

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

吉武 勇¹・中村秀明²・谷本俊夫³・浜田純夫⁴

¹学生会員 修士(工学) 山口大学大学院理工学研究科博士後期課程(〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2557)

²正会員 博士(工学) 山口大学助教授 工学部知能情報システム工学科(〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2557)

³正会員 (株)エイトコンサルタント技術本部長 (〒700-0087 岡山県岡山市津島京町 3 丁目 1-21)

⁴正会員 Ph.D. 山口大学教授 工学部社会建設工学科(〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2557)

コンクリートの断熱温度上昇量を測定する方法には、統一した規格がなく様々な試験方法が提案され使用されているが、多種多様な実験装置であるために同一条件下でも結果がばらつき、他のデータと比較できない問題が生じている。またこれらの実験装置は総じて高価であり一部の研究所や企業しか保有していないのが実情である。従って本研究では入手の簡単な断熱材である発泡スチロールを型枠として用い、そこから生じる熱損失量を計測データに加算する事で、建設現場においても実用可能な断熱温度上昇量の推定方法について検討した。

Key Words : mass concrete, adiabatic temperature rise, temperature gradient

1. まえがき

ダムや大型橋梁の橋脚等のマスコンクリートは、その形状寸法が大きい為、中心部が表面に比べセメントの水和熱の発散が遅れ、中心部分は断熱に近い状態で温度上昇する。このコンクリート構造物内部の温度差に伴い発生する温度ひずみが内的、外的に拘束されると部材内に引張応力が発生し、しばしば温度ひび割れが生じる。また、原子力発電所のような重要構造物やコンクリートの弱点を補強するプレストレストコンクリート構造物は、その耐久性の問題から富配合で建設される傾向がある。そのため、セメントの水和熱は一層高まり、ひび割れの発生は不可避の問題となっている。

この温度ひび割れを施工条件の許す範囲で極力抑制する事がコンクリート技術者の積年の課題であったが、近年の科学技術の発展により各種低発熱セメントの開発やコンピューターを用いた FEM 等の数値解析によるひび割れ発生の事前検討など、温度ひび割れの制御がある程度可能となってきている。温度ひび割れの可能性を正確に予測するには、まず始めに温度解析を行い、コンクリート構造物内の温度分布や履歴を正確に求めておく必要がある。断熱温度上昇特性は、温度解析結果に影響を及ぼす要因の1つであり、特に終局断熱温度上昇量は、温度解析結

果に最も影響を及ぼす¹⁾。このため、様々な研究者によって断熱温度上昇特性の多種多様な測定が行われてきた。しかしその試験方法に統一性がないために研究者によって様々な装置で実験が行われているのが実情である。このため同一の条件下でも試験方法によって結果がばらつくために種々報告されているデータを比較できない問題や測定結果の信憑性を確認できない問題などが生じてきた。小野²⁾は8種類の断熱温度上昇試験装置の比較を行っており、試験方法の標準化の必要性を報告している。また断熱温度上昇特性を測定する装置は総じて高価であり、一部の研究所や企業でしか保有しておらず、今後施工の多様化に対応するためには、種々の条件下での断熱温度上昇特性を現場で簡単に測定できることが必要である。大型ブロック供試体を用いて、現場で断熱温度上昇特性を測定した研究^{3), 4)}もあるが、この方法では供試体寸法が大きい為、種々の条件下での検討などは簡単に行うことができない。

現在、建設現場において行われているコンクリートの品質管理は強度試験が主であるが、マスコンクリート構造物における検討項目としては強度試験だけでは不十分と考えられる。ある程度の配合の情報があれば、コンクリートの断熱温度上昇量を測定することにより、単位セメント量やセメントの種類を推定することが可能である。この試験を建設現場に

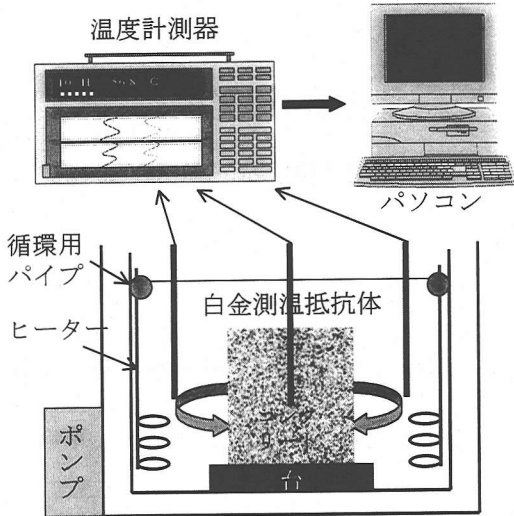


図-1 既往の断熱試験装置

において採用すれば、セメントの配合量や種類の適正、および強度の発現性に対しても早期に対処できる。

そこで本研究は、入手の比較的容易な断熱材である発泡スチロールを型枠として用い、型枠からの熱損失量を計測データに加算することで、現場において比較的容易に断熱温度上昇量が推定可能な方法について検討を行った。

