

コンクリート専門委員会報告

REPORT OF THE TECHNICAL COMMITTEE ON CONCRETE

F-61

練上がり温度とその後の養生方法が
コンクリートの耐久性に与える影響に関する実験報告
- 中性化および塩分浸透について -

A test report on effects of casting temperature and curing method
on durability of concrete: carbonation and chloride ion penetration

2023 年 6 月

(June. 2023)

一般社団法人セメント協会

JAPAN CEMENT ASSOCIATION

要 旨

コンクリート構造物は、様々な気象条件の中で建設される。コンクリート構造物の品質は、気象条件の影響を受けるため、日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 (JASS5) および土木学会 コンクリート標準示方書の仕様書類や事前の検討結果などに従った施工が不可欠である。一方で、気象条件とコンクリート自体の品質との関係を把握しておくことも肝要である。

コンクリートに要求される主な品質は、フレッシュ性状、圧縮強度、劣化に対する抵抗性である。打設環境や養生環境がコンクリートのフレッシュ性状や圧縮強度に与える影響については、多くの知見や研究報告があるものの、中性化や塩分浸透などの劣化に対する抵抗性に与える影響については、一部の研究報告にとどまっている。そこで、打設環境や養生環境が中性化や塩分浸透に与える影響を明らかにすることを目的に、練上がり温度 (10~35℃) と養生方法 (水中養生・封かん養生・簡易断熱養生) を要因として、室内での促進試験を行った。

圧縮強度への影響については、4 つのポルトランドセメント (普通・早強・中庸熱・低熱) と 1 つの混合セメント (高炉 B 種) の計 5 セメントを対象に検討した。圧縮強度はセメント種類と練上がり温度で違いはあるものの、材齢 7 日では簡易断熱養生が最も大きく、その後、強度発現が緩やかになることから、材齢 28 日では簡易断熱養生に水中養生や封かん養生が追いつき、材齢 91 日では水中養生が最も大きくなる傾向であった。

中性化および塩分浸透への影響については、普通ポルトランドセメントの 1 セメントを対象に検討した。促進中性化深さは、練上がり温度 10℃の封かん養生および簡易断熱養生で大きくなる傾向があった。塩分浸透深さは、練上がり温度 35℃の封かん養生および簡易断熱養生で大きくなる傾向があった。

圧縮強度、中性化速度係数および見掛けの拡散係数の 3 つの物性値を同一の水セメント比で比較した結果、圧縮強度では水セメント比が小さい場合に、中性化速度係数および見掛けの拡散係数では水セメントが大きい場合に、練上がり温度および養生方法の影響が大きくなった。本実験の範囲では、練上がり温度および養生方法が各物性値に与える影響のメカニズムは判然としない部分があるものの、中性化速度係数および見掛けの拡散係数は、水セメント比を小さくすることで、両者の影響度を小さくできることがわかった。一方で、圧縮強度は、水セメント比が小さいほど、両者の影響度が大きくなるため、調合管理強度の設定に留意する必要があることが示唆された。

本実験報告が、コンクリートの耐久性の向上に資する基礎データとして、活用されれば幸いである。

序

コンクリート専門委員会では、「コンクリートの耐久性に関する調査研究」を活動テーマの1つとしている。

コンクリートの耐久性の向上に資する基礎データの蓄積のため、練上がり温度や養生方法を要因として、コンクリートの中性化および塩分浸透に与える影響を室内での促進試験で検討した。本委員会報告は、その成果を取りまとめたものである。

