

# コンクリートの電熱養生の一施工例について

准員 札幌鉄道管理局 能 勢 之 次

## 1) ま え が き

低温時におけるコンクリートの施工は工事の行程を充分に検討し、できれば、これを避けるのが理想的である。しかしながら現実には、その工事量、特に会計年度予算の関係で、年間を通じての工事施工、冬季工事の必然的状況により、寒中コンクリートの施工が行われ、また実施せざるを得ない現状にある。

たとえば昨年11月より施工中の南小樽駅構内量徳跨線道路橋改築工事において、橋台、橋脚継足コンクリート、床版コンクリート、高欄コンクリートは寒中コンクリートの施工であり、本道において最初と思われるが、鉄道技術研究所コンクリート研究室樋口技師の指導によりコンクリートの電熱養生を実施した。以下その施工例について概要を述べる。

## 2) 工 事 概 要

函館本線南小樽駅構内にある量徳跨線道路橋は、在来木造橋であり、木造部の腐朽甚だしく交通安全上危険につき改築を実施した。一等道路橋、有効幅員7.400m、総径間45.375m(4径間)にして、主桁としては、鉄道橋古上路鈹桁を利用し、厚さ17cmの鉄筋コンクリート床版、鋪装は厚さ5cmである。総工費6,345,989円であり、昭和28年11月より昭和29年3月末日までの施工期間である。主桁に利用した鉄道橋古上路鈹桁改造工事は岩見沢材修場の直営工事であり、その他は木田建業株式会社の請負工事である。古上路鈹桁の改造として在来径間に合せてそれぞれ切断をなし、切断部分の材料を再用して桁座金の製作及び径間15.08mに架設する3連は運搬方法のため接合箇所より2分した。古上路鈹桁は、志文所在レオポルド型9.600m(札48、札49、札57、札58)及び19.200m(札47)、妹背牛所在官設型12.800m(旭31)、特殊型19.100m(旭31)、作30年型19.200m(旭32)の8連である。また改造は古上路鈹桁所在箇所において施行し、貨車積込作業も材修場10tクレーンにて実施した。主桁の架設方法としては、南小樽駅構内の列車間合と軌条面より10mの高さのため軌道上よりクレーンその他による架設困難のため浜小樽より10t重量物運搬用自動

車により現場まで道路運搬をなし、在来木造部分を利用しつつ架したもののである。

上部構造としては、鉄筋コンクリート床版厚さ17cm、長さ46.683mであり、第2橋脚にて伸縮継手を設けた。高欄は鉄筋コンクリート及び小煙管(機関車撤去部材、直径50mmのパイプ)を使用したものである。なお鉄筋の継手はすべて「ガス圧接法」によつた。ガス圧接法とは鉄筋の銜合面に殊々な装置で壓力を加え、ガス炎(主として酸素アセチレンガス使用)

で加熱して接合する方法である。可搬式で簡便な方法であり鉄筋量も節約できる利点がある。この鉄筋のガス圧接のみ本工事において札幌工業株式会社が施工した。

## 3) コンクリートの電熱養生について

コンクリートが凍結するのは約 $-3^{\circ}\text{C}$ であるが、この程度までは薄い断面の場合を除き材料を加熱してコンクリートの練上り温度を高め、保温に留意することによつて満足な結果を得られる。しかし気温がこれ以下になり、また風が強い場合には保温のみでなく、給熱によつて打つたコンクリートを相当の温度に保たなければならない。

土木学会標準示方書にも「コンクリートの温度は打込みのとき $10^{\circ}\text{C}$ 以上 $40^{\circ}\text{C}$ 以下でなければならない(ダムの場合は $5^{\circ}\text{C}$ 以上)と示し、また凍結により被害のないコンクリートの圧縮強度は約 $50\text{ kg/cm}^2$ であるとし、「養生期間中の温度は、コンクリート打ち後少なくとも72時間 $10^{\circ}\text{C}$ 以上、または120時間 $5^{\circ}\text{C}$ 以上に保たせるため適当な手段を講じなければならない」と示されてある。

