

はじめに

コンクリート温度に及ぼすコンクリートの断熱温度上昇特性の影響を検討する場合、物性上の要因(セメントの種類、セメント量、打込み温度、等々)およびコンクリート温度解析上の要因とに分けて考察する必要がある。本報告では、主として後者の解析上の要因の影響について、二、三の考察を加えた。

解析上の要因の主たるものとしては、次のような要因が上げられる。①セメントの水和熱から断熱温度上昇を推定、②断熱温度上昇の実験式、③断熱温度上昇を $Q(t) = Q_{\infty} \cdot (1 - e^{-\gamma t})$ (ここに、 $Q(t)$: 時間 t における断熱温度上昇量、 Q_{∞} : 終局断熱温度上昇量、 γ : 温度上昇速度に関する実験定数)で近似した場合の実験定数 Q_{∞} 、 γ 。ここでは、①および③について考察した。

2. セメントの水和熱から断熱温度上昇を推定した場合の影響

コンクリートの断熱温度上昇の求め方には、セメントの水和熱から間接的に求める方法(以下、間接法と称す)と、断熱温度上昇試験により直接的(以下、直接法と称す)に求める2つの方法がある。

図1は、直接法および間接法により求めた表1に示した配合のコンクリートの断熱温度上昇を比較したものである。使用したセメントはM社製の中庸熱高炉B種セメントであり、代表的な化学成分および量はig. lossが0.7%, $FigO$ が3.9%, また SO_3 が2.3%である。直接法および間接法により求めた断熱温度上昇量の比較を表2に示したが、この表からわかるように、間接法により断熱温度上昇量を求めた場合、断熱温度上昇量は材令1日で57%、材令4日で41%、および材令7日で29%、直接法より小さくなっている。また、温度上昇速度に関する実験定数 γ は、間接法で求めたものが $\gamma = 0.219$ 、直接法で求めたものが $\gamma = 0.523$ であり、間接法で求めた場合直接法の約42%の結果になっている。このように、セメントの水和熱(JISR5203の試験による)からコンクリートの断熱温度上昇を求めた場合、コンクリートの終局断熱温度上昇量(Q_{∞})および温度上昇速度に関する実験定数 γ を過小評価することが認められる。

表1 コンクリート配合

材料	セメント	砂	小石	水	セメント	砂	小石	水
(g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(g)	(%)	(%)	(%)
18.5	3.3	62	40	170	467	779	518	625

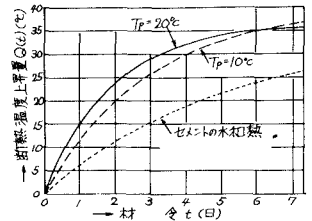


図1 打込み温度10°Cおよび20°Cの断熱温度上昇

表2 曲線④と曲線⑤の比較

材令(日)	断熱温度上昇量(℃)		④-⑤	⑤-④
	曲線④	曲線⑤		
1	6.4	15.0	8.6	0.57
2	11.5	23.8	12.3	0.52
3	15.6	29.1	13.5	0.46
4	19.0	32.2	13.2	0.41
5	21.6	34.1	12.5	0.37
6	23.8	35.2	11.4	0.32
7	25.5	35.8	10.3	0.29

表3 終局断熱温度上昇量と内部温度上昇量の最大値の関係

打込み温度(°C)	回帰式
0.75	$T_{max} = 0.375Q_{\infty} - 0.033$
1.5	$T_{max} = 0.650Q_{\infty} - 0.016$
3.0	$T_{max} = 0.885Q_{\infty} - 0.027$

次に、実大構造物でのコンクリート温度の実測値をもとにして、コンクリート温度に及ぼす終局断熱温度上昇量(Q_{∞})および実験定数 γ の過小評価の影響について考察した。

図2は打込み温度10°Cの実測値と計算値²⁾の比較である。実測値のコンクリート温度の最大値(T_{max})は、打込み後約42時間目に生じており、その最大値 T_{max} は20.8°Cである。これに対して、直接法による結果を使用した計算値は、打込み後約51時間目に $T_{max} = 20.2$ °Cの最大値を示しており、実測値とよく一致している。一方、間接法による結果を使用した計算値の最大値 T_{max} は打込み後約60時間目に生じており、その最大値 T_{max} は15.3°Cである。直接法の結果を使用した計算値の場合、 T_{max} の差は実測値に対して約3%であるが、間接法の結果を使用した計算値ではその差は約26%と大きくなっている。このように、間接法により求めた断熱温度上昇を使用してコンクリート温

度を解析した場合、終局断熱温度上昇量(Q_{∞})および温度上昇速度に関する実験定数 r を過小に評価しているために、結果としてコンクリート温度を過小に、最大値 T_{max} の生じる材令を過大に評価すると考えられる。

