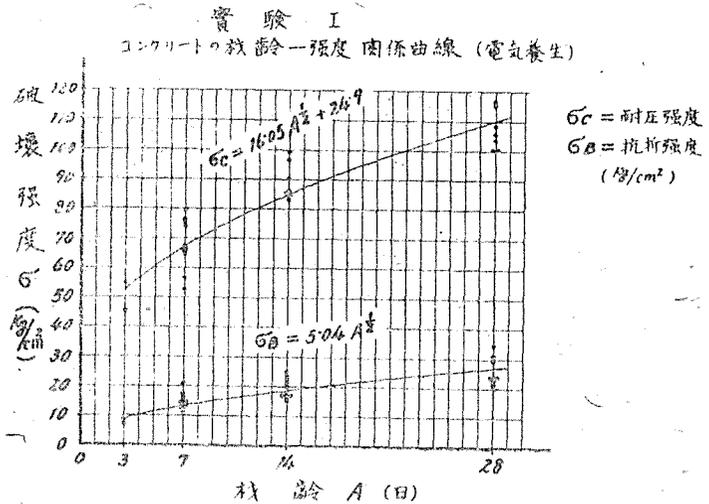


圖-5-1. 電氣養生, 普通養生別コンクリートの材齡, 強度關係曲線

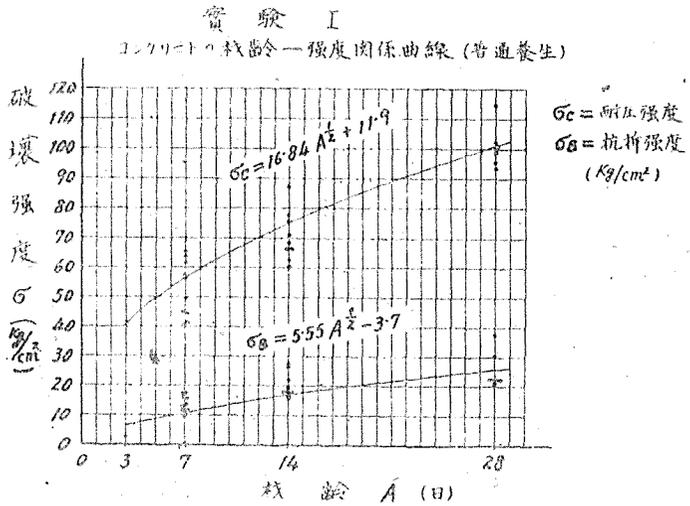
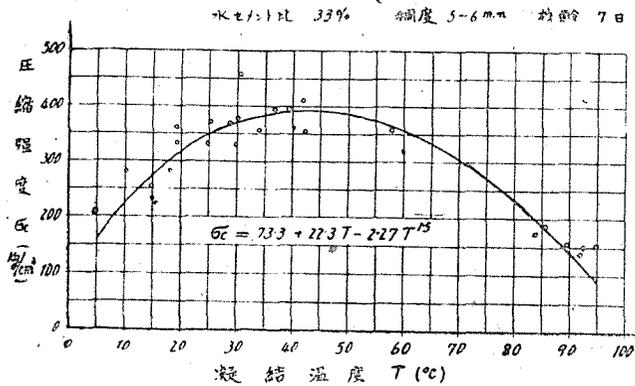


圖-5-2.



圖—6. セメント糊の凝結温度と壓縮強度關係曲線

比 重 3.06 (> 3.05)

粉 末 度 3% (< 12%)

凝結試験 室温 19~20°C, 湿度 80%, 水量 30%, 始發 2時間 56分 (> 1時間),
終結 6時間 45分 (< 10時間)

軟練モルタル強度は表-1の通りで、規格試験の結果は凡ゆる點で合格してゐた。

表—1. 軟練モルタル強度試験成績表

試験項目	フ ロ ー mm	抗折強度 (kg/cm ²)			耐 壓 強 度 (kg/cm ²)		
		3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日
試験成績	170	24.3	36.5	59.6	116.0 109.3	128.7 138.0	322.0 240.0
		31.1	46.4	59.1	99.2 99.2	156.3 158.8	319.0 309.0
		31.0	43.9	59.7	95.4 95.4	159.4 178.7	310.0 297.7
		平均	32.1	42.3	59.5	102.7	153.3
臨時日本標準規格第149號		> 10	> 20	> 30	> 35	> 70	> 150

4. 骨材標準試験成績

細骨材, 粗骨材共に現場附近の石狩川産でその標準試験の成績は表-2に示す通りで、特に篩分試験成績は圖-7に示す。

表—2. 骨材標準試験成績

種 別	産 地	比 重	單位容積量 kg/l	空隙率 %	吸水率 %	泥土量 %	粗粒率	有機不純物
細骨材	石狩川産 砂	2.52	1.666	33.9	3.33	0.8	2.20	標準色
粗骨材	同上 砂利	2.81	1.715	39.0	0.65	0.3	5.45	

~40°C内に収めて安全を取り、50°Cは突破させぬ方針を決定したのである。

3. セメントの規格試験成績

本工事に使用したセメントは浅野セメント上磯工場製品で、輸送日数を含んで施工迄の貯蔵日数3ヶ月であつて規格試験成績は次の通りである。

即ち砂利は硬質で吸水率極めて少なく、最大粒徑 5 cm 程度で、砂と共に概して細かいが、鐵筋コンクリート用としては適當であつた。

5. 電氣養生コンクリートの
抗折並に耐壓強度試験

現場工事使用のセメント及び骨材を用ひ、氣象條件を一致せしめて供試體を製作し抗折並に耐壓試験を行つた。

供試體寸法 10×10×30 cm
5 個製作
配 合 1:2:4
水セメント比 W/C = 70%
スランブ 17~17.5 cm

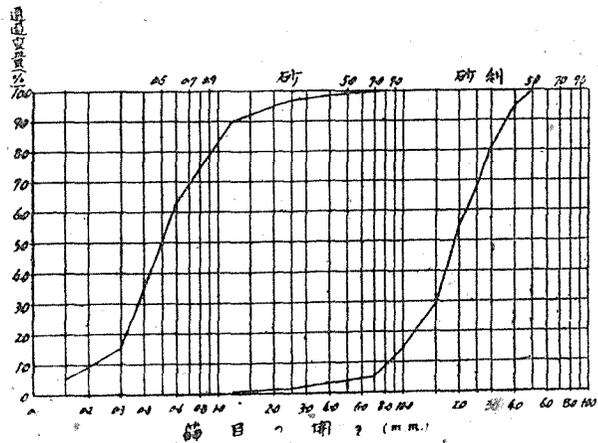


圖-7. 骨材篩分試験成績

施工が掘卸し運搬によつた爲、ウオーカビリテイは軟かい程度であつた。

電極間隔 30 cm, 電極は亞鉛引 8 番鐵線 1 本, 電壓 100~110 V, 13.5 時間連続通電, 通電中の氣温 -8°C ~ +6.4°C, 積算氣温 -5°C 時, コンクリートの練上り温度(通電前) 1.1~5.8°C, 無被覆で最高温度 24.0~28.0°C となつて, 以後 20°C の水中に養生した. 而して材齡 3 日, 7 日及び 28 日目の破壊強度を測定した.

破壊強度は軟練モルタル強度試験に準じて行ひ, 材齡 3 日及び 7 日は各 2 個, 28 日目は 1 個である. 抗折強度は徑間 20 cm に中央集中荷重とし, 耐壓強度測定には 10×10 cm の支壓板を 2 枚上下に用ひた. その電力, 温度並に強度の試験成績は表-3 に示す通りである.

表-3. 抗折, 耐壓供試體一覽表

供試體 番 號	重量 (kg)	初電流 (Amp)	經過 時間 (時)	最大 電流 (Amp)	最大 電力 (W)	消 費 電力量 (W.H.)	通電中氣温 (°C)	コンクリート 温度 (°C)		材齡 (日)	抗折強度 (kg/cm ²)	耐壓強度 (kg/cm ²)
								初	最高			
119~1	7.23	0.114	10	0.160	17.5	233	+6.4~-8.0	1.1	24.0	3	9.0	42.6 37.5
119~2	7.24	0.100	10	0.178	19.1	238		1.0	23.7		10.2	31.2 34.6
平均	7.235	0.107		0.169	18.3	236		1.05	23.9		9.6	37.2
119~3	7.10	0.112	9.5	0.160	17.9	237	平均 -1.0	2.0	26.8	7	27.0	105.0 102.5
119~4	7.15	0.120	8.5	0.216	24.1	287		5.8	27.4		25.8	72.0 82.0
平均	7.125	0.116		0.185	21.0	262		5.8	27.4		26.4	90.4
119~5		0.118	9.5	0.182	20.4	261		2.8	23.8	28	31.8	104.8

備考 電壓 100~110 V, 通電中無根覆 (13.5 時), 通電停止後水中養生 水溫 20°C

この場合3日目の耐圧強度が 30 kg/cm² 臺に止つてゐるのは通電 13.5 時間で、温度が低い爲で實施に際しては最高温度を更に上昇せしめ、3日間之を持続せしめることにした。

2. のセメント規格試験結果よりコンクリートの材齡 28 日目の壓縮強度を計算推定すれば次の通りである。

$$\begin{aligned} \sigma_{28} &= -70 + 105 \frac{C}{W} \\ &= -70 + 105 \frac{1}{0.70} = 80 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

即ち電気養生の場合の方が 34% 大なる強度を示してゐる。

6. 電気養生コンクリートの鉄筋との附着強度試験

鉄筋コンクリートに電気養生を施工する際最も重要な問題であつて、次の試験を行つた。

供試體寸法 15×15×20 cm, 1種類 3個, 4種類計 12個

配 合 1:2:4

セメントは現場使用のもの、骨材は豊平川産でその標準試験成績は表-4、及び篩分試験成績は圖-8 に示す通りである。

表-4. 骨材標準試験成績表

種 別	産 地	比 重	單位容積重 (kg/l)	空隙率 (%)	吸水率 (%)	泥土量 (%)	粗粒率	有 機不純物
細骨材	豊平川産 砂	2.5	1.660	33.6	2.0	1.0	2.31	標準色
粗骨材	同上 碎石	2.4	1.715	28.5	5.0	0.4	5.93	

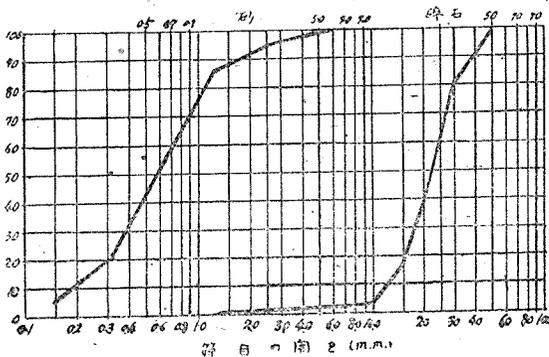


圖-8. 骨材篩分試験成績

鉄筋は 19 mmφ, 長 20 cm, 表面はやや粗で特に磨かず浮錆を拭き去つた程度である。これを圖-9 に示す通り供試體の中央に埋込み電流を通したの 3 種, 電流を通さぬもの 1 種を作製し、何れも通電 24 時間後 20°C の水中に養生して 7 日目に押抜試験を行ひ各種 3 個の平均を取つた。これら 4 種の供試體の電気養生の方法は次の通りである。

(1) 鉄筋を一方の電極に選んだもの、電極中心間隔 7.5 cm で、他方の電極は 5 cm 間隔の 4 本の亜鉛引 8 番鐵線であつたから必然的に電流は鉄筋の電極に集中し、鉄筋が特に速やかに過熱され周囲のコンクリートとの温度差が大である様な最悪の条件下に置いた。これには外氣温 23.0~29.5°C の場合 (供試體番號 No. 120~1, 2, 3) と +1.0~-9°C の場合 (供試體番號 No. 121~4, 5, 6) の 2 種

表-5. 鐵筋押拔強度試驗一覽表

供試 番 號	ス ラ ブ (cm)	重 量 (kg)	電 壓 (V)	電 極 間 隔 (cm)	初 電 流 (Amp)	經 過 時 間 (時)	最 大 電 流 (Amp)	最 大 電 力 (W)	通 電 時 間 (時)	消 費 電 力 量 (W.H.)	氣 溫 (C)	鐵 筋 溫 度		モ ン ク リ ー ト 溫 度		最 大 押 拔 強 度 (kg/cm ²)	強 度 比 (%)	材 齡 (日)	備 考	
												初 (C)	最 高 (C)	初 (C)	最 高 (C)					
1		10.62			2.05	1.5	2.70	262		937		27.2	1.5	98.9	27.0	3.0	76.8	7.6		鐵 筋 を 電 極 と す
2	14	10.35	97~ 107	7.5	2.25	1.0	2.87	281	14.5	893		27.2	2.0	88.9	27.2	2.5	78.5	5.6		
3		10.35			2.40	1.0	2.92	286		872	23.0~ 29.5	28.0	2.0	85.4	27.7	2.5	74.2	3.9	34	
平 均		10.44			2.23		2.83	276		901		27.5		91.1	27.3		76.5	5.7		通 電 せ ず
4		10.55									平均						28.0	16.3		
5	14.5	10.44									+25.4						28.3	21.6		
6		10.31										27.3					28.5	11.9	100	
平 均		10.43										27.3					28.3	16.6		7
1		10.65			1.05	1.5	2.58	243		1308		1.5	5.5	47.1	1.7	4.5	58.3	15.8		鐵 筋 は 電 極 と せ ず
2	18	10.65		15	1.85	1.5	2.28	219		1066		0.5	4.5	45.0	1.0	5.5	56.6	20.2		
3		10.45			1.75	1.5	2.15	202		1076	+1.0 ~ -9.0	0.2	6.5	53.5	1.5	6.5	58.2	15.9	104	
平 均		10.58	92~ 104		1.55		2.34	221		1150		0.7		48.5	1.4		57.7	17.3		
4		10.95			0.89	2.0	1.35	139	23.5	1169	平均	3.0	3.0	88.8	2.7	3.5	59.7	11.2		鐵 筋 を 電 極 と す
5	14	10.80		7.5	0.89	2.5	1.29	132		1156	-6.0	1.0	2.0	78.8	1.4	2.5	56.2	13.4		
6		10.55			0.70	3.0	1.12	122		1228		1.3	2.5	71.9	0.3	2.0	48.7	14.9	80	
平 均		10.77			0.83		1.25	128		1184		1.8		79.8	1.5		54.9	13.2		