2. 実験の概要

(1) 装置概要

既往の実験装置⁵⁾ (図-1 参照)では、打設されたコンクリート供試体を温水や空気などの加熱媒体内に置き、コンクリートおよび加熱媒体の温度を測定しながら、ヒーター等を用いて加熱媒体をコンクリートと同温に保ち、熱の収支を無くして断熱状態とする手法がとられている。

また、山川らの研究³⁾では、現場において発砲スチロール製型枠 (厚さ 40cm) に 1 m^3 の立方体コンクリートを打設し、そこで計測される結果を用いて非定常熱伝導解析結果と照合しながら、断熱温度上昇量を推定していく方法が提案されている。しかしながら、この方法はヒーター等を用いた室温調節が必要とされるばかりでなく、温度計測点を多く必要とするために、あまり簡易的な方法とはいえない。

本研究で提案する試験手法は図-2 に示すような発泡スチロールで作製した高い断熱効果の期待できる型枠 (以下、断熱型枠と表す。) にコンクリートを打設し、測定された中心部分の温度データにあらかじめ求められている同型枠における基準温度 (外気温または内層温度) との温度差に応じた降下温度を

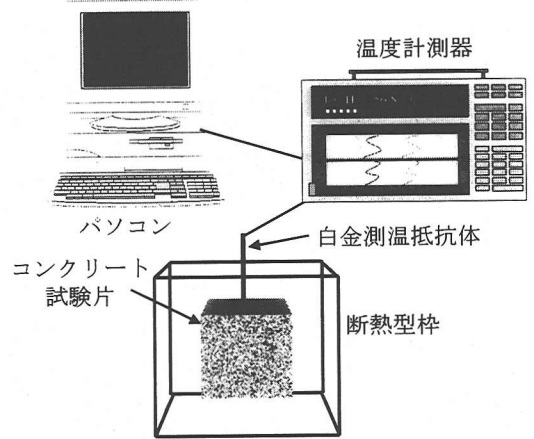


図-2 簡易断熱試験装置

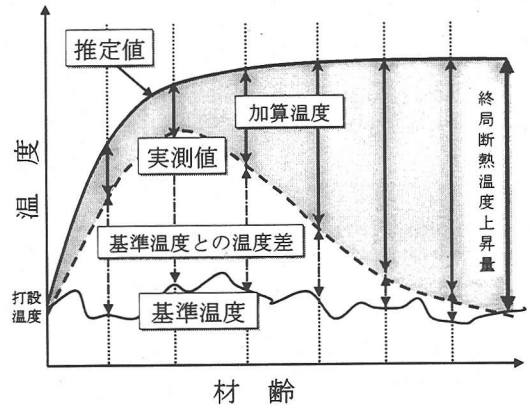


図-3 熱損失分の加算方法

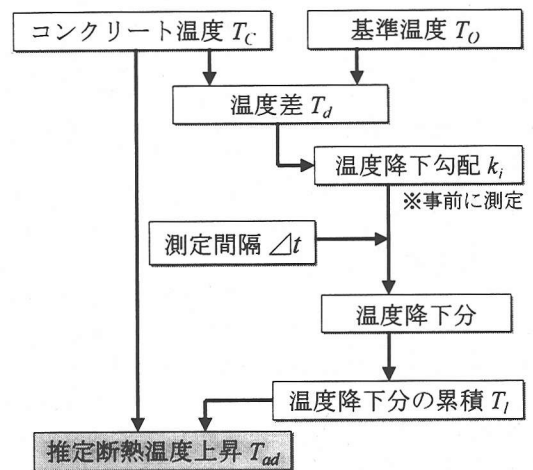


図-4 断熱温度上昇の推定フロー

随時加算して断熱温度上昇過程を推定するものである (図-3, 図-4 参照)。

表-1 セメントの鉱物組成および配合表

セメント種類	鉱物組成 (%)				比重	比表面積 cm ² /g	
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF			
普通	55	19	9	9	3.15	3200	
低熱	27	52	3	12	3.23	3380	
早強	65	10	8	9	3.13	4330	
記号	W/C %	S/a %	単位量 (kg/m ³)				混和剤
			W	C	S	G	
O25	61.6	44.1	154	250	828	1096	1.0
O30	51.3	43.0		300	789	1094	1.2
O35	44.0	41.4		350	755	1092	1.4
L26	59.2	43.1		260	813	1115	1.0
H30	51.3	43.0		300	794	1093	1.2