人工給熱の方法としては、蒸気、火器、電気等による種々の方法があるが、電氣的給熱法は他の方法に比し経済的に、簡便に採用し得る利点を有している。

電氣的方法としては、直接コンクリート体に通電しその電氣抵抗によるジュール熱によつて保温給熱する直接的な電氣養生法と、冷却面に電氣抵抗線を配置して外部より保温する間接的方法がある。

1. 直接的養生法……………電氣養生法
  - a. 冷却面極配置法(局部通電方式)
  - b. 極埋込法……………(内部通電方式)
2. 間接的養生法……………電熱養生法
  - a. 冷却面加熱法
    - i 冷却面抵抗線配置法
    - ii 冷却面保温空間法(2重型枠法)
  - b. 抵抗線埋込法

電氣養生法については、北大板倉教授の御研究により広く使用され、土木学会においても昭和23年「コンクリート電氣養生法施工方法指針」を制定している。

電熱養生の主眼とするところは、材料加熱によつてコ

ンクリート内に蓄積された熱と、その後の水和熱を利用しつつ外部から奪われるだけの熱を防ぐ、即ち外気温により影響を受ける冷却面を加熱保温するものであり、むしろ給熱にあらずして保温に近い考え方である。コンクリートの凍害を受けるのは一般に表面から僅かの深さまでであることは、在来構造物よりみて明らかであり、ソ連における寒中コンクリートの1施工法として、設計断面より大きくコンクリートを打ち、施工後凍害を受けた部分を剥ぎ取つてその目的を達している点よりも諒承されることである。またコンクリートは凝結硬化の過程において水和熱を生ずるものである。マスコンクリートにおいては $15^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ にも達することがあり、たとえばダムコンクリートの如きは、低熱セメントを使用したり、氷片等を混入して温度上昇を防止する場合さえある。

即ちコンクリート本来の性質を利用し、できるだけ必要以上の電流を通ずることなく、鉄筋、無筋コンクリートの区別なく、冷却面に配置した抵抗線の発熱により熱を補給するものである。

抵抗線としてはコンスタンタン線、鉄アルミ線、鉅鉛引鉄線等、簡単に、経済的に入手し得るもの、いずれでもよく、抵抗線としての発熱を考慮して、その直径、長さ、電流の関係を定め1回線とする。現在農業方面において電気温床に使用している抵抗線を利用するのも便利である。

冷却面は主として型枠内面、コンクリート打上り表面、新旧コンクリート打継目面等であるが、抵抗線の配置要領は種々の方法がある。

たとえば、盛岡工事事務所において、橋脚の施工に実施した如く、型枠外面に抵抗線を配置して、シートにて完全に覆い、その空間を保温する方法もある。また非常に安価な裸鉄線を型枠内面に配置し、その上をビニールの布で覆い2重型枠になす方法も今後わが国のビニール製産状況により考慮される1例であるが、構造物の種類、資材の準備、経費等の問題により、その要領も多種多様と思われる。現在、最も簡単に、安全な方法は、被覆抵抗線を型枠内面に配置し、コンクリート打終り後、表面に配線する方法であると思われる。

電圧としては、100V、200Vのいずれでもよく、前述の土木学会標準示方書に示す値のごとく、養生温度、期間を実施するため、抵抗線の電気設計、配線間隔、通電時間を定める。

