

コンクリート専門委員会報告

REPORT OF THE TECHNICAL COMMITTEE ON CONCRETE

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

Early Strength Development
and Adiabatic Temperature Rise of Concretes
Using Different Types of Cements

2002年3月
(Mar.2002)

社団法人 セメント協会
JAPAN CEMENT ASSOCIATION

要旨

各種セメントを用いたコンクリートの初期強度発現性および断熱温度上昇を調べる共通実験を実施した。使用したセメントは普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種および低熱ポルトランドセメントの 3 種類であり、セメント協会コンクリート専門委員会構成会社の 8 試験所にてそれぞれコンクリート供試体を作製して試験を行った。初期強度発現性を調べる実験においては、コンクリート配合はスランプと水セメント比を異にする 4 種類、養生温度は 10、20、30℃の 3 種類とした。また断熱温度上昇試験においては水セメント比を異にする 2 配合について打設温度 20℃の条件で試験を実施した。

コンクリートの初期強度発現性に関する実験結果については、標準養生 28 日強度に対する材齢 7 日までの初期強度比は養生温度が高いほど大きいこと、セメントの種類では、普通ポルトランドセメントがもっとも初期強度比が大きく、次いで高炉セメント B 種、低熱ポルトランドセメントの順であること、初期強度比に対する水セメント比およびスランプの相違の影響は、上記の養生温度やセメント種類の影響に比べれば僅かであることなどが認められた。初期強度比に及ぼす養生温度の影響は、普通ポルトランドセメントでは材齢の進行とともに減少する傾向にあるが、初期強度発現の遅い高炉セメント B 種や低熱ポルトランドセメントにおいては材齢 7 日に至っても顕著に現れた。また積算温度（-10℃原点）が同一であっても材齢 7 日までの範囲では養生温度が高いほど初期強度比も大きい傾向が認められ、この傾向は高炉セメント B 種の場合に顕著であった。

なお今回の試験結果を用いて、本専門委員会既往研究報告(F-34,36)と同様の方法によって、標準養生 28 日強度に対する 7 日までの初期材齢の圧縮強度比を推定する実験式を誘導した。

断熱温度上昇試験結果については、本専門委員会既往研究報告(F-50)における知見をもとに、使用装置(制御方法)、型枠の仕様・寸法、キャリブレーション方法などを統一することにより、異なる試験所間においてもばらつきの少ない断熱温度上昇試験結果が得られ、上記 3 種類のセメントを用いたコンクリートについて、単位セメント量を変化させた場合の終局断熱温度上昇量(K 値)および温度上昇速度の定数(α 値)の推定式(打設温度 20℃の場合)を得ることが出来た。

ABSTRACT

A series of common tests was carried out to measure the early strength development and the adiabatic temperature rise in concrete specimens prepared from different types of cements. The following three types of cements were used for the test: Ordinary Portland Cement, Type-B Portland Blast-Furnace Slag Cement and Low-Heat Portland Cement. The concrete specimens were prepared and served to the test respectively at eight laboratories of the member companies making up the Japan Cement Association's Technical Committee on Concrete. For the experiment to measure the early strength development, four concrete mix proportions of different slump values and water-cement ratios were used at three levels of curing temperature of 10, 20 and 30°C. To the adiabatic temperature rise test, two concrete mix proportions with different water-cement ratios were subjected at a placing temperature of 20°C.

In the experiments on the early strength development, principally the following findings have been obtained : the early strength ratio(the early to 28-day standard strength ratio) at an age within 7 days increases with the curing temperature; the early strength ratio also depends on the type of cement in the sequence being highest Ordinary Portland, then Type-B Portland Blast-Furnace Slag and lowest Low-Heat Portland Cement; and the effect of the difference in water-cement ratios and slump values on the early strength ratio remains pretty slight in comparison with that of curing temperature or type of cement as mentioned above. The influence of curing temperature on the early strength ratio of Ordinary Portland Cement-based concrete has a tendency to decrease with the age, but that for Type-B Portland Blast-Furnace Slag Cement-based and Low-Heat Portland Cement-based concrete, which are characterized by slower early strength development, is remarkably observed even at an age of 7 days. In addition, it was found that those two kinds of concretes have a tendency of the early strength ratio rising with curing temperature even at the same cumulative temperature(starting temperature: -10 °C). The tendency was noticeable especially in Type-B Portland Blast-Furnace Slag Cement-based concrete specimens.

An empirical formula, based upon the data from those tests , was derived in the same manner as described in the Committee's previous reports(F-34,36). The formula can be applied to estimate the early to standard 28-day compressive strength ratio at an age within 7 days.

The testing conditions for the adiabatic temperature rise of concrete were standardized on the basis of those findings in the Committee's previous report (F-50). The standardized items are the equipment(including controlling systems), the specifications and dimensions for specimen-preparing forms, the method for calibration, etc.. Thanks to the efforts, the adiabatic temperature rise data collected from different testing sites showed smaller variations. The empirical formulas for the 20°C -placed concretes containing the above-mentioned three types of cements were successfully obtained. They enable us to calculate the final adiabatic temperature rise(K-value) and the constant(α value) to estimate the temperature-rise rate in the case of varying the unit cement content.

序

本委員会では、1982 年および 1983 年に当時のセメントの初期強度発現性について、共通試験を実施し報告している。その後 20 年近く経過し、低熱ポルトランドセメントが新たに JIS 化され使用実績が拡大するなど、状況も変化している。このような事情を踏まえ、再度最近の各種セメントの初期強度発現性について調べ、さらに断熱温度上昇特性についても確認した。

これらの資料を整理・検討した結果、コンクリート工事の施工管理に役立つ知見を得ることができたので、ここに取りまとめて報告するものである。

2002 年 3 月

社団法人 セメント協会 コンクリート専門委員会
(敬称略 順不同)

委員長	太平洋セメント株式会社 (株式会社宇部三菱セメント研究所)	榎木 隆 松永 篤 2001 年 5 月交替)
委員	住友大阪セメント株式会社 (住友大阪セメント株式会社 電気化学工業株式会社 株式会社トクヤマ 株式会社宇部三菱セメント研究所 (太平洋セメント株式会社 新日鐵高炉セメント株式会社 株式会社宇部三菱セメント研究所 (株式会社宇部三菱セメント研究所 社団法人セメント協会	小林 哲夫 長岡 誠一 2001 年 5 月交替) 玉木 俊之 土井 宏行 大西 利勝 城国 省二 2001 年 3 月交替) 前田 悦孝 高尾 昇 中山 英明 2001 年 10 月交替) 富田 嘉雄 佐々木 健一 野田 潤一

目 次

1. 緒言	1
2. 試験概要	3
2. 1 使用材料	3
2. 1. 1 セメント	3
2. 1. 2 骨材	3
2. 1. 3 練混ぜ水	5
2. 1. 4 混和剤	5
2. 2 配合および試験条件	6
2. 3 コンクリートの練混ぜ	8
2. 4 成形および養生方法	9
2. 5 試験項目および試験方法	10
2. 5. 1 練上り温度	10
2. 5. 2 スランプ試験	10
2. 5. 3 空気量試験	10
2. 5. 4 圧縮強度試験	10
2. 5. 5 断熱温度上昇試験	10
3. 試験結果および考察	12
3. 1 配 合	12
3. 1. 1 試験結果	12
3. 1. 2 セメントの種類と単位水量の範囲	12
3. 1. 3 試験所間における単位水量の相違	15
3. 1. 4 練混ぜ温度と単位水量の関係	17
3. 1. 5 試験所間における細骨材率の相違	17

3. 2 圧縮強度	19
3. 2. 1 試験結果	19
3. 2. 2 標準養生材齢 28 日強度に対する初期材齢強度比	25
3. 2. 3 練混ぜ温度および養生温度が初期材齢強度比に及ぼす影響	29
3. 2. 4 積算温度と初期材齢強度比の関係	32
3. 2. 5 セメントの種類の影響	35
3. 2. 6 標準養生に対する封緘養生の強度比	40
3. 2. 7 初期材齢強度比の推定式	41
3. 3 断熱温度上昇	49
3. 3. 1 試験結果	49
3. 3. 2 断熱温度上昇推定式の定数に関する検討	52
3. 3. 3 既往の断熱温度上昇推定式との比較	56
4. 結言	59
参考文献	61
資料	63

1. 緒言

コンクリートの初期強度発現を予測することは、型枠・支保工の取り外し時期や、例えば寒中コンクリートにおける保温養生の打ち切り時期の決定、またプレストレストコンクリートにおける緊張力導入材齢の管理など建設工事における様々な工程管理に際して重要な意味を持つ。コンクリート製品工場においても適切な脱型時強度を定めることは生産効率と品質確保の両面より重要な事項である。

また施工段階におけるひび割れ照査において必要となるコンクリートの温度応力解析に際しては、その断熱温度上昇特性の把握とともに初期材齢も含めた強度発現特性を定式化して与える必要があるため、解析の精度を向上させるためには適切な初期強度発現特性を設定することが重要である。

セメント協会コンクリート専門委員会では、1982年、1983年に普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、高炉セメントB種およびフライアッシュセメントB種の各セメントを用いたコンクリートの初期強度について共通実験を実施しコンクリート専門委員会報告F-34、F-36として取りまとめ、その結果は処々に引用され実用の便に供されている。しかしながら、その後20年近くが経過し、さらに低熱ポルトランドセメントが新たにJIS化され使用実績が拡大するなど状況も変化している。以上のことから、本委員会では今般普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種および低熱ポルトランドセメントの3種類のセメントについて、コンクリートの初期強度に関する共通実験を実施することとした。

また、コンクリートの断熱温度上昇試験に関しては、結果のばらつきに対する影響要因の検討と適切な結果を得るための方法を明らかにすることを目的として本委員会にて共通実験を実施し、1999年にF-50として報告している。従ってこの時の研究成果を踏まえて試験条件を統一し、断熱温度上昇に関する共通実験を併せて実施することとした。

コンクリートの初期強度に関する実験では、上記3種類のセメントについて市販の3銘柄を等量混合したものを試料として使用し、スランブを8cmと18cmの2種類、水セメント比を50%と60%の2種類とする標準的なコンクリート配合を選定し、本委員会を構成する各社の8試験所においてそれぞれ供試体を作製して得られた試験結果の平均により初期強度発現性の評価を行った。なお、練混ぜおよび養生温度については10、20、30℃の3水準とし封緘養生した供試体により初期材齢の強度発現を調べることにしたが、同時に練混ぜから脱型までをこれらの各温度下で行った後、以降は標準養生とした場合の7日および28日強度も調べて封緘養生による強度との比較を行った。

また断熱温度上昇試験については、スランブ8cmの硬練りコンクリートにおける水セメント比50%と60%の2水準、打設温度20℃の条件について、上記と同じく8試験所にてコンクリートを打設し、単位セメント量による影響と試験所が異なった場合の結果のばらつきについての検討を実施した。

本報告はこれらの結果をとりまとめたもので、初期強度については、標準養生 28 日強度に対する各温度での初期材齢強度比、セメント種類の影響、および試験結果より誘導した初期材齢強度比推定式など、また断熱温度上昇については単位セメント量が変わっ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の検討結果などについて述べる。

2. 試験概要

2. 1 使用材料

2. 1. 1 セメント

セメントは市販の普通ポルトランドセメント(以下普通セメント,記号 N)3 銘柄、高炉セメント B 種(記号 BB)3 銘柄および低熱ポルトランドセメント(以下低熱セメント,記号 L)3 銘柄を任意に選び、それぞれ均一に混合して共通の試料とした。それらセメントの化学成分および物理的性質を、表-2.1 および表-2.2 に示す。

表-2.1 セメントの化学成分

セメントの種類	化学成分 (%)											
	ig.loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ Oeq	Cl
N	1.74	0.08	21.04	5.16	2.68	64.34	1.35	1.90	0.24	0.44	0.53	0.007
BB	1.75	0.08	25.86	9.16	1.76	54.68	3.13	1.89	0.22	0.36	—	0.006
L	0.72	0.20	26.08	3.07	3.12	62.61	0.71	2.30	0.24	0.36	0.48	0.003

※BB の高炉スラグの混入率 : 42.7%

表-2.2 セメントの物理的性質

セメントの種類	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	凝結			安定性	圧縮強さ (N/mm ²)				水和熱 (J/g)		
			水量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h-m)		3 日	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日
N	3.14	3370	27.2	2-17	3-22	良	31.1	49.5	67.2	—	333	393	—
BB	3.03	3810	29.5	2-29	3-46	良	22.2	36.2	63.0	—	298	362	—
L	3.22	3400	26.2	3-21	4-40	良	11.2	15.8	53.5	83.8	194	267	318

2. 1. 2 骨材

粗骨材は、各試験所が所有するもので、最大寸法を 20mm とし、JIS A 5005「コンクリート用砕石及び砕砂」に規定されている砕石 2005 の粒度範囲に入るものを使用することとした。

細骨材は、各試験所が所有するもので、粗粒率が 2.70 ± 0.2 の範囲に入るもの、海砂を使用する場合は塩化物イオン含有量が絶乾質量の 0.02% 以下のものを使用することとした。

各試験所で使用した粗骨材、細骨材の粒度およびその物性を表-2.3 および表-2.4 に示す。

表-2.3 骨材の粒度

分類	試験所	種類	産地	ふるい通過量(%)										粗粒率
				20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15		
粗骨材	A	砕石	硬質砂岩 山口県 山口市	99	—	36	3	0	—	—	—	—	6.62	
	B		硬質砂岩 福岡県北九州市 門司区	97	80	26	0	—	—	—	—	6.77		
	C		硬質砂岩 大阪府 高槻市	91	74	22	0	0	—	—	—	6.73		
	D		硬質砂岩 東京都 青梅市	100	87	42	1	0	—	—	—	6.57		
	E		変輝緑岩 福岡県北九州市 小倉南区	98	87	31	0	0	—	—	—	6.71		
	F		硬質砂岩 新潟県 新井市	97	88	38	5	1	—	—	—	6.60		
	G		硬質砂岩 山口県 山口市宮野	100	86	29	0	0	—	—	—	6.71		
	H		硬質砂岩 埼玉県 秩父市両神	97	81	37	6	1	—	—	—	6.59		
細骨材	A	海砂	福岡県 博多	—	—	100	99	94	76	49	22	3	2.57	
	B	海砂	福岡県藍島(33) 福岡県西ノ浦(67)	—	—	—	100	94	76	51	18	2	2.59	
	C	山砂	大阪府 枚方市	—	—	—	100	83	60	39	22	9	2.87	
	D	陸砂	静岡県 小笠郡小笠町	—	—	—	100	91	62	42	29	10	2.66	
	E	陸砂	静岡県 小笠郡浜岡町	—	—	—	100	89	62	40	25	8	2.76	
	F	陸砂	新潟県 糸魚川市	—	—	—	100	88	65	38	20	7	2.82	
	G	海砂 陸砂	福岡県玄界灘(80) 福岡県遠賀町(20)	—	—	—	100	93	74	50	21	2	2.60	
	H	山砂	千葉県 木更津市	—	—	100	94	80	69	53	29	3	2.72	

注) ()内の数値は混合割合(%)を示す。

表-2.4 骨材の物性

分類	試験所	密度 (g/cm ³)		単位容 積質量 (kg/m ³)	実積率 (%)	吸水率 (%)	微粒 分量 (%)	塩分 含有量 (%)
		表乾	絶乾					
粗骨材	A	2.68	2.67	1570	58.8	0.53	0.0	—
	B	2.72	2.71	1580	58.3	0.37	0.7	—
	C	2.71	2.68	1570	58.6	0.57	0.8	—
	D	2.65	2.63	1534	58.3	0.72	0.2	—
	E	2.86	2.85	1650	57.9	0.37	0.1	—
	F	2.61	2.56	1510	58.6	1.92	0.3	—
	G	2.69	2.67	1630	60.6	0.58	1.0	—
	H	2.71	2.70	1600	59.4	0.53	0.8	—
細骨材	A	2.59	2.55	1660	65.1	1.18	0.2	0.005
	B	2.59	2.56	1650	64.5	1.18	0.7	0.010
	C	2.58	2.54	1660	65.4	1.44	3.0	—
	D	2.62	2.58	1684	65.2	1.52	0.4	—
	E	2.62	2.58	1740	67.2	1.48	1.4	—
	F	2.62	2.57	1670	65.0	2.04	0.5	—
	G	2.59	2.53	1640	64.2	1.09	0.7	0.000
	H	2.60	2.56	1720	67.2	1.71	0.7	—

2. 1. 3 練混ぜ水

練混ぜ水は、各試験所の上水道水を使用した。

2. 1. 4 混和剤

混和剤は、AE 減水剤(ボゾリス No.70 : (株)エヌエムビー社製)を使用した。また、コンクリートの空気量調整用として AE 剤(マイクロエア 303A : (株)エヌエムビー社製)を使用した。

2.2 配合および試験条件

コンクリートの配合および試験条件を表-2.5 に示す。

目標スランブは、 $8\pm1.5\text{cm}$ と $18\pm1.5\text{cm}$ の 2 水準とした(以下、スランブ 8cm のコンクリートを硬練りコンクリート、スランブ 18cm のコンクリートを軟練りコンクリートと言う)。

水セメント比は、50%と60%の2水準とした。目標空気量は、 $4.5\pm0.5\%$ とした。

スランブの調整は AE 減水剤の添加量を標準添加量(単位セメント量の 0.25%)とし、単位水量を変化させることにより行った。空気量の調整は、AE 剤を用いて行った。

また、それぞれの配合について、練混ぜ温度を 10°C 、 20°C 、 30°C の 3 水準とし、封緘養生と標準養生の 2 水準の養生を行った後、表-2.5 に示した材齢で圧縮強度試験を実施した。養生方法については、2.4 項で詳述する。

断熱温度上昇試験は表-2.5 に示した 3 水準で実施した。

表-2.5 コンクリートの配合および試験条件

種類	コンクリートの種類	配合条件				試験条件														
		粗骨材の最大寸法(mm)	スランプ(cm)	空気量(%)	水セメント比(%)	練混ぜから脱型までの温度(℃)	養生温度(℃)	養生方法	圧縮強度試験材齢(日)						断熱温度上昇試験実施の有無					
									1	3	5	7	28	91						
硬練りコンクリート	N	20	8±1.5	4.5±0.5	50,60	10	10	封緘養生	○	○	○	○								
							20	標準養生				○	○							
						20	20	封緘養生	○	○	○	○			○					
							20	標準養生		○	○	○	○							
						30	30	封緘養生	○	○	○	○								
							20	標準養生				○	○							
	BB					10	10	封緘養生	○	○	○	○								
							20	標準養生				○	○							
						20	20	封緘養生	○	○	○	○			○					
							20	標準養生		○	○	○	○							
	L					30	30	封緘養生	○	○	○	○								
							20	標準養生				○	○							
						10	10	封緘養生	○	○	○	○								
							20	標準養生				○	○	○						
	軟練りコンクリート					N	20	18±1.5	4.5±0.5	50,60	10	10	封緘養生	○	○	○	○			
												20	標準養生				○	○		
											20	20	封緘養生	○	○	○	○			
												20	標準養生		○		○	○		
30		30	封緘養生	○	○						○	○								
		20	標準養生									○	○							
BB		10	10	封緘養生	○	○					○	○								
			20	標準養生								○	○							
		20	20	封緘養生	○	○					○	○								
			20	標準養生		○						○	○							
L		30	30	封緘養生	○	○					○	○								
			20	標準養生								○	○							
		10	10	封緘養生	○	○					○	○								
			20	標準養生								○	○	○						
		20	20	封緘養生	○	○					○	○								
			20	標準養生		○						○	○	○						
		30	30	封緘養生	○	○					○	○								
			20	標準養生								○	○	○						

注) ○は実施した試験の水準

2.3 コンクリートの練混ぜ

コンクリートの練混ぜは、表-2.6 に示す各試験所で使用しているミキサを用い、表-2.7 に示した各試験所で通常行われている練混ぜ方法にて実施した。

表-2.6 各試験所で使用したミキサ

試験所	メーカー	型式	公称容量 (l)
A	石川島建機(株)	強制パン型	50
B	太平洋機工(株)	強制二軸型	55
C	太平洋機工(株)	強制二軸型	55
D	太平洋機工(株)	強制パン型	55
E	太平洋機工(株)	強制パン型	55
F	日工(株)	強制二軸型	60
G	太平洋機工(株)	強制パン型	100
H	太平洋機工(株)	強制二軸型	55

表-2.7 各試験所の練混ぜ方法

試験所	練混ぜ方法
A	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 30 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 90 秒後、排出
B	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 30 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 90 秒後、排出
C	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 30 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 120 秒後、排出
D	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 30 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 90 秒後、排出
E	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 15 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 90 秒後、排出
F	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 15 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 60 秒後、排出
G	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 30 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 90 秒後、排出
H	粗骨材、細骨材、セメント投入後、空練り 15 秒 混和剤入り練混ぜ水を投入し、本練り 90 秒後、排出

2.4 成形および養生方法

圧縮強度試験用供試体は、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体とし、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に従って成形した。そのうち、封緘養生供試体は型枠にコンクリートを打設し、型枠上面からの水分蒸発を防止するためビニールまたはラップで上面を密閉したまま、試験材齢まで練上り温度と同一温度で養生した。標準養生供試体は、成形後練混ぜ温度と同一の温度下で静置した後材齢 1 日で脱型し、その後 20°C の水中で試験材齢まで養生した。

断熱温度上昇試験用供試体は、 $\phi 40 \times 40\text{cm}$ の円柱供試体とし、フレッシュコンクリートの各種試験終了後、速やかにコンクリート全量を打設した。なお打込みは 2 層で行い、棒状バイブレーターを用いて各層 3 箇所を締固め成形した。

2.5 試験項目および試験方法

2.5.1 練上り温度

練上り時のコンクリート温度は、棒状温度計またはデジタル温度計にて測定した。

圧縮強度試験のコンクリートの練上り温度は、表-2.5 に示す練混ぜから脱型までの温度の近傍に調整することとした。また、断熱温度上昇試験のコンクリートの練上り温度は、 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の範囲に調整することとした。

2.5.2 スランプ試験

スランプ試験は JIS A 1101「コンクリートのスランプ試験方法」に従って行った。

2.5.3 空気量試験

空気量試験は JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法」に従って行った。

2.5.4 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に従って行った。また、使用する型枠は各試験所にて通常使用している型枠とし、特に制限は設けなかった。キャッピングについても各試験所の通常試験の方法に準拠し実施した。

2.5.5 断熱温度上昇試験

断熱温度上昇試験は、本委員会における既往の研究結果¹⁾をもとに、以下に示す項目について試験条件を統一して実施した。なお、断熱温度上昇試験に用いる装置は、同一メーカーの空気循環方式のものを使用した。

(1)型枠および外槽

型枠および外槽に関する共通項目を表-2.8 に示す通りに定めた。

表-2.8 断熱温度上昇試験における型枠および外槽に関する条件

項 目	試験条件
供試体外槽	な し
型枠の種類	共通品仕様 (鋼製：重量 4.7kg, 厚さ 0.6mm)
型枠の大きさ	$\phi 40 \times 40\text{cm}$ 円柱体
コンクリート容量	50 リットル

(2)キャリブレーション

断熱温度上昇試験装置のキャリブレーションは、コンクリートの予想最高温度を含む範囲の3点の温度について実施し、型枠内の水温の変化が2日間で $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内に安定する偏差を定めた。各温度での偏差が定まった後、温度と偏差の関係を示す直線回帰式を求めた。

(3)偏差の設定

測定時の偏差は各配合(単位セメント量)より求めた予想最高温度をキャリブレーションで求めた直線回帰式に代入することにより得られた値に設定した。なお、予想最高温度は

表-2.9 に示す方法により定めた。

表-2.9 予想最高温度の設定方法

セメントの種類	最高温度の設定方法
N,BB	各試験所の配合試験で得られた単位セメント量を用いて、土木学会「コンクリート標準示方書〔施工編〕平成8年制定版」の終局断熱温度上昇量標準値の推定式より算定した。
L	セメントメーカー各社の技術資料により終局断熱温度上昇量推定式を求め、各試験所の配合試験で得られた単位セメント量を用いて算定した。

(4)測定間隔および期間

測定は練混ぜ水の注水から 15 分以内に開始することとした。測定間隔は測定時間 0~72 時間までは 2 時間毎に、それ以降は温度上昇が認められなくなるまで 6 時間毎に測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 配合

3.1.1 試験結果

各試験所にて試験に用いたコンクリートの示方配合とフレッシュコンクリートの性質について、平均値とその範囲を表-3.1、表-3.2に示す。以下、配合や養生温度等の条件毎に各試験所の単位水量を平均した値を平均単位水量という。なお、各試験所のコンクリート配合とフレッシュコンクリートの性質に関する個々の値については巻末の資料を参照されたい。

3.1.2 セメントの種類と単位水量の範囲

本結果は、各試験所で異なる骨材を使用しているため、同一スランプを得るための単位水量は異なる(3.13 参照)こと、および全試験所でのセメントとコンクリートの種類を固定した共通試験が未実施であることより、単純にセメント種類別に単位水量の大小を比較することは出来ないが、それぞれ担当した試験所の結果を取りまとめると次のようになる。

各セメント種類と平均単位水量の範囲は、表-3.1、表-3.2 および図-3.1 より、硬練りコンクリートの場合、普通セメントで $153\sim 163\text{kg/m}^3$ 、高炉セメントB種で $165\sim 169\text{kg/m}^3$ 、低熱セメントで $150\sim 159\text{kg/m}^3$ であった。一方、軟練りコンクリートの場合、普通セメントで $173\sim 180\text{kg/m}^3$ 、高炉セメントB種で $180\sim 185\text{kg/m}^3$ 、低熱セメントで $176\sim 181\text{kg/m}^3$ であった。

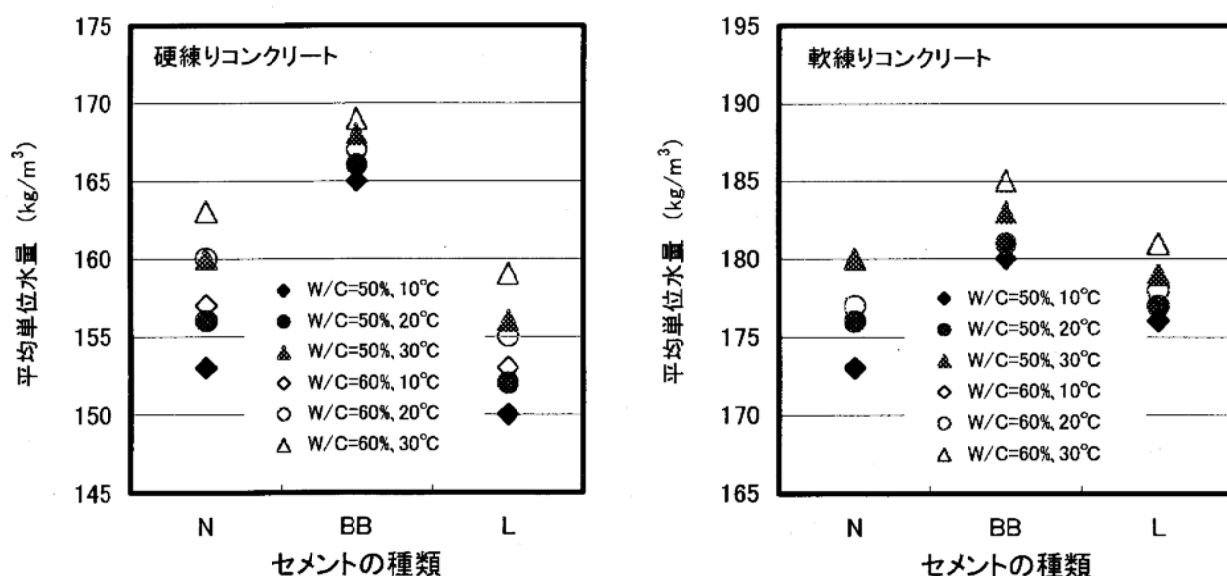


図 3.1 セメントの種類と平均単位水量の範囲

表-3.1 示方配合(硬練りコンクリート)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	細骨材率 (%)	単 位 量													スランプ (cm)	空気量 (%)			コンクリート 温度 (℃)		
					kg/m ³					ml/m ³														
					水			セメント		細骨材		粗骨材			AE 減水剤		AE 剤							
					平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均		範囲	平均	範囲	平均	範囲	
N	50	10	43.8	43.0-45.0	153	148-156	307	296-312	802	785-825	1078	1020-1142	766	740-780	10	2-22	7.5	7.0-8.0	4.6	4.1-5.0	10.9	10.0-12.0		
		20	43.8	43.0-45.0	156	152-160	313	304-320	796	780-817	1070	1010-1135	781	760-800	10	3-16	8.0	7.5-8.5	4.4	4.1-4.8	20.7	20.0-21.0		
		30	43.8	43.0-45.0	160	157-164	320	314-328	790	776-812	1061	999-1127	799	785-820	12	6-20	7.5	6.5-8.5	4.6	4.4-4.7	30.0	29.0-31.0		
	60	10	45.3	45.0-46.0	157	152-161	262	253-268	841	826-860	1064	1044-1117	655	632-670	7	1-18	7.9	7.0-9.0	4.4	4.1-4.7	11.0	10.5-11.5		
		20	45.3	45.0-46.0	160	156-162	267	260-270	836	824-852	1058	1035-1112	667	650-675	8	3-13	8.3	7.0-9.0	4.4	4.1-5.0	20.7	20.0-21.0		
		30	45.3	45.0-46.0	163	161-165	272	268-275	830	818-844	1050	1026-1110	680	670-688	10	3-19	7.9	6.5-9.0	4.9	4.6-5.0	30.0	29.5-30.3		
BB	50	10	44.8	44.0-45.3	165	152-176	330	304-352	794	770-811	1009	950-1068	824	760-880	11	6-18	8.1	7.5-8.8	4.3	4.1-4.7	10.7	9.8-11.1		
		20	44.8	44.0-45.3	166	154-176	332	308-352	797	770-819	1001	950-1041	829	770-880	11	9-14	8.7	8.0-9.5	4.5	4.0-4.7	20.0	19.0-21.8		
		30	44.8	44.0-45.0	168	155-178	336	310-356	787	766-803	1003	950-1060	839	775-890	15	10-21	7.7	7.5-8.4	4.3	4.0-4.6	29.9	29.0-31.0		
	60	10	46.4	45.0-47.0	166	154-178	277	257-297	841	823-868	1003	950-1068	691	643-740	8	3-15	8.6	7.0-9.5	4.6	4.4-4.8	10.8	10.2-11.1		
		20	46.4	45.0-47.0	167	156-178	278	260-297	840	823-865	1000	950-1062	694	650-740	9	7-12	7.9	7.0-8.6	4.6	4.4-5.0	20.2	19.2-21.8		
		30	46.4	45.0-47.0	169	157-179	281	262-298	835	822-860	997	950-1057	705	655-760	9	7-12	7.9	7.0-8.6	4.5	4.1-5.0	29.8	29.0-31.0		
L	50	10	44.1	43.5-45.0	150	143-154	299	286-308	818	803-837	1083	1035-1148	748	715-770	10	2-21	7.8	7.0-8.5	4.4	4.2-4.5	10.5	10.0-11.0		
		20	44.1	43.5-45.0	152	147-155	305	294-310	813	803-830	1077	1026-1145	761	735-775	11	3-19	8.3	7.5-9.0	4.8	4.6-5.0	20.4	20.0-21.0		
		30	44.1	43.5-45.0	156	152-159	311	304-318	808	798-823	1069	1015-1140	778	760-795	13	3-22	8.0	7.5-9.0	4.7	4.3-5.0	30.0	29.5-30.5		
	60	10	45.9	45.5-46.0	153	147-160	254	245-267	865	850-875	1065	1029-1128	636	612-668	8	1-20	7.6	7.5-8.0	4.4	4.2-4.8	10.7	10.4-11.0		
		20	45.9	45.5-46.0	155	151-161	259	252-268	859	847-868	1059	1029-1124	642	624-670	9	3-15	8.0	7.5-8.5	4.8	4.6-5.0	20.5	20.0-21.0		
		30	45.9	45.5-46.0	159	156-166	266	260-277	851	837-859	1051	1018-1120	664	650-692	10	3-16	8.3	7.0-9.0	4.4	4.1-4.8	29.9	29.0-30.5		