断熱型枠における放熱量（降下温度）は、事前に試験対象のコンクリートと同配合の硬化したコンクリートを内部まで均一に加温した後、断熱型枠内に挿入し、その内部温度および外気温等の周辺環境温度の経時変化を測定したのから求めた。なお、硬化コンクリートの加温は、温度制御された水槽内において6時間以上放置することで行い、水槽内の温度とコンクリート供試体中心部の温度を一致させた。

ここで基準温度との温度差に応じた単位時間あたりの温度降下勾配データ（℃/min）に測定時間間隔を乗じたものを降下温度として（式(1)、(2)参照）、水和反応過程にあるコンクリートの実測温度に加算することで断熱温度上昇の推定を行った（式(3)参照）。

$$T_d = \bar{T}_C(t) - \bar{T}_O(t) \quad (1)$$

$$T_l(t) = \sum_0^t \{ k_i(T_d) \times \Delta t \} \quad (2)$$

$$T_{ad}(t) = T_C(t) + T_l(t) \quad (3)$$

ただし \bar{T}_C : コンクリート供試体の平均温度（℃）

（測定間隔内における平均温度）

\bar{T}_O : 温度差の算定に用いる基準温度（℃）

（測定間隔内における平均温度）

T_d : 基準温度との温度差（℃）

T_l : 熱損失量（℃）

T_{ad} : コンクリートの断熱温度（℃）

k_i : 温度降下勾配（℃/min）

$t, \Delta t$: 材齢および測定間隔（min）

である。

なお、温度の計測は全て白金測温抵抗体および温度計測器を使用し、その計測データを自動的に1時間ごとに GPIB インターフェースを介してパソコンのフロッピーディスクに記録した。また打設したコン

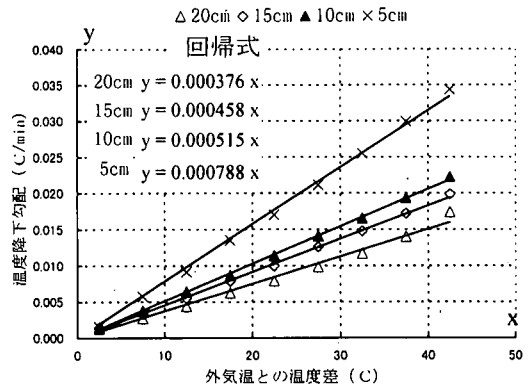


図-5 型枠の厚さ違いによる断熱性（1層式）

クリートを断熱型枠内に充填する際には、そこから漏水しない配慮が要されるため、ここでは発熱に対して影響を無視できるビニールシートを介在させた。

(2) 使用材料および配合

実験で使用したセメントは普通ポルトランドセメント（以下、普通セメントと表す。）、近年マスコンクリート用セメントとして開発された高ビーライト系低発熱ポルトランドセメント（以下、低熱セメントと表す。）および最も断熱温度上昇量の大きいセメントの一つである早強ポルトランドセメント（以下、早強セメントと表す。）である。使用したセメントの鉱物組成の概略値、およびコンクリートの配合を表-1に示す。

また細骨材および粗骨材は、それぞれ北九州若松産の海砂（比重 2.60, FM2.53）、山口県宮野産の砕石（比重 2.70, 最大寸法 20mm）であり、混和剤は A E 減水剤を使用した。

(3) 予備実験

最適な断熱型枠の厚さを調べる目的で、型枠厚を 5 ~ 20cm と変えた断熱型枠（内径寸法 20×20×20cm）に、温度制御可能な恒温恒湿器内において 80℃程度（断熱状態のコンクリートが破る可能性のある温度）まで暖めた硬化コンクリート（配合記号 O30）を挿入し、その放熱特性を調べた。なお、この試験は室温が 20℃に保たれた実験室内において測定したものである。

試験結果を図-5に示す。この図より厚さ 5cm では、他と比べ著しく放熱量（降下温度）が大きいのが分かる。従って、発泡スチロール製の断熱型枠の厚さを 10cm とした。

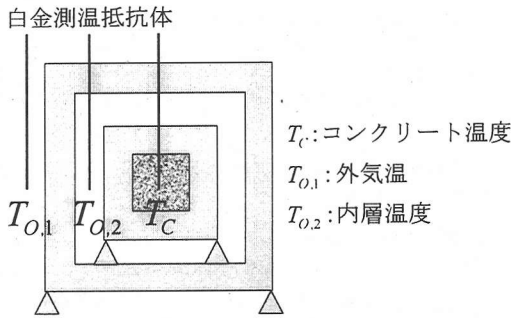
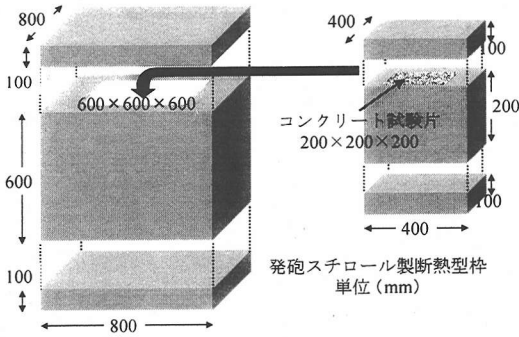


