

(その1、蒸気養生方法について)

前田建設工業(株) 正員 山田 一守
 同 上 正員 〇出頭 圭三
 同 上 正員 内田 明

1. まえおき

従来コンクリート二次製品工場で実施されている蒸気養生方法には、シート覆いによる方法、ピットによる方法等がある。シート覆いによる方法は蒸気養生設備が簡単であるが、シートからの熱漏出が多いため熱効率が悪く、打設、養生、脱型の際の製品の移動が繁雑であること、各シート覆いごとに別個に温度管理を行わなければならないこと等多くの欠点を有している。またピットによる方法は養生槽が固定式であるため、やはり作業工程が繁雑になり得るのである。そこで両方式の長所を取り入れ、熱効率の向上、温度管理の簡易化及び製品製作工程の流し作業化を目的とするため、台車に製品を載せトンネル内を移動させながら蒸気養生を行うことを考え、一連の実験を行った。その際、図-1に示すような温度履歴(基本温度履歴)を設定し、トンネル内を台車が移動するとともに図-1と同様の温度管理が可能であるかどうかを調査した。以下その結果について報告する。

2. 実験方法

トンネルとして内径1.650mのヒューム管5本を写真-1の様に配置し(全長11^m940)この中にバーヌコンクリートを厚さ25cm打設した。トンネル内の温度保持には、トンネル内にシートを仕切る形式(写真-2、防水用シート使用、以下シート仕切という)と移動用台車に仕切を取り付け、室自体が移動する形式(写真-3、硬質ゴム板使用、以下台車仕切という)との二方法を用いた。移動用台車には重量250kgのトラックを使用した。また、温度の測定は、白金測温抵抗体を使用し、トンネル下面より1mの位置で行なった。蒸気はトンネルの下面より30cmの位置に配管して蒸気用パイプで45°の角度で吹き上げた。トンネル内部の温度測定の際には、コンクリートのブロックを台車の上に積載して移動させた。そのコンクリートブロックの形状は120cm x 90cm x 30cm(重量約750kg)であった。

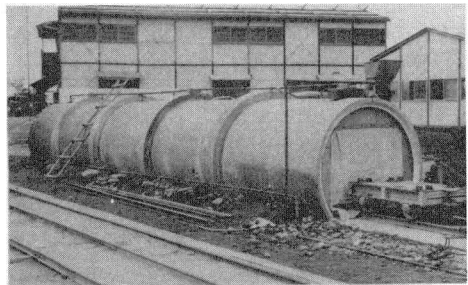
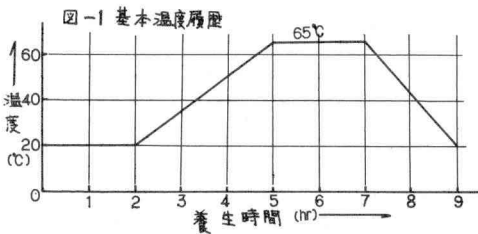


写真-1 トンネル全景

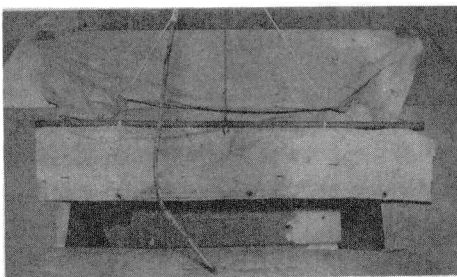


写真-2 シート仕切

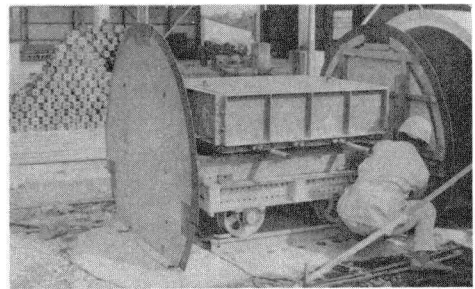


写真-3 台車仕切

3. 実験結果及び考察

①予備実験

i) トンネル内鉛直方向温度分布

トンネル内の鉛直方向の温度に大きな差があると、温度管理及び製品品質面で問題となる。そこで鉛直方向の温度分布を測定した。その結果を図-2に示した。トンネル下部より40cm迄は温度差があるが、40cm以上の高さではほぼ一定の温度を保持できることが確認できた。トンネル下部での温度差は、蒸気の吹き上げ方向と密接な関係があるものと思われる。