表-3.2 示方配合(軟練りコンクリート)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	単 位 量																スランプ (cm)	空気量 (%)			コンクリート 温度 (℃)
				細骨材率 (%)				kg/m ³				ml/m ³												
				水		セメント		細骨材		粗骨材		AE 減水剤		AE 剤										
				平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲							
N	50	10	44.0	42.0-46.0	173	166-176	346	332-352	770	734-813	1023	993-1049	864	830-880	10	2-25	18.1	17.0-19.0	4.4	4.1-4.7	10.7	9.8-11.5		
		20	44.0	42.0-46.0	176	170-180	353	340-360	764	726-805	1040	982-1142	881	850-900	10	4-18	18.0	17.5-18.5	4.6	4.0-5.0	20.6	20.0-21.0		
		30	44.0	42.0-46.0	180	175-186	360	350-372	757	715-798	1006	971-1034	900	875-930	14	4-26	17.9	16.5-18.5	4.7	4.2-5.0	30.0	29.5-30.3		
	60	10	46.0	44.0-48.0	173	170-176	289	283-293	827	791-865	1012	971-1044	721	708-732	9	1-23	17.9	17.5-18.0	4.5	4.3-4.8	10.7	9.7-11.0		
		20	46.0	44.0-48.0	177	174-180	295	290-300	821	783-857	1005	963-1035	737	725-750	9	3-18	18.0	17.5-18.5	4.8	4.6-4.9	20.5	19.5-21.0		
		30	46.0	44.0-48.0	180	177-186	300	295-310	814	773-847	997	952-1035	750	738-775	11	3-22	18.0	17.5-18.5	4.5	4.0-4.9	29.9	29.5-30.1		
BB	50	10	44.9	44.0-45.5	180	168-191	360	336-382	767	741-796	970	940-1003	900	840-960	9	4-15	18.4	18.0-19.0	4.5	4.2-5.0	10.8	10.5-11.1		
		20	44.9	44.0-45.5	181	170-192	362	340-384	764	739-790	967	938-1000	905	850-960	12	7-17	18.3	18.0-19.0	4.7	4.3-5.0	20.2	19.5-21.6		
		30	44.9	43.7-45.5	183	172-193	366	344-386	759	737-785	964	935-995	918	860-970	14	7-22	17.8	17.0-19.0	4.5	4.2-5.0	29.8	29.0-31.2		
	60	10	46.6	45.8-47.5	180	170-192	300	283-320	818	797-842	969	934-1014	750	708-800	6	1-12	18.5	17.0-19.5	4.5	4.0-4.8	10.6	9.8-11.1		
		20	46.6	45.8-47.5	181	172-193	302	287-322	815	795-837	966	932-1008	755	718-800	8	6-11	18.3	17.9-18.5	4.8	4.6-5.0	20.2	19.3-21.6		
		30	46.6	45.0-47.5	185	174-194	308	290-323	805	778-831	962	930-1003	770	725-810	15	6-13	18.6	18.0-19.0	4.3	4.1-4.6	29.8	29.0-31.0		
L	50	10	45.1	44.8-45.5	176	164-187	351	328-374	785	757-809	986	955-1024	879	820-940	9	0-11	18.5	17.0-19.5	4.4	4.1-4.7	10.6	10.0-11.1		
		20	45.1	44.8-45.5	177	166-188	354	332-376	783	755-806	983	955-1019	884	830-940	9	3-13	18.8	18.0-19.1	4.6	4.4-5.0	20.2	19.5-21.6		
		30	44.9	44.0-45.5	179	167-187	358	334-374	776	752-803	981	955-1016	896	835-940	12	4-17	18.4	18.0-18.6	4.5	4.3-4.7	29.7	29.0-30.8		
	60	10	46.7	46.0-47.5	176	166-188	294	277-313	833	812-855	982	951-1030	736	693-780	6	0-9	18.4	17.0-19.5	4.4	4.2-4.6	10.4	9.5-11.0		
		20	46.7	46.0-47.5	178	168-190	296	280-317	831	808-852	979	947-1024	742	700-790	7	0-8	18.5	17.5-19.5	4.6	4.4-4.7	20.0	19.5-21.5		
		30	46.5	45.3-47.5	181	169-189	301	282-315	822	794-847	977	949-1022	752	705-790	12	0-14	18.2	17.5-19.0	4.4	4.3-4.6	29.6	29.0-31.0		

3. 1. 3 試験所間における単位水量の相違

各試験所における単位水量をセメントとコンクリートの種類に分け、図-3.2に示す。本試験は、セメントとコンクリートの種類を固定した全試験所共通の試験が未実施であるため、単純比較は出来ないが、試験所間における単位水量の相違は次のとおりである。

各試験所間の単位水量を同一のスランプ、W/C、温度条件下で比較し、その差の最大値をコンクリートの種類別に示すと、硬練りコンクリート配合では、各試験所間での差は普通セメントで 8kg/m^3 、高炉セメントB種で 24kg/m^3 、低熱セメントで 13kg/m^3 であった。軟練りコンクリート配合では、普通セメントで 11kg/m^3 、高炉セメントB種と低熱セメントで 23kg/m^3 であった。なお、各試験所の傾向として単位水量の少ないグループ(A,B,D,E,G,H)と比較的多いグループ(C,F)に分類できる。これは試験に用いた骨材が異なるためと推察されるが、結果的に、C,F 試験所での試験を含む高炉セメントB種および低熱セメントの軟練り配合において、試験所間の単位水量の差が大きく現われたものと思われる。

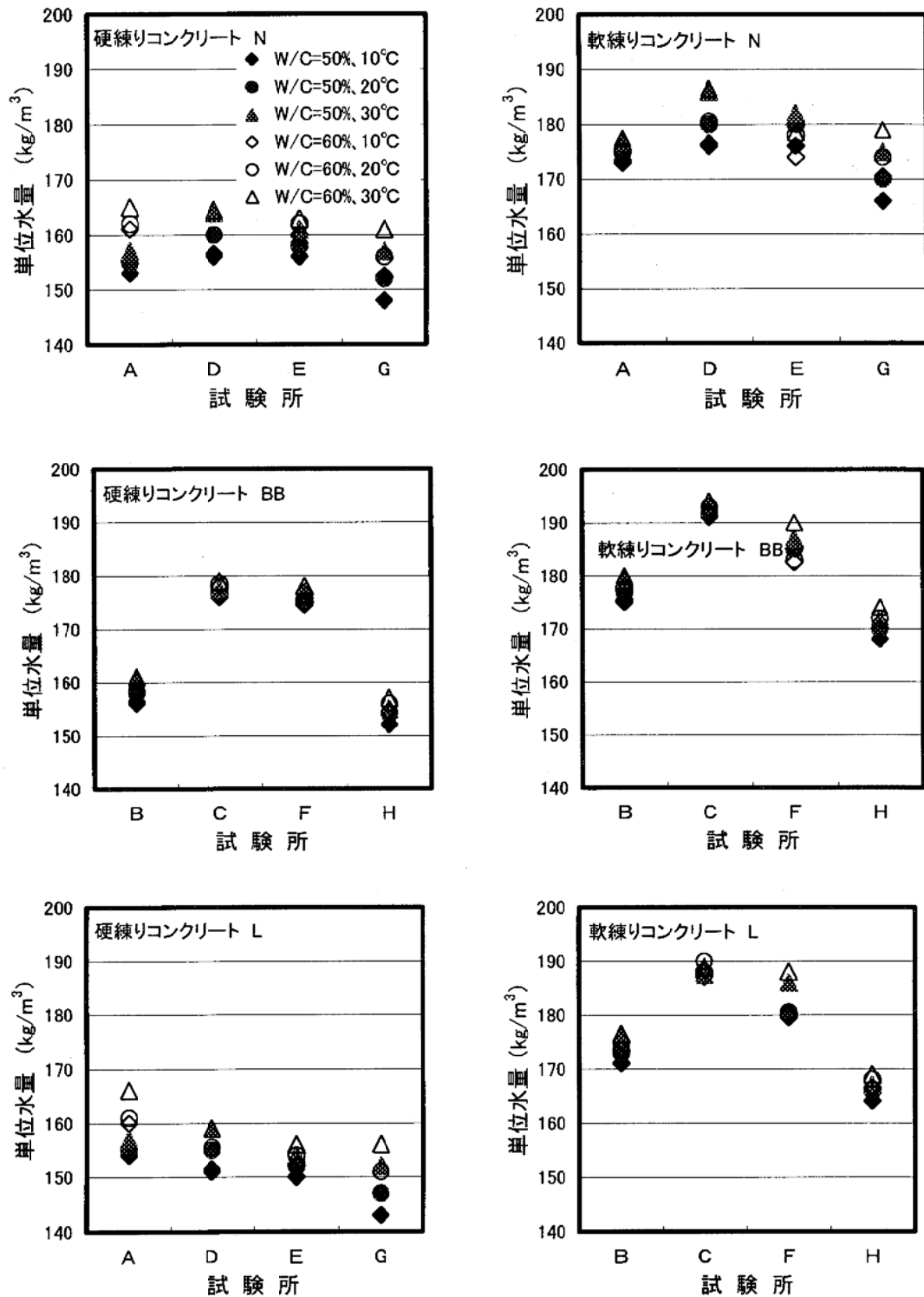


図-3.2 各試験所における単位水量

3. 1. 4 練混ぜ温度と単位水量の関係

練混ぜ温度と単位水量の関係を見るため、セメント種類および水セメント比別に、各練混ぜ温度での平均単位水量と練混ぜ温度 20℃における平均単位水量との比を算定して単位水量比を求めた。更に W/C=50%と 60%の単位水量比を平均化し、その結果を表-3.3 と図-3.3 に示した。すなわち、20℃における平均単位水量(水量比 1)に対し、その値が大きいものは所要のスランプを得るための単位水量が大きいことを示す。

図-3.3 より、20℃における単位水量に対し 10℃および 30℃の比率は、硬練りコンクリートの場合、普通セメントで (-1.9%、+2.3%)、高炉セメント B 種で (-0.6%、+1.2%)、低熱セメントで (-1.3%、2.6%) であった。一方、軟練りコンクリートの場合、普通セメントで (-2.0%、+2.0%)、高炉セメント B 種で (-0.8%、+2.2%)、低熱セメントで (-0.8%、+1.1%) であった。本試験では、セメントの種類により多少の差は認められるものの、20℃における単位水量に対し 10℃では 2%の範囲で単位水量を低減し、30℃では 2.6%の範囲で増加させることによりほぼ所定のスランプが得られた。

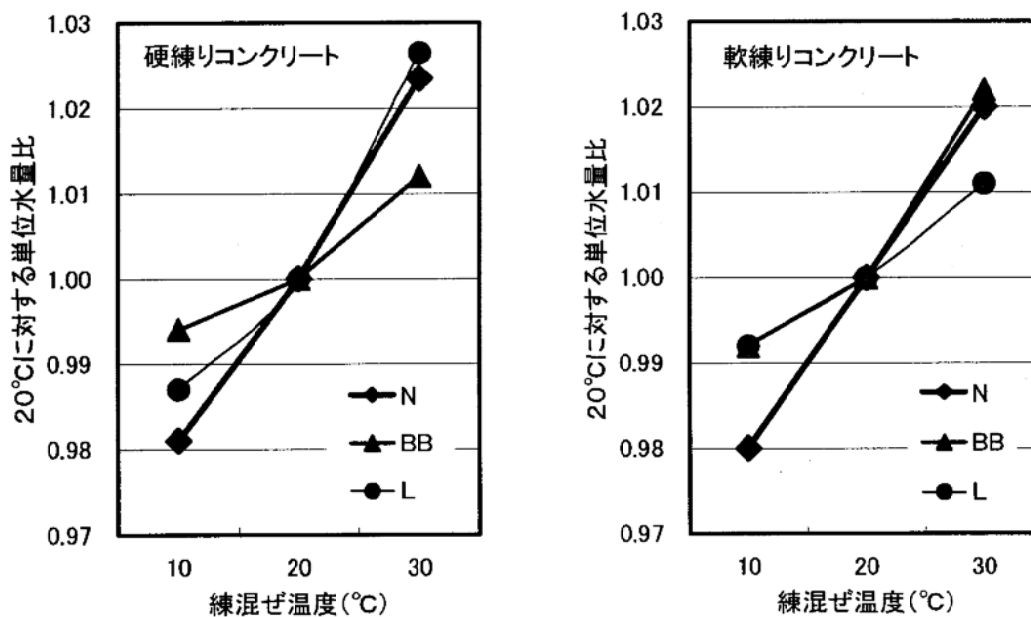


図-3.3 練混ぜ温度と単位水量比(W/C=50%、60%の平均)の関係

3. 1. 5 試験所間における細骨材率の相違

表-3.1 より、各試験所間の細骨材率の違いは、同一配合条件であれば、硬練りコンクリートの場合、普通セメントで 2%、高炉セメント B 種で 2%、低熱セメントで 1.5%程度、また、表-3.2 より軟練りコンクリートの場合、普通セメントで 4%、高炉セメント B 種で 2%、低熱セメントで 1.5%程度であった。

表-3.3 練混ぜ温度と単位水量の関係

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (°C)	平均単位水量 (kg/m ³)	単位水量比 (対 20°C)	同 (W/C=50% と 60%の平均)
硬練りコンクリート	N	50	10	153	0.981	10°C : 0.981 20°C : 1.000 30°C : 1.023
			20	156	1.000	
			30	160	1.026	
		60	10	157	0.981	
			20	160	1.000	
			30	163	1.019	
	BB	50	10	165	0.994	10°C : 0.994 20°C : 1.000 30°C : 1.012
			20	166	1.000	
			30	168	1.012	
		60	10	166	0.994	
			20	167	1.000	
			30	169	1.012	
	L	50	10	150	0.987	10°C : 0.987 20°C : 1.000 30°C : 1.026
			20	152	1.000	
			30	156	1.026	
		60	10	153	0.987	
			20	155	1.000	
			30	159	1.026	
軟練りコンクリート	N	50	10	173	0.983	10°C : 0.980 20°C : 1.000 30°C : 1.020
			20	176	1.000	
			30	180	1.023	
		60	10	173	0.977	
			20	177	1.000	
			30	180	1.017	
	BB	50	10	179	0.989	10°C : 0.992 20°C : 1.000 30°C : 1.022
			20	181	1.000	
			30	185	1.022	
		60	10	180	0.994	
			20	181	1.000	
			30	185	1.022	
	L	50	10	176	0.994	10°C : 0.992 20°C : 1.000 30°C : 1.011
			20	177	1.000	
			30	179	1.011	
		60	10	176	0.989	
			20	178	1.000	
			30	180	1.011	

3.2 圧縮強度

3.2.1 試験結果

圧縮強度試験結果の各試験所における平均値と範囲を表-3.4、表-3.5 および図-3.4～図-3.7に示す。なお、各試験所の個々の値については巻末の資料を参照されたい。

表-3.4 コンクリートの圧縮強度の試験結果(封緘養生)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	封緘養生(試験材齢まで練上り温度と同一温度で養生した)							
				1日		3日		5日		7日	
				平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
硬練りコンクリート	N	50	10	2.8	1.6-4.2	17.3	16.4-18.1	25.8	25.1-26.7	31.0	30.2-31.8
			20	10.2	9.0-11.7	27.2	25.4-30.4	33.4	32.0-36.0	37.0	35.3-39.5
			30	17.0	16.2-18.0	31.9	30.4-33.8	35.5	33.8-36.9	37.0	36.0-38.5
		60	10	1.8	1.3-3.0	11.4	10.9-12.0	18.6	17.4-19.5	23.6	21.9-25.6
			20	6.6	5.7-7.4	19.4	17.8-21.1	25.0	22.5-28.2	27.9	25.4-30.7
			30	11.8	10.3-13.6	23.4	21.7-24.5	27.0	25.7-28.6	29.3	28.1-30.5
	BB	50	10	1.3	1.0-1.5	7.9	7.0-9.2	12.5	11.6-14.8	16.8	15.8-19.6
			20	4.3	4.1-4.5	14.3	12.6-16.1	19.0	16.6-22.6	22.5	20.1-25.9
			30	9.0	8.1-10.1	19.4	17.1-21.1	24.7	18.4-28.8	27.9	21.6-32.1
		60	10	0.8	0.6-0.9	5.3	4.9-6.2	8.8	7.5-11.1	11.9	10.2-14.6
			20	2.9	2.7-3.1	9.8	8.4-11.7	14.6	13.7-16.8	17.5	16.3-20.2
			30	6.3	6.0-6.6	14.8	13.0-16.7	18.8	14.3-21.6	22.7	20.3-24.9
	L	50	10	0.8	0.6-1.0	6.1	5.0-6.7	8.3	7.5-9.0	10.0	9.2-11.6
			20	3.0	2.5-3.2	8.7	7.5-9.6	11.1	10.0-12.5	13.1	11.2-14.5
			30	5.5	5.3-5.7	10.3	9.0-11.9	14.4	12.5-16.6	19.7	16.8-21.9
		60	10	0.5	0.4-0.6	3.3	2.9-3.8	5.0	4.4-5.4	5.8	5.2-6.6
			20	1.9	1.8-2.2	5.2	4.6-5.8	6.5	5.9-7.2	7.7	6.7-8.6
			30	3.6	3.4-3.7	6.5	5.5-7.3	8.9	7.5-10.3	12.8	10.2-16.5
軟練りコンクリート	N	50	10	2.3	2.0-2.9	16.9	15.5-18.0	25.7	24.2-27.8	31.1	29.4-34.1
			20	9.7	8.2-11.0	26.4	24.3-29.2	32.5	29.7-35.4	36.1	33.5-38.2
			30	16.1	15.6-16.6	30.6	27.9-32.8	34.4	32.4-36.6	37.1	35.0-39.2
		60	10	1.6	1.3-2.1	11.5	10.8-12.0	17.9	16.7-19.2	23.2	22.3-24.6
			20	6.1	5.1-6.9	18.6	17.1-21.7	24.6	22.7-27.3	27.1	25.6-29.3
			30	10.9	9.8-11.6	22.4	19.7-24.3	26.9	23.4-28.6	28.7	24.8-30.2
	BB	50	10	1.2	0.8-1.4	7.7	6.8-9.1	11.8	10.4-15.4	15.9	14.3-19.8
			20	4.1	3.9-4.5	13.0	11.9-15.5	19.1	17.4-22.8	22.4	20.8-26.6
			30	8.6	7.4-9.4	19.0	15.6-22.7	24.4	19.6-28.2	28.3	23.9-32.6
		60	10	0.8	0.6-0.9	5.4	4.7-6.5	8.8	7.7-11.0	11.5	10.1-14.5
			20	2.8	2.6-3.2	9.6	8.0-10.9	14.0	12.1-16.3	17.1	15.9-18.8
			30	6.1	5.6-6.8	14.6	13.4-16.5	19.1	15.0-21.8	22.7	21.1-24.9
	L	50	10	0.6	0.2-0.8	4.8	4.1-6.5	6.4	5.2-8.8	7.7	6.4-10.6
			20	2.4	1.9-3.0	6.5	5.5-8.2	8.3	7.4-10.4	9.7	7.6-12.3
			30	4.9	4.2-5.7	7.8	6.4-10.4	11.4	9.1-14.7	16.0	12.8-19.8
		60	10	0.4	0.2-0.6	3.3	2.8-3.9	4.3	3.6-5.7	4.9	4.3-6.5
			20	1.7	1.4-2.0	4.2	3.4-5.1	5.5	4.6-6.6	6.4	5.2-8.1
			30	3.2	2.9-3.5	5.3	4.4-6.7	7.3	5.6-9.0	10.2	7.9-11.9

表-3.5 コンクリートの圧縮強度の試験結果(標準養生)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	標準養生(材齢1日で脱型し、その後20℃の水中で試験材齢まで養生した)									
				3日		5日		7日		28日		91日	
				平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
硬練りコンクリート	N	50	10					38.0	35.6-39.7	48.7	47.2-50.7		
			20	27.8	25.5-30.7	34.0	32.7-35.3	38.6	37.0-40.0	48.3	46.7-50.4		
			30					36.4	35.4-37.6	45.5	43.8-46.3		
		60	10					27.7	24.7-30.6	38.2	36.5-40.0		
			20	18.9	17.7-21.1	25.5	22.5-27.8	28.0	25.4-30.2	37.1	33.9-39.6		
			30					27.5	25.3-29.6	35.0	32.9-37.5		
	BB	50	10					22.8	20.7-25.9	43.4	41.1-46.0		
			20	12.8	11.1-14.0	19.1	17.6-20.7	23.5	22.3-25.4	41.3	37.7-45.0		
			30					25.3	21.5-27.7	41.0	37.0-47.7		
		60	10					16.9	14.6-19.2	34.4	31.0-36.3		
			20	9.6	8.6-10.6	14.4	13.1-15.7	17.3	15.5-18.5	34.3	31.7-38.9		
			30					18.3	16.2-20.2	33.7	28.7-41.8		
	L	50	10					11.5	9.7-13.7	38.7	34.8-43.8	62.2	60.2-64.1
			20	7.9	7.1-8.9	9.8	8.8-11.0	11.2	10.3-12.4	39.3	36.8-42.0	60.7	59.7-61.7
			30					12.1	9.9-13.7	37.0	33.5-39.3	57.8	56.2-59.8
		60	10					6.2	5.4-6.8	25.5	19.7-31.8	46.6	42.3-50.3
			20	4.8	4.2-5.5	6.1	5.3-7.0	6.8	6.2-7.4	24.9	24.0-26.7	46.9	42.6-49.8
			30					7.6	5.8-8.7	26.5	20.6-30.5	47.6	43.2-50.3
軟練りコンクリート	N	50	10					38.6	36.7-40.4	50.2	47.9-51.9		
			20	26.3	24.3-27.9	33.5	31.5-35.2	37.8	35.1-39.3	47.7	46.3-48.9		
			30					36.1	33.5-38.0	44.3	41.5-45.9		
		60	10					28.2	25.8-30.9	38.1	37.1-40.1		
			20	18.5	16.8-20.0	24.8	22.6-26.4	27.4	25.3-29.7	37.3	34.1-39.6		
			30					27.3	23.7-29.1	35.6	32.0-37.6		
	BB	50	10					21.0	17.4-25.0	42.6	39.5-45.2		
			20	12.8	11.6-14.5	18.6	17.0-21.1	20.7	17.1-22.8	40.3	35.6-43.7		
			30					23.7	20.5-27.1	39.3	35.2-43.1		
		60	10					15.6	14.2-18.6	34.5	31.5-35.7		
			20	8.9	7.9-10.0	13.9	12.6-15.1	16.8	15.7-17.7	33.1	31.0-35.6		
			30					18.0	16.2-19.5	32.3	30.0-36.0		
	L	50	10					8.8	7.4-10.7	34.8	27.8-38.4	57.5	54.8-62.7
			20	6.3	5.6-7.9	7.8	6.7-9.4	8.8	8.1-10.0	30.6	22.6-33.8	54.4	49.8-62.6
			30					10.5	8.5-12.3	33.8	29.8-37.8	54.4	51.4-60.9
		60	10					5.5	4.6-6.0	23.2	19.5-26.0	44.1	42.3-46.4
			20	4.0	3.6-4.8	5.5	4.7-6.2	5.8	5.0-6.9	19.7	15.3-23.3	42.1	38.7-45.5
			30					6.4	5.2-7.6	22.8	20.1-27.7	42.7	41.5-43.7

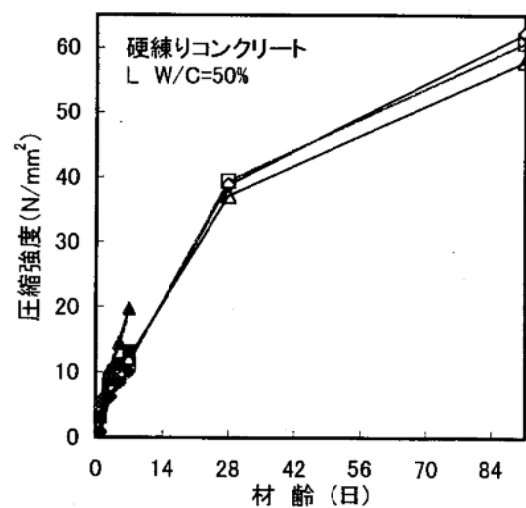
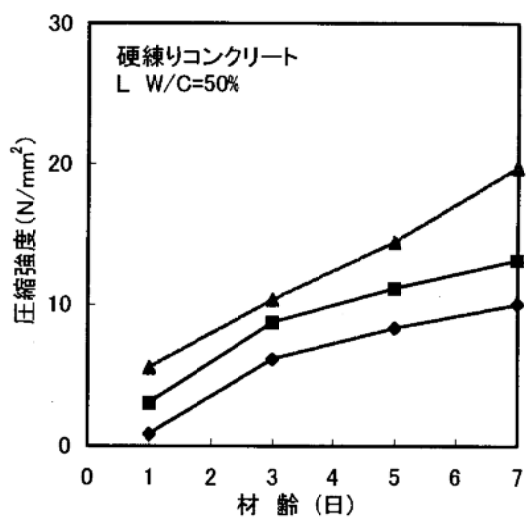
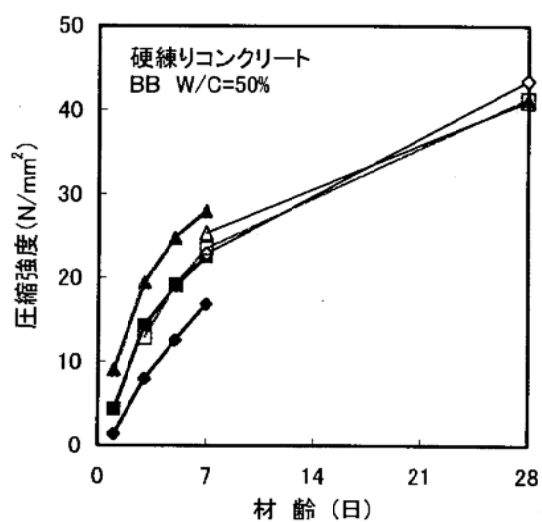
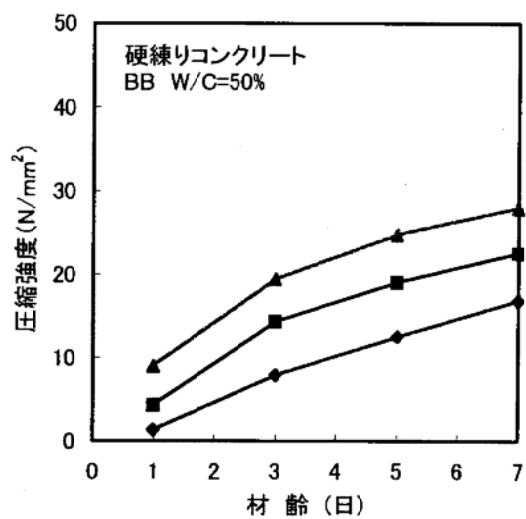
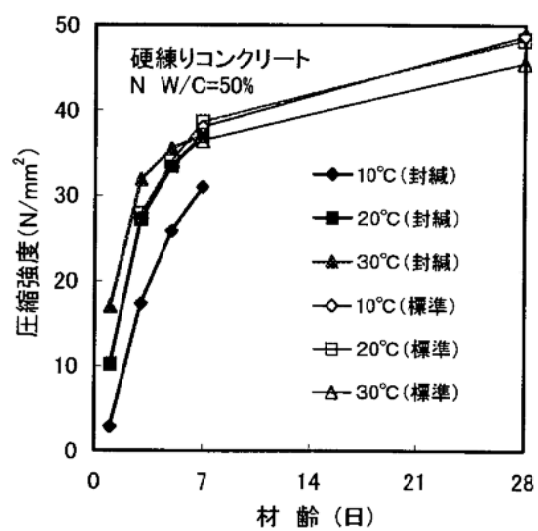
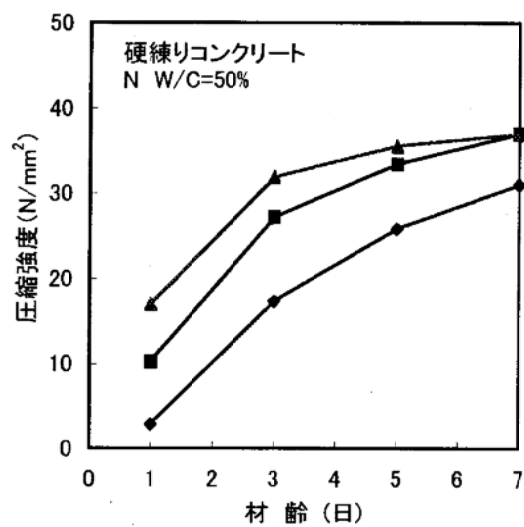


図-3.4 養生条件と圧縮強度の関係(硬練りコンクリート W/C=50%)

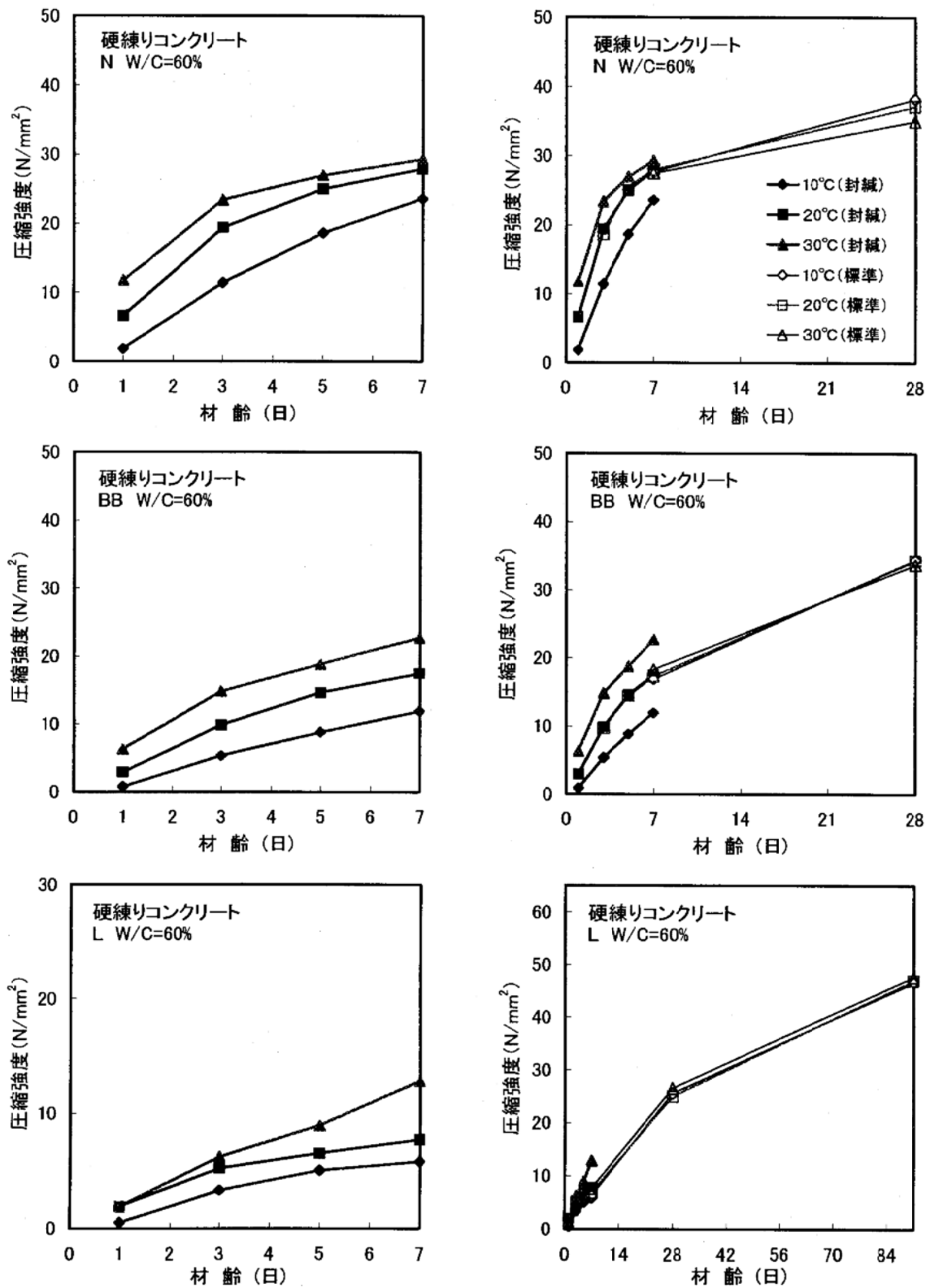


図-3.5 養生条件と圧縮強度の関係(硬練りコンクリート W/C=60%)