#### 4) 本工事におけるコンクリートの品質

本工事において使用したコンクリートの標準配合は次の如きものである。

使用セメントは、上磯工場普通ポルトランドセメント、骨材は粗細骨材共に砂川産である。低温時の施工のため、

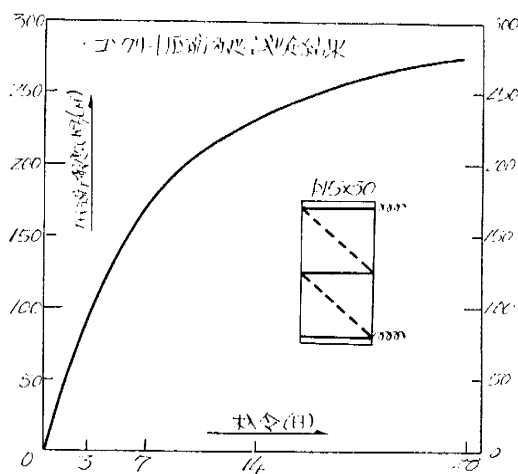
表—1

| 粗骨材の<br>最大寸法<br>(mm) | スランプ<br>の 範 圍<br>(cm) | 最大水セ<br>メント比<br>(%) | 1m <sup>3</sup> のコンクリ<br>ートに用いるセメン<br>ト量 (kg) |
|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| 40                   | 7.5~10                | 53                  | 345                                           |

骨材、水共に加熱し、コンクリートの練上り温度を $20^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{C}$ となした。材料加熱は、本工事において、在来橋梁撤去木材を利用し得る状況にあり、骨材の加熱は、鉄板上部に骨材を置き加熱する方法を実施した。鉄板上部の一部骨材は、過熱の傾向があり未加熱骨材と適当に混合して使用した。

混合は8切ミキサであり、ナベトロによりすみやかに運搬をなし、コンクリート打終り後、直ちに後述する電熱養生を72時間実施した。

床版コンクリート施工時の躯体と同一状況により製作し、電熱養生をなしたコンクリート標準供試体の圧縮強度試験結果を図—1に示す。



図—1

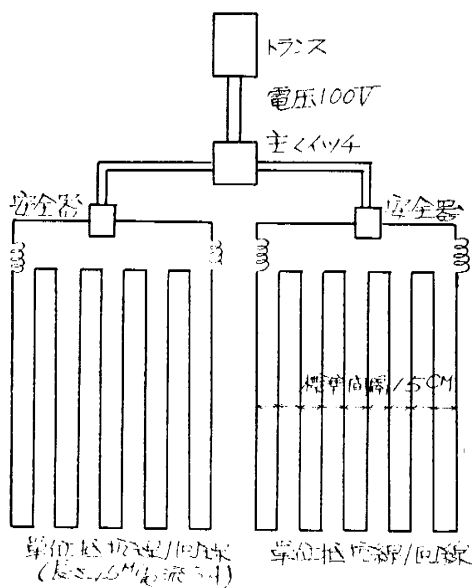
#### 5) 本工事において実施したコンクリートの電熱養生について

本工事における床版鉄筋コンクリートの施工は12~1月であり、南小樽附近の最低気温の平均は $-10^{\circ}\text{C}$ と想定し、レール面上10mの位置で風の影響も考えられ、且つ床版厚17cmであり、鉄筋のかぶり3.5~5cmにして、主棒との接合関係もあり、電熱養生を採用した。

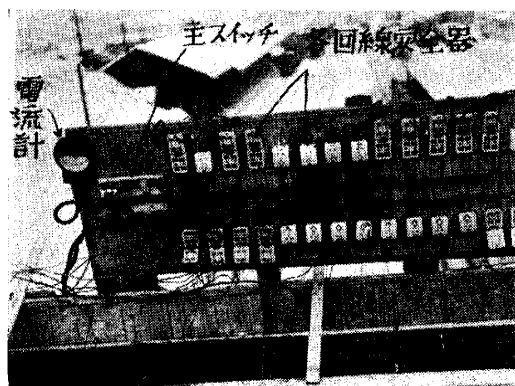
##### (a) 使用抵抗線及び電気設備

抵抗線としては、ゴム被覆コンスタンタン線直径1.2mmのものを単位長45mに切断し、1回線電流5Aとして使用した。この単位抵抗線を冷却面の型状により、標準間隔15cmに配置し、72時間通電を実施した。