コンクリート専門委員会（2023年6月現在）

委員長	太平洋セメント株式会社	石田 征男
委員	日鉄高炉セメント株式会社	平本 真也
	日鉄セメント株式会社	小倉 東
	株式会社トクヤマ	加藤 弘義
	デンカ株式会社	田原 和司
	UBE 三菱セメント株式会社	高原 幸之助
	住友大阪セメント株式会社	本田 和也
事務局	一般社団法人セメント協会	吉田 雅彦
		吉本 徹
		中村 弘典
		伊藤 孝文
（旧）委員長	（旧）宇部興産株式会社	大和 功一郎
	住友大阪セメント株式会社	草野 昌夫
（旧）委員	日鉄高炉セメント株式会社	大塚 勇介
	日鉄セメント株式会社	八島 洋
	太平洋セメント株式会社	多田 克彦
		小川 洋二
		谷村 充
	デンカ株式会社	上村 豊
	UBE 三菱セメント株式会社	伊藤 智章
	（旧）三菱マテリアル株式会社	針貝 貴浩
		桜田 道博
		中山 英明
	住友大阪セメント株式会社	西 元央
		中島 有一

目 次

1. 緒言	1
2. 実験概要	2
2.1 実験条件	2
2.2 使用材料	3
2.2.1 セメント	3
2.2.2 骨材	3
2.2.3 練混ぜ水	4
2.2.4 混和剤	4
2.3 コンクリートの調合条件	4
2.4 コンクリートの練混ぜおよび供試体の成形	4
2.5 供試体の養生方法	5
2.6 試験項目および試験方法	6
2.6.1 練上がり時のコンクリート温度	6
2.6.2 スランプ試験および空気量試験	6
2.6.3 圧縮強度試験および静弾性係数試験	6
2.6.4 促進中性化試験	6
2.6.5 塩水浸せき試験	7
3. 実験結果と考察	8
3.1 コンクリートの調合およびフレッシュ性状	8
3.2 簡易断熱養生の温度履歴	9
3.3 練上がり温度と圧縮強度の関係	12
3.3.1 セメント種類での比較	12
3.3.2 水セメント比での比較	12
3.4 養生方法と圧縮強度の関係	15
3.4.1 セメント種類での比較	15
3.4.2 水セメント比での比較	15
3.5 促進中性化	18
3.5.1 練上がり温度および養生方法の影響	18
3.5.2 水セメント比と中性化速度係数の関係	20
3.6 塩分浸透	21
3.6.1 練上がり温度および養生方法の影響	21
3.6.2 水セメント比と見掛けの拡散係数の関係	23
3.7 練上がり温度および養生方法が圧縮強度・中性化速度係数・見掛けの拡散係数に与える影響	24
4. 結言	26
[参考文献]	27

資料集	28
資表 1 圧縮強度	28
資表 2 静弾性係数	29
資表 3 促進中性化深さ	30
資表 4 全塩分と不溶残分	31

1. 緒言

コンクリート構造物は、様々な気象条件の中で建設される。例えば、暑中期では、練上がり温度が高く、その後の養生温度も高く推移するが、寒中期では、練上がり温度が低く、保温養生などがなされるものの養生温度も低く推移する。このように、気象条件は、コンクリートの打設環境や養生環境に影響するため、気象条件に応じた適切な対策を講じることが、コンクリート構造物の品質を確保するうえで重要となる。

日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 (JASS5) や土木学会 コンクリート標準示方書では、記述内容に若干の違いがあるものの、所要の品質を確保するための種々の方策が示されている。具体的には、レディーミクストコンクリートの運搬時間、コンクリートの打重ね時間間隔、湿潤養生期間などを挙げることができ、これらは、施工時の外気温や養生中の平均気温に応じて設定されている。

以上を踏まえると、コンクリート構造物が所要の品質を満足するためには、上記の仕様書類や事前の検討結果に従った施工が不可欠である。一方で、気象条件とコンクリート自体の品質との関係を把握しておくことも肝要である。コンクリートに要求される主な品質は、フレッシュ性状、圧縮強度、劣化に対する抵抗性である。打設環境や養生環境がフレッシュ性状や圧縮強度に与える影響については、多くの知見や研究報告^{例えば、1)、2)、3)}があるものの、中性化や塩分浸透などの劣化に対する抵抗性に与える影響については、一部の研究報告⁴⁾にとどまっている。