ii) トンネル方向温度分布

トンネルの入口を閉鎖した場合の温度分布を図-3に示した。蒸気はトンネルの奥のみで噴出させ、その位置での温度を65℃に管理すれば、トンネル内の温度は全体に60℃程度まで上昇し、温度勾配が大きくなることは避けられる。従ってトンネル内の温度分布に適當な勾配を与えるには仕切が必要である。しかし仕切を使用した場合図-1の様な温度履歴が可能であるようにトンネル内の温度分布を作ることが不可能であり、階段状に温度上昇をせざるを得ないものと思われる。

②シート仕切を使用した場合の実験

シート仕切を用いたトンネル内を6室に分割しNO.6室の温度を65℃に保つた場合の各室の温度分布を測定した。分割図と測定結果を図-4に示した。各室間は、シート仕切により1℃以上の温度差が保たれていた。次に台車を順次奥の室へ移動する時の、シート仕切を開閉した場合の温度変化を測定した。仕切を開くとNO.6室のうす熱が流出し温度が低下し、NO.1~4室へは熱が流入し温度が上昇する。温度の低下に対しては熱を補給し容易に回復させることができるが、上昇した場合には温度が自然に低下するのを待たなければならない。温度が回復するまでに相当の時間を要する場合がある。温度が回復する前に仕切を開閉すると開閉のつど温度が上昇してしまい、温度管理が困難となる。開閉所要時間と変化させた各室の温度変化を測定したところ、所要時間が1分未満であれば温度は約10分ほど回復した。

次に上記結果に基づき、トンネル内の温度分布をNO.1(20℃)、NO.2(31℃)、NO.3(42℃)、NO.4(53℃)、NO.5(64℃)、NO.6(65℃)と規定した場合の仕切開閉時の温度変化を測定した。この場合に仕切開閉所要時間1分未満であれば、約10分ほど温度が回復した。従って、開閉所要時間が1分未満であれば、実用上温度管理は十分可能であると思われる。

③台車仕切を使用した場合の実験

仕切を取り付けた台車を(外気温→35℃)(35℃→50℃)(50℃→65℃)へ移動した場合の温度変化を測定した。台車の移動時間は10分間とした。この場合も、温度管理可能との結論を得た。

④徐冷に関する実験

トンネル方式による場合に限り、蒸気養生を行って

図-2 鉛直方向温度分布

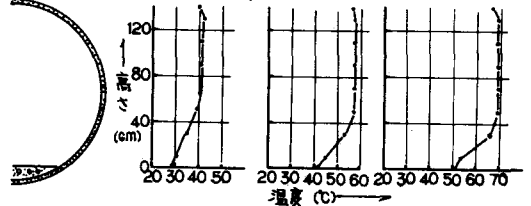


図-3 トンネル方向温度分布

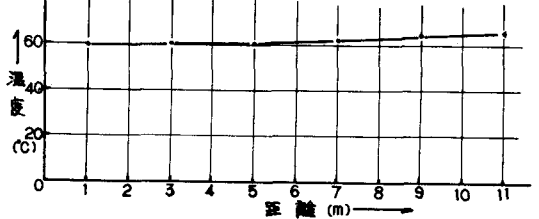
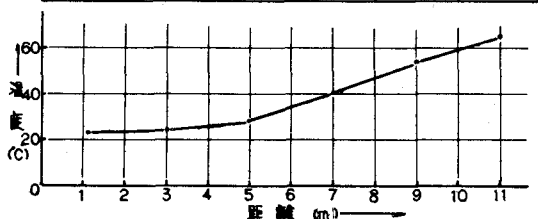


