

# 簡易な断熱試験による高強度コンクリートの断熱温度上昇特性の推定に関する検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○葛西 康幸 河野 広隆 渡辺 博志

## 1. はじめに

セメントの水和熱に起因するコンクリートの温度分布を計算する上で、コンクリートの断熱温度上昇特性の設定は計算結果に大きな影響を及ぼす。正確な断熱温度上昇特性を把握するためには、実際に使用する材料を用いたコンクリートについて、断熱温度上昇試験装置により測定<sup>1)</sup>を行う必要がある。しかし、コンクリート打込み現場において試験装置により実際に打ち込まれるコンクリートの断熱温度上昇特性を正確に測定するような理想的な条件を整えることは難しく、実際には簡易な方法により測定せざるを得ない場合が多い。そこで、本検討では断熱温度上昇量が大きく発熱が急速な高強度コンクリートを対象に、コンクリートの発熱速度に比べ比較的熱損失速度が小さい発泡スチロールを保温型枠に用いた簡易な断熱温度上昇試験（以下、簡易断熱試験）による断熱温度上昇特性の推定を試み、その可能性について検討した。

## 2. 試験概要

試験に用いたコンクリートは水結合材比を 25%で一定とし、結合材種類を早強ポルトランドセメント(H)、早強ポルトランドセメント+高炉スラグ微粉末 6000(置換率 50%)(B)、高ビーライト系セメント(L)の3種類、練上り温度の目標値を 5, 20, 40℃の3種類に設定した表-1 に示す7種類とした。試験概略図を図-1 に示す。一般に市販されている厚さ 200mm の発泡スチロールで成型した立方体保温型枠(内径寸法 200×200×200mm)内にコンクリートを打設し、コンクリート中心および表面の温度履歴を熱電対により測定した。一方、簡易断熱試験による断熱温度上昇特性推定の妥当性について検討するため、シリコンオイルを熱媒とした断熱温度上昇試験装置を用い、簡易断熱試験と同一バッチで練り混ぜたコンクリートについて断熱温度上昇試験を実施した。なお、試験室内の環境温度の目標値を 20℃で一定とした。

## 3. 断熱温度上昇特性の推定方法

既往の研究において、吉武らは保温型枠内に打設したコンクリートの測定温度に、事前に同配合の硬化コンクリートを用いて測定した温度降下勾配より得られる保温型枠からの熱損失量を加算し、断熱温度上昇量を推定する測定法を提案している<sup>2)</sup>。本検討における推定法も同様の考え方であるが、より簡便な方法とするため、熱損失量を事前に測定するのではなく、式(1)で表される供試体の熱収支より算定した<sup>3)</sup>。なお、コンクリートの中心と表面の温度差は非常に小さく、供試体内での熱伝導を無視した。

$$\rho c V \dot{T} - Sh\theta = \rho c V \dot{\theta} \tag{1}$$

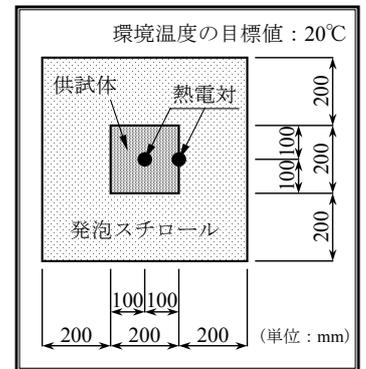


図-1 試験概略図  
(鉛直方向断面図(中心位置))

表-1 練混ぜおよび配合条件

供試体 記号	結合材 の種類	練上り 温度の 目標値 (℃)	水結合材比 W/(C+BFS) (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )					高性能 AE減水剤 ((C+BFS)×%)
					水 W	セメント C	高炉 スラグ BFS	細骨材 S	粗骨材 G	
H20	H	20	25.0	45.0	160	640	0	721	895	1.80
B05	B	5	25.0	45.0	160	320	320	710	881	1.55
B20		20								1.60
B40		40								1.65
L05	L	5	25.0	45.0	160	640	0	725	900	1.25
L20		20								1.25
L40		40								1.25

キーワード 断熱温度上昇特性, 簡易断熱試験, 発泡スチロール, 断熱温度上昇試験装置

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 技術推進本部構造物マネジメント技術チーム TEL0298-79-6761 FAX0298-79-6799

ここに  $\rho, c$  : コンクリートの密度, 比熱  
 $h$  : 保温型枠の熱伝達率  
 $V, S$  : 供試体の体積, 表面積  
 $\theta$  : 供試体温度と環境温度の差  
 $T$  : 断熱状態の温度

(ドット(・)は時間微分を表す)

表-2 推定に用いたパラメータの値

パラメータ	値
密度	2,450 (kg/m <sup>3</sup> )
比熱	1.05 (kJ/kg°C)
体積	0.008 (m <sup>3</sup> )
表面積	0.240 (m <sup>2</sup> )