図-6 2層式断熱型枠

3. 実験結果と考察

(1) 断熱型枠からの損失熱量の測定

実際に断熱型枠内に打設されるコンクリートは、上面を除いてビニールシートで覆われているため、湿潤状態にあると考えられる。そこでコンクリートの熱拡散係数を測定するGlover法⁶⁾に準じ、硬化したコンクリート(単位セメント量 300kg/m³, 配合記号O30)を60℃に温度制御された水槽内に放置し、内部に温度分布が生じないように十分加温したものを1層式断熱型枠(型枠厚 10cm, 内径寸法 20×20×20cm)および2層式断熱型枠(図-6 参照)に配置し、その降下温度の測定を行った。これらの試験結果を図-7および図-8に示す。両図より比較を行うと、外気温との温度差を用いた1層式および2層式断熱型枠における温度降下勾配が、内層温度との温度差を用いた2層式に比べ、R²値(寄与率:相関係数の2乗値)が小さくなっている。これは前者が温度降下勾配をコンクリート供試体内部と外気温との温度差から整理しているため、変動量の大きい外気温の影響を受けてばらついたものと推察される。

また、コンクリートと断熱型枠外部との温度差が0℃の時は、熱量の移動がないため、温度降下勾配も0(℃/min)となり、この温度差が広がるにつれ、温度降下勾配も大きくなる。従って、この温度降下勾配(℃/min)と温度差(℃)には、コンクリートの

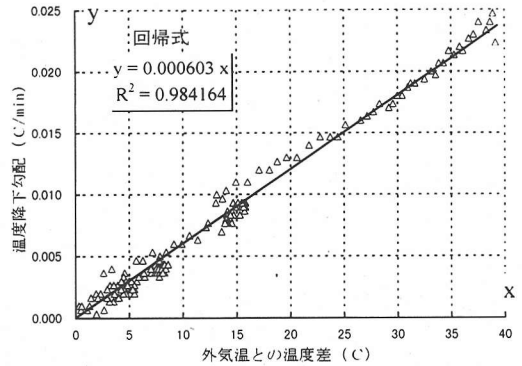


図-7 1層式断熱型枠における熱損失量

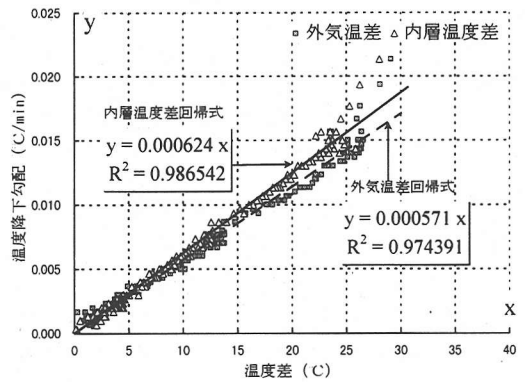


図-8 2層式断熱型枠における熱損失量

材齢によらず比例関係があると考えられるため、原点を通る1次式で回帰を行った。各温度差における熱損失分は、この回帰式に代入して得られる温度降下勾配(℃/min)に測定間隔(min)を乗じることで容易に推定可能である。なお、温度差が大きい時の実測の温度降下勾配値は、回帰式の値に比べ最大0.005(℃/min)程度大きい値となっている。これは熱損失量を測定する際、暖めたコンクリートに比べ、断熱型枠は外気温程度で比較的温度が低いため、試験開始初期はコンクリートの熱が断熱型枠自体を暖めることに費やされたものと考えられる。

(2) 簡易断熱温度上昇試験の適合性

ここで、図-6に示される2層式断熱型枠において、単位セメント量 300kg/m³の普通セメント(配合記号O30)を打込み温度 24℃で打設したときの実測の温度変化を図-9に示す。この結果より断熱型枠におけるコンクリートの温度は、材齢 30時間程度でピークを迎え、それ以降温度は徐々に低下することが分かった。また外気温の変動によって、コンクリート供試体内部の温度が大きく変動するといった現象は見