類とした。

(2) 鐵筋を電極とせず、これを挿んで設置した兩側の亜鉛引8番鐵線の電極間に電流を通じたもの、氣温は +1.0°C~ -9.0°C である (供試體番號 No. 121~1, 2, 3)。

(3) 鐵筋は埋込んだが全然電流を通さないもの、氣温は 23.0~29.5°C の場合 (供試體番號 No. 120~4, 5, 6)。

押抜試験はアムスラー萬能試験機で鐵筋に壓力を加へ、ダイヤルゲージで變位を、ストップウォッチで時間を測定し、その最大壓力を以て附着強度とした。その狀況は圖-9 に示す通りで試験成績は電力消費、溫度上昇關係と共に表-5 に示した。

即ち(1)は(3)に比して附着強度が著しく減じ、氣温 23~29.5°C の場合には 34%、+1.0~-9.0°C の場合には 80% であつたが、鐵筋を電極としないもの(2)はスランプが特に多いのに拘らず(3)と殆んど變らないのみか、強度は上廻りの傾向にある。この事は鐵筋を電極にしなければ附着強度に影響無く、コンクリート溫度が上昇するに伴つて早期抗折及び壓縮強度と同様に附着強度も増進する傾向を物語つて居る。

又(1)の内でも No. 120~1, 2, 3 と No. 121~4, 5, 6 との強度差はコンクリート自體の上昇絕對溫度によるものであつて、鐵筋を電極に選んでも或は短絡しても通る電流が少いか或は通電時間が短いか、又は鐵筋の溫度上昇が少い場合は附着強度に對する影響が少いことを示唆してゐる。

7. 實施構造物の原寸模型試験

(1) 概 説

本研究の目的は實施構造物に對する電極の配置と所要電力、地電流としての漏洩量並にコンクリート溫度を確定することにあつて研究室内と施工現場とに於て行つた。而して施工各部に於て主目的が多少異り次の通りである。

- (イ) 潜函驅體に對しては主鐵筋を流れる漏洩地電流の量 (供試體數 4個)。
- (ロ) 潜函床版及び支脚部に對しては主鐵筋と電極との適當な間隔並に漏洩地電流の量 (供試體數、前者9個、後者4個)。

これら供試體には夫々の特徴があつて極めて興味深い結果が得られたが、紙數の關係から現場で行つた供試體中、(イ)の2個 (No. 1 及び 2)、(ロ)の内潜函床版用1個 (No. 9)、支脚用2個 (No. 10 及び 11) について述べることにする。

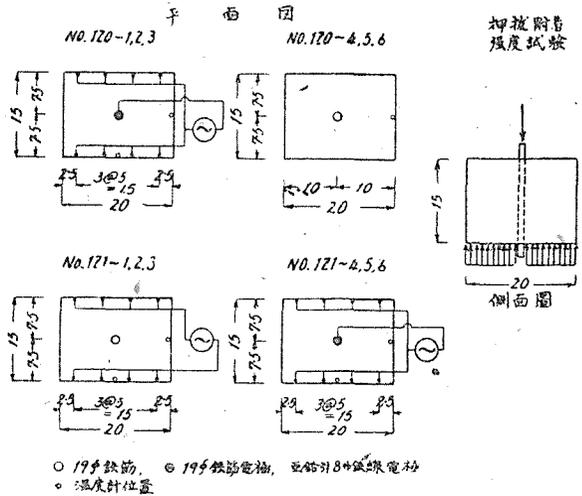


圖-9. 附着強度檢測用供試體詳細圖
寸法單位 cm. 厚 15 cm

これらの寸法、電極の配置等は圖-10に、溫度計の配置は圖-11に、更に試験成績は表-6及び7に一括して示した。これらの電力、溫度の觀測は通電中30分間隔に繼續して行つたのである。今その概要を述べれば次の通りである。

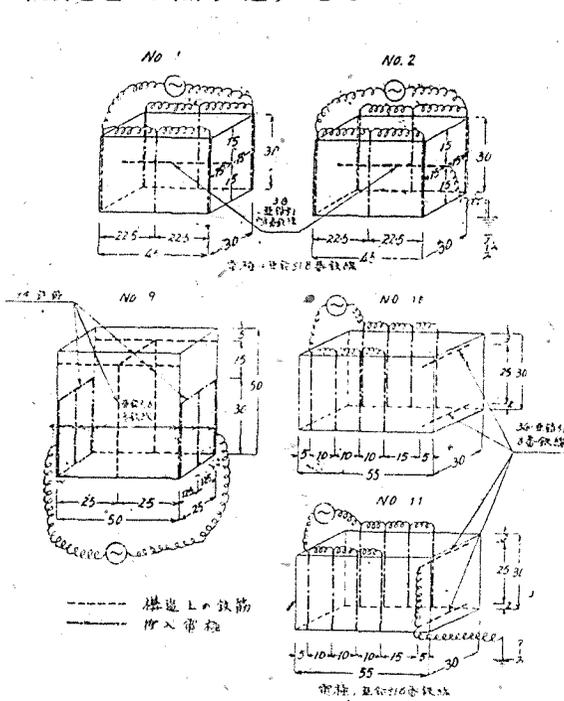


圖-10. 供試体詳細圖

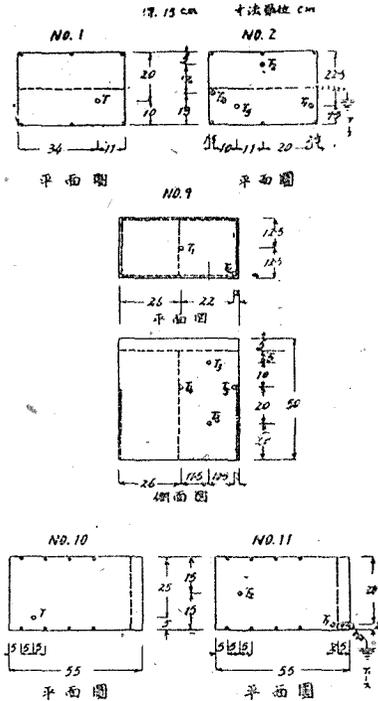


圖-11. 供試体溫度配置圖

表-6. 供試體溫度外氣溫關係表

供試體番號	試驗日時 (年月日)	通電時間 (時分)	積算氣溫 (C時)	溫度計番號	コンクリート溫度 (°C)				積算氣溫 (時間)	通電時間 (時分)	積算氣溫 (C時)	コンクリート溫度 (°C)				積算氣溫 (時間)
					始	終	上昇	上昇(時間)				始	終	下降	下降(時間)	
1	22.12.1 15.40	12 20	-15.9		6.5	57.5	51.0	4.14	-1.29	10	+10.25	57.5	45.5	12.0	1.20	+1.03
2	12.2 15.00	10 20	-11.25	T ₁ T ₃	7.5	54.0	46.5	4.10	-1.35	11	+8.25	54.0	44.5	9.5	0.86	+0.75
		11 20	-15.25	T ₂ T ₄	8.0	60.0	52.0	4.59	-1.09	12	+5.75	60.0	49.8	10.2	0.93	+0.44
9	23.2.21 14 30 ~ 2.22 20.30	21 00	-45.6	T ₁	1.8	30.5	28.7	1.37	-2.17	8	-22.0	30.5	26.8	3.7	0.46	-2.75
		18 00	-42.4	T ₂	2.0	37.2	35.2	1.96	-2.36	12	-24.3	37.2	30.0	7.2	0.60	-2.03
		19 00	-45.5	T ₃	2.8	34.5	31.7	1.87	-2.39	8	-22.0	34.5	29.0	5.5	0.69	-2.75
		20 00	-46.5	T ₄	2.5	36.8	34.3	1.72	-2.33	9	-21.1	36.8	31.0	5.8	0.64	-2.34
		18 00	-42.4	T ₅	2.0	39.0	37.0	2.06	-2.36	12	-24.3	39.0	31.0	8.0	0.67	-2.03
		21 00	-45.6	T ₆	4.0	38.8	34.8	1.66	-2.17	9	-21.1	38.8	33.8	5.0	0.56	-2.34
10	22.12.1 15.40	13 20	-15.9		10.0	82.0	72.0	6.84	-1.29	10	+10.25	82.0	69.5	12.5	1.25	+1.03
11	12.2 15.00	18 20	-12.4	T ₁	6.0	37.0	31.0	1.79	-0.72	5	+6.75	37.0	35.0	2.0	0.40	+1.35
		17 20	-11.7	T ₂	9.5	51.5	42.0	2.57	-0.72	6	+7.5	51.5	45.5	6.0	1.00	+1.25

表-7. 供試體溫度電力關係表

供試體番 號	試驗日時 (年月日)	寸法 (cm)		容積 通電面積 電極間隔	配合 水セメント 比	經過時間 (時分)	コンクリ ート溫度 (°C)	外氣溫 (°C)	天候	電 壓 (Volt)	電 流 (Amp)	單位電流 (Amp/ 100cm ²)	電 力 (KW)	積 算 電力量 (KWH)	單位電力 (KW/m ²)	單位積算 電力量 (KWH/m ²)
		幅	厚													
1	22.12.1 15.40 ~ 12.2 15.00	30	45	0.0605 m ³ 1350 cm ² 30 cm	1:2:4 70%	0 00	6.5	0	晴	110	1.75	0.130	0.192	0	4.74	0
						7 20	44.5	- 3.0		122.5	3.38	0.250	0.414	2.454	10.22	60.54
						12 20	57.5	- 2.0		121.0	2.50	0.185	0.303	4.308	7.47	106.37
						22 20	45.5	+ 2.5		118.0	1.40	0.104	0.165	6.446	4.07	159.66
2	12.2 15.00	30	45	30 cm	1:2:4 75%	0 00	6.0~8.0	0	晴	110.0	2.00	0.148	0.220	0	5.43	0
						8 20	45.0~51.0	- 3.0		121.5	4.05	0.300	0.491	3.097	12.12	76.47
						11 20	46.0~60.0	- 2.0		121.0	2.95	0.219	0.357	4.364	8.81	107.75
						22 20	39.5~49.8	+ 2.5		118.0	1.50	0.119	0.189	7.192	4.67	177.58
9	23.2.21 14.30 ~ 2.22 20.30	25	50	0.0625 m ³ 1250 cm ² 50 cm	1:2:4 70%	0 00	1.8~4.0	+ 2.0	曇 晴 曇 晴 晴 晴	103	1.25	0.100	0.129	0	2.06	0
						10 00	18.0~28.0	- 4.0		111	2.02	0.162	0.224	1.878	3.58	30.05
						12 00	21.5~33.1	- 5.0		115	2.02	0.162	0.233	2.335	3.73	37.36
						18 00	37.2~39.0	- 4.2		109	1.75	0.140	0.191	3.684	3.06	58.94
10	22.12.1 15.40 ~ 12.2 15.00	30	55	0.0495 m ³ 1650 cm ² 30 cm	1:3:6 75%	0 00	10.0	0	晴	110	2.60	0.158	0.286	0	5.78	0
						7 20	59.0	- 0.4		120.0	4.82	0.292	0.578	3.336	11.68	67.39
						8 20	65.0	- 3.0		122.5	4.80	0.291	0.599	3.925	12.10	79.29
						13 20	82.0	- 2.0		121.0	3.75	0.227	0.454	6.068	9.17	122.59
11	12.2 15.00	30	55	30 cm	75%	23 20	69.5	+ 2.5	晴	118.0	2.08	0.126	0.245	9.984	4.95	201.70
						0 00	6.0~9.5	0		110	2.40	0.145	0.264	0	5.33	0
						8 20	25.0~40.5	- 3.0		122.5	4.10	0.248	0.503	3.053	10.16	61.68
						17 20	37.0~51.5	+ 0.5		113.0	2.30	0.139	0.260	6.470	5.25	130.71
11	12.2 15.00	30	55	30 cm	75%	23 20	35.0~45.5	+ 2.5	晴	118.0	1.78	0.108	0.211	7.919	4.26	159.98

報 告 注 目

(2) 潜函軀體の試験 (No. 1 及び No. 2)

模型寸法 30×30×45 cm (0.0405 m³)

30×30 cm の断面中央部に長 45 cm の亜鉛引 8 番鐵線 3 本撚りを埋込み鐵筋の代りとし、No. 1 はその儘、No. 2 はこれを接地した。電極は亜鉛引 8 番鐵線各 3 本を 22.5 cm 間隔に型枠内面に沿はせて設置し、電壓は 110~122.5 V であつた。22 時間 20 分連続通電、無被覆である。