そこで、打設環境や養生環境が中性化や塩分浸透に与える影響を明らかにすることを目的に、練上がり温度と養生方法を要因として、室内での促進試験を行った。

2. 実験概要

2.1 実験条件

実験条件を表 2.1 に示す。

圧縮強度試験では、普通ポルトランドセメント（N）、早強ポルトランドセメント（H）、中庸熟ポルトランドセメント（M）、低熟ポルトランドセメント（L）および高炉セメント B 種（BB）の計 5 種類のセメントを用いたコンクリートで、促進中性化試験および塩水浸せき試験では、N の 1 種類のセメントを用いたコンクリートで、練上がり温度および養生方法を要因として実験を行った。練上がり温度は 10℃～35℃とした。養生方法は、JASS および公共建築工事標準仕様書を参考に、水中養生、封かん養生および簡易断熱養生とした。

表 2.1 実験条件

要因と水準					試験項目				
					フレッシュ コンクリート		硬化 コンクリート		
セメント	水セメント比	調合条件	目標 練上がり 温度	養生 方法	練上がり 温度	スランプ 空気量	圧縮 強度	促進 中性化	塩水 浸せき
N	40% 50% 60%	目標 スランプ	10℃	水中養生 封かん養生 簡易断熱養生	○	○	○	○	○
			20℃					○	○
			30℃					-	-
			35℃					○	○
H M L	50%	18±2.5cm 目標 空気量	10℃ 20℃ 30℃		○	○	○	-	-
BB	40% 50% 60%	4.5±1.0%	10℃ 20℃ 30℃		○	○	○	-	-

2.2 使用材料

2.2.1 セメント

セメントは、市販のポルトランドセメント（JIS R 5210：2009）および高炉セメント（JIS R 5211：2009）とした。

いずれのセメントも 3 銘柄を任意に選定し、均一に等量混合したものを試料とした。セメントの化学成分を表 2.2 に、物理的性質を表 2.3 に示す。

表 2.2 セメントの化学成分（3 銘柄の等量混合品）

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	2.46	0.12	20.23	5.51	2.97	64.14	1.09	1.96	0.28	0.39	0.54	0.018
H	1.28	0.10	19.98	5.16	2.72	65.22	1.17	3.04	0.23	0.35	0.46	0.006
M	0.53	0.07	24.01	3.53	3.38	64.38	0.80	2.11	0.20	0.37	0.44	0.006
L	0.54	0.08	26.01	2.88	3.08	63.31	0.68	2.44	0.19	0.38	0.44	0.003
BB	1.48	0.13	25.78	9.03	1.86	54.76	3.54	1.99	0.29	0.37	0.53	0.011

表 2.3 セメントの物理的性質（3 銘柄の等量混合品）

セメント の種類	密度 (g/cm ³)	粉末度 ブレン 比表面積 (cm ² /g)	凝 結			安 定 性	圧縮強さ(N/mm ²)				
			水量 (%)	始発 (h・m)	終結 (h・m)		1 日	3 日	7 日	28 日	91 日
N	3.14	3300	28.0	2-10	3-40	良	—	29.9	46.4	64.4	—
H	3.13	4570	31.3	1-50	3-10	良	27.4	47.9	56.6	67.3	—
M	3.21	3480	27.4	2-40	4-05	良	—	20.3	29.1	60.2	—
L	3.23	3680	27.5	3-10	4-50	良	—	13.0	18.1	60.4	82.0
BB	3.03	3780	29.6	3-00	4-40	良	—	22.0	34.9	62.0	—

2.2.2 骨材

骨材は、粗骨材に東京都青梅市産の硬質砂岩碎石を、細骨材に千葉県君津市産の山砂を用いた。これらの骨材の粒度を表 2.4、骨材の物性を表 2.5 に示す。

表 2.4 骨材の粒度

分類	種類	産地	ふるい通過量(%)									粗粒率
		ふるい目(mm)	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
粗骨材	硬質砂岩碎石	東京都青梅市	99	90	42	4	0	—	—	—	—	6.55
細骨材	山砂	千葉県君津市	—	—	—	93	82	70	57	31	4	2.63