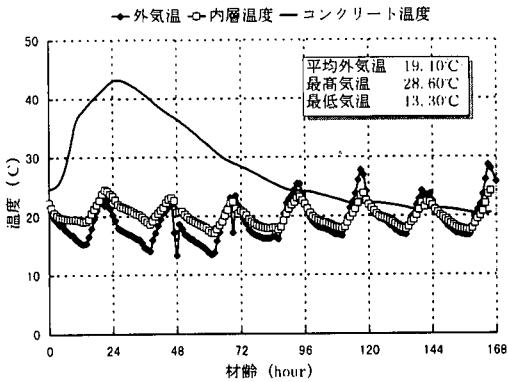


図-9 2層式断熱型枠における実測温度変化

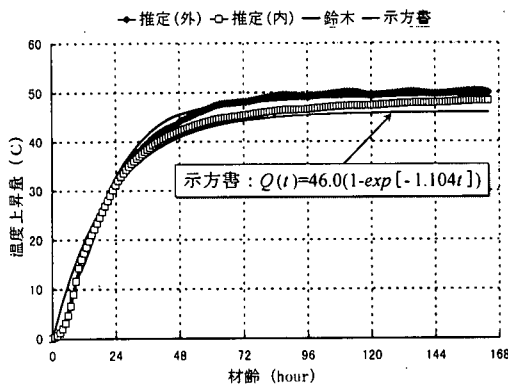


図-10 簡易法による推定量 (2層式, O30)

表-2 2層式断熱型枠における断熱温度上昇量

材齢 (hour)	A		B		断熱温度上昇推定値				
	鈴木 (°C)	示方書 (°C)	推定(外) (°C)	推定(内) (°C)	差(絶対値)		差(絶対値)		
					A	B	A	B	
12	15.00	19.51	17.64	17.24	2.64	1.88	17.24	2.27	2.24
24	32.70	30.75	31.64	31.03	1.06	0.89	31.03	0.28	1.67
36	41.40	37.22	39.81	38.35	1.59	2.59	38.35	1.13	3.05
48	45.50	40.94	44.03	42.06	1.47	3.09	42.06	1.12	3.44
60	47.10	43.09	47.04	44.25	0.06	3.95	44.25	1.16	2.85
72	47.90	44.32	48.08	45.31	0.18	3.76	45.31	0.99	2.59
84	48.40	45.03	49.29	46.19	0.89	4.26	46.19	1.16	2.21
96	48.80	45.44	49.16	46.58	0.36	3.72	46.58	1.13	2.22
108	49.00	45.68	49.96	47.16	0.96	4.28	47.16	1.48	1.84
120	49.10	45.82	49.47	47.33	0.37	3.65	47.33	1.51	1.77
132	49.20	45.89	49.97	47.73	0.77	4.07	47.73	1.84	1.47
144	49.30	45.94	49.69	47.85	0.39	3.75	47.85	1.91	1.45
156	49.30	45.96	50.20	48.21	0.90	4.23	48.21	2.24	1.09
			最大値	最大値	2.64	4.28	2.27	3.44	

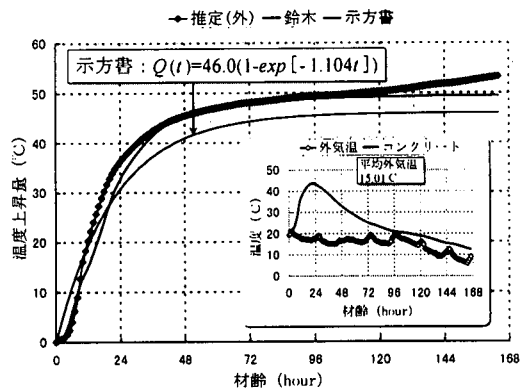


図-11 簡易法による推定量 (1層式, O30)

られなかった。

ここで計測されたコンクリート供試体の温度に、先の降下温度を随時加算を行って、断熱温度上昇量を推定した結果を図-10に示す。ただし、推定(外)は温度差の算定に用いる基準温度として外気温を使った場合であり、図-8における基準温度外気温の回帰式を用いて推定を行った。また、推定(内)は基準温度を内層温度とした場合であり、図-8の基準温度内層温度の回帰式により推定した結果である。なお推定値と比較するため鈴木ら⁷⁾、⁸⁾の行った断熱温度上昇試験結果および式(4)~(6)に示されるコンクリート標準示方書⁹⁾(施工編)の推定値による断熱温度上昇量を併記する。

$$Q(t) = Q_{\infty} (1 - e^{-\gamma t}) \quad (4)$$

$$Q_{\infty} = 0.11C + 13.0 \quad (5)$$

$$\gamma = 0.0038C - 0.036 \quad (6)$$

$Q(t)$: 材齢 t 日における断熱温度上昇量 (°C)

Q_{∞} : 終局断熱温度上昇量 (°C)