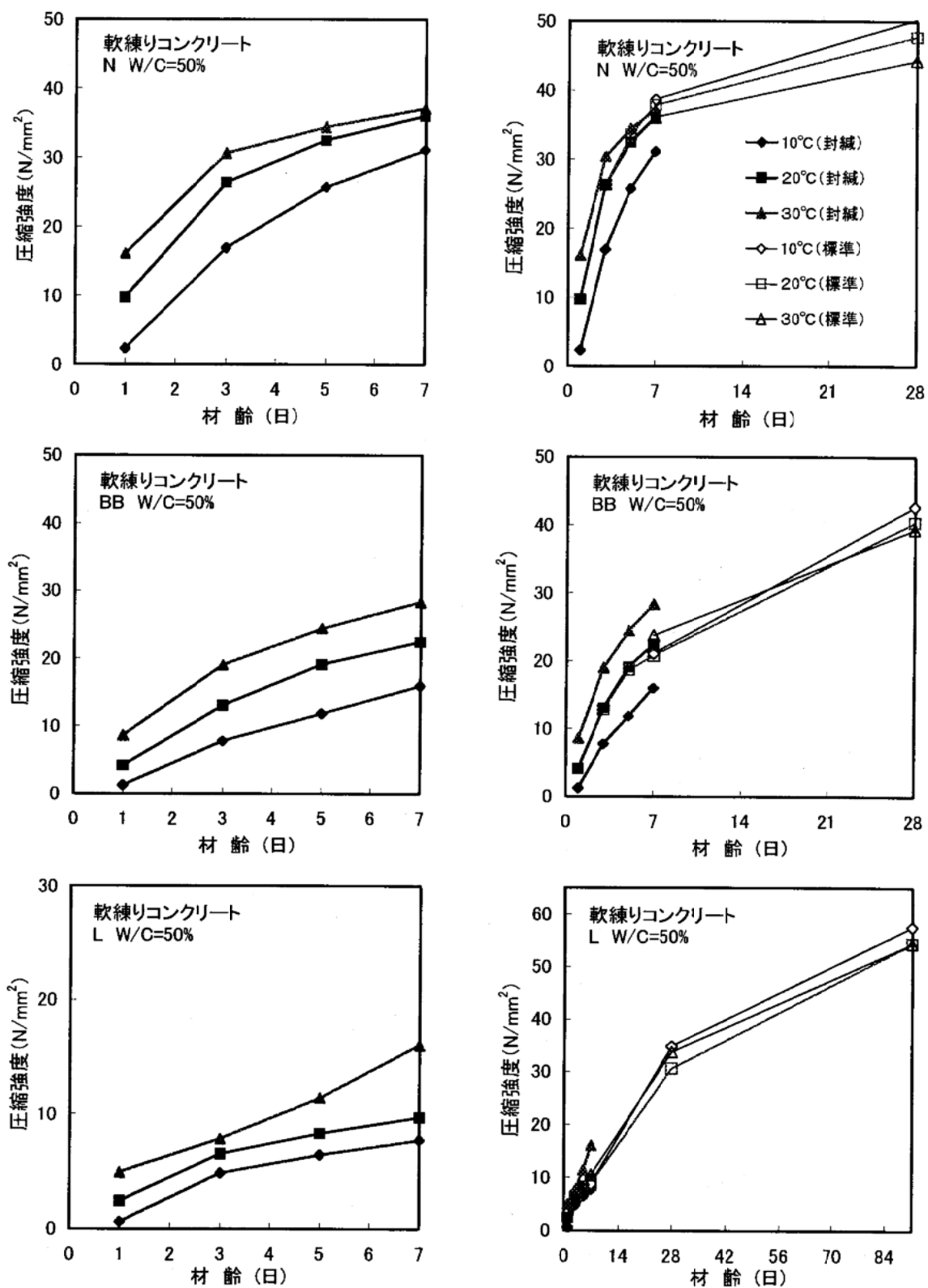


図-3.6 養生条件と圧縮強度の関係(軟練りコンクリート W/C=50%)

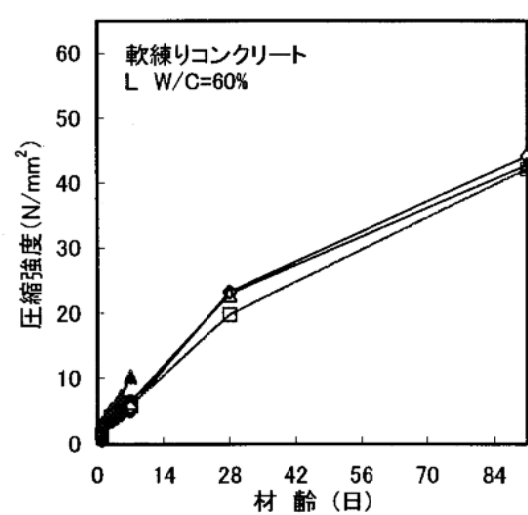
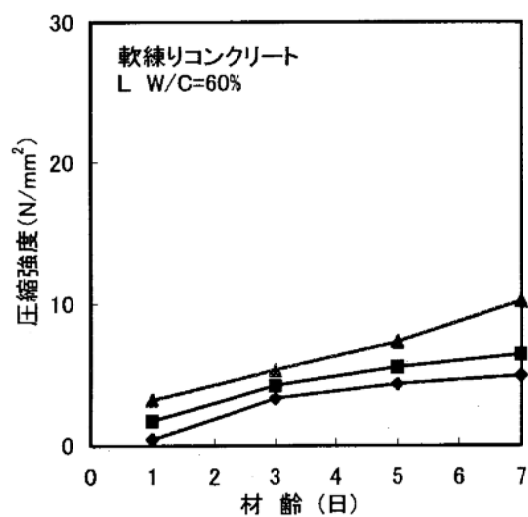
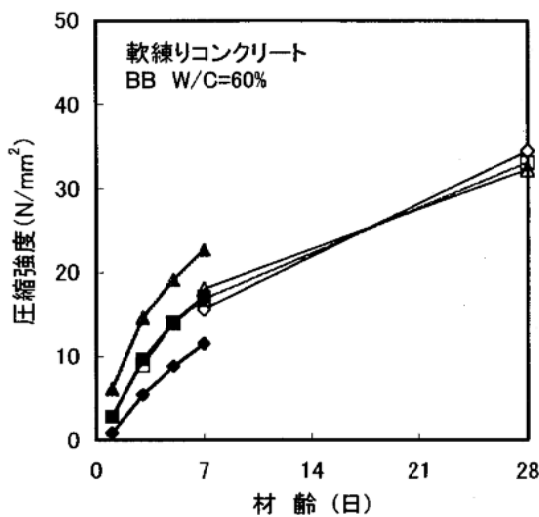
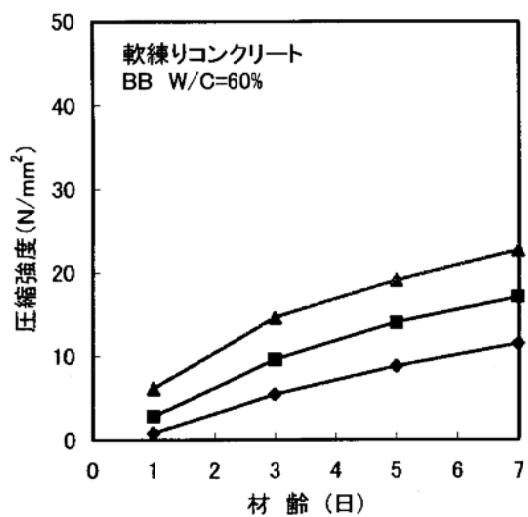
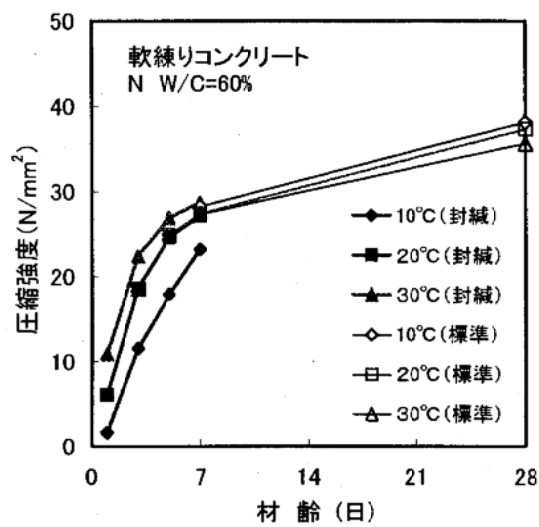
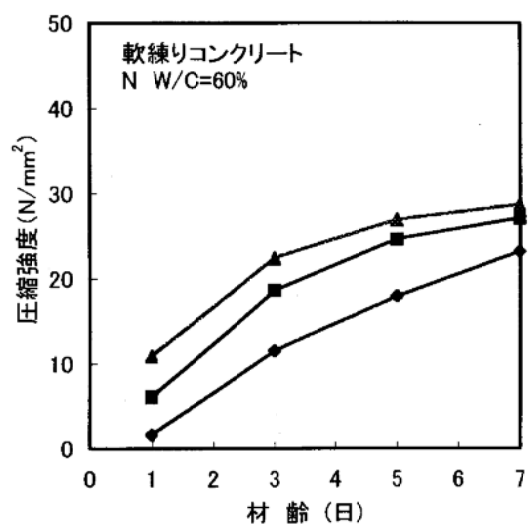


図-3.7 養生条件と圧縮強度の関係(軟練りコンクリート、W/C=60%)

3. 2. 2 標準養生材齢 28 日強度に対する初期材齢強度比

初期材齢（材齢 7 日まで）の圧縮強度について実用上の目安を得るため、各配合毎に、練混ぜ温度 20℃の標準養生 28 日強度を基準として、養生温度および養生方法を変化させた場合の初期材齢強度の比を算出し、強度比として表すこととした。データの取扱いは、まず、試験所毎、試験条件毎に強度比を算出し、同一条件の 4 試験所の強度比を平均した。このようにして求めた強度比を表-3.6 に、材齢と強度比の関係を図-3.8 と図-3.9 に示した。

これらの結果から、封緘養生供試体の強度比は、養生温度が高いほど大きくなる傾向が顕著に認められた。同じ条件で比較すれば、セメントの種類による違いについては、いずれの場合も普通セメントの強度比が最も大きく、次いで高炉セメント B 種、低熱セメントの順となった。水セメント比による違いについては、普通セメントおよび高炉セメント B 種は、水セメント比 50%の方が強度比は大きくなったが、低熱セメントでは水セメント比による差異は認められなかった。スランプの違いについては、低熱セメントを使用した水セメント比 60%の場合に軟練りの方が多少大きい傾向となったが、他の場合には硬練り・軟練りの差異は認められなかった。水セメント比やスランプの違いが強度比に及ぼす影響は、温度条件やセメントの種類が強度比に及ぼす影響に比べればあまり大きくない。

表 - 3.6 20℃標準養生の材齢 28 日強度を基準とした強度比

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	強度比(%)									
				封緘養生※1)					標準養生※2)				
				1 日	3 日	5 日	7 日		3 日	5 日	7 日	28 日	91 日
硬練りコンクリート	N	50	10	5.7	35.8	53.5	64.2				78.6	100.8	
			20	21.1	56.3	69.1	76.6	57.5	70.3	79.8	100.0		
			30	35.2	66.0	73.5	76.7			75.3	94.2		
		60	10	4.9	30.9	50.0	63.6			74.6	103.0		
			20	17.8	52.1	67.4	75.1	50.9	68.5	75.4	100.0		
			30	31.7	63.0	72.8	79.0			74.1	94.3		
	BB	50	10	3.1	19.2	30.3	40.7			55.5	105.3		
			20	10.5	34.8	46.1	54.6	31.2	46.2	57.0	100.0		
			30	21.7	46.9	59.7	67.5			61.2	99.0		
		60	10	2.3	15.6	26.0	34.9			49.7	100.7		
			20	8.5	28.7	42.7	51.2	28.3	42.1	50.7	100.0		
			30	18.3	43.4	54.9	66.5			53.6	97.7		
	L	50	10	2.0	15.5	21.1	25.6			29.4	98.8	158.5	
			20	7.6	22.2	28.3	33.4	20.2	25.1	28.6	100.0	154.8	
			30	14.1	26.3	36.7	50.4			30.8	94.2	147.4	
		60	10	1.9	13.3	20.0	23.2			24.9	101.9	187.3	
			20	7.7	20.9	26.2	31.2	19.3	24.4	27.2	100.0	188.4	
			30	14.3	26.2	36.0	51.7			30.4	106.4	191.5	
軟練りコンクリート	N	50	10	4.9	35.5	53.9	65.1			80.9	105.1		
			20	20.3	55.2	68.0	75.7	55.2	70.3	79.2	100.0		
			30	33.8	64.1	72.0	77.7			75.6	92.8		
		60	10	4.3	30.9	48.0	62.2			75.7	102.4		
			20	16.2	49.9	66.0	72.6	49.5	66.4	73.5	100.0		
			30	29.1	59.8	72.0	76.9			73.1	95.3		
	BB	50	10	2.9	19.2	29.3	39.6			52.4	106.1		
			20	10.3	32.5	47.4	55.9	32.0	46.1	51.6	100.0		
			30	21.4	47.2	60.5	69.6			58.9	97.5		
		60	10	2.3	16.4	26.7	34.8			47.3	104.2		
			20	8.6	29.1	42.4	51.7	27.1	42.1	50.6	100.0		
			30	18.4	44.2	57.7	68.6			54.5	97.5		
	L	50	10	1.9	16.0	21.3	25.6			29.5	114.5	192.9	
			20	7.8	21.4	27.7	32.4	20.8	25.8	29.3	100.0	181.4	
			30	16.3	26.0	38.0	53.4			35.4	112.3	182.4	
		60	10	2.3	16.8	22.3	25.6			29.0	119.0	228.4	
			20	8.6	21.8	28.4	33.5	20.4	28.1	30.3	100.0	217.1	
			30	16.5	27.6	37.8	52.8			33.8	117.6	222.0	

※1)封緘養生は型枠中で練混ぜ温度と同一温度で養生した。

※2)標準養生は 20℃の水中で養生した。

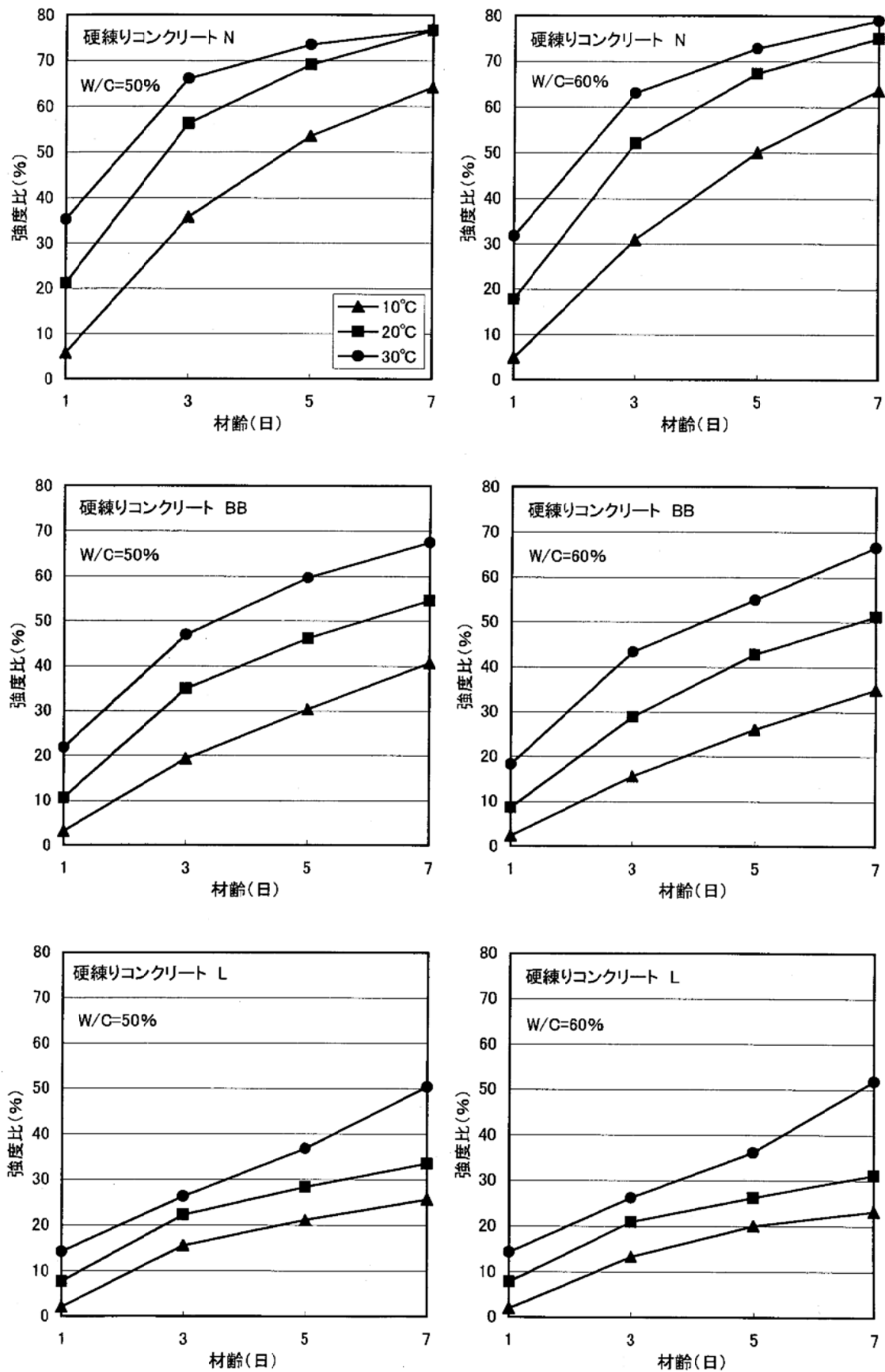


図-3.8 標準養生 28 日強度を基準とした初期材齢強度比(硬練りコンクリート,封緘養生の場合)

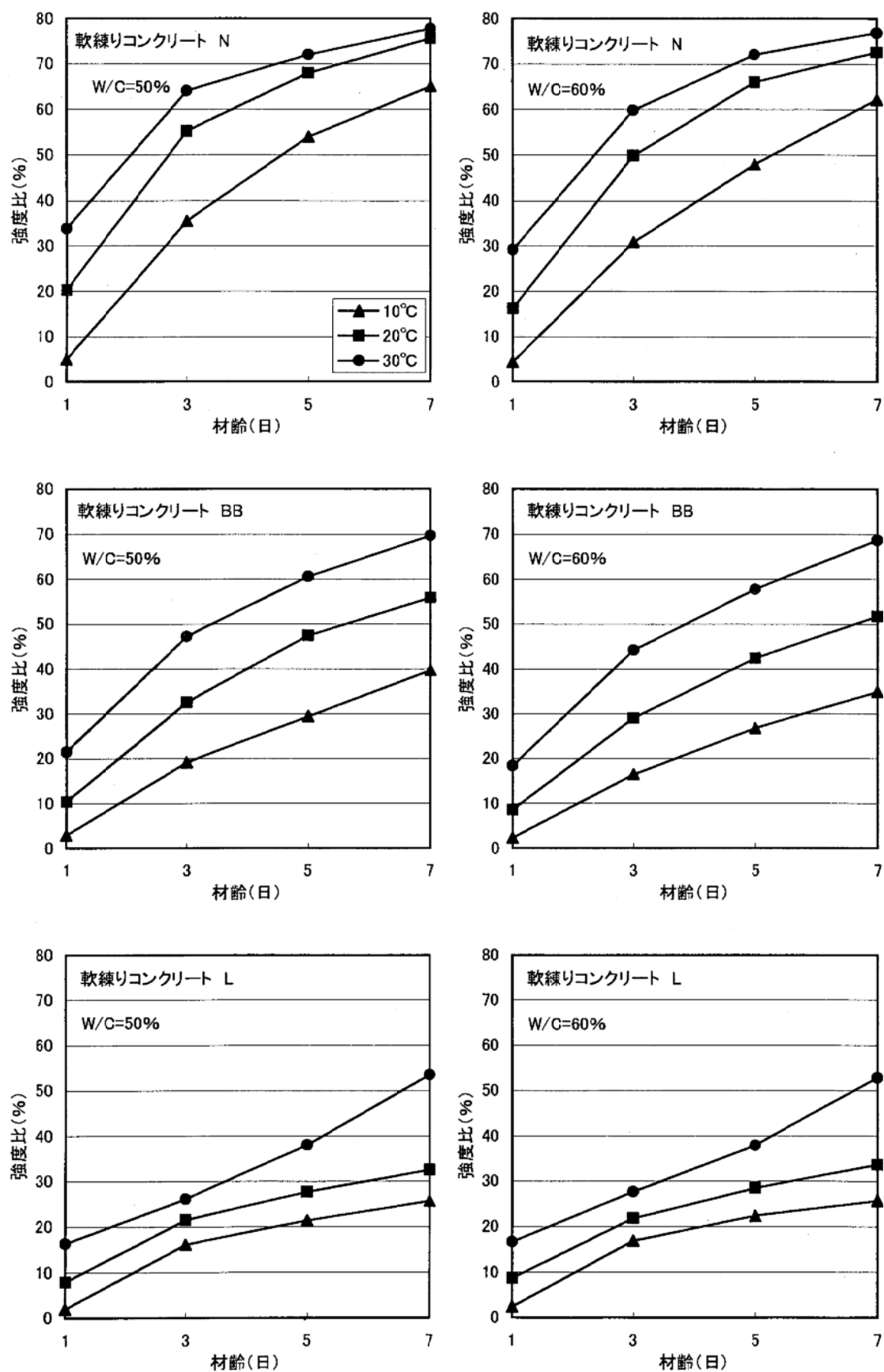


図-3.9 標準養生 28 日強度を基準とした初期材齢強度比(軟練りコンクリート, 封緘養生の場合)

3. 2. 3 練混ぜ温度および養生温度が初期材齢強度比に及ぼす影響

図-3.10 および図-3.11 に練混ぜ温度および養生温度と練混ぜ温度 20℃の標準養生 28 日強度（基準強度）に対する強度比の関係を示した。なお、図中に封緘と記したものは練混ぜ温度と同一温度で封緘養生したものを示し、標準と記したものは、練混ぜから脱型までの温度を 10℃、20℃および 30℃とし、脱型後はいずれも 20℃水中養生（標準養生）したものを示している。脱型後 20℃水中養生したものについては、材齢 7 日、28 日および 91 日の強度を基準強度に対する強度比として示した。

封緘養生した供試体により強度比に及ぼす練混ぜおよび養生温度の影響をみると、温度が高いほど初期材齢強度比は大きくなるが、強度比への影響が大きくなる温度と材齢は、セメントの種類によって異なった。

普通セメントでは、材齢 1 日や 3 日などの初期材齢ほど練混ぜおよび養生温度の違いによる強度比の差が大きく、その差は材齢の経過に伴って小さくなった。また、10℃と 20℃の差に比べて 20℃と 30℃の差の方が小さく、5 日程度の初期材齢で 20℃と 30℃の強度比に大きな差は見られなくなった。

高炉セメント B 種では、材齢 7 日に至っても温度が 10℃から 30℃まで強度比はほぼ直線的に増加した。

低熱セメントでは、材齢 5 日までは温度と強度比がほぼ直線関係となったが、材齢 7 日では、10℃と 20℃との差に比べて 20℃と 30℃との差の方が大きくなった。

総じて、初期強度の発現が相対的に早い普通セメントでは、若材齢ほど、また、練混ぜおよび養生温度が低いほど、強度比に及ぼす養生温度の影響が大きいものに対して、強度発現が遅いセメント、特に低熱セメントでは、材齢 7 日までの範囲では材齢の経過とともに養生温度の影響が大きくなる傾向となった。

脱型後から標準養生した供試体により練混ぜから脱型までの温度の影響をみると、材齢 7 日の強度比は、温度が高いほど、普通セメントではやや低下し、高炉セメント B 種と低熱セメントではやや増加した。ただし、20℃を基準とした強度比の変動は、いずれも±5%以内であった。材齢 28 日以降の強度比は、低熱セメントを用いた軟練りコンクリートの材齢 28 日の場合を除くと、温度によらずほぼ一定、もしくは温度の上昇に伴ってやや低下する傾向となった。20℃を基準とした強度比の変動は、大きいもので+5%（10℃）から-7%（30℃）であった。一方、低熱セメントを用いた軟練りコンクリートの材齢 28 日の強度比については、10℃と 30℃の場合の方が 20℃に対して 10~20%程度大きくなり、ばらつきが見られた。

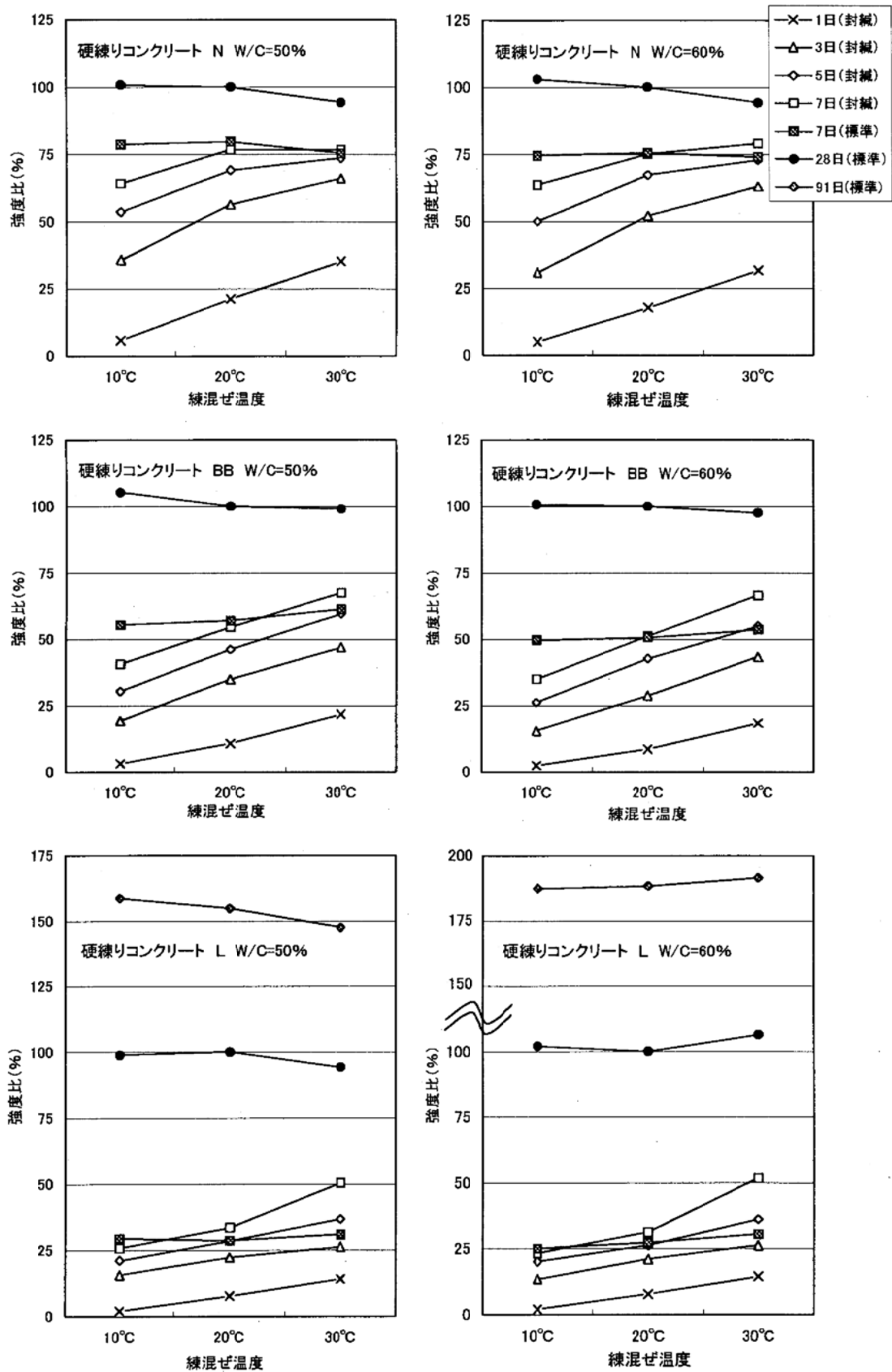


図-3.10 練混ぜ温度と標準養生 28 日強度を基準とした強度比の関係(硬練りコンクリート)

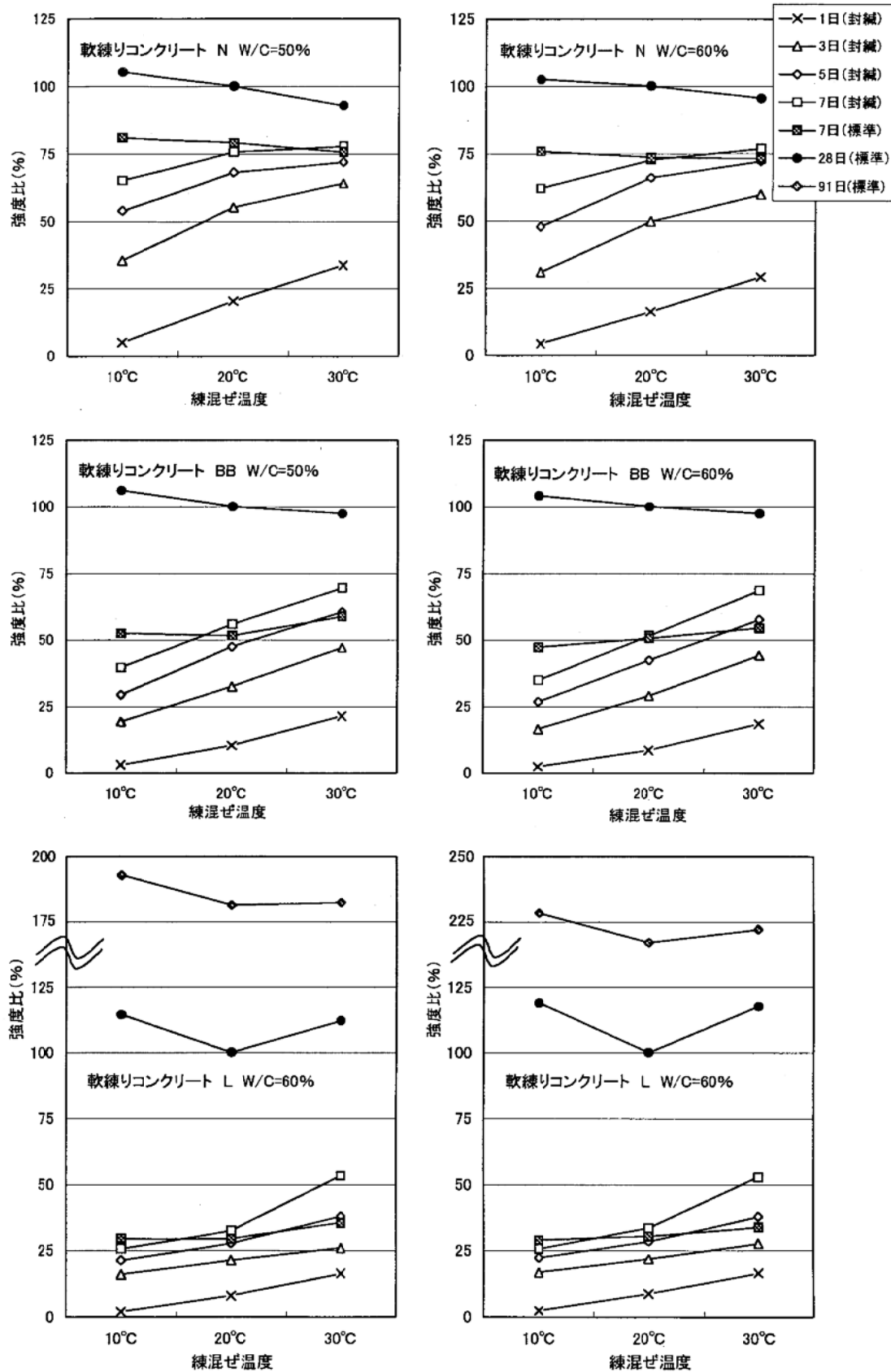


図-3.11 練混ぜ温度と標準養生 28 日強度を基準とした強度比の関係(軟練りコンクリート)