表 2.5 骨材の物性

分類	種類	密度(g/cm ³)			単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)
		練上がり温度	表乾	絶乾				
粗骨材	硬質	10、20、30℃	2.65	2.63	1.562	59.4	0.69	0.6
	砂岩碎石	35℃	2.68	2.67	1.591	59.6	0.46	0.4
細骨材	山砂		2.62	2.58	1.768	68.5	1.63	1.0

2.2.3 練混ぜ水

練混ぜ水は、上水道水を用いた。

2.2.4 混和剤

混和剤は、練上がり温度が 10℃、20℃および 30℃の場合に、AE 減水剤標準形（I 種）および AE 剤（I 種）を用いた。また、練上がり温度が 35℃の場合には、AE 減水剤遅延形（I 種）および AE 剤（I 種）を用いた。混和剤の主成分を表 2.6 に示す。

表 2.6 混和剤の主成分

分 類	主成分
AE 減水剤標準形（I 種）	リグニンスルホン酸化合物とポリオールとの複合体
AE 減水剤遅延形（I 種）	リグニンスルホン酸化合物
AE 剤（I 種）	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

2.3 コンクリートの調合条件

コンクリートの調合条件について、N および BB を用いた場合は、水セメント比を 40%、50%および 60%の 3 水準とした。また、H、M および L を用いた場合は、水セメント比が 50%の 1 水準とした。いずれの調合条件でも、コンクリートの目標スランプは 18±2.5cm、目標空気量は 4.5±1.0%とした。

2.4 コンクリートの練混ぜおよび供試体の成形

目標とする練上がり温度（10℃、20℃、30℃および 35℃）のフレッシュコンクリートを製造するために、使用材料は、各環境温度（10±2℃、20±2℃、30±2℃および 35±2℃）に管理した試験室で保管した。

コンクリートの練混ぜは、JIS A 1138「試験室におけるコンクリートの作り方」に準拠して行った。練混ぜに使用したミキサは、パン形強制練りミキサ（公称容量 55 リットル）とした。コンクリートの練混ぜの方法は、図 2.1 に示すとおりである。

供試体はφ100×200mm 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」に準拠して成形した。

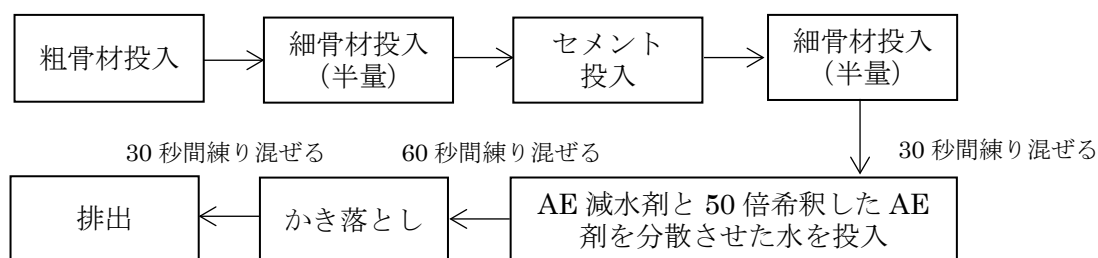


図 2.1 コンクリートの練混ぜ方法

2.5 供試体の養生方法

供試体の養生方法は、水中養生、封かん養生および簡易断熱養生の 3 水準とした。なお、水中養生は、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に、簡易断熱養生は、JASS 5 T-606「簡易断熱養生供試体による構造体コンクリート強度の推定方法」に準拠して行った。各養生方法の概要を図 2.2 に示す。