電圧としては100 V を使用し60 mm<sup>2</sup> の第4種線でトランスより配電盤に導き、コンクリート打込速度により1 回線ごとに通電でき得るように各回線にそれぞれ安全器を設備した。配電盤より各单位抵抗線までは1.6 mm 第4種線により結線した。結線略図を 図一2、配電盤の状況を写真一1 に示す。なお配電盤に200 A の電流計を取付け電流のチェックをなした。



図一2 抵抗線電気結線略図



写真一1

電源設備としては、電熱発生、熔接、鉸鉸コンプレッサー兼用として、15 K トランス3 台計45 K を準備した。もし電熱発生のみを使用するとせば90 回線の同時通電が可能である。

#### (b) 抵抗線の配線

橋台、橋脚コンクリート、床版鉄筋コンクリート、高欄コンクリート等の冷却面積は、1043 m<sup>2</sup> であり、上記

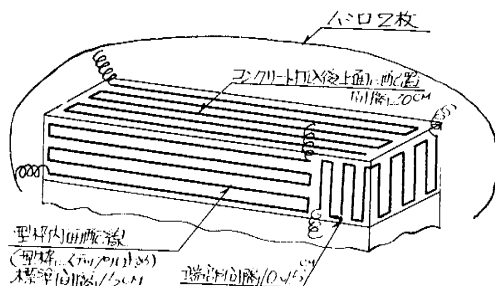
単位抵抗線を標準間隔15 cm として適当に型枠内面、コンクリート表面、新旧コンクリート打継目面等の冷却面に配線した。

表一2

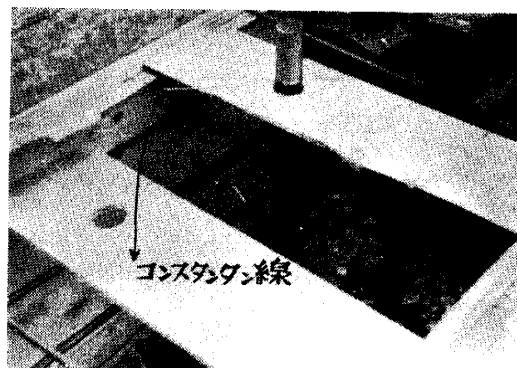
| 種 別         | 回線数 |
|-------------|-----|
| 第1 橋臺コンクリート | 4   |
| 第1 橋脚コンクリート | 4   |
| 第2 橋脚コンクリート | 4   |
| 第3 橋脚コンクリート | 3   |
| 第2 橋臺コンクリート | 3   |
| 第1 床版コンクリート | 76  |
| 第2 床版コンクリート | 67  |
| 高欄コンクリート    | 22  |
| 計           | 183 |

配置抵抗線の回線数は、第2表に示すごとく183 回線である。橋脚継足コンクリートの配線状況の1 例を 図一3 及び写真一2、3 に示す。橋脚、橋台コンクリートの被覆材料はムシロ2 枚である。床版の配線としては、コンクリートの打込み速度を

考慮して、底部型枠内面は第1 床版、第2 床版共それぞれ長手方向に4 ブロックに分けて単位回線を配置し、コンクリートを打込み次第通電でき得るようになった。上面はコンクリート表面仕上後、1,800×1,550 のコマイ枠2 組1 回線として配線したものをコンクリート表面に静