3. 2. 4 積算温度と初期材齢強度比の関係

図-3.12 および図-3.13 は、封緘養生供試体について積算温度を横軸として強度比との関係を示したものである。積算温度は次式により算出した。

$$\text{積算温度} = (\theta + 10) \times t \quad (^\circ\text{C} \cdot \text{日})$$

ここに、 θ : 練混ぜおよび養生温度 ($^\circ\text{C}$)

t : 材齢 (日)

これらより、積算温度が同一であっても、練混ぜおよび養生の温度が高いほど初期材齢強度比は大きくなる傾向が認められる。この傾向は、高炉セメントB種の場合に最も顕著となった。また、温度 30°C の場合には、積算温度が $100^\circ\text{C} \cdot \text{日}$ を超える範囲で、普通セメントでは強度比の増加割合がやや小さくなる傾向が認められるのに対して、低熱セメントでは強度比の増加割合が増大する傾向となった。

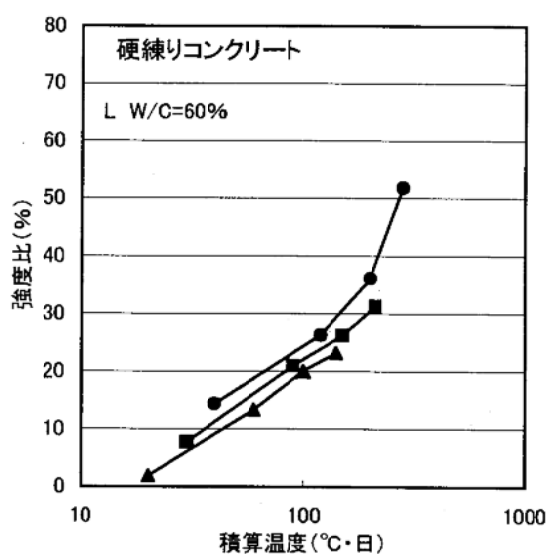
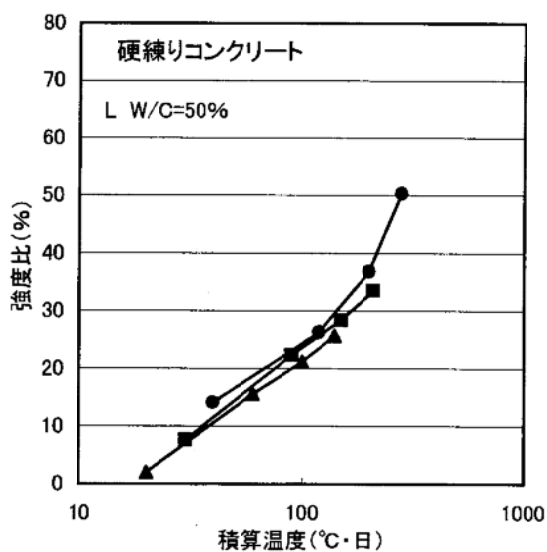
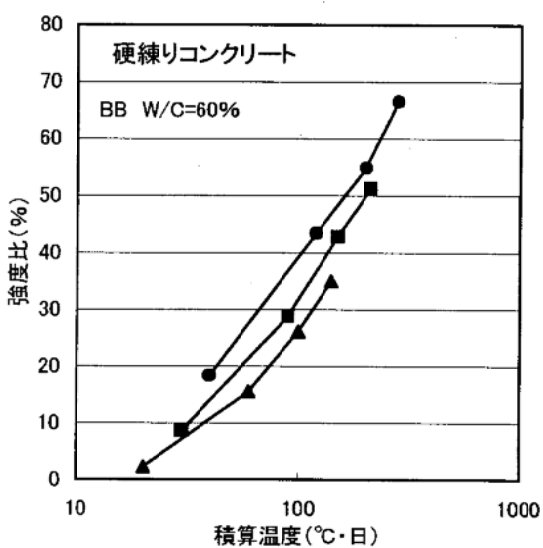
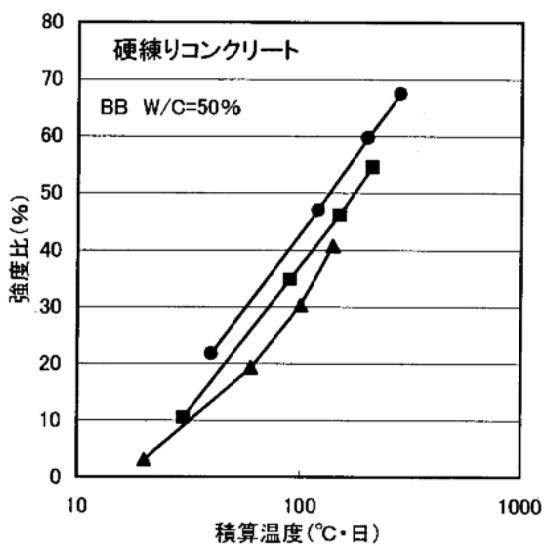
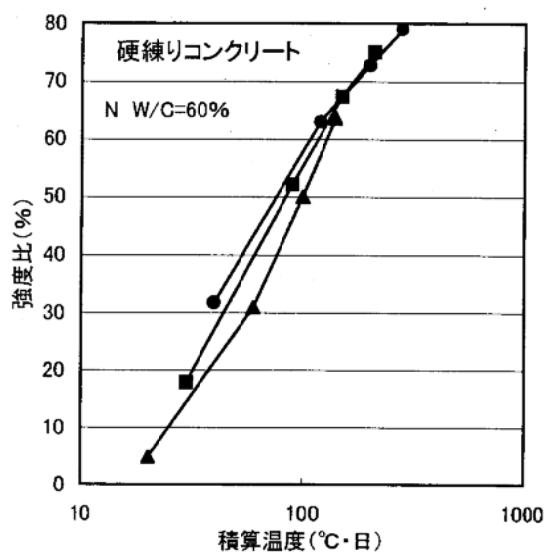
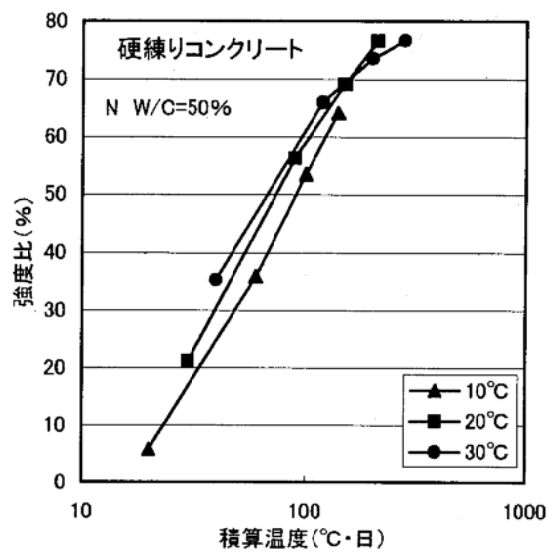


図-3.12 積算温度と標準養生 28 日強度を基準とした強度比の関係(硬練りコンクリート, 封緘養生)

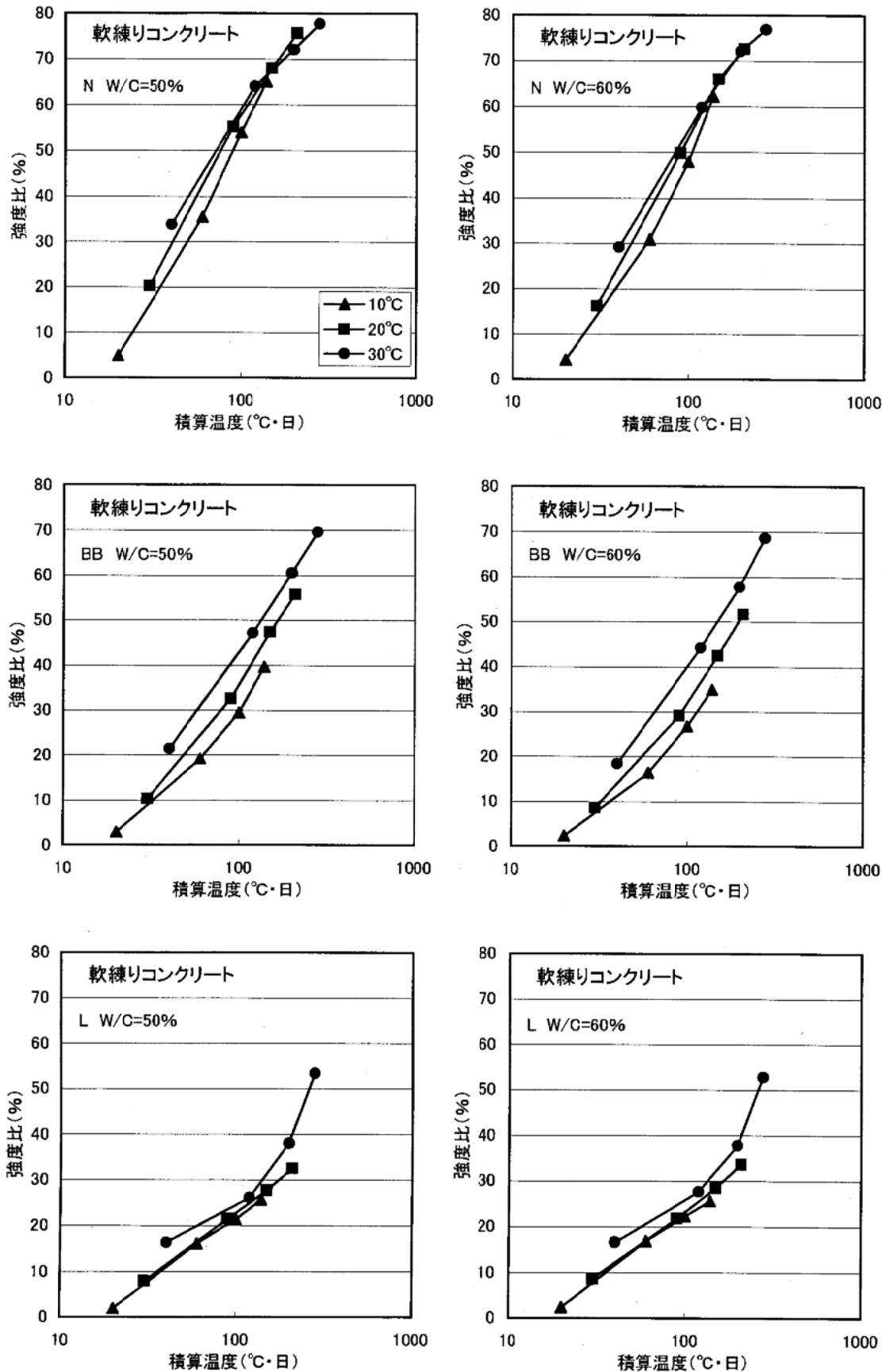


図-3.13 積算温度と標準養生 28 日強度を基準とした強度比の関係(軟練りコンクリート, 封緘養生)

3. 2. 5 セメントの種類の影響

封緘養生供試体について、セメントの種類毎に練混ぜ温度 20℃の標準養生 28 日強度に対する初期材齢強度比を図-3.14 および図-3.15 に示した。いずれの条件でも、普通セメントの強度比は、常に他の 2 つのセメントより大きくなった。高炉セメント B 種と低熱セメントを比較すると、養生温度 10℃の場合は材齢 3 日まで大差ないが、養生温度 20℃と 30℃の場合には、また 10℃の場合でも材齢 5 日以降では、高炉セメント B 種の方が大きくなった。

次にセメントの種類が強度に及ぼす影響を比較するために、高炉セメント B 種および低熱セメントを使用したコンクリートの強度を、同一条件、同一材齢の普通セメントの強度に対する強度比で表すこととした。このようにして求めた強度比を表-3.7 に示し、材齢と強度比の関係を図-3.16 に示した。

高炉セメント B 種の普通セメントに対する強度比は、材齢 3 日以降では、30℃の場合が最も高く、20℃の場合がそれに次ぎ、10℃の場合が最も小さかった。ただし、材齢 1 日では 10℃と 20℃の強度比が相互に交錯する結果となっており傾向は判然としなかった。材齢別に強度比の範囲を見ると、材齢 1 日では約 42%~56%であり、温度 20℃と 30℃の場合には材齢の経過に伴って増加し、温度 30℃では材齢 7 日で普通セメントの 75%以上に達した。ただし、養生温度 10℃では材齢の経過に伴う強度比の増加は認められず材齢 7 日に至っても普通セメントの約 50%~55%程度であり、材齢 7 日までの範囲では普通セメントに対する強度比の増加は大きくない。

低熱セメントの普通セメントに対する強度比は、高炉セメント B 種のそれよりも小さく、材齢 1 日で約 24%~33%の範囲であった。その後、材齢 7 日までに強度比の増加が認められたのは、温度 30℃の場合のみであり、材齢 7 日における強度比は約 35%~53%の範囲であった。10℃と 20℃の場合は、硬練りコンクリートでは横這い傾向、軟練りコンクリートでは横這いかやや低下する傾向も見受けられた。

以上の結果は、セメントの種類により、またその養生温度により、水和反応が活発化して普通セメントに対する強度比が増大する材齢が異なり、例えば低熱セメントの場合では、養生温度が 20℃やそれ以下では材齢 7 日までの強度発現は比較的緩慢であり、それ以降の強度発現が大きいことを示していると考えられる。

なお、練混ぜ温度 20℃の標準養生供試体については、練混ぜおよび養生温度が 20℃の封緘養生供試体の強度比と必ずしも一致していないが、材齢の経過に伴う強度比の変化は封緘養生供試体の場合と同様の傾向であった。

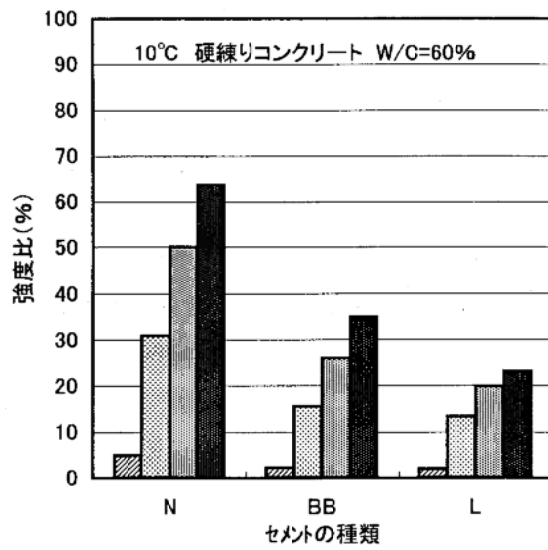
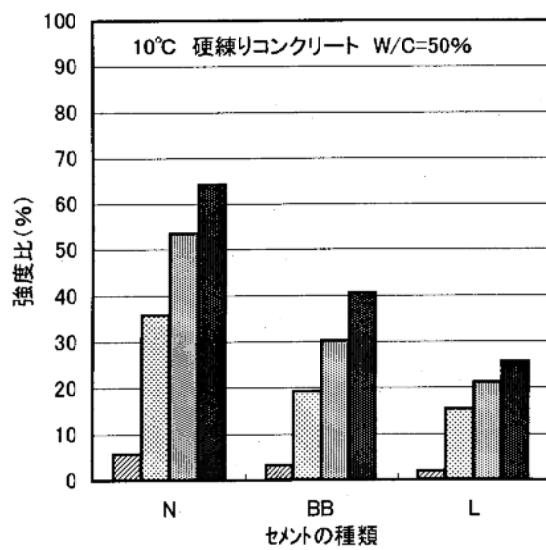
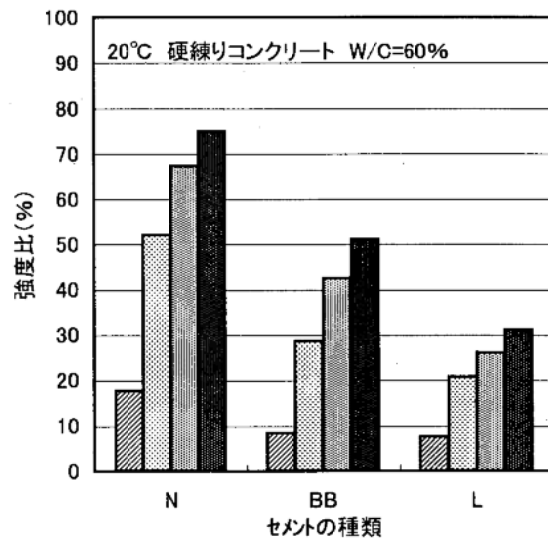
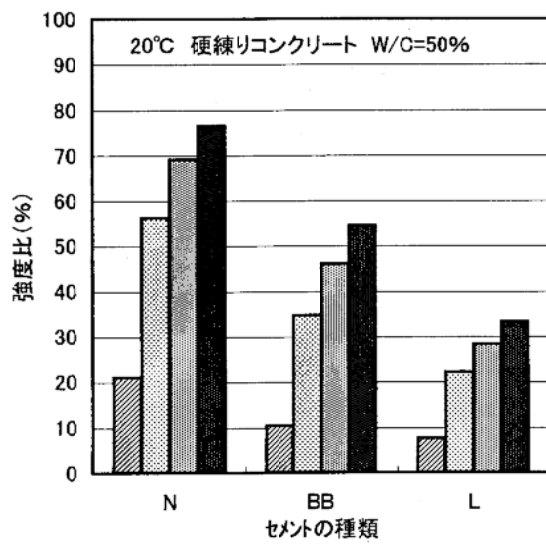
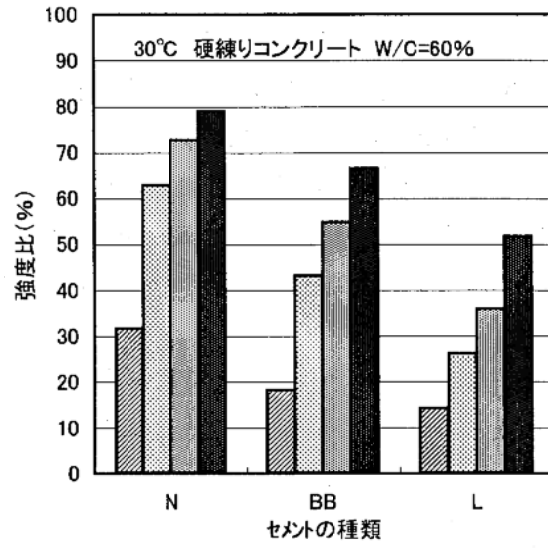
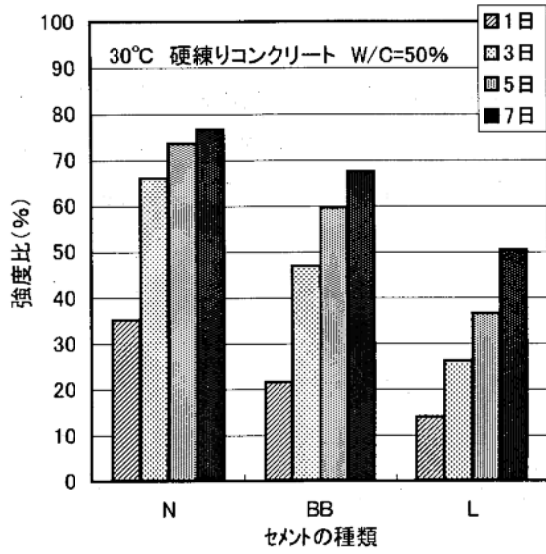


図-3.14 標準養生 28 日強度を基準とした強度比(硬練りコンクリート, 封緘養生)

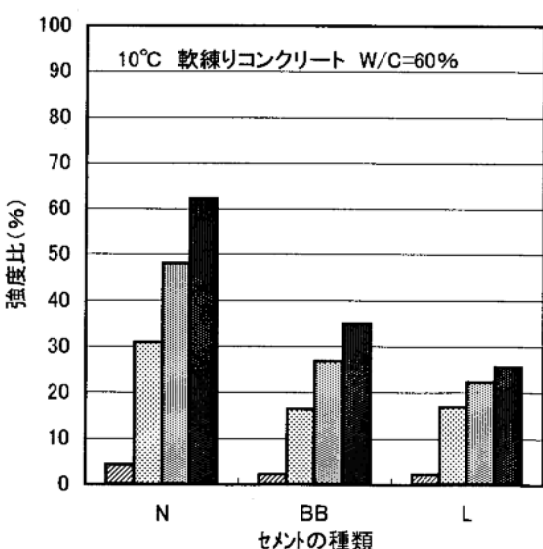
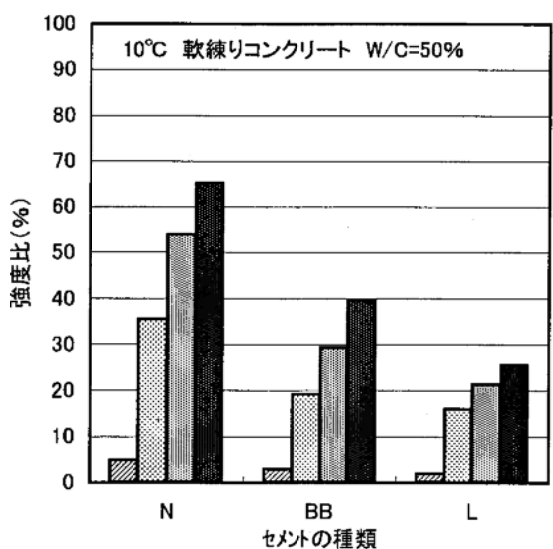
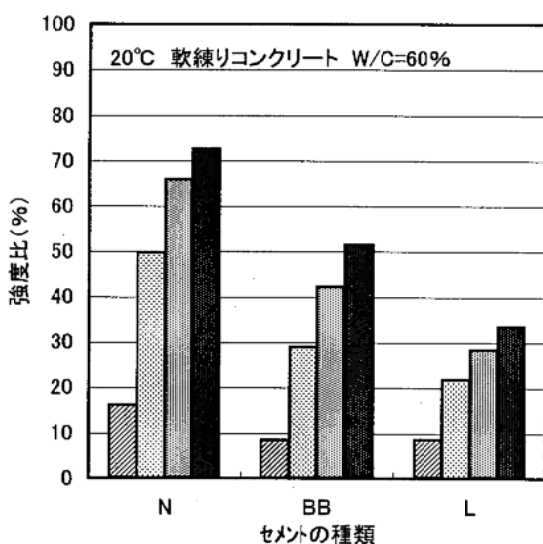
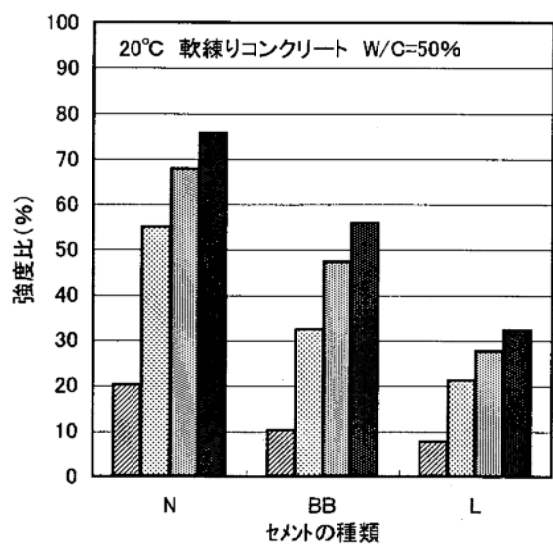
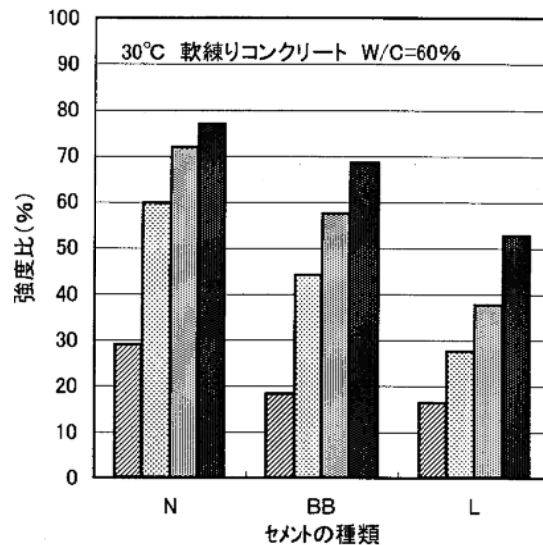
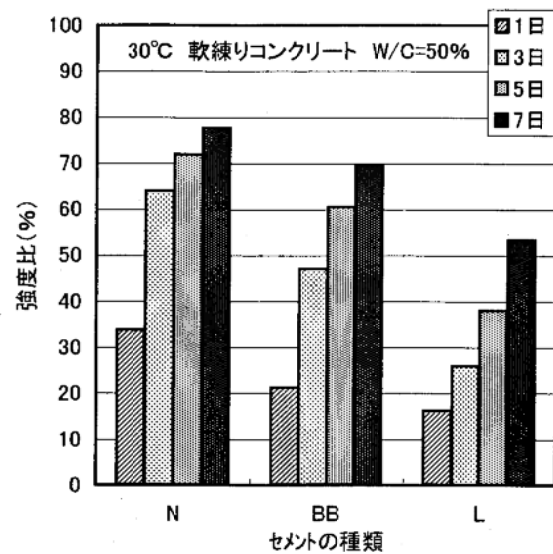


図-3.15 標準養生 28 日強度を基準とした強度比(軟練りコンクリート, 封緘養生)

表-3.7 普通セメントに対する高炉セメントB種と低熱セメント使用コンクリートの強度比

単位:%

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	(BB または L) / N							
				封緘養生※1)				標準養生※2)			
				1日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	28日
硬練りコンクリート	BB	50	10	45.9	45.9	48.3	54.1			60.1	89.2
			20	42.3	52.6	56.9	60.7	46.1	56.1	60.9	85.5
			30	52.8	60.7	69.6	75.4			69.4	90.0
		60	10	42.5	46.4	47.6	50.2			60.8	90.0
			20	43.8	50.5	58.1	62.6	51.0	56.5	61.8	92.3
			30	53.1	63.4	69.7	77.6			66.5	96.2
	L	50	10	27.9	35.2	32.0	32.4			30.2	79.5
			20	29.1	32.0	33.3	35.4	28.5	28.9	29.0	81.3
			30	32.5	32.2	40.5	53.3			33.2	81.2
		60	10	26.0	28.9	26.7	24.4			22.4	66.9
			20	29.1	26.9	26.0	27.7	25.4	23.8	24.1	67.1
			30	30.1	27.8	33.1	43.7			27.5	75.8
軟練りコンクリート	BB	50	10	49.5	45.5	45.9	51.2			54.4	85.0
			20	42.5	49.4	58.8	62.1	48.6	55.3	54.9	84.4
			30	53.4	62.1	71.0	75.7			65.7	88.7
		60	10	46.9	47.3	49.4	49.7			55.4	90.5
			20	46.7	51.5	56.8	63.0	48.4	56.2	61.1	88.7
			30	56.1	65.4	70.9	79.0			66.0	90.8
	L	50	10	23.7	28.5	24.9	24.7			22.7	69.4
			20	24.5	24.5	25.7	26.8	23.8	23.1	23.2	64.2
			30	30.1	25.3	33.2	43.2			29.0	76.4
		60	10	26.6	28.3	24.1	21.3			19.6	60.9
			20	27.7	22.7	22.3	23.7	21.4	22.2	21.2	52.8
			30	29.2	23.7	27.0	35.3			23.5	63.9

※1)封緘養生は型枠中で練混ぜ温度と同一温度で養生した。

※2)標準養生は 20℃の水中で養生した。

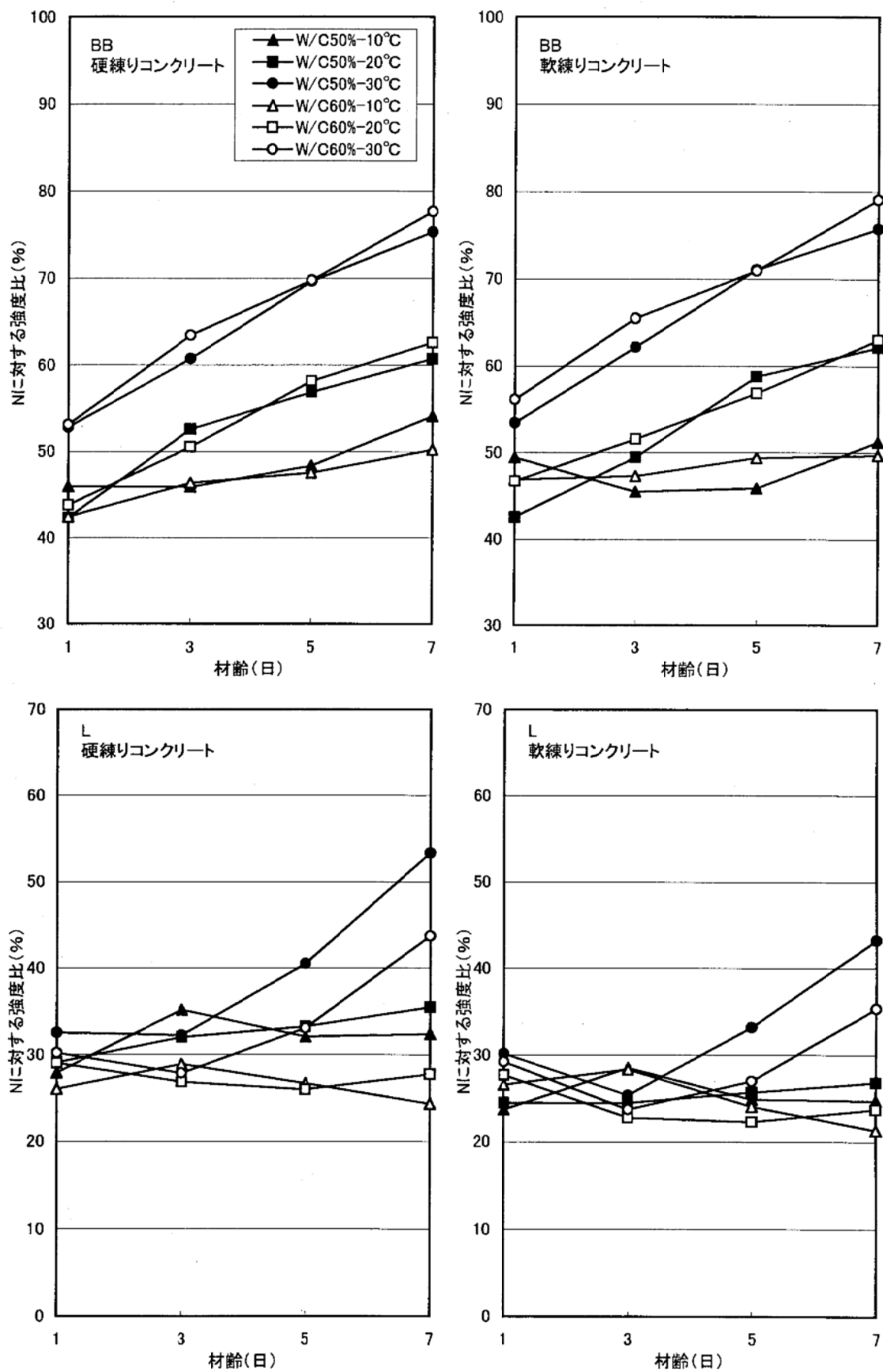


図-3.16 普通セメントに対する高炉セメントB種と低熱セメント使用コンクリートの強度比の変化

3. 2. 6 標準養生に対する封緘養生の強度比

練混ぜおよび養生温度 20℃において、標準養生に対する封緘養生の強度比を表-3.8 に示した。

封緘養生の強度は、標準養生の 95%以上となった。また、材齢 7 日までの範囲では、概して初期強度発現の小さいセメントほど、標準養生に対する封緘養生の強度比はやや大きくなる傾向を示している。

