

V-220

コンクリートの断熱温度上昇特性に関する一考察

三井建設(株) 技術研究所 正会員 篠崎 裕生
 三井建設(株) 技術研究所 竹田 満
 三井建設(株) 技術研究所 正会員 竹内 光

1. はじめに

コンクリートの断熱温度上昇特性は、構造物の温度履歴を推定しマスコンクリートの温度ひびわれ予測を行う際に、その結果に大きな影響を与える因子である。現在、その値を求める方法は試験装置によるものと土木学会提案値(以下提案値とする)によって近似するものがあるが、提案値は多数の試験装置による結果をもとに決められているにも関わらずその妥当性が疑問視される場合が多々あり、改訂が望まれている。本文では、当社保有の空気循環式の断熱温度上昇試験装置を用いて、普通セメントと高炉セメントについて18水準の試験を行い、提案値との比較をした結果、終局温度上昇量を表すK値がいずれもそれを上回る傾向を示し、さらに実構造物の温度計測値と実験値を用いた温度解析結果との照合によってもそれが検証できたので、その報告を行うものである。

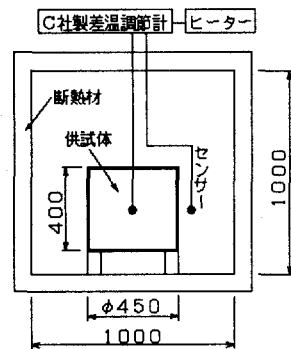


図-1 試験装置

2. 試験装置

当試験で用いた断熱温度上昇試験装置は、図-1に示す大きさの内層を持つ空気循環式のものである。供試体はφ450、高さ400mmの大きさのアルミ製の円柱容器に、コンクリートを充填したもので、中心部に測温抵抗体を挿入する。C社製差温調節計は供試体温度の信号を受け、ヒータに印加する電圧を調節し内層温度を供試体温度に追従させる。

表-1 試験水準

打設温度(°C)	10	20	30
単位セメント量(kg/m ³)	200	300	400

セメントの種類: 普通ポルトランドセメント
高炉セメントB種

3. 試験概要

試験水準を表-1に、配合を表-2に示す。試験水準は代表的な打設温度とセメント量を考え、中間的な値は線形補間によるものとした。また、セメントの種類は一般的な普通セメントと、高炉セメントB種を選んだ。配合設計をする際には、単位水量、スランプおよび空気量を全水準で統一し、打設温度等の影響はAE減水剤によって調整することでワーカビリティを一定にした。なお、セメントは物理試験を行ない、凝結・安定性及び強さ試験ともにJIS規格を満足することを確認した。

表-2 配合

単位セメント量(kg/m ³)	スランプ(cm)	空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
200	12.0	4.0	74.6	46.5	170	228	854	1017	0.5
300			53.5	45.0		318	794	1004	0.6
400			40.7	45.0		418	757	958	0.8

細骨材: 霞ヶ浦産川砂, F.M=2.39, 比重=2.56(g/cm³)

粗骨材: 笠間砕石, F.M=6.76, 比重=2.65(g/cm³)

混和剤: 藤沢薬品 PA-SA (AE減水剤)

普通ポルトランドセメント: 比重=3.15(g/cm³), 比表面積=3440(cm²/g)

高炉セメントB種: 比重=3.01(g/cm³), 比表面積=3940(cm²/g)

4. 試験結果

試験結果は、温度履歴に式①を最小自乗法で近似させることによって、

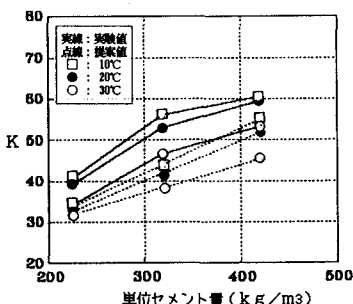


図-2 単位セメント量とKの関係(普通)

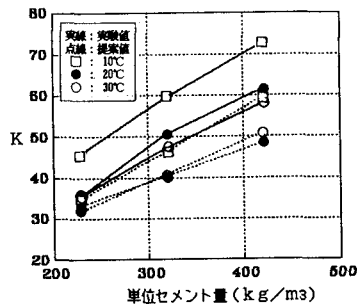


図-3 単位セメント量とKの関係(高炉)