以上の考察から、コンクリートの断熱温度上昇はコンクリート温度に大きな影響を及ぼす要因の一つであること、さらに、断熱温度上昇を定式化してコンクリート温度を解析する場合、コンクリートの終局断熱温度上昇量および温度上昇速度に関する実験定数の影響がコンクリート温度の解析結果に顕著に現われることが認められた。顕著な影響は、コンクリート温度の最大値、最大値の生じる材令、温度上昇速度、および温度降下速度等に認められる。

3. 終局断熱温度上昇量および温度上昇速度に関する実験定数の影響

前述のごとく、コンクリートの断熱温度上昇を $Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-rt})$ で近似してコンクリート温度を解析した場合、同式中的実験定数が解析結果に顕著な影響を及ぼすことを明らかにした。ここではさらに論を進めて、数値計算によりコンクリート温度と実験定数(Q_{∞}, r)の関係について考察した。

(1) 終局断熱温度上昇量(Q_{∞})

図4はリフト高1.5 mの場合の内部温度上昇量の最大値(T_{max})および T_{max} に到達するまでの時間と Q_{∞} の関係を示したものである。 Q_{∞} と T_{max} の間には高い正の相関関係が存在し、 Q_{∞} の増加にともなって T_{max} は直線的に増加している。また、その増加率は回帰直線(表3参照)の勾配と比較してみると、部材寸法(リフト高)の増大にともない増加率は大きくなることが認められた。 T_{max} に達するまでの時間は Q_{∞} が変化してもほとんど影響を受けない。

(2) 温度上昇速度に関する実験定数 r

温度上昇に及ぼす実験定数 r の影響は、 Q_{∞} の影響に比べて複雑である。図5は、リフト高1.5 mの場合の実験定数 r と T_{max} および T_{max} に到達するまでの時間の関係を示したものである。この図から、実験定数 r の増加にともない、 T_{max} は指数曲線的に増加し、さらにそれを示す時間は双曲線的に減少することが認められる。

(参考文献)1)塚山:コンクリートの断熱温度上昇推定,セメント年報XXX,1976

2)小野:マスコンクリート打込み後の

温度上昇に関する二三の考察,コンクリート工学,1977年

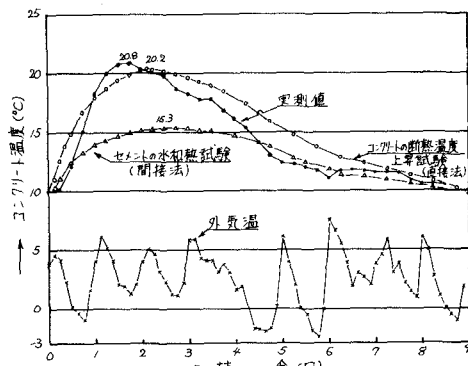


図2 コンクリート温度実測値と計算値の比較 (打込み温度 $T_p = 10^{\circ}\text{C}$)

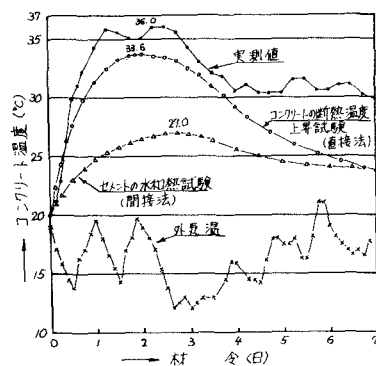


図3 コンクリート温度実測値と計算値の比較 (打込み温度 $T_p = 20^{\circ}\text{C}$)

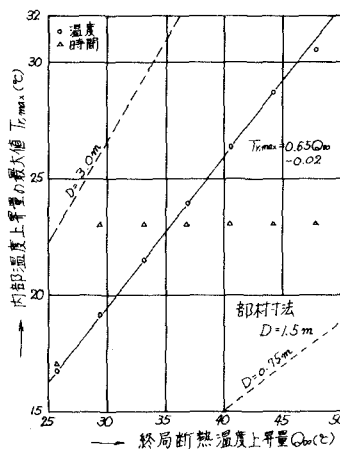


図4 終局断熱温度上昇量と内部温度上昇量の最大値の関係

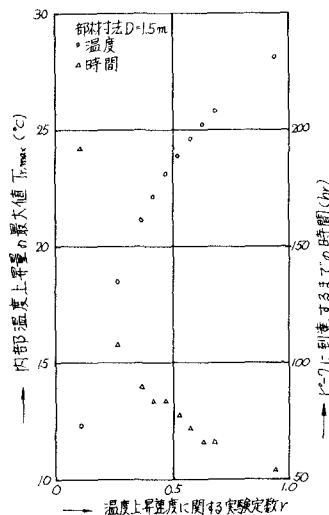


図5 温度上昇速度に関する実験定数と内部温度上昇量の最大値の関係