表-3.8 標準養生に対する封緘養生の強度比 (20℃の場合)

単位: %

セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	封緘養生※1) / 標準養生※2)					
			硬練りコンクリート			軟練りコンクリート		
			3 日	5 日	7 日	3 日	5 日	7 日
N	50	20	97.9	98.3	96.0	100.1	96.8	95.6
	60	20	102.4	98.3	99.5	100.8	99.3	98.8
BB	50	20	111.5	99.9	95.6	101.6	102.9	108.3
	60	20	101.6	101.5	101.2	107.4	100.8	102.1
L	50	20	109.7	113.0	116.8	102.6	107.3	110.8
	60	20	108.3	107.3	114.5	106.7	100.9	110.7

※1)封緘養生は型枠中で練混ぜ温度と同一温度で養生した。

※2)標準養生は 20℃の水中で養生した。

3. 2. 7 初期材齢強度比の推定式

ここでは、コンクリート専門委員会報告 F-34 および F-36 に示されている初期材齢強度比の推定方法と同様の手法を用いて、本試験の結果を関数式 $y=x/(a+b \cdot x)$ に当てはめ、練混ぜ温度 20℃の標準養生 28 日強度に対する初期材齢強度比の推定式を誘導した。

推定式の誘導は次の手順で行った。

まず個々のデータをセメントの種類毎、練混ぜおよび養生温度毎、硬練り、軟練り毎に、個別推定式 $F=(M-C_i)/(A_i+B_i \cdot (M-C_i))$ に当てはめ、個別推定式の実験定数 A_i 、 B_i 、 C_i を算出した。

次に個別推定式の実験定数は練混ぜおよび養生温度によって異なるため、 A_i 、 B_i 、 C_i をそれぞれ練混ぜおよび養生温度を独立変数とした 2 次式に当てはめ、温度による影響を一般化した定数 A 、 B 、 C を算出し、一般化した推定式 $F=(M-C)/(A+B \cdot (M-C))$ を定めた。各ケースにおける定数は、表-3.9 の通りである。

$$F = \frac{M-C}{A+B \cdot (M-C)} \quad \text{式-3.1}$$

F : 強度比 (%)

M : 積算温度 (℃・日)

$$M = (\theta + 10) \times t$$

θ : 練混ぜおよび養生温度 (℃)

t : 材齢 (日)

A 、 B 、 C : 実験定数の推定値

$$\left. \begin{aligned} A &= a_1 \theta^2 + b_1 \theta + c_1 \\ B &= a_2 \theta^2 + b_2 \theta + c_2 \\ C &= a_3 \theta^2 + b_3 \theta + c_3 \end{aligned} \right\} \quad \text{式-3.2}$$

a 、 b 、 c : 実験定数の推定値

θ : 練混ぜおよび養生温度 (℃)

$$\left. \begin{aligned} a_1, a_2, a_3 \\ b_1, b_2, b_3 \\ c_1, c_2, c_3 \end{aligned} \right\} : \text{定数}$$

表-3.9 強度比の推定式における定数の値

コンクリートの種類	セメントの種類	式 3.2 の記号	a	b	c
硬練りコンクリート	N	A	8.81×10^{-4}	-6.31×10^{-2}	1.56
		B	-5.35×10^{-6}	3.94×10^{-4}	4.13×10^{-3}
		C	6.01×10^{-3}	-1.86×10^{-1}	15.7
	BB	A	33.3×10^{-4}	-17.5×10^{-2}	3.77
		B	-20.2×10^{-6}	8.89×10^{-4}	1.16×10^{-3}
		C	-50.7×10^{-3}	14.9×10^{-1}	3.57
	L	A	353×10^{-4}	-105×10^{-2}	8.87
		B	-111×10^{-6}	28.6×10^{-4}	7.75×10^{-3}
		C	-451×10^{-3}	130×10^{-1}	-68.9
軟練りコンクリート	N	A	12.1×10^{-4}	-7.03×10^{-2}	1.60
		B	-7.97×10^{-6}	4.78×10^{-4}	3.61×10^{-3}
		C	-10.9×10^{-3}	3.07×10^{-1}	13.2
	BB	A	-0.45×10^{-4}	-2.26×10^{-2}	2.24
		B	9.10×10^{-6}	-5.13×10^{-4}	16.2×10^{-3}
		C	-29.3×10^{-3}	5.86×10^{-1}	11.7
	L	A	488×10^{-4}	-139×10^{-2}	10.5
		B	-115×10^{-6}	26.5×10^{-4}	12.4×10^{-3}
		C	-683×10^{-3}	196×10^{-1}	-111

次に、強度比は水セメント比によって若干異なった値を示すため、水セメント比による補正を試みた。水セメント比の変化に対する強度比の増減は実験範囲では1次式で近似できるようなのであるが、水セメント比だけでなく材齢および温度の影響を含めた方が推定精度は向上するため、水セメント比による補正係数Kの算出式は次の式を採用した。各定数の値は表-3.10の通りである。

$$K = \left\{ a \left(\frac{1}{\theta} \right) + b \cdot \ln \left(\frac{10}{t} \right) + c \right\} \cdot W/C + d \left(\frac{1}{\theta} \right) + e \cdot \ln \left(\frac{10}{t} \right) + f \quad \text{式-3.3}$$

このように、各種コンクリートの強度比は3.1式で得られる値に3.3式で求めた補正係数を乗ずることによって推定ができる。これらの推定式から求めた強度比の推定結果を表-3.11および表-3.12、図-3.17および図-3.18に示した。

表-3.10 水セメント比による補正係数算出式の定数の値

コンクリートの種類	セメントの種類	a ($\times 10^{-2}$)	b ($\times 10^{-3}$)	c ($\times 10^{-3}$)	d	e ($\times 10^{-1}$)	f ($\times 10^{-1}$)
硬練りコンクリート	N	-9.88	-7.66	7.77	5.46	4.22	5.71
	BB	-16.9	-7.72	4.93	9.23	4.20	7.36
	L	-12.5	2.34	0.62	6.91	-1.33	9.69
軟練りコンクリート	N	-6.04	-6.95	2.87	3.31	3.82	8.43
	BB	-11.6	-6.20	2.55	6.53	3.36	8.60
	L	7.83	4.81	-5.98	-4.32	-2.68	13.3

表-3.11 各種コンクリートの強度比推定結果

コンクリートの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	材齢(日)	強度比(%)								
				N			BB			L		
				実測値	計算値	差	実測値	計算値	差	実測値	計算値	差
硬練りコンクリート	50	10	1	5.7	5.8	-0.1	3.1	3.1	0.0	2.0	2.1	-0.1
			3	35.8	35.5	0.4	19.2	18.8	0.4	15.5	15.3	0.2
			5	53.5	53.5	0.1	30.3	30.8	-0.5	21.1	22.0	-0.9
			7	64.2	65.6	-1.4	40.7	40.3	0.4	25.6	26.1	-0.5
		20	1	21.1	20.9	0.2	10.5	10.4	0.1	7.6	8.1	-0.4
			3	56.3	55.9	0.4	34.8	33.5	1.3	22.2	22.2	0.0
			5	69.1	69.0	0.0	46.2	46.3	-0.2	28.3	29.3	-1.0
			7	76.6	75.7	0.9	54.6	54.4	0.2	33.4	33.6	-0.2
		30	1	35.2	35.7	-0.5	21.7	21.6	0.1	14.1	14.7	-0.6
			3	66.0	65.9	0.2	46.9	46.5	0.4	26.3	26.2	0.1
			5	73.5	73.7	-0.1	59.7	59.5	0.1	36.7	39.3	-2.5
			7	76.7	77.0	-0.3	67.5	67.5	0.0	50.4	54.3	-4.0
	60	10	1	4.9	4.8	0.1	2.3	2.3	0.0	1.9	1.9	0.0
			3	30.9	31.7	-0.8	15.6	15.2	0.4	13.3	14.0	-0.7
			5	50.0	49.7	0.4	26.0	25.9	0.1	20.0	19.9	0.1
			7	63.6	62.5	1.1	34.9	34.8	0.1	23.2	23.4	-0.2
		20	1	17.8	18.0	-0.2	8.5	8.4	0.1	7.7	8.0	-0.3
			3	52.1	52.4	-0.3	28.7	29.5	-0.7	20.9	21.6	-0.7
			5	67.4	67.4	0.0	42.7	42.4	0.3	26.2	28.2	-2.0
			7	75.1	75.8	-0.7	51.2	51.1	0.1	31.2	32.1	-0.9
		30	1	31.8	31.3	0.5	18.3	18.0	0.4	14.3	15.0	-0.7
			3	63.0	62.8	0.1	43.4	42.1	1.3	26.2	26.0	0.2
			5	72.8	73.1	-0.2	54.9	56.0	-1.1	36.0	38.5	-2.5
			7	79.0	78.3	0.7	66.5	65.2	1.3	51.7	52.9	-1.1
相関係数				0.9997			0.9996			0.9983		
標準偏差				0.553			0.566			1.020		

表-3.12 各種コンクリートの強度比推定結果

コンクリートの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	材齢(日)	強度比(%)								
				N			BB			L		
				実測値	計算値	差	実測値	計算値	差	実測値	計算値	差
軟硬リコンクリート	50	10	1	4.9	5.0	-0.1	2.9	2.9	0.0	1.9	2.0	-0.1
			3	35.5	34.9	0.6	19.2	19.4	-0.2	16.0	15.6	0.4
			5	53.9	53.1	0.9	29.3	30.4	-1.1	21.3	21.5	-0.2
			7	65.1	65.3	-0.2	39.6	38.2	1.4	25.6	24.9	0.7
		20	1	20.3	19.6	0.7	10.3	10.2	0.1	7.8	7.9	-0.1
			3	55.2	54.8	0.4	32.5	32.8	-0.3	21.4	21.1	0.3
			5	68.0	68.3	-0.3	47.4	46.6	0.8	27.7	28.3	-0.6
			7	75.7	75.3	0.4	55.9	55.8	0.1	32.4	33.0	-0.6
		30	1	33.8	33.7	0.1	21.4	21.4	0.0	16.3	15.9	0.4
			3	64.1	64.2	-0.1	47.2	47.4	-0.2	26.0	26.1	-0.1
			5	72.0	73.5	-1.5	60.5	61.6	-1.1	38.0	38.3	-0.3
			7	77.7	77.9	-0.2	69.6	70.5	-0.9	53.4	53.5	-0.1
	60	10	1	4.3	4.1	0.2	2.3	2.3	0.0	2.3	2.2	0.1
			3	30.9	31.1	-0.2	16.4	16.5	-0.1	16.8	16.8	0.0
			5	48.0	49.0	-1.0	26.7	26.6	0.1	22.3	22.7	-0.4
			7	62.2	61.7	0.5	34.8	34.2	0.6	25.6	25.8	-0.2
		20	1	16.2	16.7	-0.5	8.6	8.6	0.0	8.6	8.7	-0.1
			3	49.9	50.3	-0.4	29.1	29.5	-0.4	21.8	21.9	-0.1
			5	66.0	65.0	1.0	42.4	43.2	-0.8	28.4	28.7	-0.3
			7	72.6	73.3	-0.7	51.7	52.9	-1.2	33.5	32.8	0.7
		30	1	29.1	28.9	0.2	18.4	18.3	0.1	16.5	17.2	-0.7
			3	59.8	59.5	0.3	44.2	43.4	0.8	27.6	26.7	0.9
			5	72.0	70.7	1.3	57.7	58.2	-0.5	37.8	38.3	-0.5
			7	76.9	76.7	0.3	68.6	68.0	0.6	52.8	52.6	0.2
相関係数				0.9996			0.9995			0.9995		
標準偏差				0.644			0.643			0.422		

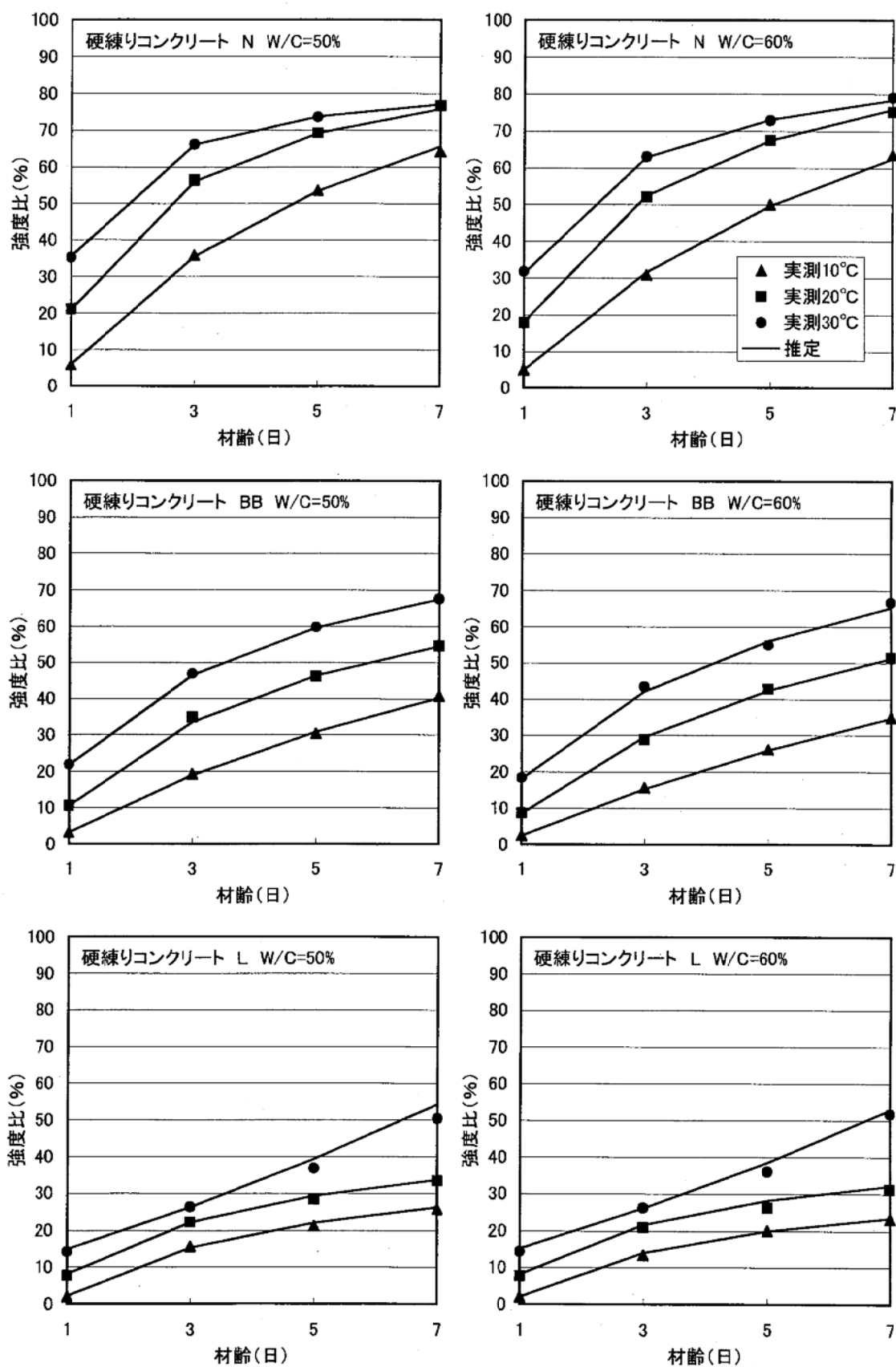


図-3.17 強度比の推定結果(硬練りコンクリート)

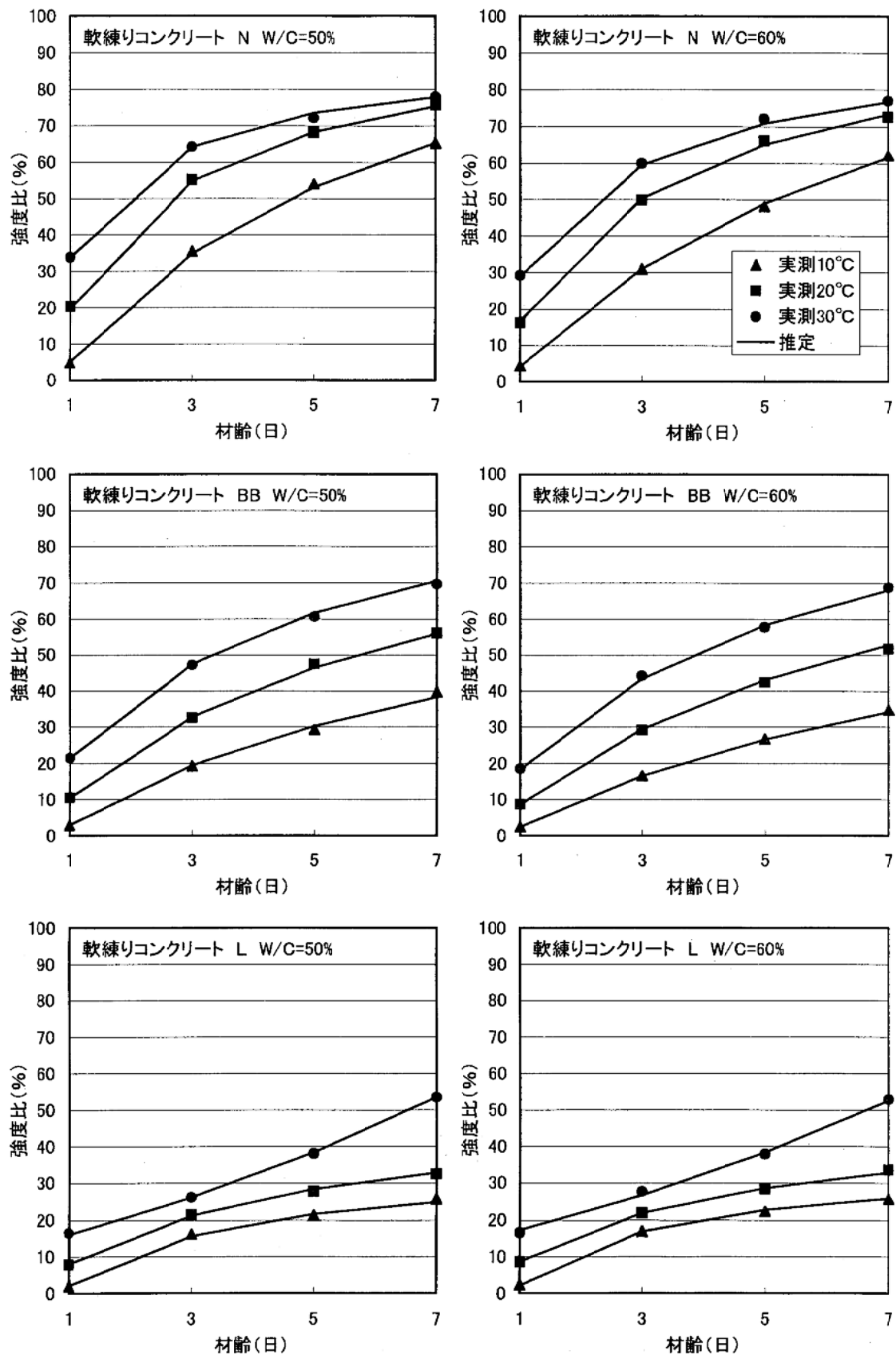


図-3.18 強度比の推定結果(軟練りコンクリート)

[強度比推定の計算例]

(1) 強度比推定の条件

- ・セメントの種類 : 高炉セメントB種
- ・コンクリートの種類 : 硬練りコンクリート
- ・水セメント比 : 52%
- ・練混ぜおよび養生温度 : 10℃
- ・材齢 : 5日

(2) 強度比の推定

i) 積算温度の計算

材齢5日、練混ぜおよび養生温度10℃の条件より、

$$M = 5 \times (10 + 10) = 100 \quad (^\circ\text{C} \cdot \text{日})$$

ii) 強度比推定式の定数の計算

高炉セメントB種、硬練りコンクリート、練混ぜおよび養生温度10℃の条件より、

$$A = (33.3 \times 10^{-4}) \times 10^2 + (-17.5 \times 10^{-2}) \times 10 + 3.77 = 2.35$$

$$B = (-20.2 \times 10^{-6}) \times 10^2 + (8.89 \times 10^{-4}) \times 10 + (1.16 \times 10^{-3}) = 8.02 \times 10^{-3}$$

$$C = (-50.7 \times 10^{-3}) \times 10^2 + (14.9 \times 10^{-1}) \times 10 + 3.57 = 13.4$$

iii) 強度比の推定

i)、ii) より、

$$F' = \frac{M - C}{A + B \cdot (M - C)}$$

$$F' = \frac{100 - 13.4}{2.35 + (8.02 \times 10^{-3}) \times (100 - 13.4)} = 28.4$$

iv) 補正係数の計算

高炉セメントB種、硬練りコンクリート、水セメント比52%の条件より、

$$K = \left\{ a \left(\frac{1}{\theta} \right) + b \cdot \ln \left(\frac{10}{t} \right) + c \right\} \cdot W/C + d \left(\frac{1}{\theta} \right) + e \cdot \ln \left(\frac{10}{t} \right) + f$$

$$\begin{aligned} K &= \{ (-16.9 \times 10^{-3}) (1/10) + (-7.72 \times 10^{-3}) \times \ln(10/5) + (4.93 \times 10^{-3}) \} \times 52 \\ &\quad + 9.23 (1/10) + (4.20 \times 10^{-1}) \times \ln(10/5) + 7.36 \times 10^{-1} \\ &= 1.05 \end{aligned}$$

v) 推定した強度比の補正

iii)、iv) より、

$$F = F' \times K = 29.8$$

vi) 推定結果

以上の計算より、高炉セメントB種を使用し、硬練りコンクリート、W/C=52%のコンクリートを練混ぜおよび養生温度を 10℃として封緘養生した場合の材齢 5 日の強度は、標準養生 28 日強度の 29.8%と推定される。

3.3 断熱温度上昇試験結果

3.3.1 試験結果

断熱温度上昇試験の実測値を図-3.19 に示す。実測データをもとに文献 2) より終局断熱温度上昇量 K を求め、(1)式、(2)式により近似し求めた温度上昇速度の定数 α と実験定数 β を表-3.13 に示す。また、実測値を最小自乗法により(1)式、(2)式に近似させ求めた K 値と α 、 β を表-3.14 に示す。

$$T = K(1 - e^{-\alpha t}) \quad \dots\dots (1) \text{ (以下 } \alpha \text{ 式と呼ぶ)}$$

$$T = K(1 - e^{-\alpha t - \beta}) \quad \dots\dots (2) \text{ (以下 } \alpha \beta \text{ 式と呼ぶ)}$$

ここに T : 断熱温度上昇量(°C)

K : 終局断熱温度上昇量(°C)

t : 材齢(日)

α : 温度上昇速度の定数(日⁻¹)

β : 実験定数

表-3.13 断熱温度上昇試験結果(その1)

種類	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)	*) 推定値 K (°C)	α (α 式)	α ($\alpha \beta$ 式)	β ($\alpha \beta$ 式)
硬練りコンクリート	N	50	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	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
				G	260	42.5	42.5	1.115	0.901	1.539
	BB	50	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	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	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	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

*) 終局断熱温度上昇量 K の推定値は、文献 2) を参照し算出した。

表-3.14 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)	^{*)} 推定値 K (α 式) (°C)	α (α 式)	^{*)} 推定値 K ($\alpha\beta$ 式) (°C)	α ($\alpha\beta$ 式)	β ($\alpha\beta$ 式)
硬練りコンクリート	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
			G	260	42.5	43.2	1.071	42.3	1.119	1.530
	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。

終局断熱温度上昇量 K の推定値は、文献 3) を参照し算出した。

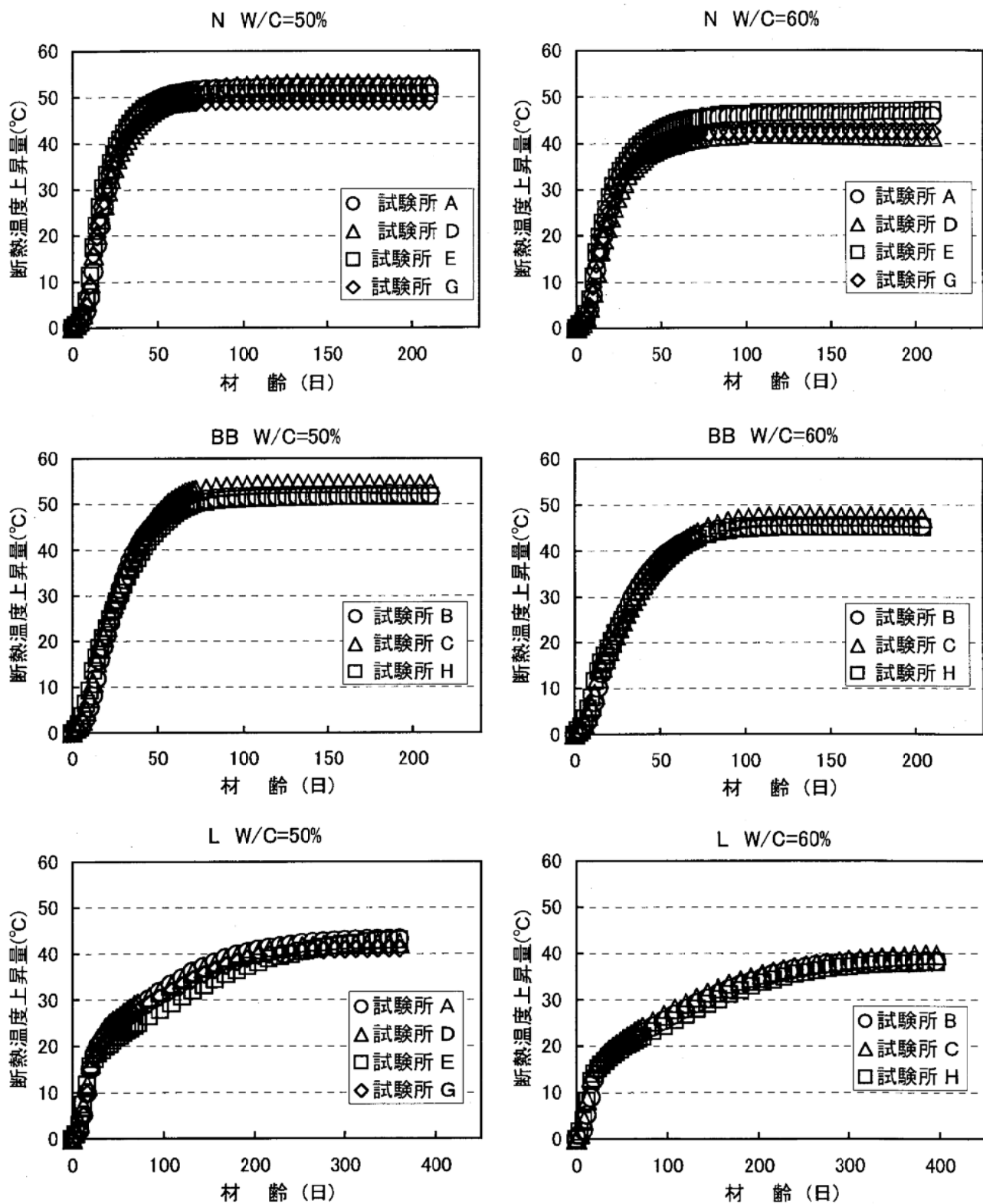


図-3.19 断熱温度上昇曲線(実測値)

3. 3. 2 断熱温度上昇推定式の定数に関する検討

断熱温度上昇特性の考察は、本委員会の既報告書に準じ、文献1) による方法により推定した終局断熱温度上昇量 K 、および「 T (断熱温度上昇量) $=K(1 - e^{-\alpha t})$ 、 t : 材齢(日)」の式に近似させた場合の温度上昇速度の定数 α について行った。

図-3.20 は、セメント種類ごとに断熱温度上昇試験に用いた配合の単位セメント量と終局断熱温度上昇量 K の個々の実測値を図示するとともに、セメント量と K 値との関係を直線近似した式および土木学会コンクリート標準示方書〔施工編 平成8年度版〕に記載の標準値を併せて記載した。また、同様に図-3.22 には、単位セメント量と温度上昇速度の定数 α の実測値、直線近似式および土木学会標準示方書の値を記載した。

図-3.21、図-3.22 より明らかなように、単位セメント量と終局断熱温度上昇量 K との間には、各セメントとも高い相関が認められたが、温度上昇速度の定数 α に関しては相関性が低かった。終局断熱温度上昇量 K については、発熱量と直接に影響するため、試験機および制御方法を統一したことにより、各試験機の断熱状態が一定に保たれたためと思われる。

一方、温度上昇速度の定数 α については、終局断熱温度上昇量 K ほど発熱量と直接に関係していないこと、近似式より求められた実験定数であることのため、相関性の低い結果となったものと推察される。

表-3.17 は、本試験の近似式と単位セメント量より推定した断熱温度上昇量 K および温度上昇速度の定数 α と実測値を比較したものである。終局断熱温度上昇量 K について、推定値と実測値を比較すれば、普通セメントの場合、単位セメント量 $260 \sim 320 \text{ kg/m}^3$ の範囲で、温度差が $0.5 \sim 2.3^\circ\text{C}$ 、実測値に対する温度差の比率が $1 \sim 5\%$ 程度である。高炉セメント B 種については、単位セメント量 $260 \sim 352 \text{ kg/m}^3$ の範囲で、温度差で $0.0 \sim 1.5^\circ\text{C}$ 、比率で $0 \sim 3\%$ 程度の差である。低熱セメントについては、単位セメント量 $258 \sim 310 \text{ kg/m}^3$ の範囲で、温度差で $0.1 \sim 1.7^\circ\text{C}$ 、比率で $0 \sim 4\%$ 程度の差である。温度上昇速度の定数 α に関しては、実測値との間に最大で 19% 程度の差が認められた。