図一3 橋脚配線状況の1 例



写真一2

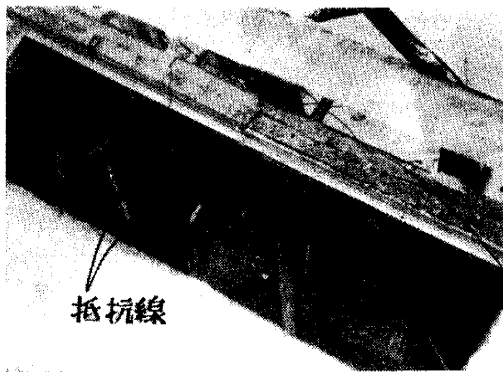


写真-3

置し、パネルごとに通電をなした。なお被覆材料としてムシロ1枚と除雪用に準備していたシートにて実施した。配線状況を図-4に示す。

高欄柱部分の配線は、単位抵抗線を中斷してリード線により結線して使用した(図-5参照)。

型枠内面の取付は、メテツプル止めによつた。メテツプルの間隔を密にすること、及びその上にブラックテープ、紙テープ等により被覆することにより型枠脱型時に抵抗線の回収可能であり、手数をいわず紙テープで被覆した橋脚は100%回収でき得た。全体を通じ本工事中において抵抗線の回収率は70%である。

#### (c) 温度測定

上記養生の配線通電状態のチェックのため、熱電対による温度測定を実施した。在来寒中コンクリート施工で温度を測定する場合、棒状寒暖計により実施していたのであるがコンクリート内部等の測定は困難であり、且つ今回のごとく抵抗線を配置した場合の線上と線間の温度

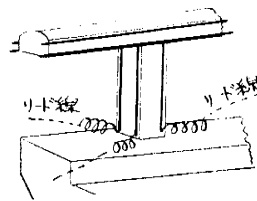


図-5

線を1対としたものである。1端を基準温度 $0^{\circ}\text{C}$ となし、被測定箇所他端との温度差により生ずる起電力を利用するものである。即ちミリボルトメーターにより電圧を測定して、あらかじめ測定してあるキャリブレーションカーブにより温度を求めるものである。

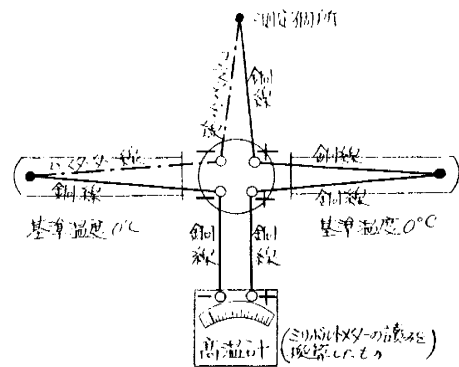


図-6 熱電対結線図

使用熱電対線は埋込み箇所、測定の便を考慮して長さ60 cm、100 cmの2種とした。

コンクリート内部温度測定には、コンクリート打込み

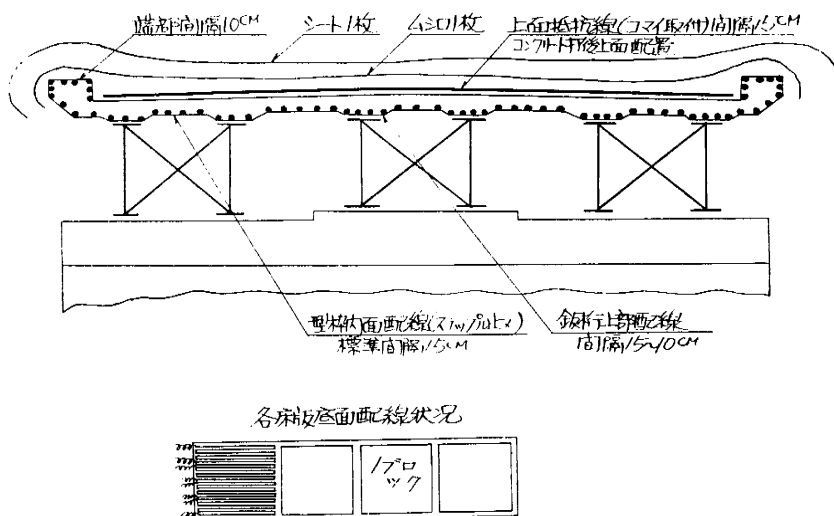


図-4 床版配線状況の1例

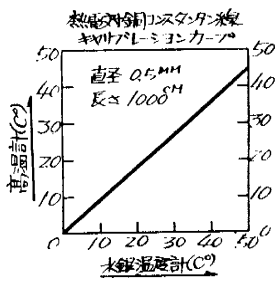


図-7

時に適宜埋込み、型枠内面、線上線間個所は写真-4 に示すごとく紙テープ等によりコンクリート打込み前に配置した。図-7 にキャリブレーションカーブを示す。

熱電対による温度測定結果は、普通個所において約 20°C を保ち得た。端部稜角部及び床版鉄桁フランジ部分等の最悪条件部分においても 10~20°C であり、抵抗線の中間と線上の温度差は 7.5~5°C であり平均 5°C であった。