γ : 温度上昇速度に関する定数

C : 単位セメント量 (kg/m³)

なお、式(5)および(6)の諸係数は、いずれも打込み温度 20°Cの普通ポルトランドセメントを使用した場合の値である。

また表-2に鈴木および示方書の値との比較を示す。いずれの値に対しても、温度差の基準を外気温にした推定(外)の場合より、内層の温度を基準にした推定(内)の場合が、最大のずれ量が小さく、精度が高いと考えられる。しかしながら両手法とも終局温度上昇量は 49°C程度で収束し、鈴木および示方書の値と大きな差は生じなかった。

ここで比較のため、1層式型枠において別途行った同条件下の試験結果を図-11に示す。なお、ここで推定した熱損失量は、図-7に示される温度降下勾配式を用いた。1層式型枠による推定は内層温度を基準温度とする2層式と比べ基準となる外気温の変動が大きいので、終局温度上昇量は材齢6日以降でも収束しなかった。この結果より、2層式断熱型枠において水和反応過程のコンクリート温度に内層の温

度から求めた降下温度を加算することで、比較的簡単にコンクリートの断熱温度上昇量が推定できると思われる。

(3) 配合の違いによる断熱温度上昇量の推定

ここで単位セメント量 300 kg/m^3 に加え、 250 kg/m^3 、 350 kg/m^3 (配合記号 O25, O35) の試験を行い、その断熱温度上昇量の推定値を求めた。図-12, 図-13 にそれぞれの結果を示す。なお、各配合のコンクリートの温度降下勾配は、各々の配合において事前に測定することが望ましいが、本研究では、試験の簡便性から配合記号 O25, O35 の推定に O30 の温度降下勾配式を適用した。これは、コンクリートの熱的性質は、特に骨材に大きく左右され、骨材量に大きな差のない本研究で用いた程度の配合では、実際に測定される温度域において無視できるともと考えられるからである¹⁰⁾。

鈴木および示方書に対し、単位セメント量 250 kg/m^3 の終局温度上昇量に生じる差はそれぞれ -1°C 、 $+2^\circ\text{C}$ 程度であり、また単位セメント量 350 kg/m^3 も同程度で収束した。この結果よりこの簡易断熱温度上昇試験法は終局温度上昇量の推定を行うにあたり、十分な精度で推定できるものと考えられる。しかしながら O25, O30 および O35 のいずれの配合も材齢 1~3 日にかけて、最大 5°C ほど鈴木らの実験値および示方書の値より小さな値を推定している。ここで簡易試験の推定結果および鈴木らの実験結果から断熱温度上昇近似式(式(4)参照)の諸係数を最小二乗法を用いて推定した結果を表-3 に示す。この結果から、温度上昇速度に関する定数は平均 10% 程度小さく見積もられていることがわかる。これは本試験のような熱損失を伴う水和反応に比べ、断熱状態に近い水和反応は若材齢時に、より高い温度環境下で養生されるため、徐々に水和反応が促進される。そのため水和発熱速度が早くなり、この差が生じたものと考えられる。また、表-3 の終局断熱温度上昇量の結果より、セメントの種類がわかっている場合には、単位セメント量の推定が可能であり、ある程度の配合の情報があれば、配合の適正確認が比較的容易に行えるものと思われる。

以上のことより、本研究で提案する現状の簡易断熱温度上昇試験法では、比較的正確にコンクリートの終局断熱温度上昇量を推定できるものの、断熱温度上昇速度は推定することができない。将来の課題として、この簡易断熱温度上昇試験法をより正確な試験法にするには、熱損失を伴うコンクリートの発熱速度の温度依存性を考慮した補正方法を確立する必要がある。

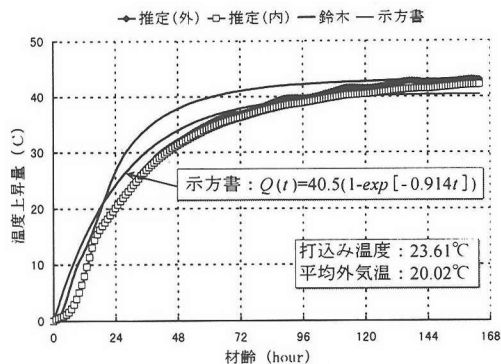


図-12 簡易法による推定量 (2層式, O25)

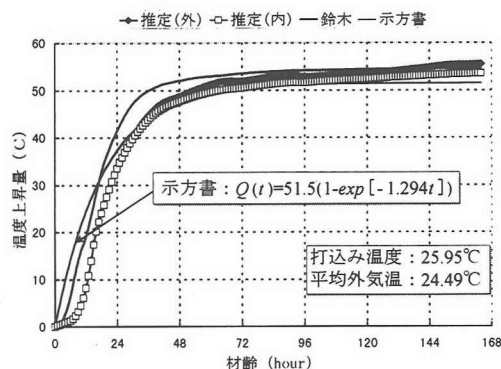


図-13 簡易法による推定量 (2層式, O35)