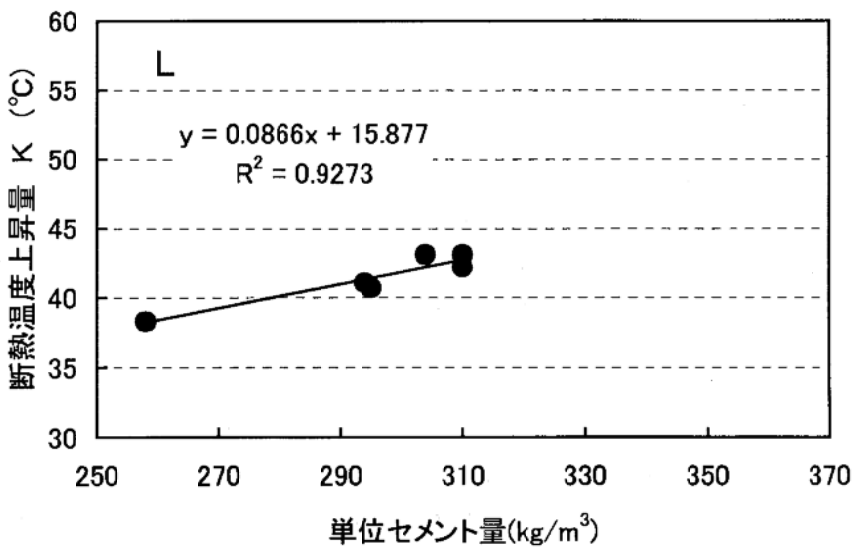
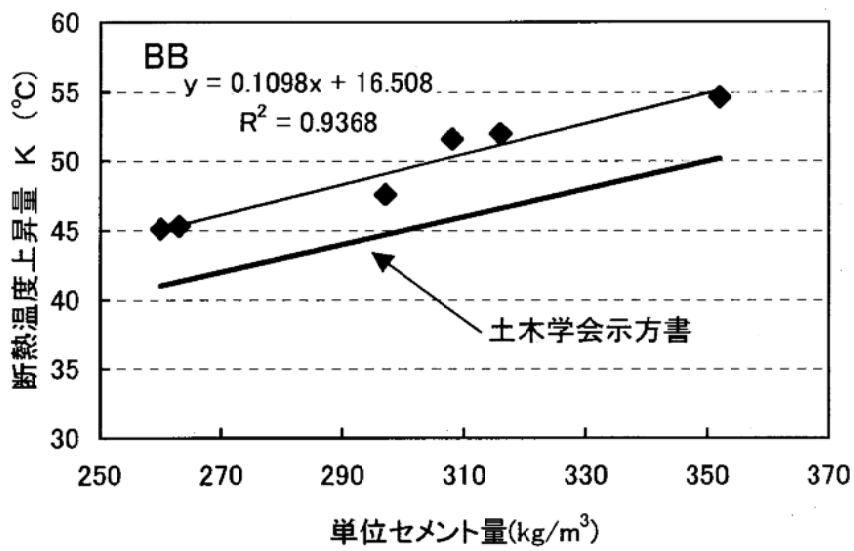
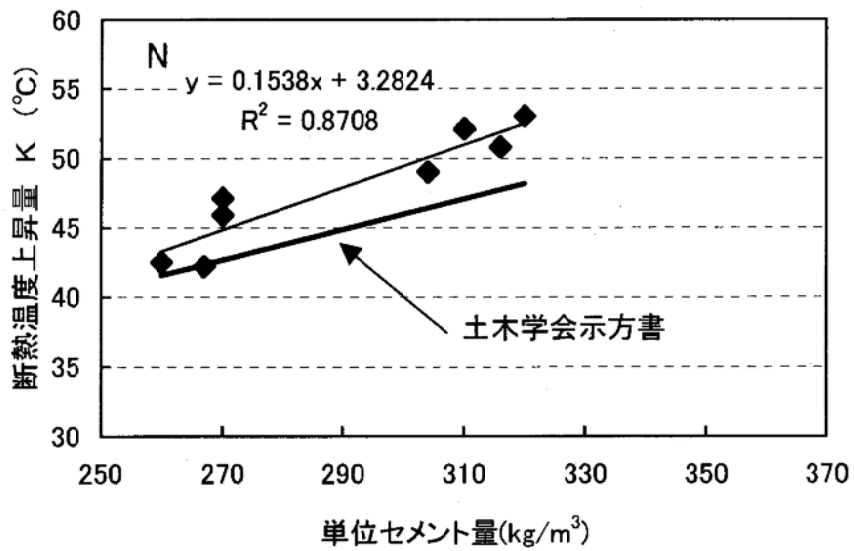


図-3.20 単位セメント量と断熱温度上昇量Kの関係

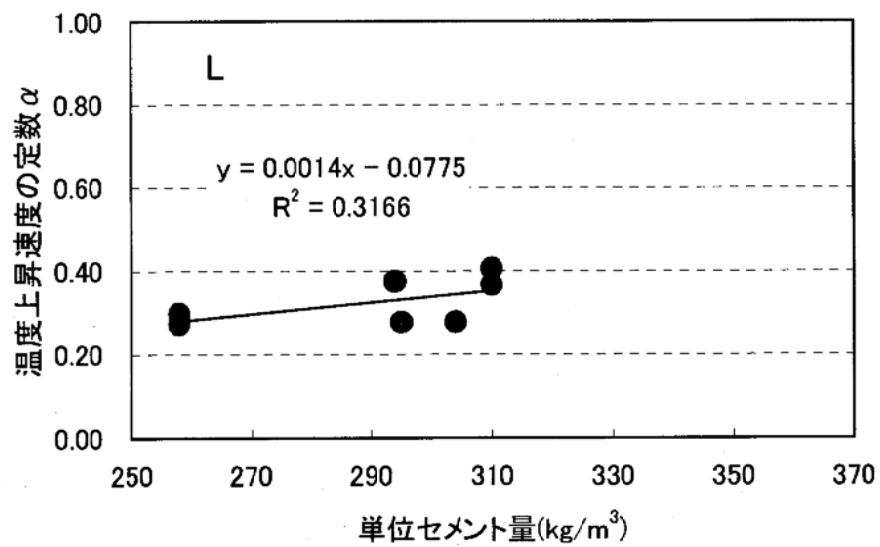
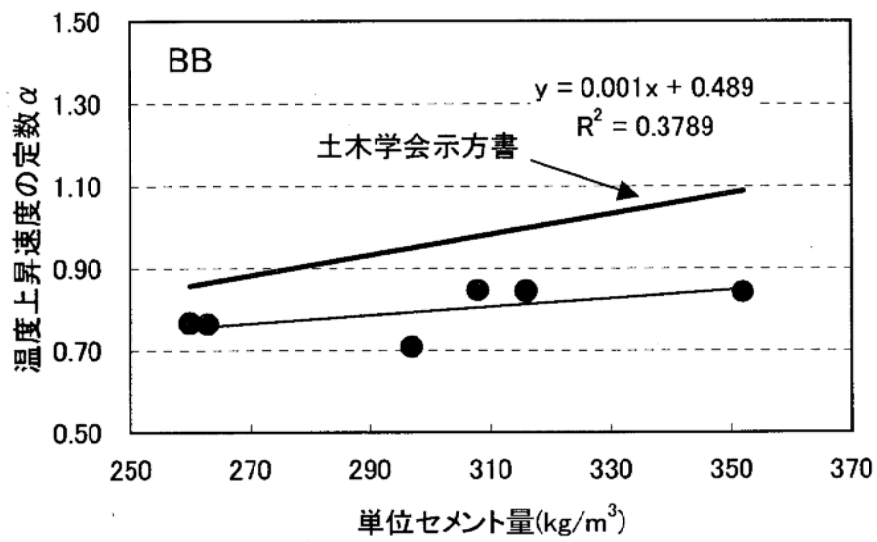
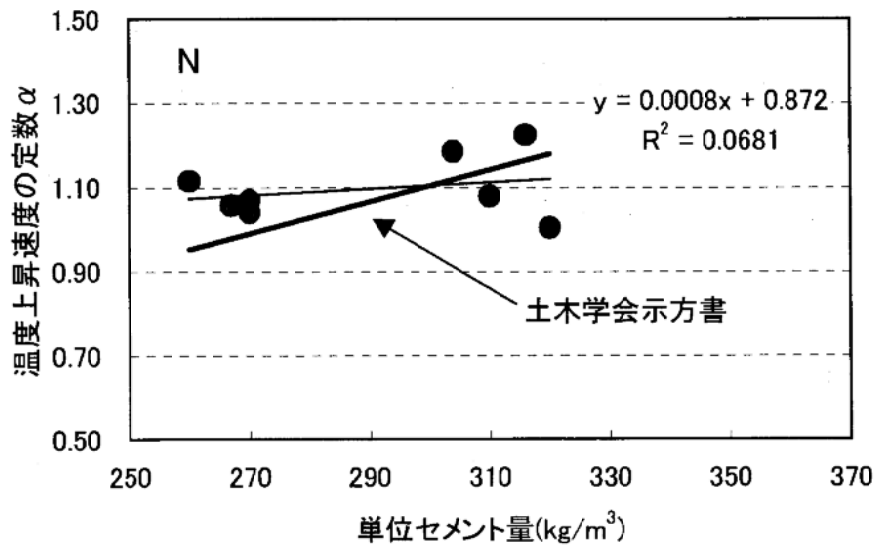


図-3.21 単位セメント量と温度上昇量の定数 α の関係

表-3.15 断熱温度上昇試験結果の実測値と推定値の比較

種類 セメントの	水セメント比 (%)	試験所	単位セメント量 (kg/m ³)	実測値		推定値		実測値と推定値の差			
				K (°C)	α	K _s (°C)	α_s	K-K _s (°C)	$\frac{K-K_s}{K}$ (%)	$\alpha-\alpha_s$	$\frac{\alpha-\alpha_s}{\alpha}$ (%)
N	50	A	310	52.0	1.079	51.0	1.120	1.0	1.9	-0.041	-4
		D	320	53.0	1.003	52.5	1.128	0.5	0.9	-0.125	-13
		E	316	50.8	1.224	51.9	1.125	-1.1	-2.2	0.099	8
		G	304	49.0	1.185	50.0	1.115	-1.0	-2.0	0.070	6
	60	A	270	45.9	1.041	44.8	1.088	1.1	2.3	-0.047	-5
		D	267	42.2	1.057	44.3	1.086	-2.1	-5.0	-0.029	-3
		E	270	47.1	1.069	44.8	1.088	2.3	4.8	-0.019	-2
		G	260	42.5	1.115	43.3	1.080	-0.8	-1.9	0.035	3
BB	50	B	316	52.0	0.843	51.2	0.805	0.8	1.5	0.038	5
		C	352	54.6	0.840	55.2	0.841	-0.6	-1.1	-0.001	0
		H	308	51.6	0.845	50.3	0.797	1.3	2.5	0.048	6
	60	B	263	45.3	0.763	45.4	0.752	-0.1	-0.2	0.011	1
		C	297	47.6	0.707	49.1	0.786	-1.5	-3.2	-0.079	-11
		H	260	45.1	0.766	45.1	0.749	0.0	0	0.017	2
L	50	A	310	43.1	0.366	42.7	0.357	0.4	0.9	0.028	8
		D	310	42.2	0.405	42.7	0.357	-0.5	-1.2	0.067	16
		E	304	43.1	0.278	42.2	0.348	0.9	2.1	-0.053	-19
		G	294	41.1	0.375	41.3	0.334	-0.2	-0.5	0.041	11
	60	B	258	38.3	0.298	38.2	0.271	0.1	0.3	0.027	9
		C	295	39.7	0.276	41.4	0.319	-1.7	-4.3	-0.043	-16
		H	258	38.3	0.272	38.2	0.271	0.1	0.3	0.001	0

3.3.3 既往の断熱温度上昇推定式との比較

本試験より得られた終局断熱温度上昇量 K と温度上昇速度の定数 α について、既往の断熱温度上昇推定式である土木学会コンクリート標準示方書〔施工編 平成8年度制定版〕の標準値との比較を実施した。比較は3.3.1項に示す α 式を用い、普通セメントおよび高炉セメントB種について行なった。断熱温度上昇推定式(α 式)に対応する本試験および土木学会の K 、 α の算定式を表-3.16に示す。更に、単位セメント量とそれぞれの算定式により定まる K 値、 α 値を図-3.23に示すとともに、単位セメント量 $260\text{kg/m}^3 \sim 340\text{kg/m}^3$ に対応する具体的な K 、 α の値を算定し、その結果を表-3.17に示す。

表-3.16 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	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	$K=0.11 \times C + 13.0$	$\alpha=0.0038 \times C - 0.036$
BB	本試験	$K=0.110 \times C + 16.5$	$\alpha=0.0010 \times C + 0.489$
	土木学会	$K=0.10 \times C + 15.0$	$\alpha=0.0025 \times C + 0.207$
L	本試験	$K=0.087 \times C + 15.9$	$\alpha=0.0014 \times C - 0.078$
	土木学会	—	—

注) C : 単位セメント量(kg/m^3)

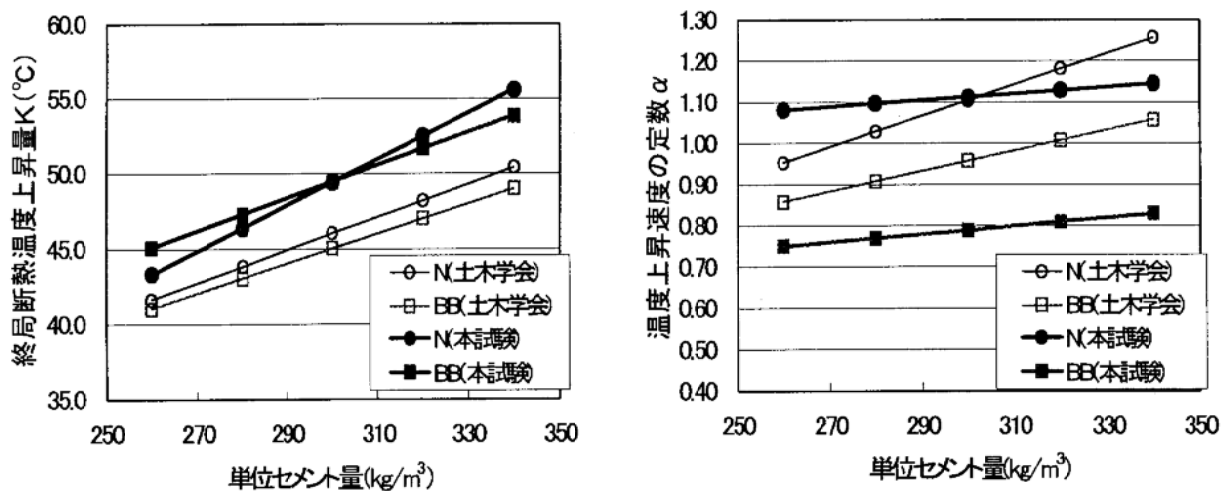


図-3.22 単位セメント量と K 値、 α 値の関係

表-3.17 単位セメント量とK値、 α 値の算定結果

項 目		終局断熱温度上昇量 K(°C)				温度上昇速度の定数 α			
単位セメント量(kg/m ³)		260	280	300	320	260	280	300	320
N	本試験	43.3	46.3	49.4	52.5	1.080	1.096	1.112	1.128
	土木学会	41.6	43.8	46.0	48.2	0.952	1.028	1.104	1.180
BB	本試験	45.1	47.3	49.4	51.6	0.749	0.769	0.789	0.809
	土木学会	41.0	43.0	45.0	47.0	0.857	0.907	0.957	1.007

また、温度上昇速度の定数 α の違いが断熱温度上昇速度に与える影響を確認するため、単位セメント量 260kg/m³と 320kg/m³の 2 ケースについて、土木学会および本試験の K 値、 α 値を用い材齢毎の温度上昇量を α 式にて計算し、結果を図-3.23 に示す。

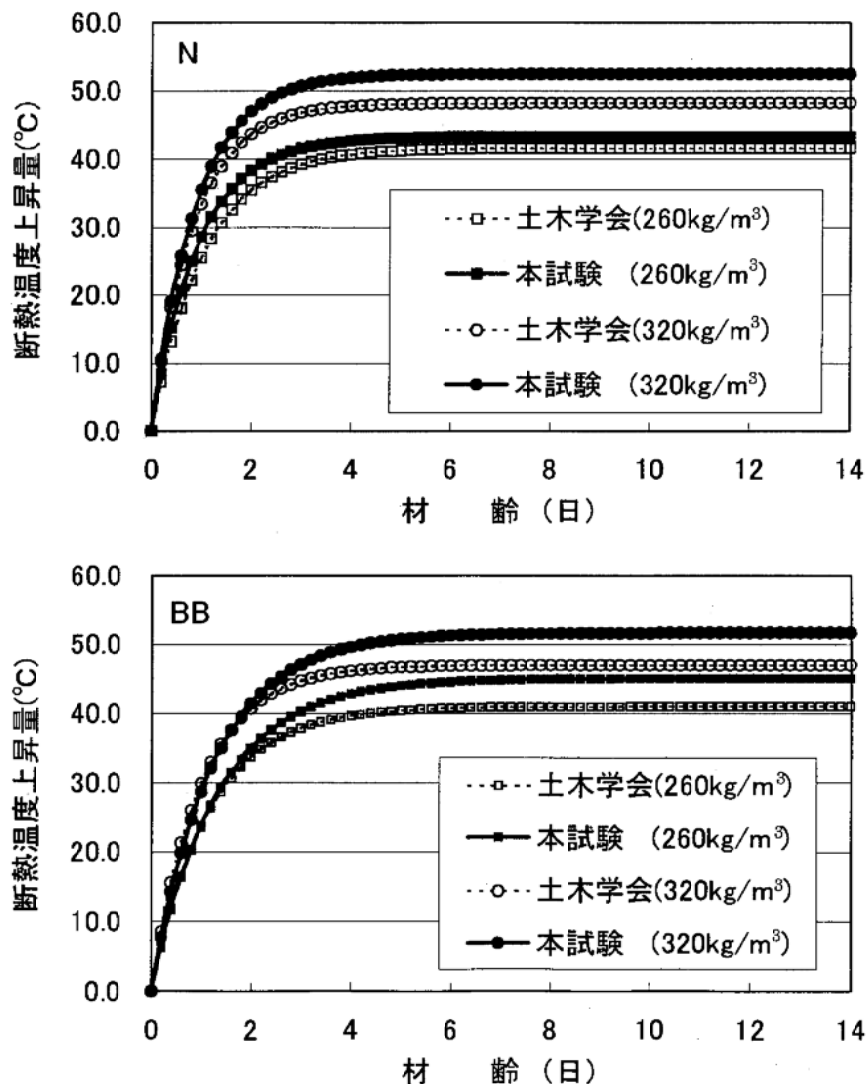


図-3.23 算定式を用いた断熱温度上昇曲線の比較

以上本試験で求めた終局断熱温度上昇量 K は、既往値である土木学会標準示方書の値よりも、普通セメントで $2\sim 5^{\circ}\text{C}$ 程度、高炉セメント B 種で $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 程度高い結果であった。この原因については F-50 報告書に示されている推奨方法により型枠や外槽への熱の逸散を少なくしたことが影響しているものと推察される。また、普通セメントは、図-3.22 及び K 値とセメント量の関係式の傾きから、土木学会式よりもセメント量の増減が K 値に与える影響が大きい結果であった。ただしこの理由としては、図-3.20 に見られるように単位セメント量 $260\sim 270\text{kg/m}^3$ 付近での試験結果のばらつきによるものとも考えられるので、その適用範囲(単位セメント量 $260\sim 340\text{kg/m}^3$)に留意する必要がある。一方、高炉セメント B 種については本試験と土木学会の算定式がほぼ同等の傾きを示しており、セメント量の増減が K 値に与える影響度は両者ともほぼ等しい結果であった。

セメント量と温度上昇速度の定数 α については、図-3.22 より明らかなように土木学会の算定式と本試験の式には大きな違いが見られ、全般的に本試験のほうがセメント量の影響を受けにくい結果であった。温度上昇速度の定数 α に大きな違いが認められるものの、それぞれのセメント量に対応する K 、 α 値を用い断熱温度上昇式(α 式)にて算定した温度上昇曲線(図-3.23)の形状には大きな違いが認められなかった。

4. 結言

普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種および低熱ポルトランドセメントの 3 種類のセメントを用いたコンクリートについて、初期強度発現性と断熱温度上昇量を調べる共通実験を実施した。

初期強度発現性を調べる実験においては、スランブを 8 cm と 18 cm の 2 種類、水セメント比を 50% と 60% の 2 種類、養生温度は 10℃、20℃、30℃の 3 種類とし、断熱温度上昇を調べる実験においては、スランブ 8 cm、水セメント比 50%、60%の配合について実施し、打設温度は 20℃とした。

本実験により得られた結果は以下に示すとおりである。

[初期強度]

- (1) 標準養生 28 日強度に対する初期強度（材齢 1,3,5,7 日）の比率を初期強度比として表すと、養生温度が高いほど初期強度比は大きく、またセメントの種類では、普通ポルトランドセメント>高炉セメント B 種>低熱ポルトランドセメントの順に初期強度比が大きい。
- (2) 初期強度比に対する水セメント比およびスランブの相違の影響は、上記の養生温度やセメント種類の影響に比べれば僅かである。
- (3) 初期強度比に及ぼす養生温度の影響は、普通ポルトランドセメントでは材齢の進捗とともに減少する傾向にあるが、初期強度発現の遅い高炉セメント B 種や低熱ポルトランドセメントにおいては材齢 7 日に至っても顕著に現れる。
- (4) 積算温度(−10℃原点)が同一であっても材齢 7 日までの範囲では養生温度が高いほど初期強度比も大きい傾向が認められ、この傾向は高炉セメント B 種の場合に顕著である。
- (5) 練混ぜ温度が変化しても脱型後に標準養生を行った場合では、材齢 7 日での強度発現にはほとんど差が見られない。一方材齢 28 日強度については、普通ポルトランドセメントと高炉セメント B 種では練混ぜ温度の上昇に伴いやや低下する傾向も見られた。
- (6) 標準養生強度に対する封緘養生強度の比率は 95%以上となり、初期材齢強度に関する限りでは、コンクリート表面からの乾燥を防止すれば湿潤養生に対する強度低下はさほど大きくないことが推察される。なお概して初期強度発現の小さいセメントほど標準養生に対して封緘養生した場合の初期強度がやや大きくなる傾向が認められた。
- (7) 今回の試験結果を用い、本専門委員会既往研究報告(F - 34,F - 36)と同様の方法により、各種セメントを用いたコンクリートについての標準養生 28 日強度に対する初期材齢(7 日まで)の圧縮強度比を推定する実験式を誘導した。

[断熱温度上昇]

- (1) 本専門委員会既往報告(F-50)における知見をもとに、使用装置(制御方法)、使用する型枠の仕様・寸法、装置のキャリブレーション方法などを統一することにより、異なる試験所間においてもばらつきの少ない断熱温度上昇試験結果を得ることが出来た。
- (2) 本試験結果を基に、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種および低熱ポルトランドセメントについて、単位セメント量を変化させた場合の終局断熱温度上昇量(K 値)および温度上昇速度の定数(α 値)の推定式(打設温度 20℃の場合)を得た。
- (3) 上記により求めた普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種使用コンクリートの終局断熱温度上昇量(K 値)を土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕平成 8 年制定版における標準値と比較した場合に、単位セメント量 260~350 kg/m³ の範囲で 2℃~5℃程度高い結果となった。
- (4) 温度上昇速度の定数(α 値)については、単位セメント量の増減に伴う変化が比較的少なく、コンクリート標準示方書とは若干傾向を異にする結果となった。

以上の結果は、施工管理や施工段階におけるひび割れ照査における基礎的技術資料として有効に活用できるものと思われる。

参考文献

- 1) (社)セメント協会編／コンクリートの断熱温度上昇試験方法に関する研究、
コンクリート専門委員会報告 F-50、1999
- 2) 柳田 力／マスコンクリートにおける上昇温度の実用的推定方法、
土木技術資料、11-4、pp.3～9、1969
- 3) 塚山 隆一 他／各種セメントを用いたコンクリートの温度上昇、
セメント技術年報、Vol.25、pp.220～224、1971

資 料

1. 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質
2. コンクリートの圧縮強度,標準偏差および変動係数
3. 断熱温度上昇試験結果

資料 1-1 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質・圧縮強度試験用

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	試験所	s/a (%)	単位量						スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
						kg/m³				ml/m³				
						W	C	S	G	AE 減水剤	AE 剤			
硬練りコンクリート	N	50	10	A	43.0	153	306	785	1077	765	3	7.0	4.8	11.0
				D	45.0	156	312	825	1020	780	22	8.0	5.0	12.0
				E	43.0	156	312	785	1142	780	12	7.5	4.6	10.5
				G	44.0	148	296	813	1073	740	2	7.5	4.1	10.0
				平均	43.8	153	307	802	1078	766	10	7.5	4.6	10.9
			20	A	43.0	155	310	780	1072	775	3	8.0	4.1	21.0
				D	45.0	160	320	817	1010	800	16	8.0	4.5	21.0
				E	43.0	158	316	782	1135	790	13	8.5	4.8	20.0
				G	44.0	152	304	805	1063	760	6	7.5	4.3	20.6
				平均	43.8	156	313	796	1070	781	10	8.0	4.4	20.7
			30	A	43.0	157	314	777	1067	785	6	7.5	4.6	30.0
				D	45.0	164	328	812	999	820	20	6.5	4.4	29.0
				E	43.0	161	322	776	1127	805	13	7.5	4.7	31.0
				G	44.0	157	314	795	1052	785	9	8.5	4.5	30.0
				平均	43.8	160	320	790	1061	799	12	7.5	4.6	30.0
		60	10	A	45.0	161	268	826	1045	670	3	7.5	4.7	11.0
				D	45.0	156	260	844	1044	650	18	8.0	4.3	11.5
				E	45.0	160	267	834	1117	668	8	9.0	4.1	11.0
				G	46.0	152	253	860	1049	632	1	7.0	4.5	10.5
				平均	45.3	157	262	841	1064	655	7	7.9	4.4	11.0
			20	A	45.0	162	270	824	1043	675	3	7.0	4.6	21.0
				D	45.0	160	267	837	1035	668	13	9.0	4.0	21.0
				E	45.0	162	270	830	1112	675	11	9.0	5.0	20.0
				G	46.0	156	260	852	1041	650	5	8.0	4.1	20.6
				平均	45.3	160	267	836	1058	667	8	8.3	4.4	20.7
			30	A	45.0	165	275	818	1034	688	3	7.5	4.6	30.0
				D	45.0	164	273	830	1026	682	19	6.5	4.9	29.5
				E	45.0	163	272	828	1110	680	11	8.5	5.0	30.0
				G	46.0	161	268	844	1030	670	8	9.0	4.9	30.3
				平均	45.3	163	272	830	1050	680	10	7.9	4.9	30.0

資料1-2 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質・圧縮強度試験用

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	試験所	s/a (%)	単位量						スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
						kg/m³				ml/m³				
						W	C	S	G	AE減水剤	AE 剤			
硬練りコンクリート	BB	50	10	B	45.0	156	312	811	1042	780	6	8.0	4.3	10.8
				C	45.0	176	352	770	977	880	9	8.8	4.1	11.1
				F	45.3	175	350	790	950	875	18	7.5	4.2	9.8
				H	44.0	152	304	803	1068	760	9	8.0	4.7	11.0
				平均	44.8	165	330	794	1009	824	11	8.1	4.3	10.7
			20	B	45.0	158	316	808	1036	790	9	9.5	4.5	19.8
				C	45.0	176	352	770	977	880	10	8.0	4.0	21.8
				F	45.3	175	350	790	950	875	14	9.0	4.6	19.5
				H	44.0	154	308	819	1041	770	12	8.2	4.7	19.0
				平均	44.8	166	332	797	1001	829	11	8.7	4.5	20.0
			30	B	45.0	161	322	803	1028	805	10	7.5	4.6	29.3
				C	45.0	178	356	766	972	890	12	8.4	4.0	30.1
				F	45.0	177	354	781	950	885	21	7.5	4.5	31.0
				H	44.0	155	310	798	1060	775	16	7.5	4.0	29.0
				平均	44.8	168	336	787	1003	839	15	7.7	4.3	29.9
		60	10	B	47.0	156	260	868	1028	650	3	7.0	4.4	10.7
				C	47.0	178	297	823	965	740	8	8.9	4.6	11.1
				F	46.7	175	292	837	950	730	15	9.5	4.8	10.2
				H	45.0	154	257	837	1068	643	5	9.0	4.6	11.0
				平均	46.4	166	277	841	1003	691	8	8.6	4.6	10.8
			20	B	47.0	158	263	865	1023	658	7	7.0	4.6	20.0
				C	47.0	178	297	823	965	740	9	7.5	4.5	21.8
				F	46.7	175	292	837	950	730	12	8.5	5.0	19.7
				H	45.0	156	260	835	1062	650	8	8.6	4.4	19.2
				平均	46.4	167	278	840	1000	695	9	7.9	4.6	20.2
			30	B	47.0	161	268	860	1017	670	7	7.0	4.5	29.0
				C	47.0	179	298	822	962	750	10	8.6	4.1	30.0
				F	46.4	178	297	825	950	743	12	8.0	5.0	31.0
				H	45.0	157	262	832	1057	655	8	8.0	4.3	29.0
				平均	46.4	169	281	835	997	705	9	7.9	4.5	29.8

資料 1-3 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質・圧縮強度試験用

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	試験所	s/a (%)	単位量						スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
						kg/m³				ml/m³				
						W	C	S	G	AE 減水剤	AE 剤			
硬練りコンクリート	L	50	10	A	44.0	154	308	803	1059	770	2	7.5	4.4	11.0
				D	45.0	151	302	837	1035	755	21	8.5	4.5	10.5
				E	43.5	150	300	808	1148	750	12	8.0	4.4	10.5
				G	44.0	143	286	824	1089	715	3	7.0	4.2	10.0
				平均	44.1	150	299	818	1083	748	9	7.8	4.4	10.5
			20	A	44.0	155	310	803	1056	775	3	8.5	4.8	20.0
				D	45.0	155	310	830	1026	775	19	8.0	5.0	21.0
				E	43.5	152	304	804	1145	760	13	7.5	4.6	20.0
				G	44.0	147	294	816	1079	735	9	9.0	4.8	20.4
				平均	44.1	152	305	813	1077	761	11	8.3	4.8	20.4
			30	A	44.0	157	314	798	1051	785	3	7.5	4.3	30.0
				D	45.0	159	318	823	1015	795	22	7.5	5.0	29.5
				E	43.5	154	308	801	1140	770	14	8.0	4.5	30.5
				G	44.0	152	304	808	1068	760	12	9.0	4.8	30.0
				平均	44.1	156	311	808	1069	778	13	8.0	4.7	30.0
		60	10	A	46.0	160	267	850	1029	668	1	7.5	4.8	11.0
				D	46.0	151	252	875	1039	630	20	8.0	4.2	11.0
				E	45.5	152	253	860	1128	633	10	7.5	4.2	10.5
				G	46.0	147	245	873	1063	612	2	7.5	4.2	10.4
				平均	45.9	153	254	865	1065	636	8	7.6	4.4	10.7
			20	A	46.0	161	268	847	1029	670	3	8.0	4.6	20.0
				D	46.0	155	257	868	1030	624	15	8.0	5.0	21.0
				E	45.5	154	257	856	1124	643	11	7.5	4.6	20.5
				G	46.0	151	252	865	1054	630	8	8.5	4.9	20.3
				平均	45.9	155	259	859	1059	642	9	8.0	4.8	20.5
			30	A	46.0	166	277	837	1018	692	3	9.0	4.3	30.0
				D	46.0	159	265	859	1023	662	16	8.0	4.1	29.0
				E	45.5	156	260	853	1120	650	11	7.0	4.5	30.5
				G	46.0	156	260	855	1044	650	10	9.0	4.8	30.0
				平均	45.9	159	266	851	1051	664	10	8.3	4.4	29.9

資料 1-4 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質・圧縮強度試験用

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	試験所	s/a (%)	単位量						スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
						kg/m ³				ml/m ²				
						W	C	S	G	AE 減水剤	AE 剤			
軟練りコンクリート	N	50	10	A	43.0	173	346	749	1026	865	3	18.5	4.7	11.0
				D	42.0	176	352	734	1025	880	25	17.0	4.1	11.5
				E	45.0	176	352	783	1049	880	11	19.0	4.4	10.5
				G	46.0	166	332	813	993	830	2	18.0	4.3	9.8
				平均	44.0	173	346	770	1023	864	10	18.1	4.4	10.7
			20	A	43.0	175	350	746	1021	875	4	18.0	4.4	21.0
				D	42.0	180	360	726	1014	900	18	18.0	4.0	21.0
				E	45.0	180	360	779	1142	900	13	17.5	5.0	20.0
				G	46.0	170	340	805	982	850	7	18.5	4.8	20.5
				平均	44.0	176	353	764	1040	881	10	18.0	4.6	20.6
			30	A	43.0	177	354	741	1016	885	4	18.0	4.2	30.0
				D	42.0	186	372	715	1002	930	26	16.5	5.0	29.5
				E	45.0	182	364	772	1034	910	15	18.5	4.7	30.0
				G	46.0	175	350	798	971	875	10	18.5	4.9	30.3
				平均	44.0	180	360	757	1006	900	14	17.9	4.7	30.0
		60	10	A	45.0	173	288	805	1016	720	3	18.0	4.8	11.0
				D	44.0	176	293	791	1018	732	23	18.0	4.5	11.0
				E	47.0	174	290	845	1044	725	9	18.0	4.3	11.0
				G	48.0	170	283	865	971	708	1	17.5	4.5	9.7
				平均	46.0	173	289	827	1012	721	9	17.9	4.5	10.7
			20	A	45.0	175	292	800	1013	730	3	18.5	4.8	21.0
				D	44.0	180	300	783	1008	750	18	18.0	4.6	21.0
				E	47.0	178	297	843	1035	743	11	17.5	4.9	19.5
				G	48.0	174	290	857	963	725	6	18.0	4.8	20.5
				平均	46.0	177	295	821	1005	737	9	18.0	4.8	20.5
			30	A	45.0	177	295	798	1008	738	3	17.5	4.4	30.0
				D	44.0	186	310	773	994	775	22	18.5	4.0	29.5
				E	47.0	178	297	837	1035	743	11	17.5	4.6	30.0
				G	48.0	179	298	847	952	745	9	18.5	4.9	30.1
				平均	46.0	180	300	814	997	750	11	18.0	4.5	29.9