試験成績を要約すれば接地した No. 2 の方が最大電力に於て 18.6%、積算電力量に於て 11.2% 多く消費した。

而して一般に消費電力多く、コンクリート温度の上昇速度大で、實施の際部分的温度差も大なる懸念が多かつたので、變壓器の高壓側の端子を 2,850 V から 3,450 V に上げて低壓側を 90 V 臺に落して施工することにした。

(3) 潜函床版の實驗 (No. 9)

潜函床版は構造上最も重要な部分であり、従つて鐵筋が最も錯雜した個所であるから最も慎重を期してこれに關する模型は 9 個に及んだ。電極配置は主鐵筋を電極に選んだもの 2 個 (電極間隔 25 cm) 然らざるもの 7 個 (電極間隔 50 cm) で何れも嚴寒中無被覆で行つた。その内、鐵筋を電極にしたものは附着強度の結果から安全を取つてこれを捨て、鐵筋を電極にしないものでは主鐵筋との短絡を必要最小限度に保ち、且つコンクリート温度の均一な上昇を得る爲めに電極の鐵筋と構造上の主鐵筋との間隔を 6 個の模型試験から求めて 15 cm の結論を得た。この試験中電流分布に關して興味ある結果を得たが此處には省略する。これから得た最後案の模型 No. 9 について述べることにする。

寸法は 25×50×50 cm (0.0625 m³) で實物の上半分の原寸である。主鐵筋は 19 mmφ で断面中央に上部の被覆 5 cm を置いて T 字形に入り、電極は上部主鐵筋より 15 cm 下げて水平に通し、これから垂直に 12.5 cm 間隔に 3 本の亜鉛引 8 番鐵線を連結したものを主鐵筋の兩側から之と 25 cm 間隔、即ち電極間隔 50 cm にして挿む形とした。電壓は變壓器の高壓側端子を 2,850 V に下げて二次側電壓を 103~115 V にした。

この場合は葦 1 枚で表面を被覆し、30 時間連続通電したがコンクリート温度は各部共殆んど均一で、温度の上昇速度も均等であつた。従つてこれが實施の最後案となつたものである。

(4) 鐵塔支脚の試験 (No. 10 及び No. 11)

鐵塔支脚の場合はマスコンクリートであつて、周圍の環狀鐵筋及び鎖碇山形鋼に對する短絡及び接地電流の漏洩の狀況を検討しやうとするものである。

寸法は 30×30×55 cm、主鐵筋代りに亜鉛引 8 番鐵線 3 本撚り長 30 cm を 25 cm 間隔に 2 段に型枠から 5 cm 離して水平に埋込み、No. 11 はこれを接地した。電極は亜鉛引 8 番鐵線を 4 本 10 cm 間隔に配置し、鐵筋との離れは 15 cm にし異種電極の間隔は 30 cm であつた。この場合、接地の影響は餘り出てゐない。配合は同じであつたが No. 10 の方が水量が多かつたのである。

實際の施工には電極間隔は 50 cm になつたから No. 9 の試験がその儘役立つわけである。

(5) 試験成績の總括

以上の試験成績から電圧は潜函軀體は 90 V に下げ、他は 100 V 臺で施工することとした。

而して 24 時間通電を繼續すればコンクリート温度は 50°C を突破する形勢にあつたので、實施には温度の斑を無くする爲、各部の温度が 30~40°C 内に入つたならば一應電源を遮斷して温度上昇を停止せしめると共に内部温度を均一化せしめることにした。

III. 電 氣 設 計

1. 電極の間隔及び電壓の選擇

鐵筋コンクリート構造であるからその断面及び鐵筋の配置によつて電極間隔、從つて電壓の選擇の範圍が著しく狭められ、基礎研究並に現場試験の結果次の通りとなつた。

潜函軀體： 電壓 90~100 V, 電極間隔 30 cm.

潜函床版及び鐵塔支脚： 電壓 100~110 V, 電極間隔 50 cm.

而して前者は内外側堰板内面に設置して施工の後に回收出来る様にし、後者は主鐵筋の間を縫つて埋込むこととした。これは鐵筋に対する悪影響を出来るだけ少くしやうと云ふ考へからである。

2. 電極の配置 (圖-12~14, 寫眞-2~7参照)

(1) 潜 函 軀 體

断面中央に縦鐵筋と環狀筋とを有する肉厚 30 cm の圓筒形であるから半径方向に電流を通ずることとし、電極は堰板内面に設置した。

型枠は内外兩側共 12 個の楕形パネルで圓形を構成し、1 個のパネルは幅 3.5 寸 (10.6 cm) の横を用ひ、内側 6 枚、外側 7 枚で組立て、高さは 12 尺 (3.64 m) である。

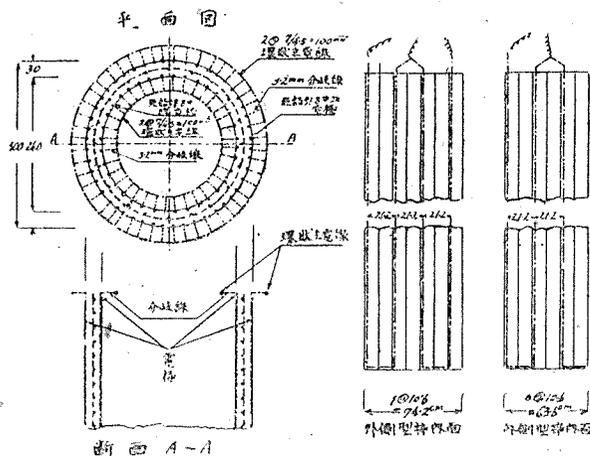
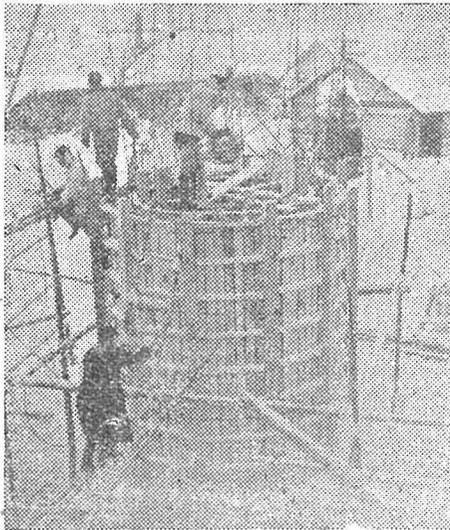


圖-12. 潜函軀體電極配置詳細圖
寸法單位 cm

電極は新しい亞鉛引 8 番鐵線を横 1 枚おきに垂直にステーブル止めにして貼りつけ、1 パネル 1 本通しにしてこれを上端 2 個所で主電線に結線した。

主電線は 100 mm² (7@ 4.5 mmφ, 安全電流 290 Amp) の被覆銅線 2 本を環狀にして内外側型枠に 1 個づつ設置し、夫々 24 個所及び 36 個所等間隔に被覆を破り、此處に半田附にした 2.6 mmφ の分岐線を電極に、軟銅のジョイント線で連結した。圖-12 及び 寫眞-2, 3 はその結線の狀況を示す。



寫眞-2. 潜函軀體配線作業



寫眞-3. 潜函軀體電極結線部詳細

(2) 潜函床版 (圖-13, 寫眞-4, 5 参照)

潜函上端の蓋をなす床版は径 3 m, 厚 1 m で, 上下にコンクリートの被覆各 5 cm をおいて 25 mmφ の主鉄筋が 25 cm 間隔に網目状に配置され, これらを 16 mmφ の肋骨で垂直に連結してある。この肋骨は一方は 25 cm, これと直角方向は 50 cm 間隔に配置されてゐた。

電極は 19 mmφ 鉄筋を親骨とする梯子状として亜鉛引 8 番鉄線を 12.5 cm 毎にジョイント線で結束した。これを肋骨 50 cm 間隔の方向にその間隔の中心に垂直面にして構造上の鉄筋とは無關係

にこの電極間に電流を通すこととした。

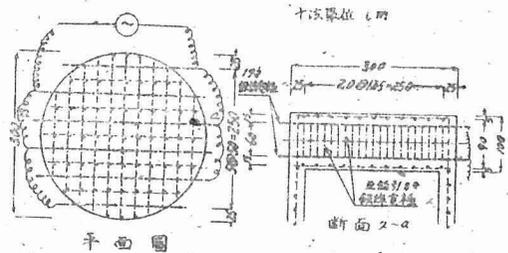
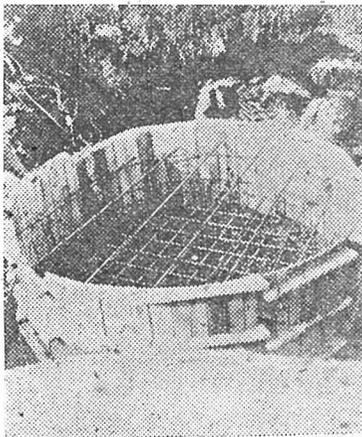


圖-13. 潜函床版電極配置詳細圖

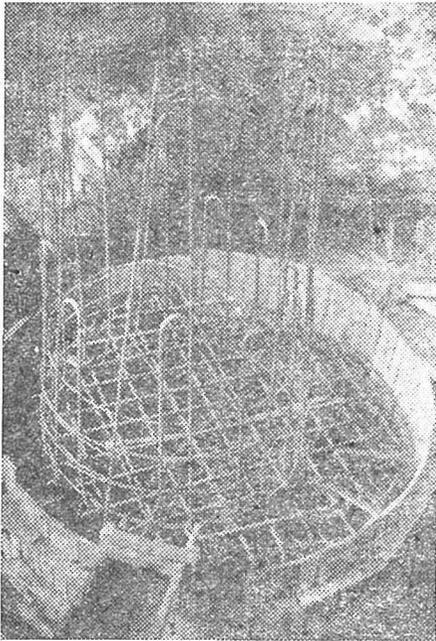
電極の親骨鉄筋の間隔は 60 cm としたが, これは上下主鉄筋との過多の短絡回路の構成を極力避け, 尚且つ床版上下面迄温度が一樣に上昇する様試験によつて決定した。

而して鉄塔支脚用の縦鉄筋と特に間隔の近い個所が生じた際は, その部分にブラックテープを巻いて短絡を避ける様細心の注意を拂つた。

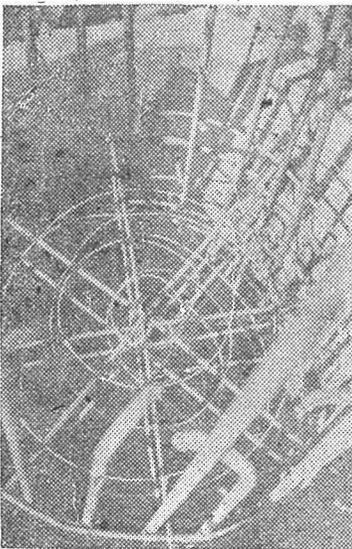


寫眞-4. 潜函床版電極設置

寫眞-4 は下側の主鉄筋を組んで後, 電極を配置した状況, 寫眞-5 はその上に主鉄筋, 肋骨並に鉄塔支脚鉄筋を組立て, コ



写真—5. 潜函床版鉄筋組立完了
コンクリート打設直前



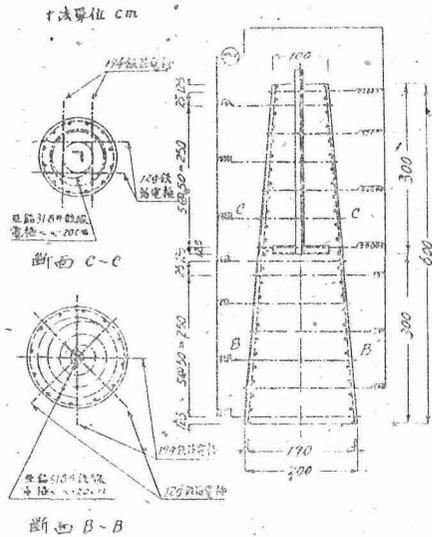
写真—6. 鉄塔支脚下部電極設置

ンクリート打込直前の状況を示す。

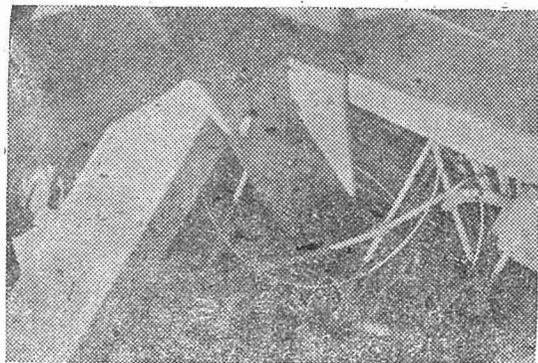
(3) 鉄塔支脚(圖 14, 写真 6, 7 参照)

潜函床版上に位する鉄塔の支脚部は高さ 6 m, 径は下端 2 m, 上端 1 m の截頭圓錐で, 周囲にはコンクリートの被覆 5 cm をおいて 12 本の 25 mmφ 縦鉄筋と上下 25 cm 間隔に水平の 12 mmφ の環状鉄筋とが配置されてゐた。