終局温度上昇量を表す係数Kと、温度上昇速度を表す α の値を求める。K, α 値をセメントの種類別に整理し、提案値と比較した結果を図-2~5に示す。

$$T_{ss} = K(1 - e^{-\alpha t}) \quad \text{----- 式①}$$

試験結果と提案値を比較した結果、 α 値の試験結果はほぼ提案値と一致しているが、K値は両セメントとのいずれの水準においても提案値を5~15℃試験結果が上回る傾向が見られた。

5. 実構造物温度解析による検証

以上の結果の妥当性を確認するため、実構造物の温度計測結果と今回実験で得た値を用いて温度解析を行った結果とを比較する。構造物は厚さ2.0m, 長さ13mの壁状であり、打設直後から壁断面の温度分布と外気温の計測を行ったものである。温度解析は2次元FEMで行い、解析条件は実測値以外のものについては一般的な値を用いるものとした、それらを表-3に示す。

図-6に示すように、壁中心部の温度履歴は解析で実験結果を用いた値は実測値と良好な一致をみたが、提案値を用いた値はピーク時温度が実測値をかなり下回った。

6. 考察

空気循環式の断熱温度上昇試験装置による試験の結果、断熱温度上昇式中のK値は提案値よりも大きい値を示す傾向があることが確認出来た。また、普通ポルトランドセメントについては実構造物の温度解析で、試験値を用いた解析結果が提案値を用いた場合よりも温度計測値と良好に一致することがわかった。

温度解析を行う際に必要なコンクリートの断熱温度上昇特性は、実験によって求められない場合は提案値を一般的に用いるが、今回の試験により提案値の問題点が指摘できた。今後も上記2種以外の各種マスコンクリート対応のセメントについて、試験を行ない定式化を行うつもりである。

この試験を行うにあたり東京理科大学工学部、辻正哲助教授、川井久史氏に御指導、御協力をいただいた。本誌を借りて、深く感謝の意を表す次第である。

7. 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書，施工編
- 2) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひびわれ制御指針，1986

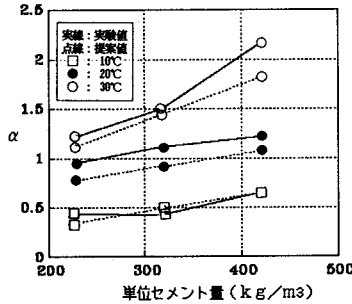


図-4 単位セメント量と α の関係(普通)

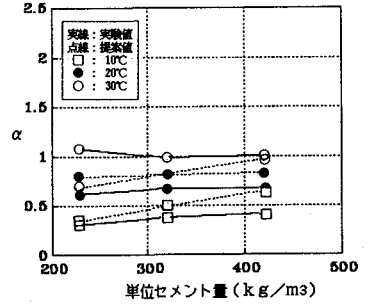


図-5 単位セメント量と α の関係(高炉)

表-3 解析条件

使用セメント		普通
単位セメント量(kg/m³)		280
比熱(kcal/kg·°C)		0.2
密度(kg/m³)		2350
熱伝導率(kcal/m·hr·°C)		1.5
打設温度(°C)		14.8
式①	K	46.96 (38.88)
	α	0.743 (0.635)
熱伝達率(kcal/m²·hr·°C)		10.0

()内は提案値

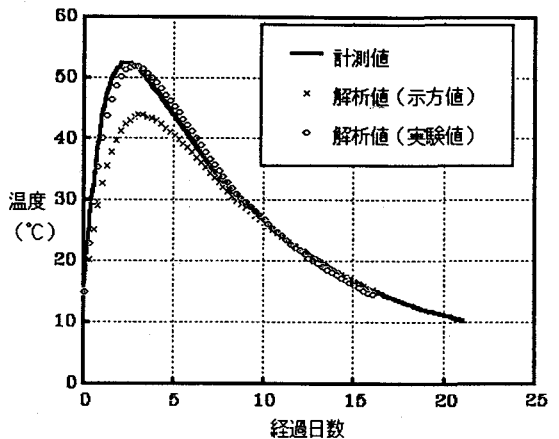


図-6 解析結果