

4 断熱温度上昇

4.1 セメントの種類を要因としたコンクリートの断熱温度上昇量

F-51	各種セメントを用いたコンクリートの初期強度発現および断熱温度上昇	2002年
------	----------------------------------	-------

F-51 では、N、LおよびBBの3種類のセメントについて、断熱温度上昇に関する共通試験（8試験所）を実施し、単位セメント量が増加した場合の終局断熱温度上昇量および温度上昇速度に関する定数の推定式を報告している。

{	【試験条件】	既往の研究結果にもとづき、以下に示す項目を統一して試験を実施		
	・型枠	40 × 40cm(鋼製：0.6mm厚)，容量 50L		
	・外槽	使用せず		
	・試験装置	同一メーカーの空気循環方式		
	・キャリブレーションおよび偏差の設定			
	【要因】	・セメントの種類	3種類	N：普通ポルトランドセメント L：低熱ポルトランドセメント BB：高炉セメントB種
	・水セメント比	2水準	50%，60%	
	・スランプ	2水準	8.0 ± 1.5cm(硬練り)，18.0 ± 1.5cm(軟練り)	

各試験所で実施したコンクリートの配合を表 4.1 に示す。なお、配合は各試験所間で異なるため、範囲で示す。

表 4.1 各試験所で実施したコンクリートの配合

種類	セメント	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE 減水剤
硬練り コンクリート	N	50	43.0-45.0	152-156	304-320	780-817	1010-1135	0.760-0.800
	BB		44.0-45.3	154-176	308-352	770-819	950-1041	0.770-0.880
	L		43.5-45.0	147-155	194-310	803-830	1026-1145	0.735-0.775
	N	60	45.0-46.0	156-162	260-270	824-852	1035-1112	0.650-0.675
	BB		45.0-47.0	156-178	260-297	823-865	950-1062	0.650-0.740
	L		45.5-46.0	151-161	252-168	847-868	1029-1124	0.624-0.670
軟練り コンクリート	N	50	42.0-46.0	170-180	340-360	726-805	982-1142	0.850-0.900
	BB		44.0-45.5	170-192	340-384	739-790	938-1000	0.850-0.960
	L		44.8-45.5	166-188	332-376	755-806	955-1019	0.830-0.940
	N	60	44.0-48.0	170-176	283-293	791-865	971-1044	0.708-0.732
	BB		45.8-47.5	172-193	287-322	795-837	932-1008	0.718-0.800
	L		46.0-47.5	168-190	280-317	808-852	947-1024	0.700-0.790

断熱温度上昇試験結果を表 4.2 および表 4.3 に示す。なお，表中の K ， α および t は，断熱温度上昇量を下記式にて近似した時の定数である。また，練上り温度 20℃ における単位セメント量と K ， α および t の関係を図 4.1 に示す。