コンクリート打設は下部 3 m と上部 3 m とを分括して施工したが, この上部には鉄塔支柱の 150×150×19 の山形鋼が鎮礎されてゐる。



圖—14. 支脚電極配置詳細圖



写真—7. 鉄塔支脚上部電極設置

電極は水平面に亜鉛引 8 番鐵筋を間隔 15 cm の螺旋狀とし、この螺旋形電極鐵筋の位置を確實に保持する爲、下部 3 m の部分に對しては上下 50 cm 間隔に、即ち水平環狀主鐵筋 2 本おきに互に直角に 19 mm ϕ 鐵筋 2 本、その中間にこれと 45° の角度をなして 12 mm ϕ 鐵筋 2 本を水平に通し、又上部 3 m の部分に對しては周圍の縱鐵筋と中央の山形鋼とを縫つて 19 mm ϕ 及び 12 mm ϕ 鐵筋を各々 2 本通し、これと螺旋鐵筋をジョイント線で連結した。

この場合、螺旋狀電極の最外緣鐵筋と周圍の環狀主鐵筋との離れ及び最内緣鐵筋と中心部山形鋼との間隔は試験により求めた 15 cm を取つたのである。

3. 電力設計

(1) 潛函軀體

所要電力は基礎研究による圖-4 より、100 V で最大電力はコンクリート 1 m³ 當り 6 KW、電壓を 90 V 臺に落したことと地電流としての漏洩量とを大體同値と見て、1 回のコンクリート打設量約 8 m³ として 48 KW であるから、50 KW の變壓器 1 臺を用意した。

變壓器より開閉器を通り環狀主電線に至る主電線は資材の都合上、100 mm² (7@4.5 ϕ) の裸線としてこれを雪上 3 m に架設した。

型枠 1 パネル最大電流量は全電流 500 amp の $\frac{1}{12}$ 、即ち 43 amp と考へた外、圖-4 の電極間隔 $a = 30$ cm に對する最大電流密度 0.185 amp/100 cm² に電流通過面積 350 \times 70 cm を乗じ 100 で除して

$$0.185 \times 350 \times \frac{70}{100} = 45 \text{ amp}$$

を得た。

これに對して電極たる亜鉛引 8 番鐵筋の安全電流は 15 amp と見て、2 個所から饋電することにした。

又分岐線は 2.6 mm ϕ の被覆銅線で、この安全電流は 40 amp である。

開閉器は資材の都合上 400 amp のもの 2 個を用意し、環狀主電線迄の裸主電線と共に連續 2 基の通電の切替を迅速ならしめた。

(2) 潛函床版及び鐵塔支脚

電極への饋電は潛函軀體の環狀主電線をその儘用ひて 1 極當り親骨鐵筋 2 本にこれを直接ジョイント線で結束し、對向極にはその反對側から同様の方式で饋電した。従つてこの場合は分岐線を使用しなかつたわけである。

所要電力量は圖-4 からは電壓 100 V に於て電極間隔 $a = 50$ cm に對してコンクリート 1 m³ 當り最大電力 2.5 KW であるが、電壓を高めたことと地電流としての漏洩及び主鐵筋との短絡回路の形成を豫想して前 2 者各々 20%、後者は 30% として

$$2.5 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.3 = 4.7 \text{ KW/m}^3$$

を得た。

従つて1回の打設量約 8 m^3 とすれば

$$4.7 \times 8 = 3.76 \text{ KW}$$

となり、2基同時に通電する場合には50KW変圧器1臺の増設を豫定した。

IV. 施 工

1. 概 説

工事としては潜函の沈下が急がれたので、コンクリート打設後3日間は $20 \sim 40^\circ\text{C}$ の温度に保つて養生し、然る後型枠を取外して沈下することとした。その時の耐圧強度は 50 kg/cm^2 以上となつてゐることを豫定してゐた。

コンクリートの配合は潜函部は 1:2:4、支脚部は 1:3:6 で鉄筋並に電極が混んでゐると槌卸し運搬法によつた爲め、軟練りで水セメント比 $W/C = 70 \sim 75\%$ 、スランプは $15 \sim 17 \text{ cm}$ となつた。

骨材は秋頃から現場附近で採取し、積置いて藁で覆つてゐたから雪水の混することは無かつたので特に暖めず、積置場からはトロ運搬によつた。混合水は川水でポンプ揚水により水槽に入れた。

原水温度は $+1.0 \sim +2^\circ\text{C}$ 前後で、これを電熱によつて $60 \sim 70^\circ\text{C}$ 前後に暖め、最初砂と水を混合機に入れて運轉し、然る後砂利及びセメントを加へて混合した。

型枠内の電極、分岐線等の配線はコンクリート打設前豫め完了して空の儘電圧を加へ、配線の短絡、結線の過誤の有無等を確めた。

電圧は試験の結果から、潜函軀體には 90 V 臺、其他の部分には 100 V に調整した。これは前述の通り變壓器高壓側の端子の切替によつた。

通電時間中即ち電氣養生期間中は30分乃至1時間毎に電圧、電流、天候、気温、風速及びコンクリート温度等を詳細に記録し、不慮の電氣的の事故とコンクリート温度の過上昇を防止し、更にコンクリート温度の斑を發見することにした。電源遮断後もコンクリート温度の下降狀況を知る爲め、長時間放置後検測したのものもある。

温度はアルコール棒状温度計で測定した。測定方法は豫めコンクリート内に埋込んだ節を抜いた根曲り竹の筒、徑 $2 \sim 3 \text{ cm}$ 内に挿入した。温度の讀定に當つては温度計の全長を引抜かず、示度の讀める程度に引出して急いで讀取り、外氣による下降を極力防いだ。

埋込み深さは軀體及び床版は $5 \sim 15 \text{ cm}$ 、鐵塔支脚はマスコンクリートの内部温度検測の意味で以上の外 $40 \sim 55 \text{ cm}$ にも配置した。これら温度計位置の詳細は表-8 に示す通りである。

而してコンクリート打設後通電直前の温度は $-1.0 \sim +12.0^\circ\text{C}$ 、平均 $+4.95^\circ\text{C}$ である。

コンクリート電氣養生に關する各部の電力關係は表-9 に、通電前、通電中及び電源遮断後のコンクリート温度の推移は表-10 に一括して取纏めた。而して電氣養生施工回数は1基6回、4基分計24回に及んだから一々の膨大な記録を載せる餘白が無いので潜函軀體 D_2, D_3 、潜函床版 C_6 及

び鐵塔支脚 B₇ の電壓、電流、電力、溫度の時間的推移を示す曲線を代表的に擧げた(圖-15~18, 表-11~14 參照).

表-9 中、打込數量の欄にはコンクリート打込高(m)、コンクリート容積(m³)、及び電流透過斷面積(m²)を示した。

放置時間は打設後通電開始迄の時間で、施工の都合或は打設後表面水を切る爲に放置した時間である。

積算氣溫は 30 分毎或は 1 時間毎の觀測氣溫を縦軸に、經過時間を横軸に取つた曲線に圍まれた面積を示す。

従つて積算氣溫を時間で除したものは 1 時間單位の平均氣溫である。

この表には送電中の溫度上昇と時間との比の外、送電停止中の溫度下降と經過時間との比及びその間の積算氣溫と時間との比をも比較上載せた。結果は外氣溫の變動に對して堰板 6 分板 1 枚の保温力を如實に物語つてゐる。殊にこの場合は内側は寒氣に晒されてゐなかつたためとも思はれるが、被覆がこの程度ならば -15°C 位の外氣溫には餘り在右されないと云ふことである。

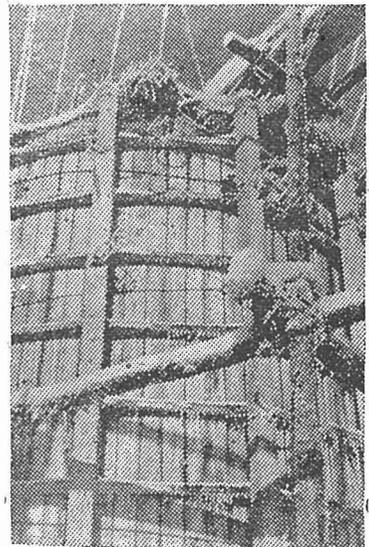
電壓の測定は横河製精密級箱型電壓計 (150/300 V) により、電流は D₂, A₂ は變流器 (定格負荷 15 V.A. 500~2.5 A) を用ひて横河製精密級電流計 (50, 10A) により (直讀示數に對する倍率 50), A₃ 以後は高壓側にシャントに横河製精密箱型電流計 (1, 5A) によつて (直讀示數に對する倍率 120) 測定した。この電流測定装置の變り目に於て、B₂, C₂ は電力を測定し得ず、その他の軀體養生の資料から 1 m³, 1 時間の電力を求めこれを基準にして推算した。

2. 潜 函 軀 體

電壓は 90 V 臺、天端には鐵筋を縫つて葦 2 枚を掛けて覆としたが、型枠面は全く被覆が無い。送電中の光景は寫眞-8 に示す。通電後は豫定通り 7-8 時間後に電流は大體最大値に近づいたが溫度は尙上昇の傾向にあつたので、各溫度計の示度が 30~40°C の間に入つた時一應電源を遮斷した。その後は電壓を調整してコンクリート溫度を一定に保たしめるのが理想であるが、大容量の電壓調整装置が入手出来ないのと、抵抗で落すのも電力經濟上好ましくなかつたので、一時溫度が 25~30°C 程度に迄下るのを待つて更に電流を通じて上記の溫度に保たしめた。

この様にして數回電源を開閉して 3 日間養生したのである(圖-15, 表-11 參照)。

コンクリート溫度が 40°C に達すれば後 2~2.5 時間で容易に 50°C 近くなり、電源遮斷後の下

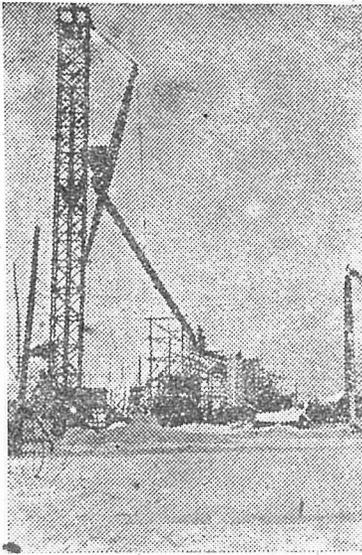


寫眞-8. 通電中の潜函軀體

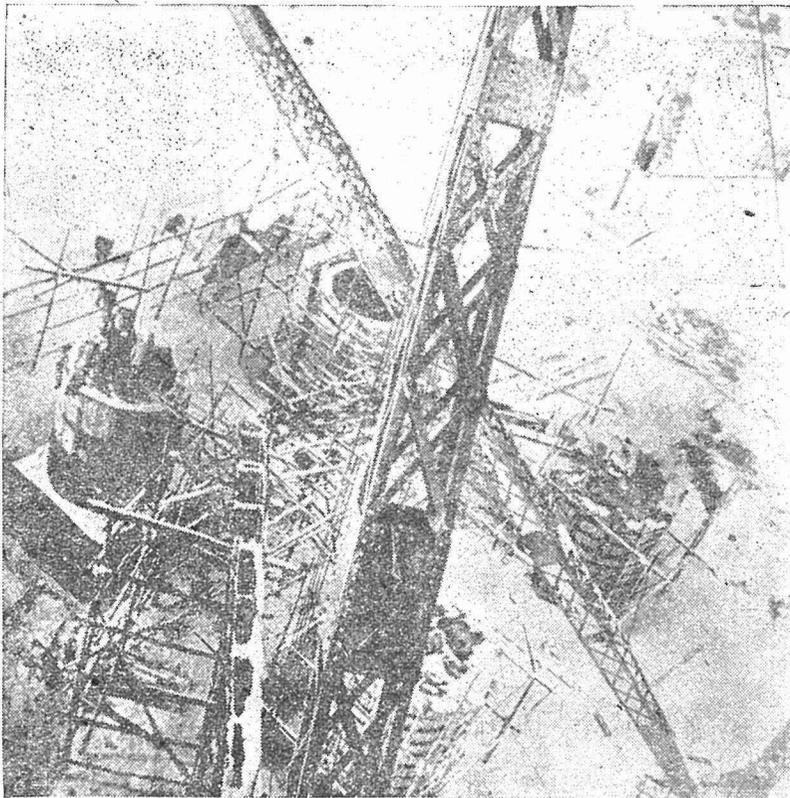
降率も少いので3日間に今一度電流を通すのみでよく、電力の節約が大となるので 50°C 近く迄温度を上昇せしめたものもある(圖-16, 表-12 参照).

第1回通電中の温度上昇速度は $2.48\sim 5.22^{\circ}\text{C}/\text{時}$, 平均 3.65°C , 遮断後の下降速度は $0.88\sim 1.89^{\circ}\text{C}/\text{時}$, 平均 $1.32^{\circ}\text{C}/\text{時}$ であつた. 而してこれから知られる様に, コンクリート各部の温度については電極の近傍とその中間に於ての差は殆んど認められず, 打込の時の温度差が時間と共に開いて来たものであつて, これも電源の開閉回数と共に差が減少して来てゐる. その温度差をなくするには各部の送電を時間的に變へられる様, 開閉器を別個にするのが望ましいと感じた.

斯くして A, B, C, D の4基交代に養生し沈下せしめたのである. 寫眞-9 はコンクリート施工中, 寫眞-10 はその鳥瞰である.