図-4 トンネル分割図とシート仕切の場合の温度分布

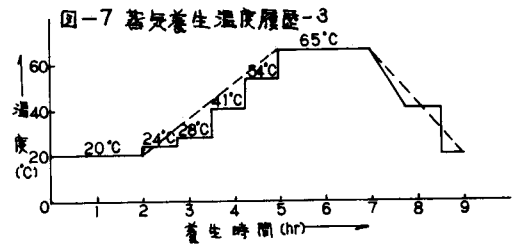
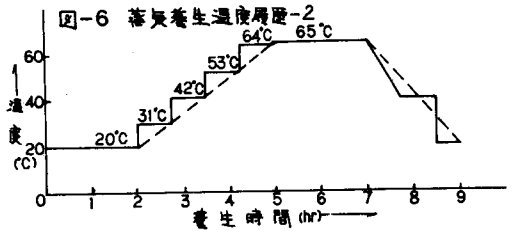
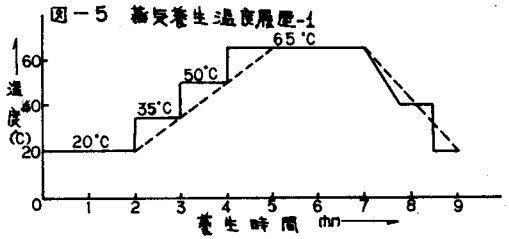
11.940					
2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,940
NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6



コンクリートの徐冷は、コンクリートからの放射量が大きいので、図-1に示した様な滑らかな温度降下を実現することは不可能に近い。蒸気養生を行なったコンクリートブロックをトンネル内に設置した場合のトンネル内部の温度変化を測定したところ、約40℃近い順調な温度が降下して（所要時間約1時間）の、その後ほとんど下がらなくなった。この時点からコンクリートを外気中に出すことは、外気温との温度差が大きくなり、コンクリート周囲の湿度を100%に保つことが困難でありコンクリート表面に急激な乾燥が生じ、コンクリートに悪影響を与えると考えられるので、噴霧状の散水により外気温より温度を降下させることとした。その結果、トンネル内の温度は急速に水温（約20℃）まで降下した。この場合、コンクリートはやはり急激な温度変化を受けることとなるが、この影響については強度試験を実施してはあくまでよいこととした。

4. あとがき

以上の実験の結果、トンネル方式により蒸気養生を行なった場合に、図-1に示したような温度履歴を実現することは不可能であり、階段状の温度履歴にせざるを得ない。図-5~7に本実験により実現可能な温度履歴をモデル化して示す。この温度履歴の横軸（時間軸）方向への平行移動は可能である。将来トンネル方式により蒸気養生を実施する場合には、トンネル内の室数、仕切の断熱効果等の相違により本実験とは若干異なる傾向を示すこととされるが、基本的には再現可能である。



また、図-1に示した温度履歴による養生を、トンネル方式により可能な温度履歴による養生によって代行することの適否について、実際に養生を行なったコンクリートに対して圧縮強度試験を実施して判定が行われればならず、その点に関する考察は別項にゆずる。

なお、トンネル方式による蒸気養生を実施する場合に最も温度管理が容易な温度履歴は図-8に示した形のものである。一般に初期に急激な温度変化を与えることは、コンクリートの長期強度に悪影響を与える事が確認されているが、散水による急冷等を併用して、実質的蒸気養生時間を延長すると同時に養生温度を65℃から50℃に変更する等対策を講じればこの問題はある程度解決できるものと思われる。その場合には、図-8の温度履歴を使用することが出来るであろう。

本実験では消費した蒸気量を測定したが、最初トンネル内に所定の温度まで上昇させる際には、ヒューム管を熱するため、かなりの蒸気を必要とするが、その後温度を保持するにはわずかの熱量で十分であろう。