$$T = K(1 - e^{-\alpha t}) \tag{1}$$

$$T = K(1 - e^{-\alpha t}) \tag{2}$$

ここに， T ：断熱温度上昇量

K ：終局断熱温度上昇量

t ：材齢（日）

α ：断熱温度上昇速度の定数（日⁻¹）

N ：実験定数

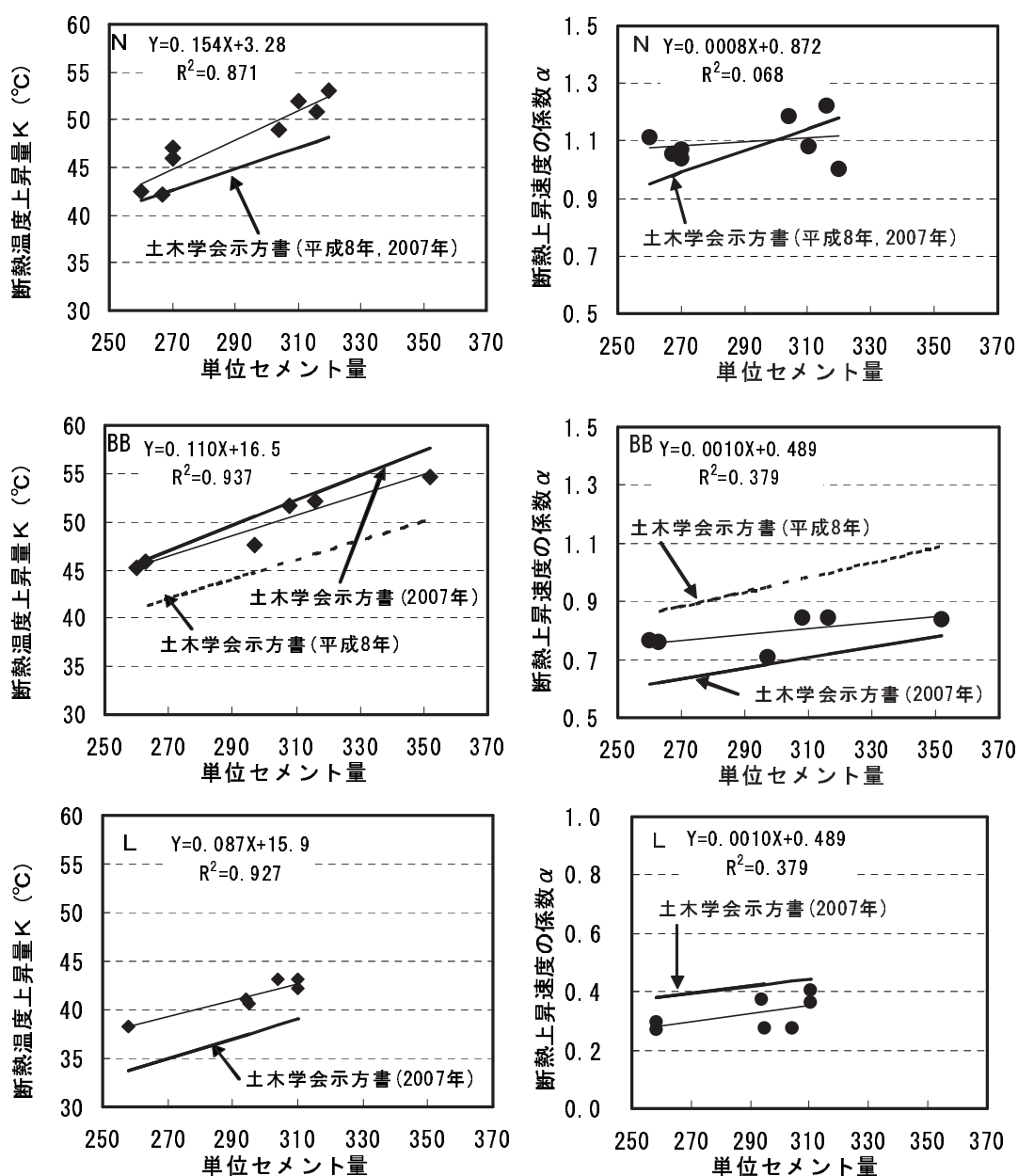


図 4.1 単位セメント量と K ， α

表 4.2 断熱温度上昇試験結果 (その1)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	試験所	単位セメント量 (kg/m ³)	実測値 K (°C)	*1 推定値 K (°C)	α (α式)	α (αβ式)	β (αβ式)
	N	50	A	310	52.1	52.0	1.079	0.791	1.573
			D	320	53.0	53.0	1.003	0.786	1.310
			E	316	50.8	50.8	1.224	1.018	1.641
			G	304	49.0	49.0	1.185	0.975	1.733
		60	A	270	45.9	45.9	1.041	0.788	1.514
			D	267	42.2	42.2	1.057	0.834	1.432
	E		270	47.1	47.1	1.069	0.894	1.011	
	BB	50	B	316	52.0	52.2	0.843	0.598	1.344
			C	352	54.6	54.6	0.840	0.631	1.447
			H	308	51.6	51.6	0.845	0.703	1.340
		60	B	263	45.3	45.9	0.763	0.528	1.672
			C	297	47.6	47.6	0.707	0.526	1.501
			H	260	45.1	45.2	0.766	0.647	1.401
	L	50	A	310	43.1	43.1	0.366	0.324	1.065
			D	310	42.2	42.2	0.405	0.409	0.977
			E	304	43.1	43.1	0.278	0.305	0.977
			G	294	41.0	41.1	0.375	0.330	1.072
		60	B	258	38.3	38.3	0.298	0.294	1.030
C			295	39.7	40.7	0.276	0.371	0.805	
H			258	38.3	38.3	0.272	0.337	0.909	