寫眞-9.
潜函軀體のコンクリート施工中



寫眞-10. 潜函軀體施工中の鳥瞰

表-8. 溫度計位置一覽表

* 電極附近

施工部分	(1) 下端上りの高(m) (2) 深 (cm) (3) 方向	溫度計番號				施工部分	(1) 下端上りの高(cm) (2) 深 (cm) (3) 方向	溫度計番號			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄			T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
A ₂	(1)	100	175	175	250	A ₆	(1) (上より)	0	0	50	50
	(2)	18	5	13*	11		(2)	10*	10	10*	10
	(3)	水 平					(3)	垂 直		水 平	
B ₂	(1)	100	175	175	250	B ₃	(1) (上より)	0	0	50	50
	(2)	15	5	15*	5		(2)	10*	10	10*	10
	(3)	水 平					(3)	垂 直		水 平	
C ₂	(1)	100	175	175	250	C ₆	(1) (上より)	0	0	50	50
	(2)	15	5	15*	5		(2)	10*	10	10*	10
	(3)	水 平					(3)	垂 直		水 平	
D ₂	(1)	100	175	175	250	D ₆	(1) (上より)	0	0	50	50
	(2)	15	5	15*	5		(2)	10*	10	10*	10
	(3)	水 平					(3)	垂 直		水 平	
A ₃	(1)	100	175	175	250	A ₇	(1)	111	111	93.5	93.5
	(2)	13	11	14*	11		(2)	55*	10*	54	10
	(3)	水 平					(3)	水 平			
B ₃	(1)	75	150	150	225	B ₇	(1)	114	145		
	(2)	15	6	15*	8		(2)	10*	10		
	(3)	水 平					(3)	水 平			
C ₃	(1)	100	175	175	250	C ₇	(1)	168	168	149	149
	(2)	21	10	12*	7		(2)	40	10*	55	10*
	(3)	水 平					(3)	水 平			
D ₃	(1)	100	175	175	250	D ₇	(1)	155	154	85	
	(2)	14	9	15*	8		(2)	10	10	10*	
	(3)	水 平					(3)	水 平			
A ₄	(1)	75	150	150	225	A ₈	(1)	95	95	68	
	(2)	15	6	15*	6		(2)	50	10	10*	
	(3)	水 平					(3)	水 平			
B ₄	(1)	75	150	150	225	B ₈	(1)	88	88	55	
	(2)	15	5	15*	5		(2)	50	10	10*	
	(3)	水 平					(3)	水 平			
C ₄	(1)	75	150	150	225	C ₈	(1)	4	60	90	
	(2)	15	5	14*	14		(2)	10	10*	10	
	(3)	水 平					(3)	水 平			
D ₄	(1)	75	150	150	225	D ₈	(1)	4	60	85	
	(2)	14	9	15*	8		(2)	10	10*	10	
	(3)	水 平					(3)	水 平			

表 9-2. 施工部分 A₃ ~ C₄ 消費電力表 () 内は休電時間

施工部分	送電前		送電後		送電回数	送電時間	電壓 Volt	電流 amp		電力 kW		單位電力 KWh/m ³		單位電力 KWh/m ³ 最大	電力量 kWh	電流密度 amp/100cm ² 初	電流密度 amp/100cm ² 最大	外氣溫 °C	天候
	打込数量	打込時間	深 cm	最高溫度 °C				初	最大	初	最大	初	最大						
A ₃	23.15, 13.15 ~ 14.30	1:2:4	5.0	9.00 { 43.0 ~ 56.0 }	1	9.00 (17.00)	84 { 90 }	140	438	3.13	11.76	38.98	3.21	4.68	32.71	0.050	0.158	0 ~ 2.5	晴
	23.15, 17.00 ~ 18.15	1:2:4	12.0	34.00 { 40.0 ~ 50.0 }	2	8.00	94 { 94 }	156	204	1.31	14.04	18.56	1.32	2.23	14.24	0.056	0.074	0 ~ -4.0	曇風
C ₃	23.11, 14.00 ~ 17.18	1:2:4	5.2 ~ 7.0	11.00 { 35.0 ~ 45.0 }	1	11.00 (14.00)	86 { 92.5 }	240	399.6	1.67	22.20	35.57	1.60	4.27	41.32	0.086	0.144	-1.0 ~ -4.0	曇
	23.11, 12.00 ~ 13.45	1:2:4	9.0 ~ 10.0	34.00 { 38.3 ~ 44.0 }	2	9.00	95 { 95 }	336 (240)	336	1.00	30.24 (21.84)	30.24	1.00	3.63 (2.62)	24.13	0.139 (0.087)	0.139	-5.0 ~ -9.0	曇
D ₃	23.13, 12.00 ~ 13.45	1:2:4	9.0 ~ 10.0	9.00 { 40.0 ~ 45.2 }	1	9.00 (14.00)	87.5 { 90.0 }	213.6	360	1.68	19.22	32.40	1.69	3.92	29.41	0.077	0.131	-1.5 ~ -7.0	晴曇
	23.13, 12.30 ~ 13.45	1:2:4	5.5 ~ 7.0	30.00 { 35.0 ~ 45.0 }	2	7.00	82.0 { 92.0 }	216	259	1.29	17.71	23.18	1.31	2.80	17.48	0.078	0.094	+1.0 ~ +2.0	晴曇
E ₃	23.12, 12.30 ~ 13.45	1:2:4	5.5 ~ 7.0	9.00 { 38.0 ~ 46.0 }	1	9.00 (16.00)	87 { 91.5 }	212.4	351.6	1.66	19.34	32.35	1.67	4.23	31.15	0.083	0.138	+0.5 ~ +3.0	晴
	23.12, 12.30 ~ 13.45	1:2:4	5.5 ~ 7.0	32.00 { 35.0 ~ 44.0 }	2	7.00	86 { 92 }	178.8	210.0	1.17	15.38	19.32	1.26	2.53	16.66	0.070	0.083	+1.0 ~ -2.0	晴
A ₄	23.15, 13.00 ~ 15.00	1:2:4	8.0 ~ 10.0	11.00 { 41.5 ~ 51.5 }	1	11.00 (23.00)	88.5 { 91.5 }	207.6	366.7	1.77	18.68	33.48	1.79	4.38	42.44	0.082	0.144	0 ~ -3.0	曇
	23.15, 15.30 ~ 17.00	1:2:4	3.0 ~ 7.64	44.00 { 33.8 ~ 42.5 }	2	10.00	86.0 { 97.0 }	180.0	199.2	1.11	17.10	19.12	1.12	2.50	23.01	0.071	0.078	-5.0 ~ +2.0	晴
C ₄	23.12, 13.00 ~ 15.00	1:2:4	5.0 ~ 10.0	11.00 { 39.0 ~ 54.0 }	1	11.00 (13.00)	87 { 92.5 }	156.0	288.0	1.85	14.35	26.50	1.85	3.47	31.10	0.081	0.113	-10.2 ~ -15.0	晴
	23.12, 13.00 ~ 15.00	1:2:4	3.0 ~ 7.64	32.00 { 40.0 ~ 47.0 }	2	8.00	82 { 86.5 }	146.4	180.0	1.23	12.52	15.36	1.23	2.01	15.25	0.058	0.071	0 ~ -4.0	曇
						21.00							500.03	65.45					
						19.00							354.13	46.35					

表-9~3. 施工部分 D₄~D₆ 消費電力表 () 内は休電時間

施工部分	送電前		送電後		送電回数	送電時間		電壓		電流 amp		電力 kW		電力量 kWh		單位電力 KWh/m ³		電流量 m ³		電流密度 amp/100cm ²		外氣溫度 °C	天候
	打込日時	送電開始日時	送電終了日時	最高溫度 °C		最低溫度 °C	送電時間	送電時間	初	最大	初	最大	初	最大	初	最大	初	最大	初	最大	初		
D ₄	23.21, 10.00 ~ 11.50	23.21, 13.00 ~ 23.23, 3.00	1:2:4	15.00 { 39.5 ~ 53.0 } 38.00 { 33.5 ~ 44.0 }	15.00 { 85 } 89 { }	1 (13.00)	15.00	156	1.88	13.88	25.63	1.85	334.47	1.81	3.35	43.78	0.061	0.116	0.061	0.116	-1.5 ~ -7.5	曇	
	23.21, 11.30 ~ 13.30	23.21, 14.00 ~ 23.21, 7.00	1:2:4	13.00 { 34.3 ~ 52.0 } 41.00 { 38.9 ~ 51.0 }	89.5 { } 95.5 { }	1 (14.00)	73.00	175.2	1.89	15.88	31.52	2.01	352.61	2.05	4.13	46.15	0.068	0.130	0.068	0.130	0 ~ -13.0	晴	
B ₄	23.21, 14.40 ~ 16.45	23.21, 18.00 ~ 23.23, 9.22.00	1:2:4	10.00 { 6.0 } 16.0 { 64.0 }	105.5 { } 109.0 { }	1	10.00	192	2.29	20.83	47.08	2.26	340.89	2.83	6.39	46.25	0.150	0.344	0.150	0.344	-1.5 ~ -3.0	曇	
	23.21, 14.40 ~ 16.45	23.21, 18.00 ~ 23.23, 9.22.00	1:2:4	12.00 { 17.5 } 26.0 { 31.0 } 37.0 { 67.0 }	109.0 { } 110.0 { }	2	1.00	456 (330)	1.00	47.70 (36.63)	47.70	1.00	43.17	6.47	6.47	5.86	0.356	0.356	0.356	0.356	-1.7	晴	
D ₆	23.21, 10.30 ~ 12.08	23.21, 17.00 ~ 23.23, 9.22.00	1:2:4	4.00 { 32.0 } 34.0 { 43.0 }	105.0 { } 106.0 { }	1	4.00	342	1.26	35.91	45.36	1.26	167.57	4.87	6.15	22.74	0.267	0.338	0.267	0.338	-2.0 ~ -3.0	曇	
	23.21, 10.30 ~ 12.08	23.21, 17.00 ~ 23.23, 9.22.00	1:2:4	13.00 { 35.0 } 40.0 { 50.0 }	110.0 { } 109.0 { }	2	2.00	396 (378)	1.00	43.56	43.56 (41.20)	1.00	85.94	5.91 (5.51)	5.91	11.61	0.310	0.310	0.310	0.310	-1.0 ~ -2.0	晴	
D ₆	23.21, 10.30 ~ 12.08	23.21, 17.00 ~ 23.23, 9.22.00	1:2:4	23.00 { 41.0 } 47.0 { 54.0 }	103.0 { } 106.0 { }	3	3.00	288	1.10	30.24	33.07	1.09	97.17	4.10	4.49	13.18	0.255	0.248	0.255	0.248	+0.5 ~ +1.0	曇	
	23.21, 10.30 ~ 12.08	23.21, 17.00 ~ 23.23, 9.22.00	1:2:4				9.00						350.68			47.53							

表-9-5. 施工部分 A7 ~ A8 消費電力表 () 内は休電時間

施工部分	送電前			送電後			送電回数	送電時間	電圧		電流 amp		電力 kW		電力量 kWh		單位電力 kW/m ³		電力量 m ³		電流密度 amp/100cm ²		外氣溫度 °C	天候		
	コンクリート配合	コンクリート打込数量	コンクリート放置時間	最高溫度	深さ	コンクリート温度			初	最大	初	最大	初	最大	初	最大	初	最大	初	最大	初	最大			初	最大
	時	m ³	分	°C	cm	°C			Volt	amp	kW	kWh	kW/m ³	m ³	amp/100cm ²	amp/100cm ²										
A7	23.3.16, 12.30 ~ 14.30	23.3.16, 12.00 ~ 23.3.17, 18.00	1:3:6	6.00	10	15.0 ~ 29.0	110	180	1.46	264	19.80	156.39	2.60	20.58	0.128	0.187	5.0 ~ 7.0	晴								
		23.3.17, 12.00 ~ 23.3.18, 12.00	1:3:6	20.00	54	27.5 ~ 50.0	105	234	1.13	264	25.04	108.93	3.29	14.33	0.166	0.187	4.5 ~ 0	晴								
		23.3.16, 12.30 ~ 14.30	1:3:6	24.00	55	30.5 ~ 54.5	113							34.91												
C8	23.3.21, 14.30 ~ 15.00	23.3.21, 16.00 ~ 23.3.22, 15.00	1:3:6	6.00	10	8.0 ~ 15.0	107	68.4	3.19	218.4	7.32	23.59	3.22	30.18	0.145	0.465	4.5 ~ 2.5	曇晴								
		23.3.22, 17.00 ~ 24.00	1:3:6	7.00	10	40.5	109	81.6	1.76	144	8.77	15.91	1.81	102.59	2.22	4.03	2.0 ~ 6.0	晴								
		23.3.22, 12.00 ~ 23.3.23, 12.00	1:3:6	7.00	45	10.0 ~ 25.5	105	135.6	1.02	138	14.92	48.45	3.78	12.27	0.289	0.294		晴								
B8	23.3.23, 12.00 ~ 23.3.23, 17.00	23.3.23, 17.00 ~ 24.00	1:3:6	7.00	10	17.0 ~ 41.0	105	81.6	1.76	144	8.77	15.91	1.81	102.59	2.22	4.03	2.0 ~ 6.0	晴								
		23.3.23, 12.00 ~ 23.3.23, 17.00	1:3:6	7.00	45	10.0 ~ 25.5	105	135.6	1.02	138	14.92	48.45	3.78	12.27	0.289	0.294		晴								
		23.3.23, 12.00 ~ 23.3.23, 17.00	1:3:6	7.00	47	36.0	110							42.25												
D8	23.3.21, 11.30 ~ 23.3.21, 16.00	23.3.21, 16.00 ~ 23.3.22, 13.00	1:3:6	6.00	10	10.0 ~ 22.0	106	37.6	4.44	166.8	9.38	18.18	1.94	24.41	0.079	0.351	4.5 ~ 2.5	曇晴								
		23.3.22, 17.00 ~ 23.3.22, 14.20	1:3:6	6.00	10	51.5	109	86.4	1.82	157.2	9.29	16.51	1.78	19.17	0.140	0.254	4.0 ~ 0	晴								
		23.3.22, 13.20 ~ 23.3.22, 14.20	1:3:6	6.00	50	5.85	115							19.17												
A8	23.3.22, 13.20 ~ 23.3.22, 14.20	23.3.22, 17.00 ~ 23.3.22, 14.20	1:3:6	6.00	10	28.0 ~ 64.0	105	86.4	1.82	157.2	9.29	16.51	1.78	19.17	0.140	0.254	4.0 ~ 0	晴								
		23.3.22, 17.00 ~ 23.3.22, 14.20	1:3:6	6.00	10	64.0	115							19.17												
		23.3.22, 13.20 ~ 23.3.22, 14.20	1:3:6	6.00	50	5.85	115							19.17												