表-3 簡易試験の回帰結果および推定精度の比較

配合記号	O25	O30	O35	L26	H30	
Q_∞	推(外)	42.6	50.5	55.6	22.8	59.5
	推(内)	41.6	48.0	53.1	22.4	56.6
	A	45.8	49.9	55.6	—	54.0
	B	46.8	46.0	51.5	22.9	—
	誤差	A 7.0% 9.2% 1.2% 13.8%	0.0% 4.5%	—	10.2% 4.8%	—
γ	推(外)	0.80	0.97	1.04	0.67	0.87
	推(内)	0.81	0.99	1.12	0.59	0.93
	A	0.91	1.02	1.20	—	0.96
	B	0.91	1.10	1.29	0.59	—
	誤差	A 12.1% 11.0% 4.9% 2.9%	13.3% 6.7%	—	9.2% 2.9%	—
	B 12.5% 11.4% 12.1% 10.3%	19.6% 13.4%	13.6% 0.0%	—	—	

Q_∞ : 終局断熱温度上昇量, γ : 温度上昇速度に関する定数

A: 鈴木らの実験値(既往の断熱温度上昇試験), B: 示方書の値

(4) セメントの種類の違いによる推定

本手法の推定精度は、断熱型枠の断熱性に最も大きく依存しており、コンクリートの温度上昇が小さい場合には、推定精度の低下が考えられる。これは、コンクリート自身の温度上昇量が小さいと、周囲の温度に大きく影響を受け、加算する降下温度が推定温度に占める割合が大きくなり、結果的に精度低下をもたらすためである。従って、断熱型枠において最も温度上昇量の小さいセメントである低熱セメントについて、同様の試験を行った。この低熱セメントで断熱温度上昇量の推定が可能であれば、他のセ

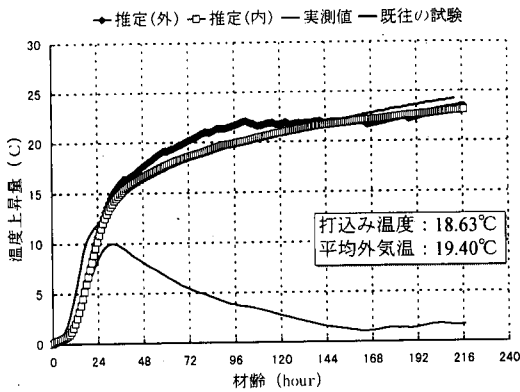


図-14 低熱セメントの推定 (2層式, L26)

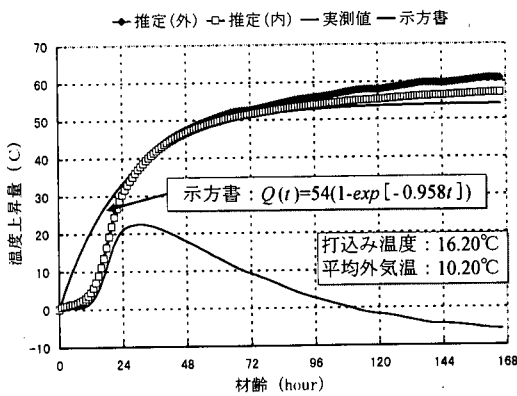


図-15 早強セメントの推定 (2層式, H30)

メントに対しても十分に適用可能であると考えられる。

図-14に低熱セメント(配合記号L26)の断熱温度上昇量の推定結果を示す。なお低熱セメントは各社各様の特性を示すため、従来の断熱温度上昇試験装置によって求められた結果を比較のデータとして用いている。低熱セメントにおいても、材齢2日程度までに若干の温度上昇量の遅れがみられるが、終局温度上昇量はほぼ一致しているため、低発熱形のセメントに対しても断熱温度上昇量の推定はできるものと考えられる。

また打設初期の温度上昇量が著しく、終局温度上昇量も比較的高い早強セメント(配合記号H30)についても断熱温度上昇量の推定を行った(図-15参照)。発熱量が大きいために高温下で促進される分の発熱量が著しく、材齢1日においては推定値と示方書の値は大きく異なる。しかし材齢1日以降において比較的高い精度で推定でき、終局温度上昇量に生じる差も2°C程度であった。

