

#### V-4 膨張セメントの水和発熱量について

中国電力(株) 技術研究所 正会員 藤 木 洋 一

##### 1. ま え が き

最近、自己容積変化によってコンクリート構造物に発生するひびわれを防止するため膨張性の混和材が用いられているが、この方法は、膨張性の混和材をセメントに混入することによってコンクリートに膨張力を与え、乾燥によって生じる収縮を補償する方法と、膨張材の混入率を比較的多くして、大きな膨張力を与え、この膨張力を鉄筋あるいは型枠によって拘束してコンクリートにプレストレスを導入する、いわゆるケミカルプレストレス( $G_{cp}$ )工法の2つの使い方があがあるが、これらの使い方および膨張材を混入したコンクリートの力学的特性については、数多くの文献によってあきらかにされている。

$G_{cp}$ 工法を用いる場合は、コンクリート構造物に有効なプレストレス量を導入するためには、単位セメント量を従来の工法を用いる場合よりもいづろしく増さなければならぬときがある。例えば、水路トンネルでは、一般に、270 kg程度を用いているが、これに15 kg/cm<sup>2</sup>の $G_{cp}$ を導入するには図1に示すように単位セメント量(膨張材を含む)を400 kg程度にしなければならぬ。単位セメント量の増加は、コンクリート打設後の温度応力の増大の原因となり、とくに堅硬な岩盤で拘束されるときは、この温度応力がいづろしく大きくなって最悪の場合にはひびわれが発生する恐れがある。

コンクリート打設後初期材令に発生する温度応力は、あらがじのSchmidt法などを用いコンクリートの温度ひびきを求めることによって予測することができが、この計算のもとになるものは、コンクリートの断熱温度上昇値であって、この値を知らなくては計算を行なうことができない。

膨張材を混入したコンクリートの断熱温度上昇を測定した文献はごくわずかであって、膨張材混入の影響をあきらかにするまでにいたっていないので、この問題について一連の実験を計画した。今回の発表は、一連の実験のうち、もとも基礎的な検討項目として膨張材を混入したセメントの水和発熱量を測定したものである。

##### 2. 測定に用いた装置

一般にセメントの水和発熱量は、J.I.S.R 5203に規定する溶解熱法を用いるが、本実験では伝導型の熱量計を用いた。伝導熱量計は試料容器、熱伝導体および熱容量の大きい恒温物体からなり、試料容器内に生じた熱量を熱伝導体を通して恒温物体に流し、その伝導経路に検出器を置いて熱量を測定するものである。表1に同一のセメント試料を溶解熱法と伝導熱量法とで測定した結果を示したが両者はほぼ一致した値を示している。

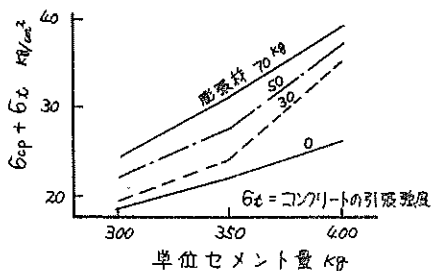


図1 単位セメント量と( $G_{cp}+G_t$ )との関係

表1. セメントの水和発熱量

| 測定材令(日) | cal/g |       |
|---------|-------|-------|
|         | 溶解熱法  | 伝導熱量法 |
| 1       | 22.5  | 27.4  |
| 2       | 37.4  | 36.3  |
| 3       | 42.7  | 42.1  |
| 4       | 49.7  | 50.0  |
| 5       | 54.6  | 55.4  |

### 3. 膨張材単味の発熱量

膨張材単味の発熱量は、図2.に示すように、注水後短期間ではばく木和し、かつ普通ポルトランドセメントにくらべると注水初期の水和発熱量も非常に高い、例えば、膨張材Aでは、材令1日で全発熱量の91%が、材令2日では98%が発熱している。また材令2日の普通セメントの発熱量  $45 \text{ cal/g}$  にくらべて膨張材Aのそれは  $80 \text{ cal/g}$  というように高い。このように膨張材単味の発熱量は注水初期において高いことが特徴である。