表-10~1. 施工部分 D₂~D₃ 温度表

施工部分	送電日時	通電時間 (分)	積算気温 C°時	測定深 cm	コンクリート温度 °C			上昇 温度/ 時間	積算気温/ 時間 °、時	時間 (時)	積算気温 °、時	コンクリート温度 °C			温度差 /時間	積算気温/ 時間 °C	温度計 番號
					始	終	上昇					始	終	差			
D ₂ (軀體)	22. 12.4 ~ 12.6	9	-39.93	13 5 15 5	10 5 4 7	14 38 39 36.5	34.0 33.0 35.0 29.5	3.78 3.67 3.90 3.28	-4.44	8	-108.25	45.0 38.5 37.0 34.5	33.2 27.2 23.0 25.0	11.8 11.3 11.0 9.5	1.48 1.41 1.38 1.19	-13.53	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
		5	-53.7	15 5 15 5	33.2 27.2 26.0 25.0	41.5 37.0 37.5 36.0	8.3 9.8 11.5 11.0	1.66 1.96 2.30 2.20	-10.74	9	-27.25	42.0 36.0 36.5 35.5	32.0 28.0 26.5 26.5	10.0 8.0 8.0 9.0	1.11 0.89 1.11 0.89	-3.03	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
A ₂ (軀體)	22. 12.7 ~ 12.9	11. 30	-93.4	12 9 13 11	6 6 6 7	42 42 43.5 45.5	36.0 36.0 37.5 38.5	3.13 3.13 3.26 3.35	-8.38	18	-114.25 (-105.0)	43.3 43.5 43.8 47.0	27.5 25.5 26.3 27.0	15.8 17.0 17.5 20.0	0.88 0.94 0.97 1.11	-6.01 (-5.83)	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
		11	-51.9	12 9 13 11	27.5 26.5 26.3 27.0	36.8 41.5 41.2 43.0	8.3 15.0 14.9 16.0	0.75 1.36 1.35 1.45	-4.72	5	-7.7	38.5 41.0 39.8 41.3	33.3 33.5 32.8 37.5	5.2 7.5 7.0 3.8	1.04 1.50 1.40 0.76	-1.54	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
C ₂ (軀體)	22. 12.15 、 12.16	22	-187.9	15 5 15 5	0 0 0.8 0.5	49.5 48.8 49.0 45.0	49.5 48.8 48.2 45.5	2.25 2.22 2.19 2.07	-8.54								T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
B ₂ (軀體)	22. 12.16 ~ 12.17	22	-181.3	15 5 15 5	0 0 0 0	40.8 39.5 36.0 46.0	40.8 39.5 36.0 46.0	1.85 1.80 1.64 2.09	-8.24	2	-22.8	40.8 39.5 36.0 46.0	35.5 34.0 34.0 40.0	5.3 5.5 2.0 6.0	2.65 2.75 1.00 3.00	-11.4	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
		3	-30.3	15 5 15 5	35.5 34.0 34.0 40.0	42.0 41.0 42.0 45.0	6.5 7.0 8.0 5.0	2.17 2.33 2.67 1.67	-10.10	24		42.0 41.0 42.0 45.0	25.0 25.5 24.5 27.0	17.0 15.5 17.5 18.0	0.71 0.65 0.73 0.75		T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
A ₃ (軀體)	23. 1.5 ~ 1.7	9	+11.85	13 11 14 11	5.0 7.5 8.0 12.0	43.0 53.0 55.0 56.0	38.0 45.5 47.0 44.0	4.22 5.06 5.22 4.89	+1.32	17	+35.25	42.8 53.5 54.5 55.5	25.0 28.0 26.0 28.5	17.8 25.5 28.5 27.0	1.05 1.50 1.68 1.59	+2.07	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
		8	-17.7	13 11 14 11	25.0 28.0 26.0 28.5	40.0 50.0 50.0 47.0	15.0 22.0 24.0 18.5	1.88 2.75 3.00 2.31	-2.21								T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
C ₃ (軀體)	23. 1.11 ~ 1.13	11	-30.00	21 10 12 7	6.0 5.2 7.0 5.5	43.0 41.3 45.0 36.0	37.0 36.1 38.0 30.5	3.36 3.28 3.45 2.77	-2.73	13	-37.5	43.0 41.0 43.5 36.0	27.0 25.0 27.0 21.5	16.0 16.0 16.5 11.5	1.23 1.23 1.27 0.89	-2.88	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
		9	-53.8	12 10 12 7	27.0 25.0 27.0 24.5	44.0 41.0 44.0 38.3	17.0 16.0 17.0 13.8	1.89 1.79 1.89 1.53	-5.98								T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
D ₃	23. 1.13 ~ 1.14	9	-45.05	14 9 15 8	10.0 9.0 10.0 9.0	40.0 40.2 45.2 42.0	30.0 31.2 35.2 33.0	3.33 3.47 3.91 3.57	-5.01	13	-4.3	40.0 40.0 45.0 42.0	25.2 25.3 28.0 21.0	14.8 14.7 17.0 21.0	1.14 1.13 1.31 1.61	-0.33	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄

表-10~2. 施工部分 B₃~B₆ 温度表

施工部分	送電日時	通電時間 (時分)	積算気温 °C時	コンクリート温度 °C				上昇 温度/ 時間	積算気温 時間 °C時	積算気温 時間 °C時	コンクリート温度 °C			温度差 /時間	積算気温 時間 °C時	温度計 番號	
				測定 深 cm	始	終	上昇				始	終	差				
(軀體)		7	+10.3	14	25.2	41.2	16.0	2.29	+1.47							T ₁ T ₂ T ₃ T ₄	
				9	25.3	39.0	13.7	1.96									15
B ₃ (軀體)	23. 1.20 ~ 1.21	9	+21.95	15	5.5	44.5	39.0	4.33	+2.44	15	+39.0	44.0	27.0	17.0	1.13	+2.60	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				6	6.0	46.0	40.0	4.44				45.5	25.0	20.5	1.37		
A ₄ (軀體)	23. 1.15 ~ 1.17	11	-16.30	15	9.0	51.0	42.0	3.82	-1.48	22	-5.0	51.0	24.0	27.0	1.23	-0.23	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				6	9.0	44.0	35.0	3.18				44.0	21.5	22.5	1.02		
C ₄ (軀體)	23. 1.25 ~ 1.26	11	-146.6	15	0	41.0	41.0	3.73	-13.33	12	-77.0	42.5	28.0	14.5	1.21	-6.42	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				5	-0.2	39.0	39.2	3.56				40.5	25.0	15.5	1.29		
D ₄ (軀體)	23. 2.1 ~ 2.3	15	-80.5	13	28.0	42.0	14.0	1.75	-1.25			42.5	30.8	25.2	2.10		T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				5	25.0	40.0	15.0	1.88				41.0	24.0	17.0	1.42		
B ₄ (軀體)	23. 2.15 ~ 2.17	13	-93.0	15	1.5	53.0	51.5	3.43	-5.36	12	-43.65	52.5	30.0	22.5	1.88	-3.64	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				5	1.8	44.0	42.2	2.81				43.0	25.0	18.0	1.50		
B ₆ (床版)	23. 3.8 ~ 3.9	13	-27.5	14	0.3	49.0	48.7	3.24	-3.47			48.6	28.0	20.6	1.72		T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				6	0.3	39.5	39.2	2.61				39.0	21.3	18.3	1.53		
B ₄ (軀體)	23. 2.15 ~ 2.17	13	-93.0	15	3.5	52.0	48.5	3.73	-7.15	14	-70.5	52.0	25.5	26.5	1.89	-5.03	T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				5	3.8	49.5	45.7	3.52				49.5	27.0	22.5	1.61		
B ₆ (床版)	23. 3.8 ~ 3.9	13	-27.5	15	4.6	52.0	48.4	3.72	-5.29			52.0	26.5	25.5	1.82		T ₁ T ₂ T ₃ T ₄
				5	2.3	34.5	32.2	2.48				34.5	21.5	13.0	0.93		
B ₆ (床版)	23. 3.8 ~ 3.9	13	-27.5	15	25.5	47.5	22.0	1.57	-2.12	4	+3.0	22.5	26.0	+ 3.5	+0.88	+0.75	T ₁
				5	27.0	49.5	22.5	1.61				11	+5.25	26.0	19.0		
B ₆ (床版)	23. 3.8 ~ 3.9	13	-27.5	15	26.5	51.0	24.5	1.75	-2.12	7	+6.25	12.0	17.5	+ 5.5	+0.79	+0.89	T ₃
				5	21.5	38.9	17.4	1.24				8	+2.0	17.5	16.0		
B ₆ (床版)	23. 3.8 ~ 3.9	13	-27.5	15	27.0	49.5	22.5	1.61	-2.12	15	+8.25	67.0	32.0	-35.0	-2.33	+0.55	T ₁
				5	21.5	38.9	17.4	1.24				6	+5.0	27.0	31.0		
B ₆ (床版)	23. 3.8 ~ 3.9	13	-27.5	15	29.0	27.0	2.07		-2.12	9	+3.25	31.0	26.0	- 5.0	-0.56	+0.36	T ₃
				5	21.5	38.9	17.4	1.24				9	+3.25	31.0	26.0		

表-10-3. 施工部分 D₆~D₇ 温度表

施工部分	送電日時	通電時間 (時分)	積算 気温 °C時	測定 深 cm	コンクリート温度 °C			上昇 温度/ 時間	積算氣 温/ 時間	時間	積算氣 温/ 時間	コンクリート温度 °C			温度差 /時間	積算氣 温/ 時間	温度計 番號								
					始	終	上昇					始	終	差											
D ₆ (床版)	23. 3.8 ~ 3.9	4	-8.25	10	2.0	43.0	41.0	10.25	-2.06	7	-17.0	43.0	22.0	-21.0	-3.00	-2.45	T ₁								
				10	2.0	32.0	30.0	7.50				32.0	21.0	-11.0	-1.57		T ₂								
				10	3.0	32.0	29.0	7.25				32.0	23.0	-9.0	-1.23		T ₃								
				10	2.0	34.0	32.0	8.00				34.0	27.0	-7.0	-1.00		T ₄								
	23. 3.8 ~ 3.9	2	-3.25	10	22.0	50.0	28.0	14.0	-1.63	12	-1.5	50.0	22.0	-28.0	-2.33	+0.54	T ₁								
				10	21.0	35.0	14.0	7.0				35.0	40.0	+5.0	+5.00		-1.00	T ₂							
				10	31.0	40.0	9.0	4.5				40.0	22.0	-18.0	-1.64		+0.68		T ₃						
				10	27.0	36.0	9.0	4.5				40.0	26.0	-14.0	-1.17		+0.54	-1.00		T ₄					
	23. 3.8 ~ 3.9	3	+0.5	10	22.0	54.0	32.0	10.67	+0.17									T ₁							
				10	22.0	41.0	19.0	6.33										T ₂							
				10	26.0	47.0	21.0	7.00										T ₃							
				10	28.0	41.0	13.0	4.33										T ₄							
A ₆ (床版)	23. 3.14 ~ 3.15	3	-16.25	10	2.0	2.0	0	0	-5.41	9	-84.5	2.0	7.5	+5.5	+0.61	-9.39	T ₁								
				10	2.0	8.0	6.0	2.0				6	-55.5	8.0	15.0		+7.0	+1.17	-8.25	T ₂					
				10	3.0	3.0	0	0				3	-29.0	15.0	14.0		-1.0	-0.33	-9.70		T ₃				
				10	2.5	7.0	4.5	1.5				9	-84.5	3.0	9.0		+6.0	+0.67	-9.39	T ₄					
	23. 3.14 ~ 3.15	1	-7.5	10	7.5	7.5	0	0	-7.5	3	-11.0	7.5	8.5	+1.0	+0.33	-3.67	T ₁								
				10	14.0	14.5	0.5	0.5				14.5	21.0	+6.5	+2.17		-4.71	T ₂							
				10	9.0	9.5	0.5	0.5				9.5	11.2	+1.7	+0.57		-4.71	T ₃							
				10	15.0	15.5	0.5	0.5				15.5	19.5	+4.0	+1.33		-7.50	T ₄							
	23. 3.14 ~ 3.15	5	+1.75	10	8.5	21.0	12.5	2.50	+0.35	6	-28.25	21.0	25.0	+4.0	+0.67	-4.71	T ₁								
				10	21.0	30.5	9.5	1.90				6	-28.25	30.5	34.0		+3.5	+0.59	-4.71	T ₂					
				10	11.2	34.0	22.8	4.56				6	-28.25	34.0	31.0		-3.0	-0.50	-4.71	T ₃					
				10	19.5	33.0	13.5	2.70				4	-13.25	33.0	39.0		+6.0	+1.5	-3.31	T ₄					
						2	-15.0	39.0	38.0	-1.0	-0.5	-7.50													
C ₆ (床版)	23. 3.14 ~ 3.15	5	-7.5	10	6.2	14.0	8.2	1.64	-1.50	1	-5.0	14.0	15.0	+1.0	+1.0	-5.0	T ₁								
				10	6.0	11.0	5.0	1.00				2	-11.25	15.0	13.0		-2.0	-1.0	-5.63	T ₂					
				10	2.5	18.0	15.5	3.10				3	-16.25	11.0	13.5		+2.5	+0.83	-5.42		T ₃				
				10	2.6	10.0	7.4	1.48				3	-16.25	18.0	15.0		-3.0	-1.0	-5.42	T ₄					
	23. 3.14 ~ 3.15	9	-84.5	10	13.0	33.0	20.0	2.22	-9.39	2	-12.75	33.0	34.0	+1.0	+0.5	-6.38	T ₁								
				10	13.5	30.9	17.4	1.93				10	-11.25	34.0	18.0		-16.0	-1.60	-1.13	T ₂					
				10	15.0	47.0	32.0	3.56				3	-16.0	30.9	34.5		+3.6	+1.20	-5.33		T ₃				
				10	13.0	33.0	20.0	2.22				9	-8.0	34.5	23.0		-11.5	-1.28	-0.89	T ₄					
	23. 3.14 ~ 3.15	3	-31.0	10	18.0	26.0	8.0	2.67	-7.00	8								T ₁							
				10	23.0	25.0	2.0	0.67										8		35.0	24.0	-1.0	-0.13	-1.13	T ₂
				10	32.0	42.0	10.0	3.33										8		42.0	33.0	-9.0	-1.13	-1.13	T ₃
				10	24.0	36.0	2.0	0.67										8		36.0	32.5	-3.5	-0.44	-0.44	T ₄
D ₇ (支脚下部)	23. 3.12 ~ 3.13	10	18.0	10	2.5	42.0	39.5	3.95	+1.80	1	+1.0	42.0	43.0	+1.0	+1.00	+1.0	T ₁								
				10	3.0	31.5	28.5	2.85				21	+45.0	43.0	33.0		-10.0	-0.48	+2.14	T ₂					
				10	3.0	30.0	27.0	2.70				7	+8.5	31.5	45.0		+13.5	+1.93	+1.21		T ₃				