表-3 熱伝達率推定結果

供試体記号	熱伝達率 (W/m <sup>2</sup> °C)
H20	0.54
B20	0.58
L20	0.55
平均値	0.56

また、式(1)より断熱状態の温度を算定するためには、保温型枠の熱伝達率が必要である。そこで、本検討では練上り温度 20°C の供試体について、断熱温度上昇試験で得られた温度から表-2 に示す値および保温型枠の熱伝達率を適当に仮定して得られる熱損失量を差し引いた計算値と、簡易断熱試験より得られた実測値の比較を繰り返し、最適な熱伝達率を算定した。表-3 に熱伝達率の推定結果を示す。本試験では保温型枠に同じ発泡スチロールを用いているが、多少のばらつきがみられた。

4. 結果および考察

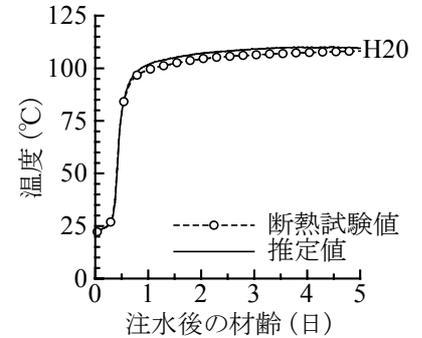
図-2 に保温型枠の熱伝達率として表-3 の平均値 0.56W/m<sup>2</sup>°Cを用いた場合の断熱温度上昇特性推定結果を示す。図-2 における試験値は断熱温度上昇試験装置より得られた実測結果であり、推定値は簡易断熱試験より得られた推定結果である。B40 を除く供試体の試験値と推定値は比較的一致し、本推定法の妥当性が示された。しかし、B40 については材齢 1 日以降の推定値が試験値と大きく異なる結果となった。この原因は明確ではないが、材齢 5 日時点での温度が 120°C を超える極めて断熱温度上昇量の大きな配合である点が影響していることも考えられ、これらについては今後検討が必要である。

図-3 に H20 について、断熱温度上昇試験装置による試験値と簡易断熱試験におけるコンクリート中心温度および保温型枠の熱伝達率を 0.50, 0.55, 0.60W/m<sup>2</sup>°C と変化させた場合の断熱温度上昇特性推定結果を示す。熱伝達率に ±0.05W/m<sup>2</sup>°C 程度異なる値を設定した場合でも、温度上昇速度が急激に変化する点(材齢 1 日程度)までは試験値と推定値はよく一致した。しかし、熱伝達率の設定によっては、その後試験値と推定値の差が大きくなり、材齢 5 日時点で熱伝達率 0.01W/m<sup>2</sup>°C 当たり約 1.5°C の差が生じた。したがって、温度解析を実施する構造物の条件にもよるが、ある程度材齢が経過した時点での断熱温度上昇特性を正確に把握する必要がある場合には、保温型枠の熱伝達率を正確に求めておく必要があるといえる。

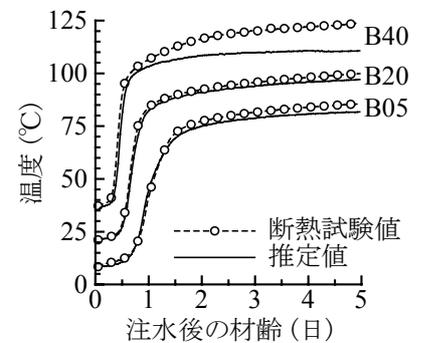
本検討は、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会との共同研究「PC 部材の軽量・高耐久性化に関する共同研究」の一環として実施したものである。

参考文献

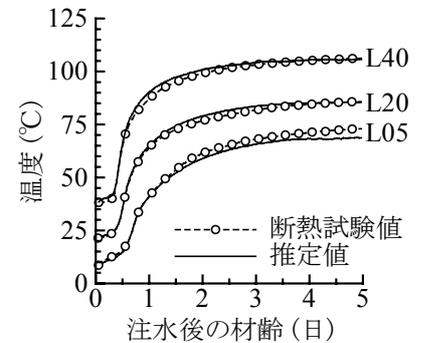
- 1) (社)日本コンクリート工学協会：品質評価試験方法研究委員会の活動報告および品質評価試験方法(案), pp.39-52, 1999.8.
- 2) 吉武 勇, 中村秀明, 谷本俊夫, 浜田純夫：現場利用可能なマスコンクリートの簡易断熱温度上昇測定法の提案, 土木学会論文集, No.606/V-41, pp.103-110, 1998.11.
- 3) 国土交通省土木研究所材料施工部コンクリート研究室, (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：現場打ち高強度コンクリート部材の設計施工法の開発に関する共同研究報告書, 共同研究報告書第 266 号, pp.120-122, 2001.3.



(a) H



(b) B



(c) L

図-2 断熱温度上昇特性推定結果

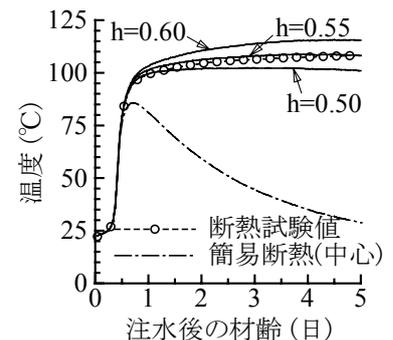


図-3 熱伝達率の影響(H20)