### 4. 膨張材の混入量と発熱量

図2は、膨張材Aを普通ポルトランドセメントに10～20%内割混入したときの水和発熱量を示したものであるが、この図がうわづかに、膨張材をセメントの一部と置きかえて用いても、初期材令では膨張材を用いない場合よりも発熱量は高い。その差は材令2日が最大で熱量にしても約  $15 \text{ cal/g}$  相違する。さらに長期の材令になると発熱量は膨張材を用いた方が減少する。これらの傾向は、初期材令で高い発熱を示す材料を内割混入したために生じる傾向であって、これを外割混入すると当然のことながら、いずれの材令でも発熱量は、膨張材を用いた方が高くなる。

### 5. 膨張材の発熱量とその肉点

膨張材を用いると、初期材令の発熱量は用いない場合よりも高くなるが、さらに、6cp工法を用いる場合は、単位セメント量を増さなければならないので、この単位セメント量の増加分だけ発熱量はさらに増えることになる。今仮りに、水路トンネルを想定し従来の工法による場合の単位セメント量を  $270 \text{ kg}$  とし、これに約  $15 \text{ kg}$  の6cpを挿入するものとする。6cp工法では単位セメント量(膨張材を含む)は  $400 \text{ kg}$ 、単位膨張材量は  $70 \text{ kg}$  となるが、これらの数値を用いてコンクリートの断熱

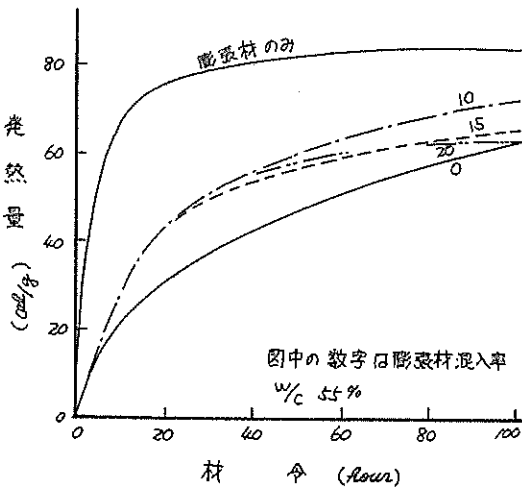


図2. 膨張材の発熱量

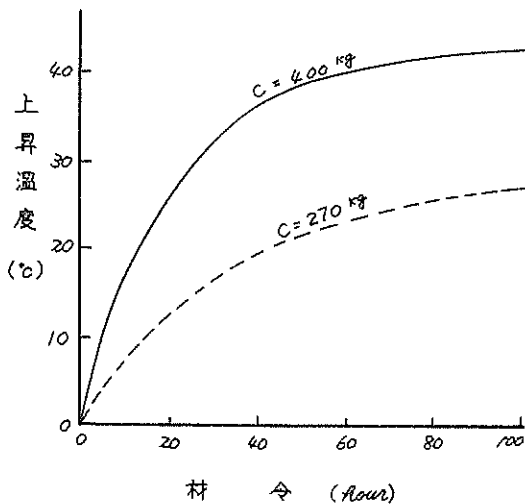


図3 コンクリートの断熱上昇温度

上昇温度を計算によつて求めたものが図3であつて、コンクリート打設後の温度りれきがピークに達する材令2日では、約  $17^\circ\text{C}$  の温度差が生じる。コンクリートを直接堅硬な岩盤に打設する場合は、岩盤拘束によって温度応力が発生するが、 $17^\circ\text{C}$  の温度差があるとかなり大きい温度応力となつて、挿入されたプレストレスを大中に減らすことになり、最悪の場合はひびわれが発生したりする恐れが生じる。

### 6. ち す び

膨張材を混入したセメントの水和発熱量を測定した結果、その熱量は、初期材令では膨張材を用いないときよりもかなり高くなるのがわかった。また、外部拘束のあるコンクリート構造物に6cp工法を用いる場合は従来の工法よりも温度応力が増大する可能性があるので事前にこの点に關して十分検討を行なう必要がある。

以 上