表-10-5. 施工部分 D₈~A₈ 温度表

施工部分	送電日時	通電時間(時)	積算気温(°C時)	測定深(cm)	コンクリート温度(°C)			上昇温度/時間(°C/時)	積算気温/時間(°C時)	時間(時)	積算気温(°C時)	コンクリート温度(°C)			温度差/時間	積算気温/時間	温度計番號						
					始	終	上昇					始	終	差									
D ₈ (支脚上部)	23. 3.21 ~ 3.22	6	+5.0	10	10.0	22.0	12.0	2.00	+0.83	3	-21.5	22.0	34.5	+11.5	+1.44	-2.69	T ₁						
					9.5	51.5	42.0	7.00		26	+36.25	34.5	24.5	-10.0	-0.38	+1.39		T ₂					
					8.0	10.0	2.0	0.33		1	-2.25	51.5	58.5	+7.0	+7.00	-2.25							
					10	8.0	10.0	2.0		0.33	33	+15.5	58.5	23.0	-35.5	-1.06	+0.47	T ₃					
					10	8.0	10.0	2.0		0.33	23	+9.75	10.0	15.0	+5.0	+0.23	+0.09						
					10	8.0	10.0	2.0		0.33	11	+3.50	15.0	13.0	-2.0	-0.18	+0.02						
					A ₈ (支脚上部)	23. 3.22	6	+10.0		50	12.0	29.0	17.0	2.83	+1.67	13	+14.5	29.0	44.0	+15.0	+1.15	+1.12	T ₁
										10	12.0	28.0	16.0	2.67		6	+20.5	44.0	41.0	-3.0	-0.50	+3.42	
										10	12.5	64.0	51.5	8.58		7	-4.0	28.0	30.0	+2.0	+0.29	-0.57	T ₂
10	12.5	64.0	51.5	8.58					12	+39.0	30.0	25.5	-4.5	-0.38		+3.25							
10	12.5	64.0	51.5	8.58					19	+35.0	64.0	22.0	-42.0	+2.21		+1.84	T ₃						

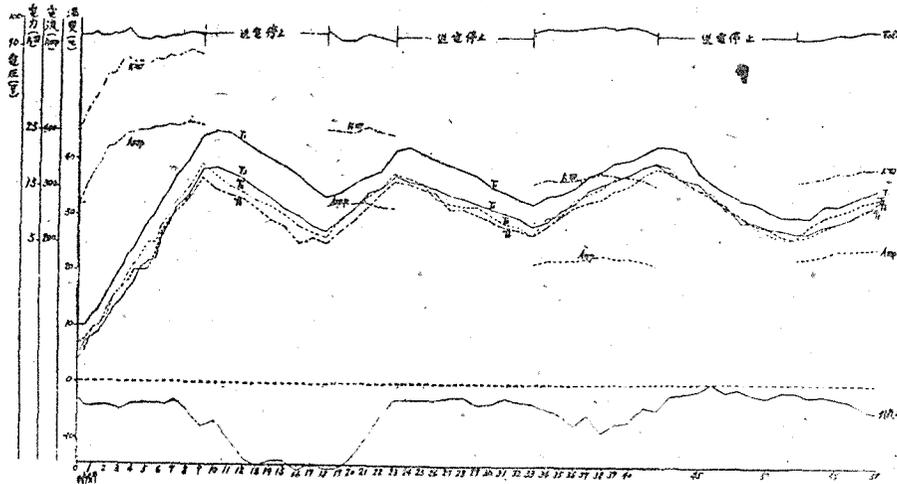


圖-15. D₂ 電気養生電力温度經過圖表

表-11. D₂(D 潜函第2ロット, 軀體) 電気養生電力, 温度經過表

コンクリート打設 22.12.4, 9.45~11.20, 數量内徑 2.40 m, 外徑 3.00 m, 高 3.30 m, 容積 8.40 m³

通電日時 12.4.14.00~12.6.24.00, 配合 1:2:4, W/C = 70%

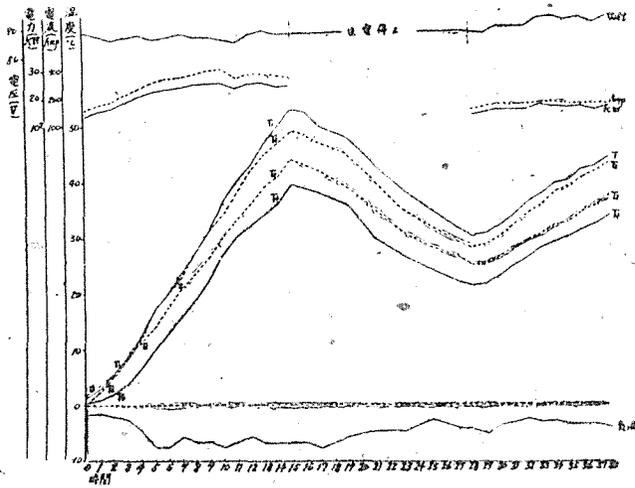
温度計位置 T₁ T₂ T₃* T₄

下端よりの高(cm) 100 175 175 250

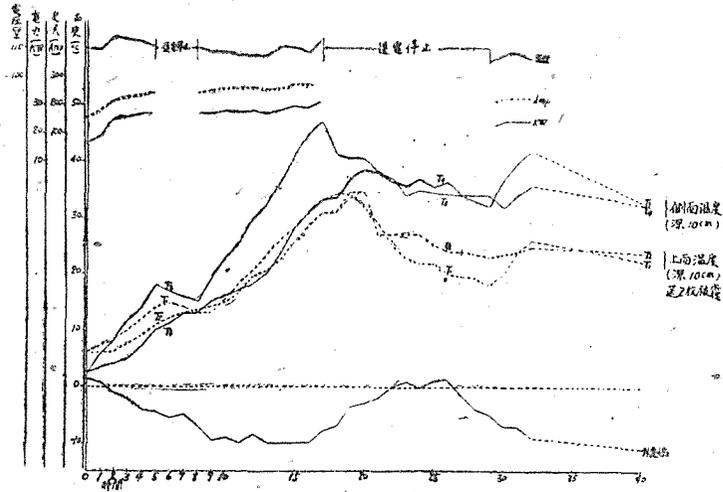
深 (cm) 15 5 15 5

* 電極附近

經過時間	E Volt	I amp	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	外気温 °C	EI/1000	KWH	
12.4. 14.00	0	94	270	10.0	5.0	4.0	7.0	-3.0	25.38	0
14.30	0.30	94	300	10.0	7.0	6.0	7.5	-4.5	28.200	12.395
15.00	1.00	95	325	12.0	8.0	9.5	9.5	-4.5	30.875	28.164
15.30	1.30	93.7	342.5	13.0	9.0	10.0	10.0	-4.6	32.092	43.905
16.00	2.00	93.3	370	15.5	11.0	13.0	12.0	-4.2	34.521	60.559
16.30	2.30	94.5	371.5	18.0	13.0	15.0	15.0	-4.5	35.107	77.966
17.00	3.00	94.5	384	20.0	14.5	16.5	16.5	-5.0	37.233	96.051
17.30	3.30	96.2	395	22.5	16.5	19.0	18.0	-4.5	37.999	114.859
18.00	4.00	93.0	397	24.0	18.0	21.0	20.0	-4.0	36.921	133.589
18.30	4.30	92.8	401	26.5	20.5	22.5	20.0	-4.0	37.213	152.122
19.00	5.00	92.2	400	28.5	21.5	25.0	20.0	-3.8	36.880	170.646
19.30	5.30	93.0	405	30.0	22.0	25.0	22.5	-3.8	37.665	189.282



圖—16. D₄ 電氣養生電力, 溫度經過圖表



圖—17. C₆ 電氣養生電力, 溫度關係圖表

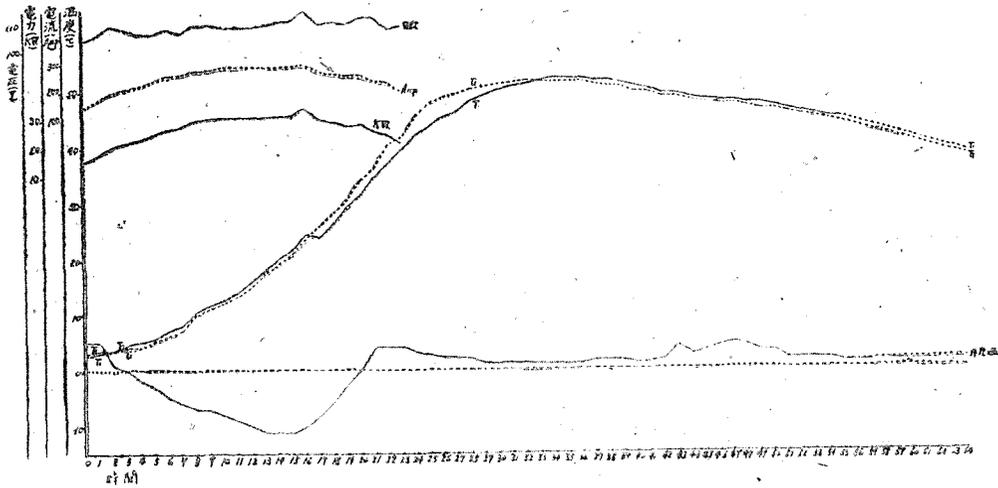


圖-18. B₇ 電氣養生電力, 温度關係圖表

表-14. B₇ (B 潜函第7ロット, 支脚下部) 電氣養生, 電力, 温度經過表

コンクリート打設 23.3.11, 9.30~13.00, 径, 下端 2.00 m, 上端 1.50 m, 高 3.00 m, 容積 7.60 m³

通電日時 3.11.15.00 ~ 3.12.14.00, 配合 1:3:6, W/C = 80%

温度計位置 T₁* T₂
 下端よりの高 (cm) 112.5 137.5
 深 (cm) 10 10

* 電極附近

經過時間	観測 月日時	天候	外気温 ℃	電圧 E	電流 I		T ₁	T ₂	EI/1000	KWH
					観測値	換算値				
0	3.11.15	晴	+ 5.0	104	1.20	144	2.5	3.0	14.98	
1	16	〃	+ 5.0	106	1.40	168	3.0	3.5	17.81	16.40
2	17	〃	+ 1.0	109	1.60	192	3.5	3.5	20.93	19.37
3	18	〃	0	108	1.70	204	4.5	4.0	22.03	21.48
4	19	〃	- 2.0	106	1.80	216	5.0	4.0	22.90	22.46
5	20	〃	- 3.0	106	1.95	234	5.5	5.0	24.80	23.35
6	21	〃	- 5.0	108	2.10	252	7.0	6.0	26.82	25.81
7	22	〃	- 6.0	106	2.15	258	8.0	7.0	27.35	27.04
8	23	〃	- 7.0	109	2.25	270	10.5	10.0	29.93	28.39
9	24	〃	- 7.0	109	2.30	276	11.5	11.0	30.08	29.75
10	3.11.1	〃	- 8.0	108	2.35	282	12.5	12.0	30.46	30.27
11	2	〃	- 9.0	108	2.35	282	14.0	13.5	30.46	30.43
12	3	〃	-10.0	108	2.35	282	16.0	15.0	30.46	30.46
13	4	〃	-11.0	109	2.35	282	18.0	17.5	30.94	30.60
14	5	〃	-11.0	110	2.35	282	20.0	19.0	31.02	30.88
15	6	〃	-11.0	110	2.35	282	21.5	21.0	31.02	31.02
16	7	〃	-10.0	114	2.45	294	24.5	21.0	33.52	32.27
17	8	〃	- 8.0	109	2.25	270	24.0	26.0	29.43	31.47
18	9	〃	- 5.5	110	2.15	258	26.5	28.0	28.38	28.91
19	10	〃	- 2.5	109	2.12	254	29.5	30.5	27.69	28.04
20	11	〃	0	111	2.12	254	31.5	34.0	27.94	27.81
21	12	〃	+ 4.0	111	2.07	229.8	34.5	36.0	25.51	26.73
22	13	曇	+ 4.0	107	1.90	228	37.0	40.5	24.40	24.95
23	14	〃	+ 4.0	108	1.85	199.8	39.0	41.5	21.58	22.99
24	15	〃	+ 3.0				42.0	45.0		