従って、発熱量の大小異なるセメントにおいても、

高い精度で推定できたため、あらゆるセメントに対して、この簡易方法で断熱温度上昇量の推定できるものと思われる。

4. まとめ

本研究では現場において断熱温度上昇量の推定が容易に行える試験装置を考案し、その基礎的実験を行った。本試験装置は既往の装置のような温度制御装置を必要とせず、経済性に長けており、建設現場においても比較的容易に断熱温度上昇量の推定が可能である。また、小型コンクリート供試体を用いるため、種々の配合や条件での測定が可能であり、施工の多様化に対応できるものと思われる。また推定温度から配合等の適正判断に対して早期に対応可能なため、品質管理の一資料となる利点を有する。本研究で得られた結果を整理すると以下のようにまとめられる。

- ① 断熱型枠における降下温度をコンクリート供試体の温度上昇値に加算する事で断熱温度上昇量を予測できる。
- ② セメントの種類などある程度の配合の情報があれば、断熱温度上昇量から、単位セメント量の推定が可能であるため、配合の適正確認が比較的容易にできる。
- ③ 断熱型枠の材料としては、経済性および加工の容易さの点で発泡スチロールが適当である。また試験に適当な断熱性を得るには10cm程度の厚さで十分推定できる。
- ④ 簡易法では極若材齢において、高温下での水和反応の促進分が追従できないため、材齢1~3日にかけては、低い温度を推定する傾向がある。
- ⑤ 温度上昇量が比較的小さい低発熱形のセメントに対しても、本手法での断熱温度上昇量の推定は可能である。

本研究で提案するコンクリートの簡易断熱温度上昇測定方法では、終局断熱温度上昇量の推定は比較的高い精度で行えるが、温度上昇速度に関する定数を推定することは困難である。将来の課題として本試験方法をいっそう正確な試験方法にするには、熱損失を伴うコンクリートの発熱速度の温度依存性を考慮した補正方法の確立を図る必要がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたり宇部興産株式会社の浅上 修氏から多大な協力を受けました。また実験を実施するにあたっては、池田博幸氏、内藤 司氏(現 ㈱エイトコンサルタント)および林 一成氏(現 山口大学大学院)をはじめとする山口大学工学部社会建

設工学科施設材料学研究室の各位に多大の協力を受けました。ここに記して深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 中村秀明, 浜田純夫: 材料の不確定性を考慮したコンクリート構造物の熱伝導有限要素解析, 土木学会論文集, No. 496/V-24, pp. 71~80, 1994. 8.
- 2) 小野 定: 各種断熱温度上昇試験方法の比較, マスコンクリートの温度応力発生メカニズムに関するコロキウム論文集, 1982. 8.
- 3) 山川秀次, 野池悦雄, 東側豊二, 川原場博美: コンクリートの現場断熱温度上昇試験方法に関する提案, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 10, No. 2, pp. 163~168. 1988. 6.
- 4) 篠崎祐生, 小島 宏, 熊谷健一, 竹内 光: 現場断熱温度上昇試験の可能性について, 土木学会第 44 回年次学術講演概要集 V, pp. 330~331, 1989. 10.
- 5) 例えば, 浅上 修, 中村秀明, 浜田純夫: 断熱温度上昇過程におけるマスコンクリートの力学的性質, 土木学会論文集, No. 538/V-31, pp. 69~79, 1996. 5.
- 6) 河野広隆, 渡辺博志, 杉山嘉則: コンクリートの熱伝導特性に関する調査, 土木研究所資料, 第 3245 号, 1994. 3.
- 7) 鈴木康範, 原田修輔, 前川宏一, 辻 幸和: コンクリートの断熱温度上昇試験装置に関する性能試験について, 土木学会論文集, No. 402/V-10, pp. 81~86, 1989. 2.
- 8) 鈴木康範: コンクリート中のセメントの水和発熱過程と定量化に関する研究, 東京大学学位論文.
- 9) 土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕, 土木学会, pp. 173~193, 1996.
- 10) マスコンクリートの温度応力研究委員会: マスコンクリートの温度応力研究委員会報告書, (社)日本コンクリート工学協会, 1985. 11.

(1998. 1. 5 受付)

A DEVELOPMENT OF SIMPLIFIED TESTING METHOD OF ADIABATIC TEMPERATURE RISE FOR THE USE AT SITES

Isamu YOSHITAKE, Hideaki NAKAMURA, Toshio TANIMOTO
and Sumio HAMADA

A simplified testing method is herein proposed for the engineers working at sites. Various testing machines for the adiabatic temperature rise have been developed before, however these machines are complicated and expensive to use at the site. Furthermore the machine has not standardized in the societies. The apparatus developed herein consists of a simple Styrofoam box and a temperature measurement apparatus. The adiabatic temperature rise is calculated by summing the rising temperature in the box and the temperature losing to outside, which provides fairly good agreement compared with the previous test data.