資料 1-5 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質・圧縮強度試験用

コング リート の種類	セメン トの 種類	水セメン ト比 (%)	練混ぜ 温 度 (℃)	試験所	s/a (%)	単位量						スランプ (cm)	空気量 (%)	コンク リート 温度 (℃)
						kg/m³				ml/m³				
						W	C	S	G	AE 減水剤	AE 剤			
軟練りコンクリート	BB	50	10	B	45.5	175	350	782	985	875	4	19.0	4.2	10.9
				C	45.0	191	382	741	940	960	8	18.7	4.4	11.1
				F	44.0	185	370	748	950	925	15	18.0	4.2	10.5
				H	45.2	168	336	796	1003	840	10	18.0	5.0	10.8
				平均	44.9	180	360	767	970	900	9	18.4	4.5	10.8
			20	B	45.5	177	354	780	979	885	7	19.0	4.3	19.8
				C	45.0	192	384	739	938	960	10	18.0	4.8	21.6
				F	44.0	185	370	748	950	925	15	18.0	5.0	19.5
				H	45.2	170	340	790	1000	850	17	18.1	4.6	19.9
				平均	44.9	181	362	764	967	905	12	18.3	4.7	20.2
			30	B	45.5	180	360	772	974	900	7	17.5	4.3	29.0
				C	45.0	193	386	737	935	970	11	17.6	4.2	30.0
				F	43.7	187	374	740	950	940	22	17.0	5.0	31.2
				H	45.2	172	344	785	995	860	17	19.0	4.3	29.0
				平均	44.9	183	366	759	964	918	14	17.8	4.5	29.8
		60	10	B	47.5	175	292	842	976	730	1	18.5	4.6	10.9
				C	47.0	192	320	797	934	800	6	18.8	4.0	11.1
				F	45.8	183	305	806	950	763	12	17.0	4.5	9.8
				H	46.0	170	283	827	1014	708	6	19.5	4.8	10.5
				平均	46.6	180	300	818	969	750	6	18.5	4.5	10.6
			20	B	47.5	177	295	837	974	738	6	18.5	4.6	20.0
				C	47.0	193	322	795	932	800	7	18.3	4.9	21.6
				F	45.8	183	305	806	950	763	9	18.5	5.0	19.3
				H	46.0	172	287	822	1008	718	11	17.9	4.8	19.7
				平均	46.6	181	302	815	966	755	8	18.3	4.8	20.2
			30	B	47.5	180	300	831	966	750	6	19.0	4.4	29.0
				C	47.0	194	323	793	930	810	9	18.5	4.1	30.0
				F	45.0	190	317	778	950	793	31	18.0	4.6	31.0
				H	46.0	174	290	819	1003	725	15	19.0	4.2	29.0
				平均	46.4	185	308	805	962	770	15	18.6	4.3	29.8

資料 1-6 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質・圧縮強度試験用

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	試験所	s/a (%)	単位量						スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)
						kg/m³				ml/m³				
						W	C	S	G	AE 減水剤	AE 剤			
軟練りコンクリート	L	50	10	B	45.5	171	342	798	1006	855	—	19.5	4.1	10.9
				C	45.0	187	374	757	960	940	8	18.9	4.3	11.1
				F	44.8	180	360	776	955	899	11	17.0	4.5	10.0
				H	45.2	164	328	809	1024	820	7	18.5	4.7	10.5
				平均	45.1	176	351	785	986	879	9	18.5	4.4	10.6
			20	B	45.5	173	346	795	1001	865	3	19.0	4.4	19.9
				C	45.0	188	376	755	958	940	9	18.1	4.6	21.6
				F	44.8	180	360	776	955	899	11	19.0	5.0	19.8
				H	45.2	166	332	806	1019	830	13	19.0	4.4	19.5
				平均	45.1	177	354	783	983	884	9	18.8	4.6	20.2
			30	B	45.5	176	352	790	993	880	4	18.5	4.4	29.2
				C	45.0	187	374	757	960	940	12	18.6	4.5	29.6
				F	44.0	186	372	752	955	930	15	18.0	4.3	30.8
				H	45.2	167	334	803	1016	835	17	18.5	4.7	29.0
				平均	44.9	179	358	776	981	896	12	18.4	4.5	29.7
		60	10	B	47.5	171	285	855	993	713	—	19.5	4.2	11.0
				C	47.0	188	313	812	951	780	6	18.5	4.2	10.9
				F	46.3	180	299	826	955	759	9	17.0	4.6	10.3
				H	46.0	166	277	840	1030	693	3	18.5	4.4	9.5
				平均	46.7	176	294	833	982	736	6	18.4	4.4	10.4
			20	B	47.5	173	288	852	990	720	—	18.5	4.4	19.6
				C	47.0	190	317	808	947	790	7	18.5	4.6	21.5
				F	46.3	180	299	826	955	759	6	17.5	4.5	19.5
				H	46.0	168	280	837	1024	700	8	19.5	4.7	19.5
				平均	46.7	178	296	831	979	742	7	18.5	4.6	20.0
			30	B	47.5	176	293	847	982	730	—	18.0	4.3	29.0
				C	47.0	189	315	810	949	790	10	18.3	4.3	29.5
				F	45.3	188	314	794	955	784	12	17.5	4.5	31.0
				H	46.0	169	282	835	1022	705	14	19.0	4.6	29.0
				平均	46.5	181	301	822	977	752	12	18.2	4.4	29.6

資料 1-7 示方配合およびフレッシュコンクリートの性質・断熱温度上昇試験用

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	試験所	s/a (%)	単位量						スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)	
						kg/m ³				ml/m ³					
						W	C	S	G	AE 減水剤	AE 剤				
硬練りコンクリート	N	50	20	A	43.0	155	310	780	1072	775	3	7.5	4.6	19.5	
				D	45.0	160	320	817	1010	800	16	9.2	4.9	19.9	
				E	43.0	158	316	782	1135	790	13	8.9	4.1	19.5	
				G	44.0	152	304	805	1063	760	6	8.5	4.5	19.6	
				平均	43.8	156	313	796	1070	781	10	8.5	4.5	19.6	
		60		A	45.0	162	270	824	1043	675	3	8.0	4.8	19.5	
				D	45.0	160	267	838	1034	668	13	9.4	4.6	20.2	
				E	45.0	162	270	830	1112	675	11	8.8	4.1	19.5	
				G	46.0	156	260	852	1041	650	5	9.0	4.4	20.0	
				平均	45.3	160	267	836	1058	667	8	8.8	4.5	19.8	
	BB	50		B	45.0	158	316	808	1036	790	3	8.0	4.5	20.2	
				C	45.0	176	352	770	977	880	11	7.5	4.0	20.2	
				H	44.0	154	308	819	1041	770	12	7.7	4.4	20.2	
				平均	44.7	163	325	799	1018	813	9	7.7	4.3	20.2	
		60		B	47.0	158	263	865	1023	658	1	7.0	4.1	20.6	
				C	47.0	178	297	823	965	740	9	8.9	5.0	19.5	
				H	45.0	156	260	835	1062	650	8	8.0	4.7	20.4	
				平均	46.3	164	273	841	1017	683	6	8.0	4.6	20.2	
	L	50		A	44.0	155	310	803	1056	775	3	8.5	4.8	20.0	
				D	45.0	155	310	831	1026	775	19	9.1	4.8	20.8	
				E	43.5	152	304	804	1145	760	13	7.5	4.2	20.0	
				G	44.0	147	294	816	1079	735	9	7.5	4.8	20.0	
				平均	44.1	152	305	814	1077	761	11	8.2	4.7	20.2	
		60		B	47.0	155	258	875	1039	645	1	7.0	4.6	19.9	
				C	47.0	177	295	832	875	740	9	8.9	4.7	19.2	
				H	46.0	155	258	861	1054	645	3	8.2	4.0	19.8	
				平均	46.7	162	270	856	989	677	4	8.0	4.4	19.6	

資料 2-1 コンクリートの圧縮強度(N/mm²), 標準偏差(N/mm²)および変動係数(%)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	試験所	封緘養生				標準養生				
					1日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	28日	91日
硬練りコンクリート	N	50	10	A	2.6	18.1	25.5	30.2			35.6	47.2	
				D	4.2	16.6	25.1	30.7			37.7	47.7	
				E	2.7	18.0	26.7	31.2			38.9	49.1	
				G	1.6	16.4	26.0	31.8			39.7	50.7	
				平均	2.8	17.3	25.8	31.0			38.0	48.7	
				標準偏差	1.1	0.9	0.7	0.7			1.8	1.6	
				変動係数	39.3	5.2	2.7	2.3			4.7	3.3	
			20	A	9.0	26.4	32.0	36.0	26.7	32.7	37.0	46.7	
				D	11.0	26.6	33.2	35.3	28.3	34.0	39.9	50.4	
				E	9.2	25.4	32.3	37.1	25.5	33.8	37.4	46.9	
				G	11.7	30.4	36.0	39.5	30.7	35.3	40.0	49.3	
				平均	10.2	27.2	33.4	37.0	27.8	34.0	38.6	48.3	
				標準偏差	1.3	2.2	1.8	1.8	2.2	1.1	1.6	1.8	
				変動係数	12.7	8.1	5.4	4.9	7.9	3.2	4.1	3.7	
			30	A	17.0	32.8	35.8	36.0			35.4	45.6	
				D	18.0	30.4	33.8	36.0			37.1	46.3	
				E	16.2	30.5	35.4	37.6			35.5	43.8	
				G	16.8	33.8	36.9	38.5			37.6	46.3	
				平均	17.0	31.9	35.5	37.0			36.4	45.5	
				標準偏差	0.7	1.7	1.3	1.2			1.1	1.2	
				変動係数	4.1	5.3	3.7	3.2			3.0	2.6	
		60	10	A	1.5	10.9	18.0	21.9			24.7	36.5	
				D	3.0	11.2	19.3	23.9			30.6	40.0	
				E	1.5	12.0	17.4	23.0			27.0	37.2	
				G	1.3	11.6	19.5	25.6			28.5	39.0	
				平均	1.8	11.4	18.6	23.6			27.7	38.2	
				標準偏差	0.8	0.5	1.0	1.6			2.5	1.6	
				変動係数	44.4	4.4	5.4	6.8			9.0	4.2	
			20	A	5.7	17.8	22.5	25.4	18.3	22.5	25.4	33.9	
				D	7.4	20.3	25.5	28.4	21.1	27.8	30.2	39.6	
				E	6.0	18.2	23.9	27.0	17.7	25.3	27.7	36.0	
				G	7.4	21.1	28.2	30.7	18.4	26.2	28.7	39.0	
				平均	6.6	19.4	25.0	27.9	18.9	25.5	28.0	37.1	
				標準偏差	0.9	1.6	2.4	2.2	1.5	2.2	2.0	2.7	
				変動係数	13.6	8.2	9.6	7.9	7.9	8.6	7.1	7.3	
			30	A	11.8	22.8	25.7	28.6			26.0	32.9	
				D	13.6	24.4	27.9	29.9			29.1	36.0	
				E	10.3	21.7	25.8	28.1			25.3	33.5	
				G	11.4	24.5	28.6	30.5			29.6	37.5	
				平均	11.8	23.4	27.0	29.3			27.5	35.0	
				標準偏差	1.4	1.3	1.5	1.1			2.2	2.2	
				変動係数	11.9	5.6	5.6	3.8			8.0	6.3	

資料 2-2 コンクリートの圧縮強度(N/mm²),標準偏差(N/mm²)および変動係数(%)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (°C)	試験所	封緘養生				標準養生				
					1日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	28日	91日
硬練りコンクリート	BB	50	10	B	1.0	9.2	14.8	19.6			25.9	46.0	
				C	1.3	7.0	11.8	15.8			20.7	41.1	
				F	1.5	7.7	11.6	15.8			21.7	44.4	
				H	1.3	7.8	11.7	15.8			23.0	42.1	
				平均	1.3	7.9	12.5	16.8			22.8	43.4	
				標準偏差	0.2	0.9	1.6	1.9			2.3	2.2	
				変動係数	15.4	11.4	12.8	11.3			10.1	5.1	
			20	B	4.5	16.1	22.6	25.9	13.5	20.7	25.4	42.8	
				C	4.5	14.6	18.3	20.1	11.1	17.6	22.3	39.7	
				F	4.2	12.6	16.6	21.1	12.7	19.7	23.6	45.0	
				H	4.1	13.9	18.4	22.7	14.0	18.2	22.7	37.7	
				平均	4.3	14.3	19.0	22.5	12.8	19.1	23.5	41.3	
				標準偏差	0.2	1.5	2.6	2.5	1.3	1.4	1.4	3.2	
				変動係数	4.7	10.5	13.7	11.1	10.2	7.3	6.0	7.7	
			30	B	9.2	21.1	28.8	32.1			27.7	40.8	
				C	8.1	17.1	18.4	21.6			21.5	37.0	
				F	10.1	20.3	27.5	30.6			27.3	47.7	
				H	8.5	18.9	24.1	27.3			24.6	38.3	
				平均	9.0	19.4	24.7	27.9			25.3	41.0	
				標準偏差	0.9	1.8	4.6	4.7			2.9	4.8	
				変動係数	10.0	9.3	18.6	16.8			11.5	11.7	
		60	10	B	0.6	6.2	11.1	14.6			19.2	36.3	
				C	0.8	5.0	8.2	11.0			15.8	31.0	
				F	0.9	5.1	7.5	10.2			14.6	35.2	
				H	0.8	4.9	8.5	11.6			17.8	34.9	
				平均	0.8	5.3	8.8	11.9			16.9	34.4	
				標準偏差	0.1	0.6	1.6	1.9			2.0	2.3	
				変動係数	12.5	11.3	18.2	16.0			11.8	6.7	
			20	B	3.1	11.7	16.8	20.2	10.6	15.7	18.5	34.3	
				C	3.1	8.4	13.5	16.3	8.6	13.1	15.5	32.1	
				F	2.7	9.0	14.2	16.7	9.3	15.1	18.2	38.9	
				H	2.7	10.0	13.7	16.6	10.0	13.6	17.0	31.7	
				平均	2.9	9.8	14.6	17.5	9.6	14.4	17.3	34.3	
				標準偏差	0.2	1.4	1.5	1.8	0.9	1.2	1.4	3.3	
				変動係数	6.9	14.3	10.3	10.3	9.4	8.3	8.1	9.6	
			30	B	6.3	16.7	19.8	24.9			20.2	34.7	
				C	6.0	13.0	14.3	20.3			16.2	28.7	
				F	6.6	15.0	21.6	23.8			19.2	41.8	
				H	6.1	14.5	19.6	21.9			17.6	29.4	
				平均	6.3	14.8	18.8	22.7			18.3	33.7	
				標準偏差	0.3	1.5	3.1	2.0			1.8	6.1	
				変動係数	4.8	10.1	16.5	8.8			9.8	18.1	

資料 2-3 コンクリートの圧縮強度(N/mm²), 標準偏差(N/mm²)および変動係数(%)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	試験所	封緘養生				標準養生				
					1日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	28日	91日
硬練りコンクリート	L	50	10	A	0.6	6.5	8.7	10.1			11.2	34.8	64.1
				D	0.8	5.0	7.5	9.2			11.3	43.8	62.4
				E	1.0	6.1	7.9	9.2			9.7	38.3	62.2
				G	0.7	6.7	9.0	11.6			13.7	37.9	60.2
				平均	0.8	6.1	8.3	10.0			11.5	38.7	62.2
				標準偏差	0.2	0.8	0.7	1.1			1.7	3.7	1.6
				変動係数	25.0	13.1	8.4	11.0			14.8	9.6	2.6
			20	A	2.5	9.0	11.6	14.1	8.3	10.6	11.4	42.0	60.6
				D	3.2	8.7	10.3	12.6	7.4	8.8	10.3	39.7	59.7
				E	3.0	7.5	10.0	11.2	7.1	8.9	10.7	38.7	61.7
				G	3.2	9.6	12.5	14.5	8.9	11.0	12.4	36.8	60.8
				平均	3.0	8.7	11.1	13.1	7.9	9.8	11.2	39.3	60.7
				標準偏差	0.3	0.9	1.2	1.5	0.8	1.1	0.9	2.2	0.8
				変動係数	10.0	10.3	10.8	11.5	10.1	11.2	8.0	5.6	1.4
			30	A	5.5	10.8	15.0	21.1			12.8	38.4	59.8
				D	5.3	9.0	12.5	16.8			11.9	36.6	56.2
				E	5.6	9.4	13.4	19.1			9.9	33.5	57.6
				G	5.7	11.9	16.6	21.9			13.7	39.3	57.7
				平均	5.5	10.3	14.4	19.7			12.1	37.0	57.8
				標準偏差	0.2	1.3	1.8	2.3			1.6	2.6	1.5
				変動係数	3.6	12.6	12.5	11.7			13.2	7.0	2.6
		60	10	A	0.4	3.8	5.3	5.8			6.3	19.7	50.3
				D	0.5	2.9	4.4	5.4			6.3	31.8	47.2
				E	0.6	3.5	4.7	5.2			5.4	25.1	46.6
				G	0.4	3.0	5.4	6.6			6.8	25.5	42.3
				平均	0.5	3.3	5.0	5.8			6.2	25.5	46.6
				標準偏差	0.1	0.4	0.5	0.6			0.6	4.9	3.3
				変動係数	20.0	12.1	10.0	10.3			9.7	19.2	7.1
			20	A	1.8	5.3	6.8	8.5	4.9	6.2	7.1	24.0	49.8
				D	1.9	5.1	6.1	7.1	4.6	5.3	6.2	26.7	46.6
				E	1.8	4.6	5.9	6.7	4.2	5.7	6.3	24.9	48.5
				G	2.2	5.8	7.2	8.6	5.5	7.0	7.4	24.1	42.6
				平均	1.9	5.2	6.5	7.7	4.8	6.1	6.8	24.9	46.9
				標準偏差	0.2	0.5	0.6	1.0	0.5	0.7	0.6	1.3	3.1
				変動係数	10.5	9.6	9.2	13.0	10.4	11.5	8.8	5.2	6.7
			30	A	3.7	7.3	9.9	16.5			8.1	26.8	50.3
				D	3.6	6.0	8.0	10.9			7.6	30.5	48.8
				E	3.4	5.5	7.5	10.2			5.8	20.6	43.2
				G	3.5	7.2	10.3	13.6			8.7	28.2	48.2
				平均	3.6	6.5	8.9	12.8			7.6	26.5	47.6
				標準偏差	0.1	0.9	1.4	2.9			1.3	4.2	3.1
				変動係数	2.8	13.8	15.7	22.7			17.1	15.8	6.5

資料2-4 コンクリートの圧縮強度(N/mm²),標準偏差(N/mm²)および変動係数(%)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	試験所	封緘養生				標準養生				
					1日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	28日	91日
軟練りコンクリート	N	50	10	A	2.0	17.0	26.5	31.2			37.6	51.9	
				D	2.9	15.5	24.4	29.6			39.8	49.0	
				E	2.2	17.2	24.2	29.4			36.7	47.9	
				G	2.2	18.0	27.8	34.1			40.4	51.8	
				平均	2.3	16.9	25.7	31.1			38.6	50.2	
				標準偏差	0.4	1.0	1.7	2.2			1.8	2.0	
				変動係数	17.4	5.9	6.6	7.1			4.7	4.0	
			20	A	8.2	26.5	33.0	36.4	25.8	32.7	38.1	47.6	
				D	11.0	25.4	31.7	36.4	27.9	35.2	39.3	48.0	
				E	8.9	24.3	29.7	33.5	24.3	31.5	35.1	46.3	
				G	10.7	29.2	35.4	38.2	27.3	34.7	38.6	48.9	
				平均	9.7	26.4	32.5	36.1	26.3	33.5	37.8	47.7	
				標準偏差	1.4	2.1	2.4	1.9	1.6	1.7	1.8	1.1	
				変動係数	14.4	8.0	7.4	5.3	6.1	5.1	4.8	2.3	
			30	A	16.6	31.7	35.0	39.2			38.0	45.3	
				D	16.0	29.9	33.4	35.0			35.2	44.4	
				E	15.6	27.9	32.4	35.8			33.5	41.5	
				G	16.2	32.8	36.6	38.3			37.6	45.9	
				平均	16.1	30.6	34.4	37.1			36.1	44.3	
				標準偏差	0.4	2.1	1.8	2.0			2.1	2.0	
				変動係数	2.5	6.9	5.2	5.4			5.8	4.5	
		60	10	A	1.3	11.2	17.7	22.6			25.9	38.0	
				D	2.1	10.8	17.9	23.1			30.3	40.1	
				E	1.6	11.9	16.7	22.3			25.8	37.3	
				G	1.4	12.0	19.2	24.6			30.9	37.1	
				平均	1.6	11.5	17.9	23.2			28.2	38.1	
				標準偏差	0.4	0.6	1.0	1.0			2.8	1.4	
				変動係数	25.0	5.2	5.6	4.3			9.9	3.7	
			20	A	5.4	17.1	24.2	27.0	18.0	23.8	26.4	39.6	
				D	6.8	18.3	24.2	26.4	19.0	26.4	28.2	37.7	
				E	5.1	17.2	22.7	25.6	16.8	22.6	25.3	34.1	
				G	6.9	21.7	27.3	29.3	20.0	26.3	29.7	37.9	
				平均	6.1	18.6	24.6	27.1	18.5	24.8	27.4	37.3	
				標準偏差	0.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.9	1.9	2.3	
				変動係数	14.8	11.8	7.7	5.9	7.6	7.7	6.9	6.2	
			30	A	11.1	23.9	28.6	29.8			29.1	37.6	
				D	11.6	21.5	27.5	30.2			27.4	37.1	
				E	9.8	19.7	23.4	24.8			23.7	32.0	
				G	11.0	24.3	28.1	30.1			29.1	35.7	
				平均	10.9	22.4	26.9	28.7			27.3	35.6	
				標準偏差	0.8	2.2	2.4	2.6			2.5	2.5	
				変動係数	7.3	9.8	8.9	9.1			9.2	7.0	

資料 2-5 コンクリートの圧縮強度(N/mm²),標準偏差(N/mm²)および変動係数(%)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	試験所	封緘養生				標準養生				
					1日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	28日	91日
軟練りコンクリート	BB	50	10	B	0.8	9.1	15.4	19.8			25.0	44.4	
				C	1.1	6.8	10.4	14.3			17.4	41.4	
				F	1.4	7.6	10.5	14.3			20.5	45.2	
				H	1.3	7.3	10.9	15.2			21.2	39.5	
				平均	1.2	7.7	11.8	15.9			21.0	42.6	
				標準偏差	0.3	1.0	2.4	2.6			3.1	2.6	
				変動係数	25.0	13.0	20.3	16.4			14.8	6.1	
			20	B	4.2	15.5	22.8	25.6	14.5	21.1	22.8	42.7	
				C	4.5	11.9	17.6	21.6	11.6	17.0	17.1	39.0	
				F	3.9	11.9	18.5	21.7	12.1	19.1	22.4	43.7	
				H	3.9	12.8	17.4	20.8	13.0	17.0	20.6	35.6	
				平均	4.1	13.0	19.1	22.4	12.8	18.6	20.7	40.3	
				標準偏差	0.3	1.7	2.5	2.2	1.3	2.0	2.6	3.7	
				変動係数	7.3	13.1	13.1	9.8	10.2	10.8	12.6	9.2	
			30	B	9.4	22.7	28.2	32.6			27.1	42.4	
				C	7.4	15.6	19.6	23.9			20.5	36.3	
				F	9.4	20.0	27.0	30.5			25.3	43.1	
				H	8.2	17.7	22.8	26.3			21.9	35.2	
				平均	8.6	19.0	24.4	28.3			23.7	39.3	
				標準偏差	1.0	3.1	3.9	3.9			3.0	4.1	
				変動係数	11.6	16.3	16.0	13.8			12.7	10.4	
		60	10	B	0.6	6.5	11.0	14.5			18.6	35.7	
				C	0.7	5.3	8.7	11.1			14.2	35.5	
				F	0.9	5.2	7.7	10.1			15.0	35.3	
				H	0.8	4.7	7.9	10.3			14.7	31.5	
				平均	0.8	5.4	8.8	11.5			15.6	34.5	
				標準偏差	0.1	0.8	1.5	2.0			2.0	2.0	
				変動係数	12.5	14.8	17.0	17.4			12.8	5.8	
			20	B	2.8	10.9	16.3	18.8	10.0	15.1	17.6	32.8	
				C	3.2	9.9	14.1	16.7	7.9	13.7	15.7	33.1	
				F	2.6	8.0	12.1	15.9	8.5	14.3	17.7	35.6	
				H	2.7	9.5	13.4	16.8	9.3	12.6	16.0	31.0	
				平均	2.8	9.6	14.0	17.1	8.9	13.9	16.8	33.1	
				標準偏差	0.3	1.2	1.8	1.2	0.9	1.1	1.0	1.9	
				変動係数	10.7	12.5	12.9	7.0	10.1	7.9	6.0	5.7	
			30	B	6.4	16.5	21.8	24.9			19.5	33.2	
				C	5.6	13.4	15.0	21.1			16.2	30.1	
				F	6.8	14.8	20.3	23.4			19.2	36.0	
				H	5.6	13.8	19.2	21.4			17.2	30.0	
				平均	6.1	14.6	19.1	22.7			18.0	32.3	
				標準偏差	0.6	1.4	2.9	1.8			1.6	2.9	
				変動係数	9.8	9.6	15.2	7.9			8.9	9.0	

資料 2-6 コンクリートの圧縮強度(N/mm²), 標準偏差(N/mm²)および変動係数(%)

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	練混ぜ温度(℃)	試験所	封緘養生				標準養生				
					1日	3日	5日	7日	3日	5日	7日	28日	91日
軟練りコンクリート	L	50	10	B	0.5	6.5	8.8	10.6			10.7	38.4	55.9
				C	0.2	4.3	5.6	6.5			7.4	35.9	54.8
				F	0.8	4.1	5.2	6.4			7.9	37.2	62.7
				H	0.7	4.4	6.0	7.2			9.0	27.8	56.5
				平均	0.6	4.8	6.4	7.7			8.8	34.8	57.5
				標準偏差	0.3	1.1	1.6	2.0			1.5	4.8	3.6
				変動係数	50.0	22.9	25.0	26.0			17.0	13.8	6.2
			20	B	2.4	8.2	10.4	12.3	7.9	9.4	10.0	33.8	51.5
				C	3.0	6.4	7.9	9.2	5.6	6.7	8.1	33.3	53.7
				F	2.2	5.5	7.4	7.6	6.0	7.8	8.5	32.7	62.6
				H	1.9	5.7	7.6	9.6	5.6	7.1	8.4	22.6	49.8
				平均	2.4	6.5	8.3	9.7	6.3	7.8	8.8	30.6	54.4
				標準偏差	0.5	1.2	1.4	2.0	1.1	1.2	0.9	5.4	5.7
				変動係数	20.8	18.5	16.9	20.6	17.5	15.4	10.2	17.6	10.5
			30	B	5.7	10.4	14.7	19.8			12.3	37.8	51.4
				C	4.2	6.4	9.1	12.8			8.5	30.6	52.1
				F	4.6	6.4	11.2	16.8			9.9	37.1	60.9
				H	4.9	7.8	10.6	14.7			11.2	29.8	53.1
				平均	4.9	7.8	11.4	16.0			10.5	33.8	54.4
				標準偏差	0.6	1.9	2.4	3.0			1.6	4.2	4.4
				変動係数	12.2	24.4	21.1	18.8			15.2	12.4	8.1
		60	10	B	0.3	3.9	5.7	6.5			6.0	23.6	44.4
				C	0.2	2.8	3.6	4.3			4.6	23.7	43.2
				F	0.6	3.4	4.0	4.3			5.7	26.0	46.4
				H	0.6	2.9	3.9	4.6			5.8	19.5	42.3
				平均	0.4	3.3	4.3	4.9			5.5	23.2	44.1
				標準偏差	0.2	0.5	0.9	1.1			0.6	2.7	1.8
				変動係数	50.0	15.2	20.9	22.4			10.9	11.6	4.0
			20	B	1.7	5.1	6.6	8.1	4.8	6.2	6.9	20.0	41.4
				C	2.0	4.5	5.4	5.9	3.8	6.2	5.0	23.3	42.7
				F	1.4	3.4	4.6	5.2	3.6	4.9	5.5	20.2	45.5
				H	1.6	3.9	5.3	6.5	3.6	4.7	5.8	15.3	38.7
				平均	1.7	4.2	5.5	6.4	4.0	5.5	5.8	19.7	42.1
				標準偏差	0.3	0.7	0.8	1.2	0.6	0.8	0.8	3.3	2.8
				変動係数	17.6	16.7	14.5	18.8	15.0	14.5	13.8	16.8	6.7
			30	B	3.5	6.7	9.0	11.5			7.6	22.9	42.6
				C	2.9	4.4	5.6	7.9			5.2	20.1	41.5
				F	3.2	5.0	7.6	11.9			6.0	27.7	43.7
				H	3.1	5.1	6.8	9.3			6.9	20.3	42.9
				平均	3.2	5.3	7.3	10.2			6.4	22.8	42.7
				標準偏差	0.3	1.0	1.4	1.9			1.0	3.5	0.9
				変動係数	9.4	18.9	19.2	18.6			15.6	15.4	2.1

資料-2.7 コンクリートの圧縮強度の試験所標準偏差

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	標準偏差(N/mm ²)								
				1日	3日		5日		7日		28日	91日
				封緘養生	封緘養生	標準養生	封緘養生	標準養生	封緘養生	標準養生	標準養生	標準養生
硬練りコンクリート	N	50	10	1.1	0.9		0.7		0.7	1.8	1.6	
			20	1.3	2.2	2.2	1.8	1.1	1.8	1.6	1.8	
			30	0.7	1.7		1.3		1.2	1.1	1.2	
		60	10	0.8	0.5		1.0		1.6	2.5	1.6	
			20	0.9	1.6	1.5	2.4	2.2	2.2	2.0	2.7	
			30	1.4	1.3		1.5		1.1	2.2	2.2	
	BB	50	10	0.2	0.9		1.6		1.9	2.3	2.2	
			20	0.2	1.5	1.3	2.6	1.4	2.5	1.4	3.2	
			30	0.9	1.8		4.6		4.7	2.9	4.8	
		60	10	0.1	0.6		1.6		1.9	2.0	2.8	
			20	0.2	1.4	0.9	1.5	1.2	1.8	1.4	3.3	
			30	0.3	1.5		3.1		2.0	1.8	6.1	
	L	50	10	0.2	0.8		0.7		1.1	1.7	3.7	1.6
			20	0.3	0.9	0.8	1.2	1.1	1.5	0.9	2.2	0.8
			30	0.2	1.3		1.8		2.3	1.6	2.6	1.5
		60	10	0.1	0.4		0.5		0.6	0.6	4.9	3.3
			20	0.2	0.5	0.5	0.6	0.7	1.0	0.6	1.3	3.1
			30	0.1	0.9		1.4		2.9	1.3	4.2	3.1
軟練りコンクリート	N	50	10	0.4	1.0		1.7		2.2	1.8	2.0	
			20	1.4	2.1	1.6	2.4	1.7	1.9	1.8	1.1	
			30	0.4	2.1		1.8		2.0	2.1	2.0	
		60	10	0.4	0.6		1.0		1.0	2.8	1.4	
			20	0.9	2.2	1.4	1.9	1.9	1.6	1.9	2.3	
			30	0.8	2.2		2.4		2.6	2.5	2.5	
	BB	50	10	0.3	1.0		2.4		2.6	3.1	2.6	
			20	0.3	1.7	1.3	2.5	2.0	2.2	2.6	3.7	
			30	1.0	3.1		3.9		3.9	3.0	4.1	
		60	10	0.1	0.8		1.5		2.0	2.0	2.0	
			20	0.3	1.2	0.9	1.8	1.1	1.2	1.0	1.9	
			30	0.6	1.4		2.9		1.8	1.6	2.9	
	L	50	10	0.3	1.1		1.6		2.0	1.5	4.8	3.6
			20	0.5	1.2	1.1	1.4	1.2	2.0	0.9	5.4	5.7
			30	0.6	1.9		2.4		3.0	1.6	4.2	4.4
		60	10	0.2	0.5		0.9		1.1	0.6	2.7	1.8
			20	0.3	0.7	0.6	0.8	0.8	1.2	0.8	3.3	2.8
			30	0.3	1.0		1.4		1.9	1.0	3.5	0.9