外気温度としては最低 -7°C で平均 -3°C~5°C であり、この程度の外気温度変化による影響は見られなかった。

床版コンクリートの温度測定結果の 1 例を図-8 に

示す。

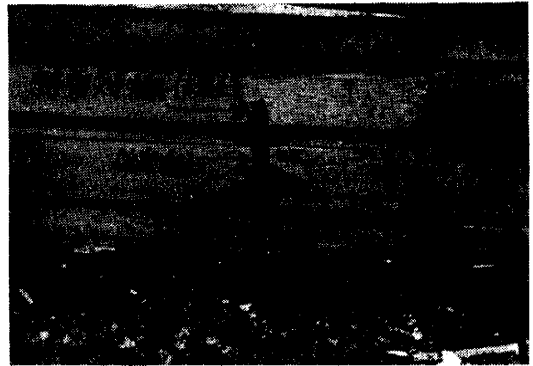


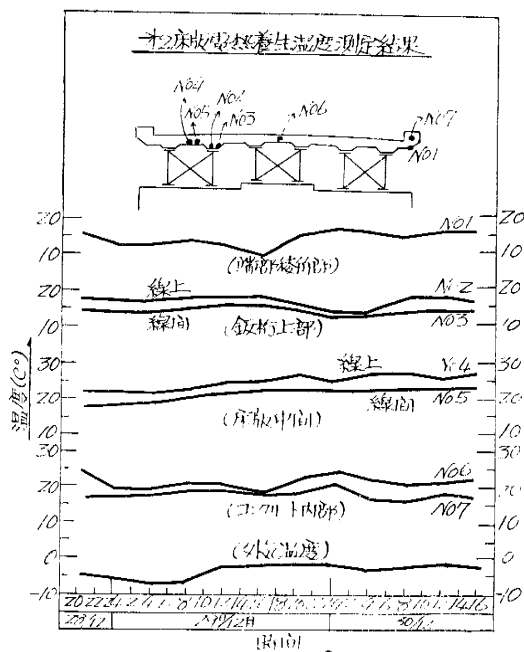
写真-4

(d) 施工結果の検討

施工中の外気温度は比較的暖かったため、実験資料としては充分でないくらいはあったが、本工事の電熱養生採用の目的は達せられた。

表-3

| 種 別                    | 名 稱             | 摘 要                  | 数   | 量     | 単 價   | 金 額     |
|------------------------|-----------------|----------------------|-----|-------|-------|---------|
| 変 圧 器                  | ス イ ツ チ         | 15 KVA 損料 20%        | 臺   | 3     | 9,900 | 29,700  |
|                        | 第 4 種 線         | 2P 200A "            | ヶ   | 3     | 300   | 900     |
|                        | 電 柱             | 60 mm <sup>2</sup> " | m   | 300   | 70    | 21,000  |
|                        | 腕木、アームタイボルト端子類  | "                    | 本   | 2     | 2,000 | 4,000   |
|                        | 労 務 費           | "                    | 式   | 1     |       | 3,500   |
|                        | 接地材料其他          | "                    | "   | 1     |       | 20,000  |
|                        |                 | "                    | "   | 1     |       | 10,000  |
| 小 計                    |                 |                      |     |       |       | 89,100  |
| 溶接、コンプレツサ兼用につき電熱養生分として |                 |                      |     |       |       | 55,000  |
| コ ン ス タ ン タ ン 線        | 第 4 種 類         | 1.2 mm ゴム被覆 50%      | m   | 7,000 | 20    | 70,000  |
|                        | ス イ ツ チ 安 全 器 等 | 1.6 mm 20%           | m   | 1,800 | 4     | 7,200   |
|                        | 労 務 費           | "                    | 式   | 1     |       | 2,660   |
|                        | 電 流 計           | "                    | "   | 1     |       | 30,000  |
|                        | コ マ イ 材 料 其 他   | 200 A 20%            | ヶ   | 3     | 200   | 600     |
|                        |                 | "                    | 式   | 1     |       | 16,900  |