表 4.3 断熱温度上昇試験結果 (その2)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	試験所	単位セメント量 (kg/m ³)	実測値 K (°C)	*1 推定値 K (α式) (°C)	α (α式)	*1 推定値 K (αβ式) (°C)	α (αβ式)	β (αβ式)
	N	50	A	310	52.1	53.1	1.027	51.7	1.071	1.799
			D	320	53.0	53.6	0.973	52.4	0.985	1.402
			E	316	50.8	51.6	1.177	50.6	1.299	1.650
			G	304	49.0	49.9	1.136	48.8	1.235	1.703
		60	A	270	45.9	46.7	0.998	45.5	1.019	1.559
			D	267	42.2	42.8	1.018	41.8	1.048	1.536
	E		270	47.1	47.1	1.065	46.2	1.104	1.381	
	BB	50	B	316	52.0	53.5	0.782	51.5	0.696	1.718
			C	352	54.6	56.3	0.777	54.4	0.707	1.544
			H	308	51.6	53.0	0.784	51.6	0.735	1.381
		60	B	263	45.3	47.2	0.691	45.2	0.611	1.672
			C	297	47.6	49.7	0.634	47.7	0.578	1.501
			H	260	45.1	46.7	0.703	45.3	0.660	1.401
	L	50	A	310	43.1	42.6	0.379	42.6	0.380	0.996
			D	310	42.2	41.4	0.430	41.5	0.431	0.996
			E	304	43.1	42.1	0.298	42.2	0.299	0.996
			G	294	41.0	40.7	0.385	40.8	0.386	0.996
		60	B	258	38.3	38.1	0.303	38.1	0.304	0.996
C			295	39.7	38.2	0.338	38.2	0.339	0.996	
H			258	38.3	37.2	0.295	37.3	0.296	0.996	

(*) 終局断熱温度上昇量Kの推定に当たり、実測データを N, BBは7日、Lは15日に区切り、推定式を導いた。

また、終局断熱温度上昇量（K）および断熱温度上昇速度に関する定数（ α ）を土木学会コンクリート標準示方書に示された値と比較した結果を表 4.4 に示す。なお、当時は平成 8 年度版との比較を実施しているため、表には、2007 年制定 土木学会コンクリート標準示方書【設計編】に示された数値も併せて示す。これによれば、N および BB では、単位セメント量 $260 \sim 350 \text{kg/m}^3$ の範囲において、K は当時の示方書（平成 8 年度版）¹⁾ よりも 2~5 高くなり、また単位セメント量の増加に伴う α の上昇が小さくなっている。2007 年版の示方書²⁾ では、BB の係数が見直されるとともに、新たに L の係数が示されている。この数値と比較した場合、K は、BB は示方書と同等となり、L は示方書よりも 4 程度高くなっている。また α は、BB は示方書よりも 0.24~0.30 大きくなるが、L は示方書よりも 0.1 程度小さくなっている。

表 4.4 断熱温度上昇式における係数の算定式

セメント種類と算定値の種類	終局断熱温度上昇量 K	断熱温度上昇速度の定数 α	
N	本試験	$K=0.154 \times C+3.28$	$\alpha=0.0008 \times C+0.872$
	土木学会 平成 8 年度版	$K=0.110 \times C+13.0$	$\alpha=0.0038 \times C-0.036$
	土木学会 2007 年版	$K=0.110 \times C+13.0$	$\alpha=0.0038 \times C-0.036$
BB	本試験	$K=0.110 \times C+16.5$	$\alpha=0.0010 \times C+0.489$
	土木学会 平成 8 年度版	$K=0.100 \times C+15.0$	$\alpha=0.0025 \times C+0.207$
	土木学会 2007 年版	$K=0.130 \times C+11.9$	$\alpha=0.0018 \times C+0.148$
L	本試験	$K=0.087 \times C+15.9$	$\alpha=0.0014 \times C-0.078$
	土木学会 平成 8 年度版	—	—
	土木学会 2007 年版	$K=0.100 \times C+ 8.0$	$\alpha=0.0012 \times C+0.071$

*打込み時の温度：20℃，C は単位セメント量 (kg/m^3)

- 1) 土木学会：【平成 8 年制定】コンクリート標準示方書 施工編，1996 年 3 月
- 2) 土木学会：2007 年制定 コンクリート標準示方書【設計編】，2007 年 3 月