経過時間	観測 月日時	天候	外気温 ℃	電圧 E	電流 I		T ₁	T ₂	EI/1000	KWH
					観測値	換算値				
25	16	曇	+ 2.5				43.5	47.5		
36	17	〃	+ 2.0				45.0	48.5		
27	18	〃	+ 2.0				46.0	49.0		
28	19	〃	+ 2.0				48.0	50.0		
29	20	〃	+ 1.0				49.0	50.5		
30	21	〃	+ 1.0				50.0	51.0		
31	22	〃	+ 1.0				50.5	51.0		
32	23	小雪	+ 1.0				51.0	51.5		
33	24	〃	+ 1.0				51.5	51.5		
34	3.13. 1	〃	+ 1.0				52.0	51.5		
35	2	〃	+ 1.0				52.0	51.5		
36	3	〃	+ 1.0				52.0	51.5		
37	4	〃	+ 1.5				51.5	51.0		
38	5	〃	+ 1.5				51.5	50.5		
39	6	曇	+ 1.5				51.0	50.5		
40	7	〃	+ 1.0				50.5	49.5		
41	8	〃	+ 1.0				50.0	49.5		
42	9	〃	+ 1.5				49.0	48.5		
43	10	〃	+ 4.0				49.0	48.5		
44	11	〃	+ 2.5				48.5	48.0		
45	12	〃	+ 3.0				48.0	47.5		
46	13	〃	+ 4.0				48.0	47.5		
47	14	〃	+ 4.5				48.0	47.5		
48	15	小雪	+ 4.0				47.5	47.0		
49	16	〃	+ 3.0				47.5	46.5		
50	17	曇	+ 3.0				47.0	46.5		
51	18	〃	+ 1.5				46.5	46.0		
52	19	〃	+ 1.5				46.0	45.5		
53	20	〃	+ 1.5				45.5	45.0		
54	21	〃	+ 1.5				45.0	44.5		
55	22	〃	+ 1.0				45.0	44.0		
64	3.14. 7	晴	+ 1.5				38.5	38.0		
116	3.16. 11	〃	+ 0.5				20.0	20.0		
136	3.17. 7	〃	- 5.0				15.5	15.5		
計										621.91

潜函軀體の養生に際して最大所要電力は表-15 に示す通りコンクリート 1m³ 當り 4.69~3.35 KW, 平均 3.71 KW, 純通電時間は 29~16 時間, 平均 25.5 時間, 消費電力量はコンクリート 1m³ 當り 83.88~46.35 KWH, 平均 61.17 KWH, 最大電流密度は 0.158~0.113 amp/100cm², 平均 0.134 amp/100cm² である. この結果は圖-4 の結果と大差無い. 又實際施工した時の型枠取付中の日数, 潜函沈下開始即ち荷重の掛り始めの月日は表-16 に示す通りである.

3. 潜函床版及び鐵塔支脚

潜函床版及び鐵塔支脚の施工の頃は 3 月に入り気温が高くなり, 架線の足場としていた河川の結氷が緩み始めたため, 工事が急がれた關係から鐵筋の組立, 床版では特に支脚の縦鐵筋と電極挿入位置の近接等から短絡の恐れがあるものがあつたので, その近くの電極にブラックテープを巻く等

表-15. 各部消費電力一覽表

種 別	施 工 部 分				總平均及總計
	潜函軀體	潜函床版	支脚下部	支脚上部	
純通電時間(時)	16~29 平均 21.2	9~17 平均 11.5	10~23 平均 14.5	6~10 平均 7.3	總平均 16.15
最大電流密度 (Amp/100cm ²)	0.113~0.158 平均 0.134	0.210~0.356 平均 0.319	0.187~0.200 平均 0.196	0.223~0.465 平均 0.323	總平均 0.213
最大單位電力 (KW/m ³)	3.35~4.69 平均 3.71	4.21~6.47 平均 5.61	3.40~4.41 平均 3.98	4.03~5.97 平均 4.70	總平均 4.27
消費單位電力量 (KWH/m ³)	46.35~83.88 平均 61.03	39.12~59.48 平均 49.56	29.85~52.60 平均 49.80	19.17~42.25 平均 27.95	總平均 51.75
コンクリート容積 (m ³)	97.13	29.48	30.40	15.80	總計 172.81
總電力消費量 (KWH)	5933.01	1450.91	1513.82	442.32	總計 9350.06

表-16. 各部養生日數調

施工部分	コンクリート打設月日	型枠取外月日	沈下開始月日	養生日數	養生種別	施工部分	コンクリート打設月日	型枠取外月日	沈下開始月日	養生日數	養生種別
A ₁	11.24	11.28	12. 2	4	普	C ₁	12. 2	12. 6	12.10	4	普
A ₂	12. 7	12.16	12.22	9	電	C ₂	12.15	12.18	12.28	3	電
A ₃	1. 5	1. 9	1.10	4	〃	C ₃	1.11	1.13	1.11	2	〃
A ₄	1.15	1.23	1.24	8	〃	C ₄	1.25	1.27	2. 8	2	〃
A ₆	3.14	3.30		16	〃	C ₆	3.14	3.30		16	〃
A ₇	3.16	3.20		4	〃	C ₇	3.16	3.30		4	〃
A ₈	3.22	3.31		9	〃	C ₈	3.21	3.31		10	〃
B ₁	12. 1	12. 6	12. 9	5	普	D ₁	11.25	12. 5	12. 4	10	普
B ₂	12.13	12.19	1.14	3	電	D ₂	12. 4	12. 8	12.17	4	電
B ₃	1.20	1.23	2. 3	3	〃	D ₃	1.13	1.19	1.21	6	〃
B ₄	2.15	2.23	2.24	8	〃	D ₄	2. 1	2.10	2.14	9	〃
B ₆	3. 8	3.30		22	〃	D ₆	3. 8	3.30		22	〃
B ₇	3.11	3.19		8	〃	D ₇	3.12	3.19		7	〃
B ₈	3.22	3.31		9	〃	D ₈	3.21	3.31		10	〃

普: 普通養生 電: 電氣養生

の手段を講じた上、餘り長時間に亘る通電を避け、各部の溫度計の示度を檢しつつコンクリート各部の溫度の斑を生ぜしめぬ様萬全の注意を拂ひつつ、慎重に施工した。

この短絡の影響は表-9の消費電力關係表によく表はれて居り、最大單位電力からすれば電極間隔 40~33 cm、最大電流密度から見れば 30~20 cm 程度に相當するもので、鐵筋或は鐵骨の立て混んだ場合には電極及び鐵筋の配置並に電流の調整等に慎重なるべきことを示唆してゐる。

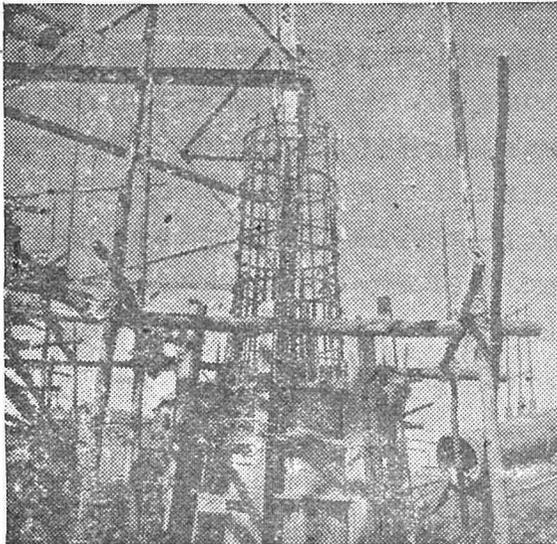
然し乍ら附着強度供試體 No. 121~4, 5, 6 程、高温にはして居らず、又通電時間も短かく遮斷してゐるのであるから悪影響があつたとは考へられない。而して型枠は上部の鐵塔支脚部の完成後迄

つけておいて保温したのである。

鐵塔支脚の施工には C₇, A₇, B₈, A₈ に於て内部 40~55 cm の温度と表面に近い 5 cm 程度の個所の温度とを知り得たが、深部では電源を遮断しても熱が籠つて尙數時間温度が上昇することが確かめ得た。浅い個所の温度の上昇し難いのは環狀鐵筋と型枠との間隔が設計よりも大に失したのに對し、電極が環狀鐵筋の内部にあつて電流の通りが良好でなく、主として内部からの熱傳導によつた爲である。

又上下支脚の打繼目はその下部の電極をも結線して舊コンクリートの温度をも昂めた。

寫眞-11 は支脚上部の鐵筋組立中、寫眞-12 は下部の養生中の光景である。



寫眞-11. 鐵塔支脚上部鐵筋組立中



寫眞-12. 通電中の鐵塔支脚下部

4. 消費電力及び消耗資材

消費電力は表-15 に示した通りであつて、潜函軀體 5,933.01, 潜函床版 1,460.91, 鐵塔支脚下部 1,513.82, 鐵塔支脚上部 442.32 KWH, 總計 9,350.06 KWH となり、全コンクリート量 172.81 m³ に對し 54.10 KWH/m³ となつてゐる。これは潜函軀體以外は通電時間が短いことによるもので、電力料からすれば僅少である。使用資材は次の通りである。

(1) 設備資材機器

變 壓 器	50 K.V.A.	1 臺
主 電 線	第 4 種 7/4.5	150 kg
開 閉 器	250 V 400 A	1 個
	300 A	2 個
	10 A	1 個
風 速 計		1 臺

(2) 消耗資材

コンクリート 1 m³ 當り

電極用亜鉛引 8 番鐵線		100 kg	0.580 kg
同上用 鐵 筋	12 mmφ, 19 mmφ	800 kg	4.630 kg
ジョイント線	2 mmφ 裸線	80 kg	0.463 kg
釘	2 吋	30 kg	0.174 kg
溫 度 計	棒狀アルコール	60 本	
板フューズ	150 A	100 枚	
〃	25 A	100 枚	
糸フューズ		1 卷	
根 曲 り 竹		若干	

V. 結 説

今回の施工は大規模な鐵筋コンクリート構造物としては最初のものであり、不斷の研究を基礎にして慎重に慎重を重ねて實施した結果所期の成果を収め得た。平均氣溫 -10°C 以下の酷寒中のコンクリートの施工はこの様に地上 6 m 以上もの高さの構造物に對しては經濟上、技術上本法以外には考へられないのであつて今後益々發達せしめて少しでも施工期間を延長して、施工經濟を有利に展開すべきである。而して今回の施工の成功は一に現場と研究室との直結にあり、主任青木正雄氏始め現場係員諸氏の不眠不休の努力の賜物で、得られた數々の資料はコンクリートの電氣養生史上極めて重要なものである。尙今後の施工上參考となるべき點を挙げれば次の通りである。

(1) 同種電極間隔は特に鐵線を電極とした場合出来るだけ密にすることにより、コンクリートの溫度上昇を各部均一ならしめ得ること。

(2) 打設溫度はなるべく均一にすべきこと。

(3) コンクリート各部の溫度上昇の均一化の爲、コンクリートを適當な部分に分けて開閉器を入れること。こうすれば比較的容量の小さい開閉器、主電線で間に合はせ得る利益もある。

(4) 鐵筋コンクリートの場合には特に短絡結線の過誤等を起す危險があるから、コンクリート打込前豫め電壓を加へて検査すること。

(5) コンクリートを打繼ぐ場合、新規打込前に湯で凍結を除くと共に豫め舊コンクリート中に電極を残しておき、これに電流を通してその溫度を上げる様留意すること。

(6) 將來に對する希望として、コンクリートがある所定の溫度に上昇してから一定溫度で一定時間保つ爲に大容量の電壓調整装置を備へ、これとコンクリート溫度の自記式検測器と連動せしめて自動的に作動することが出来れば電氣養生の施工に特別な勞力を要しないこと。

本施工に當り特に電氣保安には充分注意した結果、終始事故は全く無かつた。

最後に本施工中會社の深い御理解と現場員各位、特に主任青木正雄氏の熱意とにより貴重な數々の記録を得られたことは、電氣養生施工に關する將來の指針を確固たらしめたものであつて深く感謝すると共に試験並に施工の記録に研究室の助手太齋宗一氏、學生の橋均、西澤道夫、淺見千春、遠山奈須男、只野直典の諸君に多大の勞を煩はしたのであつて茲に厚くお禮を述べる次第である。