資料-2.8 コンクリートの圧縮強度の試験所変動係数

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比 (%)	練混ぜ温度 (℃)	変動係数(%)								
				1日	3日		5日		7日		28日	91日
				封緘養生	封緘養生	標準養生	封緘養生	標準養生	封緘養生	標準養生	標準養生	標準養生
硬練りコンクリート	N	50	10	39.3	5.2		2.7		2.3	4.7	3.3	
			20	12.7	8.1	7.9	5.4	3.2	4.9	4.1	3.7	
			30	4.1	5.3		3.7		3.2	3.0	2.6	
		60	10	44.4	4.4		5.4		6.8	9.0	4.2	
			20	13.6	8.2	7.9	9.6	8.6	7.9	7.1	7.3	
			30	11.9	5.6		5.6		3.8	8.0	6.3	
	BB	50	10	15.4	11.4		12.8		11.3	10.1	5.1	
			20	4.7	10.5	10.2	13.7	7.3	11.1	6.0	7.7	
			30	10.0	9.3		18.6		16.8	11.5	11.7	
		60	10	12.5	11.3		18.2		16.0	11.8	6.7	
			20	6.9	14.3	9.4	10.3	8.3	10.3	8.1	9.6	
			30	4.8	10.1		16.5		8.8	9.8	18.1	
	L	50	10	25.0	13.1		8.4		11.0	14.8	9.6	2.6
			20	10.0	10.3	10.1	10.8	11.2	11.5	8.0	5.6	1.4
			30	3.6	12.6		12.5		11.7	13.2	7.0	2.6
		60	10	20.0	12.1		10.0		10.3	9.7	19.2	7.1
			20	10.5	9.6	10.4	9.2	11.5	13.0	8.8	5.2	6.7
			30	2.8	13.8		15.7		22.7	17.1	15.8	6.5
軟練りコンクリート	N	50	10	17.4	5.9		6.6		7.1	4.7	4.0	
			20	14.4	8.0	6.1	7.4	5.1	5.3	4.8	2.3	
			30	2.5	6.9		5.2		5.4	5.8	4.5	
		60	10	25.0	5.2		5.6		4.3	9.9	3.7	
			20	14.8	11.8	7.6	7.7	7.7	5.9	6.9	6.2	
			30	7.3	9.8		8.9		9.1	9.2	7.0	
	BB	50	10	25.0	13.0		20.3		16.4	14.8	6.1	
			20	7.3	13.1	10.2	13.1	10.8	9.8	12.6	9.2	
			30	11.6	16.3		16.0		13.8	12.7	10.4	
		60	10	12.5	14.8		17.0		17.4	12.8	5.8	
			20	10.7	12.5	10.1	12.9	7.9	7.0	6.0	5.7	
			30	9.8	9.6		15.2		7.6	8.9	9.0	
	L	50	10	50.0	22.9		25.0		26.0	17.0	13.8	6.2
			20	20.8	18.5	17.5	16.9	15.4	20.6	10.2	17.6	10.5
			30	12.2	24.4		21.1		18.8	15.2	12.4	8.1
		60	10	50.0	15.2		20.9		22.4	10.9	11.6	4.0
			20	17.6	16.7	15.0	14.5	14.5	18.8	13.8	16.8	6.7
			30	9.4	18.9		19.2		18.6	15.6	15.4	2.1

資料 3-1 断熱温度上昇試験結果（普通ポルトランドセメント, W/C=50%）

経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)				経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)			
	A	D	E	G		A	D	E	G
0	0.0	0.0	0.0	0.0	150		53.0	50.7	49.0
2	0.6	0.7	0.6	0.6	156		52.9	50.7	49.0
4	0.7	1.6	1.2	1.1	162		52.9	50.7	49.0
6	2.0	3.1	2.7	2.3	168		52.9	50.7	49.0
8	3.6	5.7	5.8	4.7	174		52.9		
10	6.6	9.7	11.4	9.1	180		52.9		
12	12.2	15.8	17.6	15.7	186		52.8		
14	18.0	20.3	22.2	19.8	192		52.7		
16	22.1	23.6	26.3	23.7	198		52.7		
18	26.3	26.8	30.3	27.5	204		52.6		
20	30.0	29.8	33.2	30.9	210		52.6		
22	33.4	32.5	35.8	33.8	216		52.5		
24	36.1	34.8	37.8	35.9	222		52.5		
26	38.2	36.7	39.5	37.6	228		52.4		
28	39.9	38.3	40.9	39.1	234		52.3		
30	41.4	39.8	42.2	40.4	240		52.3		
32	42.8	41.0	43.4	41.6	246		52.2		
34	44.1	42.1	44.4	42.7	252		52.2		
36	45.1	43.2	45.3	43.6	258		52.1		
38	46.1	44.1	46.1	44.4	264		52.1		
40	46.9	44.9	46.8	45.0	270		52.0		
42	47.5	45.6	47.4	45.6	276		51.9		
44	48.1	46.3	47.9	46.1	282		51.9		
46	48.6	46.9	48.3	46.6	288		51.8		
48	49.1	47.4	48.7	46.9	294				
50	49.5	47.9	48.9	47.3	300				
52	49.8	48.3	49.2	47.6	306				
54	50.1	48.7	49.5	47.8	312				
56	50.3	49.1	49.7	48.0	318				
58	50.6	49.4	50.0	48.2	324				
60	50.7	49.7	50.2	48.4	330				
62	50.9	50.0	50.4	48.5	336				
64	51.0	50.2	50.5	48.5	340				
66	51.2	50.4	50.6	48.7	344				
68	51.3	50.6	50.6	48.7	348				
70	51.4	50.8	50.6	48.8	352				
72	51.5	51.0	50.6	48.8					
78	51.7	51.4	50.6	48.9					
84	51.8	51.8	50.7	49.0	実測値 K	52.1	53.0	50.8	49.0
90	51.8	52.1	50.8	49.0	推定値 K ₁	53.1	53.6	51.6	49.9
96	51.9	52.3	50.8	49.0	α	1.027	0.973	1.177	1.136
102	51.9	52.4	50.8	49.0	推定値 K' ₁	51.7	52.4	50.6	48.8
108	52.0	52.7	50.8	49.0	α	1.071	0.985	1.299	1.235
114	52.1	52.7	50.8	49.0	β	1.799	1.402	1.650	1.703
120	52.1	52.8	50.8	49.0	推定値 K ₂	52.0	53.0	50.8	49.0
126		52.9	50.8	49.0	α	1.079	1.003	1.224	1.185
132		53.0	50.8	49.0	推定値 K ₂	52.0	53.0	50.8	49.0
138		52.9	50.8	49.0	α	0.791	0.786	1.018	0.975
144		52.9	50.7	49.0	β	1.573	1.310	1.641	1.733

(注)推定値 K₁、K'₁ は文献 3)を参照し算出した。推定値 K₂ は文献 2)を参照し算出した。

資料 3-2 断熱温度上昇試験結果（普通ポルトランドセメント，W/C=60%）

経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)				経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)			
	A	D	E	G		A	D	E	G
0	0.0	0.0	0.0	0.0	150	45.9	41.9	46.6	42.5
2	0.6	0.6	0.8	0.6	156		41.9	46.6	42.5
4	1.2	1.2	1.5	1.1	162		41.8	46.6	42.5
6	2.1	2.5	3.1	2.4	168		41.8	46.6	42.5
8	3.9	4.5	6.1	4.8	174		41.7	46.7	42.5
10	7.1	7.7	11.2	9.0	180		41.7	46.9	42.5
12	12.6	12.2	16.4	13.9	186		41.6	46.9	42.5
14	16.6	16.7	19.7	16.8	192		41.6	46.9	
16	19.9	19.3	22.9	19.8	198		41.5	46.9	
18	23.1	21.7	25.8	22.7	204		41.4	47.0	
20	26.0	24.0	28.4	25.3	210		41.4	47.0	
22	28.7	26.2	30.7	27.7	216		41.3	47.0	
24	31.0	28.3	32.5	29.8	222		41.2	46.9	
26	32.8	30.1	33.9	31.5	228		41.1	47.1	
28	34.3	31.5	35.1	32.8	234		41.0	47.0	
30	35.5	33.2	36.3	33.9	240		40.9	46.9	
32	36.6	34.2	37.3	34.8	246		40.8	46.9	
34	37.6	34.8	38.2	35.7	252		40.7		
36	38.4	35.6	39.2	36.5	258		40.6		
38	39.2	36.3	39.7	37.1	264		40.5		
40	39.9	36.9	40.4	37.7	270		40.4		
42	40.5	37.5	41.0	38.2	276		40.3		
44	41.1	38.0	41.5	38.7	282		40.2		
46	41.6	38.3	41.9	39.2	288		40.2		
48	42.0	38.7	42.2	39.5	294		40.1		
50	42.4	39.1	42.8	39.9	300		40.1		
52	42.8	39.3	43.1	40.2	306		40.0		
54	43.1	39.6	43.5	40.4	312		39.9		
56	43.4	39.8	43.8	40.6	318				
58	43.6	40.0	44.1	41.0	324				
60	43.9	40.3	44.4	41.1	330				
62	44.1	40.5	44.6	41.3	336				
64	44.2	40.6	44.8	41.4	340				
66	44.4	40.8	45.0	41.6	344				
68	44.6	40.9	45.2	41.7	348				
70	44.7	41.0	45.3	41.8	352				
72	44.8	41.1	45.4	41.9					
78	45.2	41.4	45.7	42.1					
84	45.4	41.6	46.0	42.4	実測値 K	45.9	42.2	47.1	42.5
90	45.6	41.7	46.2	42.4	推定値 K ₁	46.7	42.8	47.1	43.2
96	45.7	41.9	46.2	42.5	α	0.998	1.018	1.065	1.071
102	45.8	42.2	46.2	42.5	推定値 K' ₁	45.5	41.8	46.2	42.3
108	45.9	42.2	46.5	42.5	α	1.019	1.048	1.104	1.119
114	45.9	42.1	46.5	42.5	β	1.559	1.536	1.381	1.530
120	45.9	42.1	46.5	42.5	推定値 K ₂	45.9	42.2	47.1	42.5
126	45.9	42.1	46.6	42.5	α	1.041	1.057	1.069	1.115
132	45.9	42.0	46.6	42.5	推定値 K ₂	45.9	42.2	47.1	42.5
138	45.9	42.0	46.6	42.5	α	0.788	0.834	0.894	0.901
144	45.9	42.0	46.6	42.5	β	1.514	1.432	1.011	1.539

(注)推定値 K₁、K'₁ は文献 3)を参照し算出した。推定値 K₂ は文献 2)を参照し算出した。

資料 3-3 断熱温度上昇試験結果 (高炉セメント B 種, W/C=50%)

経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)				経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)			
	B	C	H			B	C	H	
0	0.0	0.0	0.0		150	51.7	54.6	51.6	
2	0.5	0.9	0.9		156	51.8	54.5	51.6	
4	0.9	1.4	1.9		162	51.8	54.5	51.6	
6	1.7	2.6	3.7		168	51.8	54.5	51.6	
8	3.1	4.8	6.4		174	51.9	54.5		
10	5.4	7.6	9.2		180	51.9	54.3		
12	8.1	10.9	13.6		186	52.0	54.3		
14	11.8	15.5	16.4		192	52.0			
16	15.9	18.4	18.6		198	52.0			
18	18.8	20.9	20.7		204				
20	21.4	23.2	22.8		210				
22	24.1	25.8	24.8		216				
24	26.7	28.2	26.9		222				
26	29.1	30.5	28.8		228				
28	31.5	32.6	30.6		234				
30	33.6	34.6	32.4		240				
32	35.6	36.6	34.1		246				
34	37.4	38.3	35.7		252				
36	39.0	40.0	37.0		258				
38	40.4	41.4	38.2		264				
40	41.7	42.8	39.5		270				
42	42.9	44.0	40.7		276				
44	43.9	45.2	41.8		282				
46	44.8	46.1	42.8		288				
48	45.6	47.1	43.7		294				
50	46.3	47.9	44.6		300				
52	47.0	48.7	45.3		306				
54	47.7	49.5	46.1		312				
56	48.3	50.2	46.8		318				
58	48.8	50.8	47.5		324				
60	49.3	51.3	48.0		330				
62	49.7	51.7	48.5		336				
64	50.0	52.2	49.0		340				
66	50.2	52.5	49.3		344				
68	50.4	52.7	49.6		348				
70	50.5	52.9	49.9		352				
72	50.7	53.0	50.2						
78	51.0	53.4	50.5						
84	51.2	53.7	50.8		実測地 K	52.0	54.6	51.6	
90	51.4	53.9	51.0		推定値 K_1	53.5	56.3	53.0	
96	51.5	54.1	51.1		α	0.782	0.777	0.784	
102	51.5	54.2	51.2		推定値 K'_1	51.5	54.4	51.6	
108	51.6	54.3	51.3		α	0.696	0.707	0.735	
114	51.6	54.4	51.3		β	1.718	1.544	1.381	
120	51.6	54.4	51.4		推定値 K_2	52.2	54.6	51.6	
126	51.7	54.5	51.4		α	0.843	0.840	0.845	
132	51.7	54.5	51.5		推定値 K_2	52.2	54.6	51.6	
138	51.7	54.5	51.5		α	0.598	0.631	0.703	
144	51.7	54.5	51.5		β	1.344	1.447	1.340	

(注)推定値 K_1 、 K'_1 は文献 3)を参照し算出した。推定値 K_2 は文献 2)を参照し算出した。

資料 3-4 断熱温度上昇試験結果（高炉セメント B 種, W/C=60%）

経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)				経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)			
	B	C	H			B	C	H	
0	0.0	0.0	0.0		150		47.5		
2	0.5	0.6	0.9		156		47.5		
4	0.9	1.2	1.8		162		47.5		
6	1.6	2.3	3.5		168		47.4		
8	2.9	4.1	5.6		174		47.4		
10	4.8	6.2	8.0		180		47.3		
12	7.1	8.7	11.6		186		47.2		
14	10.1	12.2	13.8		192		47.2		
16	13.3	14.6	15.7		198		47.2		
18	15.5	16.4	17.2		204		47.1		
20	17.5	18.2	18.8		210				
22	19.5	20.0	20.4		216				
24	21.5	21.6	22.0		222				
26	23.3	23.2	23.5		228				
28	25.1	24.7	24.9		234				
30	26.8	26.3	26.3		240				
32	28.3	27.6	27.7		246				
34	29.8	29.0	29.0		252				
36	31.1	30.3	30.0		258				
38	32.4	31.5	31.2		264				
40	33.5	32.8	32.2		270				
42	34.6	33.9	33.3		276				
44	35.5	34.8	34.2		282				
46	36.4	35.9	35.1		288				
48	37.2	36.7	36.0		294				
50	38.0	37.6	36.8		300				
52	38.7	38.5	37.6		306				
54	39.3	39.2	38.3		312				
56	39.9	39.9	39.0		318				
58	40.4	40.6	39.5		324				
60	40.9	41.1	40.1		330				
62	41.4	41.7	40.7		336				
64	41.8	42.2	41.1		340				
66	42.2	42.7	41.6		344				
68	42.5	43.1	42.0		348				
70	42.9	43.5	42.4		352				
72	43.2	44.0	42.7						
78	44.0	45.1	43.5						
84	44.6	45.8	44.1		実測地 K	45.3	47.6	45.1	
90	44.9	46.4	44.4		推定値 K_1	47.2	49.7	46.7	
96	45.1	46.9	44.7		α	0.691	0.634	0.703	
102	45.1	47.1	44.8		推定値 K'_1	45.2	47.7	45.3	
108	45.2	47.3	44.9		α	0.611	0.578	0.660	
114	45.3	47.4	45.0		β	1.531	1.371	1.295	
120	45.3	47.5	45.1		推定値 K_2	45.9	47.6	45.2	
126	45.3	47.5	45.1		α	0.763	0.707	0.766	
132		47.6	45.1		推定値 K_2	45.9	47.6	45.2	
138		47.6	45.1		α	0.528	0.526	0.647	
144		47.5	45.1		β	1.672	1.501	1.401	

(注)推定値 K_1 、 K'_1 は文献 3)を参照し算出した。推定値 K_2 は文献 2)を参照し算出した。

資料 3-5 断熱温度上昇試験結果（低熱ポルチメントセメント, W/C=50%）

経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量(°C)				経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量(°C)			
	A	D	E	G		A	D	E	G
0	0.0	0.0	0.0	0.0	198	40.5	40.2	37.8	39.2
2	0.6	0.9	0.5	0.6	204	40.8	40.3	38.1	39.5
4	0.9	2.1	1.0	0.9	210	41.0	40.5	38.4	39.7
6	1.3	2.6	1.7	1.2	216	41.2	40.7	38.9	39.8
8	1.9	3.4	3.1	1.8	222	41.4	40.9	39.2	39.9
10	3.2	5.0	5.2	3.1	228	41.6	41.1	39.4	40.0
12	5.1	7.1	7.4	5.1	234	41.8	41.2	39.7	40.1
14	7.5	9.4	9.6	7.7	240	41.9	41.4	39.9	40.2
16	9.9	11.6	11.7	9.8	246	42.0	41.4	40.2	40.3
18	12.5	13.9	14.0	12.6	252	42.2	41.5	40.5	40.4
20	15.1	16.2	15.6	15.0	258	42.3	41.6	40.7	40.5
22	17.0	17.9	16.5	16.4	264	42.4	41.6	40.9	40.6
24	18.2	18.8	17.2	17.3	270	42.4	41.8	41.1	40.7
26	19.0	20.3	17.8	18.1	276	42.5	41.8	41.3	40.7
28	19.8	21.6	18.3	18.8	282	42.6	41.9	41.5	40.7
30	20.4	22.4	18.7	19.4	288	42.7	41.9	41.7	40.8
32	21.0	22.9	19.1	20.1	294	42.7	41.9	41.8	40.8
34	21.5	23.5	19.5	20.5	300	42.8	42.0	42.0	40.8
36	22.0	24.0	19.9	21.1	306	42.9	42.0	42.1	40.8
38	22.5	24.3	20.2	21.6	312	42.9	42.0	42.2	40.9
40	22.9	24.8	20.5	22.0	318	42.9	42.1	42.4	40.9
42	23.4	25.1	20.9	22.5	324	43.0	42.0	42.5	40.9
44	23.8	25.4	21.2	22.9	330	43.0	42.1	42.6	40.9
46	24.1	25.8	21.5	23.3	336	43.0	42.1	42.7	41.0
48	24.5	26.0	21.8	23.7	342	43.0	42.2	42.7	41.0
50	24.9	26.2	22.1	24.0	348	43.0	42.1	42.8	41.0
52	25.2	26.5	22.3	24.4	354	43.1	42.2	42.8	41.0
54	25.6	26.8	22.6	24.7	360	43.1	42.2	42.9	41.0
56	25.9	27.1	22.9	25.1	366	43.1	42.1	42.9	41.0
58	26.2	27.4	23.1	25.4	372	43.1	42.1	42.9	
60	26.5	27.6	23.4	25.7	378		42.0	43.0	
62	26.9	27.9	23.7	26.0	384		42.0	43.0	
64	27.2	28.1	23.9	26.3	390		42.0	43.0	
66	27.5	28.5	24.2	26.6	396		42.0	43.0	
68	27.8	28.8	24.4	26.8	402		41.9	43.1	
70	28.1	29.0	24.7	27.1	408		41.8	43.1	
72	28.4	29.2	24.9	27.5	414		41.8	43.1	
78	29.2	29.9	25.6	28.2	420		41.8	43.1	
84	30.1	30.6	26.4	29.0	426		41.8	43.1	
90	30.9	31.3	27.1	29.8	432			43.1	
96	31.7	31.8	27.8	30.5	438				
102	32.5	32.5	28.5	31.2	444				
108	33.3	33.1	29.2	31.9	450				
114	34.0	33.8	29.8	32.5	456				
120	34.7	34.4	30.6	33.2	462				
126	35.4	35.1	31.2	33.8	468				
132	36.0	36.0	31.9	34.4	実測値 K	43.1	42.2	43.1	41.0
138	36.6	36.4	32.5	35.0	推定値 K ₁	42.6	41.4	42.1	40.7
144	37.1	36.9	33.1	35.5	α	0.379	0.43	0.298	0.385
150	37.6	37.3	33.7	36.0	推定値 K ₁ '	42.6	41.5	42.2	40.8
156	38.1	37.7	34.4	36.5	α	0.38	0.431	0.299	0.386
162	38.6	38.2	34.9	37.0	β	0.996	0.996	0.996	0.996
168	39.0	38.6	35.5	37.4	推定値 K ₂	43.1	42.2	43.1	41.1
174	39.3	39.0	36.0	37.8	α	0.366	0.405	0.278	0.375
180	39.7	39.3	36.4	38.2	推定値 K ₂	43.1	42.2	43.1	41.1
186	40.0	39.6	36.9	38.5	α	0.324	0.409	0.305	0.33
192	40.3	39.9	37.3	38.9	β	1.065	0.977	0.977	1.072

(注)推定値 K₁、K₁' は文献 3)を参照し算出した。推定値 K₂ は文献 2)を参照し算出した。

資料 3-6 断熱温度上昇試験結果 (低熱ポルメントメント, W/C=60%)

経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)				経過時間 (Hour)	断熱温度上昇量 (°C)			
	B	C	H			B	C	H	
0	0.0	0.0	0.0		198	34.4	35.1	33.3	
2	0.4	0.6	0.9		204	34.6	35.4	33.6	
4	0.8	1.2	1.6		210	35.0	35.7	33.9	
6	1.2	2.1	2.5		216	35.4	36.0	34.3	
8	2.0	4.0	4.1		222	35.7	36.3	34.6	
10	3.4	6.1	6.1		228	36.0	36.5	34.9	
12	5.2	8.4	8.2		234	36.3	36.7	35.2	
14	7.0	10.9	10.4		240	36.6	36.9	35.5	
16	9.0	13.3	12.4		246	36.8	37.1	35.7	
18	11.0	14.7	13.4		252	37.0	37.3	35.9	
20	12.9	15.4	14.0		258	37.2	37.5	36.1	
22	14.1	16.1	14.7		264	37.4	37.6	36.3	
24	14.9	16.6	15.2		270	37.5	37.8	36.5	
26	15.5	17.1	15.6		276	37.7	37.9	36.7	
28	16.0	17.6	15.9		282	37.7	38.1	36.8	
30	16.5	18.1	16.3		288	37.8	38.2	37.0	
32	17.0	18.5	16.8		294	37.8	38.4	37.0	
34	17.5	18.8	17.1		300	38.0	38.5	37.1	
36	18.0	19.2	17.5		306	38.1	38.6	37.2	
38	18.4	19.4	17.8		312	38.1	38.7	37.3	
40	18.8	19.8	18.1		318	38.1	38.8	37.4	
42	19.1	20.2	18.4		324	38.2	38.9	37.5	
44	19.5	20.4	18.7		330	38.3	38.9	37.5	
46	19.8	20.7	19.0		336	38.3	39.0	37.6	
48	20.1	21.0	19.2		342		39.2	37.6	
50	20.3	21.2	19.5		348		39.2	37.7	
52	20.6	21.5	19.8		354		39.3	37.7	
54	20.9	21.8	20.0		360		39.3	37.8	
56	21.1	22.0	20.3		366		39.4	37.8	
58	21.4	22.3	20.5		372		39.4	37.9	
60	21.6	22.5	20.7		378		39.5	37.9	
62	21.9	22.7	21.0		384		39.5	38.0	
64	22.1	23.1	21.2		390		39.6	38.0	
66	22.3	23.2	21.3		396		39.6	38.1	
68	22.5	23.5	21.6		402		39.7	38.1	
70	22.7	23.7	21.8		408			38.2	
72	22.9	24.0	22.0		414			38.2	
78	23.5	24.7	22.6		420			38.2	
84	24.2	25.3	23.2		426			38.3	
90	24.8	26.0	23.8		432			38.3	
96	25.4	26.6	24.3		438			38.3	
102	26.0	27.4	24.9		444			38.3	
108	26.7	27.9	25.5		450			38.3	
114	27.3	28.6	26.1		456			38.3	
120	27.9	29.1	26.7		462				
126	28.5	29.8	27.2		468				
132	29.1	30.4	27.9		実測地 K	38.3	39.7	38.3	
138	29.7	30.9	28.5		推定値 K ₁	38.1	38.2	37.2	
144	30.2	31.4	29.0		α	0.303	0.338	0.295	
150	30.7	32.0	29.5		推定値 K' ₁	38.1	38.2	37.3	
156	31.3	32.4	30.0		α	0.304	0.339	0.296	
162	31.8	32.9	30.5		β	0.996	0.996	0.996	
168	32.2	33.3	31.1		推定値 K ₂	38.5	40.7	38.4	
174	32.6	33.7	31.6		α	0.298	0.276	0.272	
180	33.1	34.1	32.0		推定値 K ₂	38.5	40.7	38.4	
186	33.5	34.5	32.5		α	0.294	0.371	0.337	
192	33.9	34.7	32.9		β	1.030	0.805	0.909	

(注)推定値 K₁、K'₁ は文献 3)を参照し算出した。推定値 K₂ は文献 2)を参照し算出した。

関係報告

報告書番号	発行年月	専門委員会報告名
F-1	昭和28年5月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水比と圧縮強度の関係に関する報告(I)
F-2	昭和29年5月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と圧縮強さの関係に関する報告(II)
F-3	昭和30年5月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と圧縮強度の関係に関する報告(III)
F-4	昭和31年5月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と曲げおよび圧縮強さとの関係に関する報告
F-5	昭和32年5月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と圧縮強度および引張強さ係数との関係に関する報告
F-6	昭和33年5月	最近のポルトランドセメントを用いた舗装用コンクリートを対象とするA Eコンクリートのセメント水重量比と曲げおよび圧縮強度との関係に関する報告
F-7	昭和34年5月	各種セメントを用いた舗装用A Eコンクリートのセメント水重量比と強度との関係に関する報告(その2 早強および中庸熟ポルトランドセメント)
F-8	昭和35年4月	各種セメントを用いた舗装用A Eコンクリートのセメント水重量比と強度との関係に関する報告(その3 高炉セメント)
F-9	昭和36年4月	各種セメントを用いた舗装用A Eコンクリートのセメント水重量比と強度との関係に関する報告(その4 シリカセメントおよびフライアッシュセメント)
F-10	昭和36年4月	コンクリート強度におよぼす細骨材の影響に関する共同試験報告
F-11	昭和36年4月	コンクリート圧縮強度におよぼす試験方法の影響に関する共同試験報告
F-12	昭和37年5月	コンクリート圧縮強度におよぼす試験方法の影響に関する共同試験報告(その2)
F-13	昭和38年3月	コンクリート圧縮強度におよぼす試験方法の影響に関する共同試験報告(その3)
F-14	昭和39年6月	各種のセメントを用いたコンクリートの圧縮強度に関する共同試験報告(その1)
F-15	昭和40年8月	各種のセメントを用いたコンクリートの圧縮強度に関する共同試験報告(その2)
F-16	昭和41年9月	スランプの相違をも含めたコンクリートのセメント水比と圧縮強度との関係に関する報告
F-17	昭和42年4月	各種のセメントを用いたコンクリートの長期強度に関する共同試験報告
F-18	昭和42年9月	硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告
F-19	昭和43年5月	富配合かた練りコンクリートのセメント水比と圧縮強度および引張強度との関係に関する報告
F-20	昭和43年10月	砕石を用いた舗装用コンクリートの圧縮強度および曲げ強度に関する報告
F-21	昭和44年9月	砕石を用いた軟練りコンクリートの配合および強度に関する報告
F-22	昭和45年9月	舗装用コンクリートの曲げ強度および引張強度に関する共同試験報告
F-23	昭和46年3月	硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告(その2)
F-24	昭和47年9月	コンクリートの強度試験方法に関する共同試験報告(その1) I 圧縮強度試験におけるキャッピング材料およびキャッピング方法 II 引張強度試験における支承材の有無および支承材の材質 III 曲げ強度試験における供試体の寸法および載荷方法
F-25	昭和48年10月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する共同試験報告
F-26	昭和50年9月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する共同試験報告(II) 1.回収水使用コンクリートの性質に及ぼす温度の影響 2.減水剤を用いたコンクリートに及ぼす回収水の影響 3.スラッジの経過日数がコンクリートの性質に及ぼす影響 4.回収水とスラッジの品質調査

報告書番号	発行年月	専門委員会報告名
F-27	昭和50年9月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する共同試験報告(Ⅲ) 回収水使用コンクリートの性質に及ぼすスラッジ組成の影響 (付)F-25における中性化試験の中間報告
F-28	昭和51年12月	細骨材の品質調査報告
F-29	昭和52年10月	粗骨材の品質調査報告
F-30	昭和52年9月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する促進試験報告
F-25 追加報告	昭和53年4月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する共同試験 コンクリートの中性化試験結果
F-31	昭和54年6月	粗骨材の品質がコンクリートの諸性質におよぼす影響
F-32	昭和56年3月	細骨材の品質がコンクリートの諸性質におよぼす影響
F-33	昭和56年3月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 -材齢5年中間報告(その1)-
F-34	昭和57年5月	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告(その1) -普通ポルトランドセメントおよび早強ポルトランドセメントを用いた場合-
F-35	昭和57年7月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 -材齢5年中間報告(その2)-
F-36	昭和58年2月	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告(その2) -高炉セメントB種およびフライアッシュセメントB種を用いた場合-
F-37	昭和59年3月	コア供試体の圧縮強度におよぼす各種試験要因の影響
F-38	昭和60年7月	初期の乾燥がコンクリートの諸性質におよぼす影響
F-39	昭和61年6月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 -材齢10年中間報告(その1)-
F-40	昭和62年8月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 -材齢10年中間報告(その2)-
F-41	昭和63年4月	コンクリートによる高炉スラグ微粉末の混合率に関する研究
F-42	昭和63年1月	コンクリートによるアルカリ反応性骨材の膨張特性に関する研究(その1) -40℃湿空条件における試験結果-
F-43	1989年8月	コンクリートによるアルカリ反応性骨材の膨張特性に関する研究(その2) -屋外暴露および20℃海水反復浸漬条件における試験結果-
F-44	1989年9月	コンクリートによるアルカリ・シリカ反応の防止に関する研究
F-45	1991年6月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 -材齢15年中間報告-
F-46	1992年10月	石灰石骨材コンクリートに関する研究
F-47	1994年3月	石灰石骨材のアルカリ炭酸塩岩反応に関する調査・研究
F-48	1998年4月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 材齢20年最終報告
F-49	1999年3月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 -セメントの種類、養生条件および海洋暴露条件の影響(材齢10年試験)-
F-50	1999年3月	コンクリートの断熱温度上昇試験方法に関する研究
F-51	2002年3月	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

ISBN4-88175-050-X C3358 ¥1500E

コンクリート専門委員会報告

定 価 : 本体 1,500 + 税

平成 14 年 3 月 25 日 印刷
平成 14 年 3 月 30 日 発行

社団法人 セ メ ン ト 協 会
東 京 都 中 央 区 八 丁 堀 4-5-4
秀和桜橋ビル 7 階

電話 03 (3523) 2701 (代)

発行所 社団法人 セメント協会・研究所
東京都北区豊島 4 丁目 17 番 33 号

電話 03 (3914) 2691 (代)

印刷所 有限会社 プリントニューライフ
東京都千代田区三崎町 2-12-5
電話 03 (3263) 0633

JCA