|                        |                 |                      |     |       |       |         |
| 小 計                    |                 |                      |     |       |       | 127,360 |
| 基本電力料金                 | 電 力 料 金         | 50 K 設備              | KWH | 6,588 |       | 19,800  |
|                        |                 |                      |     |       |       | 35,250  |
| 小 計                    |                 |                      |     |       |       | 55,050  |
| 合 計                    |                 |                      |     |       |       | 237,410 |
| m <sup>2</sup> 當り単價    |                 |                      |     |       |       | 227     |



図—8 温度測定結果の1例

型枠材料としては厚さ5分の松板のパネル構造のものを転用した関係上、普通の工事施工の場合に比し薄いものであり被覆材料もムシロ2枚、あるいはムシロ1枚シート等であつたが土木学会標準示方書に示される72時間10°C以上の養生温度を保ち、コンクリートの圧縮強度も通電停止時90 kg/cm<sup>2</sup>である。

所要電力量としては6,588 KWHであり、今回主体として実施した床版鉄筋コンクリートの冷却面m<sup>2</sup>当りは使用電力は約100 Wである。抵抗線の回収は、床版鉄筋フランジ上部、橋台新旧コンクリート打継目面等は埋殺してあつたが、型枠内面取付け部分は手数をいわずテープ順で覆つた部分は完全に回収され得ることを知つた。この抵抗線回収の問題は電熱養生の一特色である。なお型枠脱型時の無理により切断されたものは、ブラケットを使用して継ぎ、再使用可能である。

施工後のコンクリート表面に抵抗線のあとが残つたが、抵抗線の直径の細いものを使用することにより目立たなくできると思われる。規則正しいあとは見苦しい程度で

もない。

工費としては、本養生の性質上、他の養生法と異なり冷却面積当りで単価を示すと227円であつた。表—3に工費の概要を示すが、工事種別、電源設備、使用抵抗線等により変化するものであり、単なる参考とすべきであると思われる。

## 6) 電熱養生の長所、短所について

電熱養生の長所及び短所についてあげると次の如くである。

### (a) 長所について

- ① 施工が容易である。
- ② コンクリート打設前に通電してチェックができる。
- ③ 新旧コンクリート打継において旧コンクリート面に給熱できる。
- ④ 鉄筋コンクリート、無筋コンクリートの区別する必要がない。
- ⑤ 手なおしが自由にできる。
- ⑥ 所要電力が少ない。
- ⑦ 電気専門技術者が殆んどいらぬ。
- ⑧ 線の回収が可能である。

### (b) 短所について

- ① 抵抗線のあとが残る。
- ② 抵抗線の配置方法が悪いとコンクリート中にくいこむことがある。
- ③ 抵抗線の回収不可能の場合がある。
- ④ 熱効率が悪い。

本養生法は、検討すべき問題も種々あるが施工が非常に簡単であり、熟練した専門技術者を必要としないことが一大特色であると思われる。

## 7) あとがき

以上電熱養生の1施工例について簡単に述べたのであるが、今後の改善、研究上参考の一端ともなれば幸である。

なお本養生は札幌鉄道管理局にて最初の施工であり、御指導、御鞭撻を戴いた鉄道技術研究所樋口技師、首羽職員ならびに札幌鉄道局渡谷工務課長、長谷川技師、沖主席に深謝の意を表する次第である。