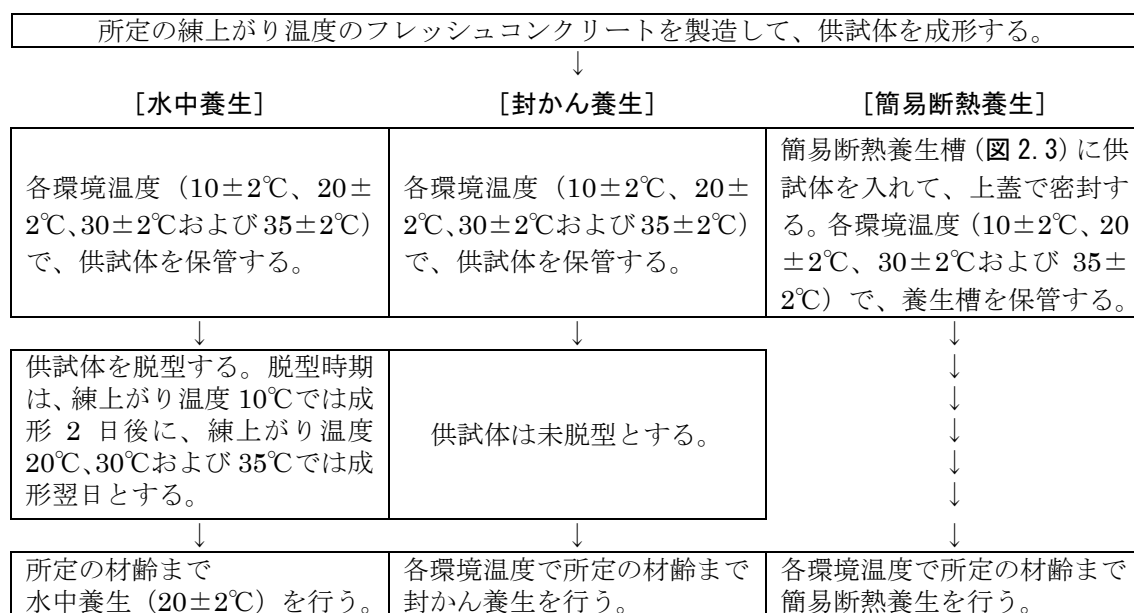


図 2.2 各養生方法の概要

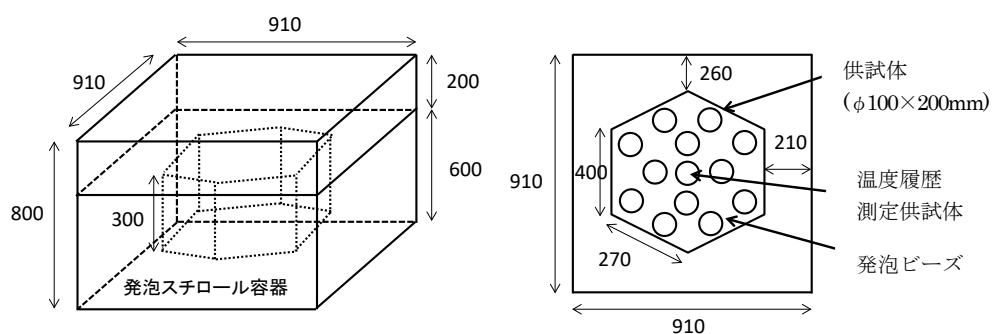


図 2.3 簡易断熱養生槽の概要

2.6 試験項目および試験方法

2.6.1 練上がり時のコンクリート温度

練上がり時のコンクリート温度の測定は、JIS A 1156「フレッシュコンクリートの温度測定方法」に準拠して行った。

2.6.2 スランプ試験および空気量試験

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、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—空気室圧力方法」に準拠して行った。

2.6.3 圧縮強度試験および静弾性係数試験

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」に準拠して行った。静弾性係数試験は、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準拠し、コンプレッソメータを用いて行った。供試体は $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体で、試験材齢は、7 日、28 日および 91 日とした。

2.6.4 促進中性化試験

促進中性化試験は、JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に準拠して行った。ただし、供試体は簡易断熱養生の影響を検討するため、簡易断熱養生槽に入れることができる $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を採用した。前養生は各養生方法（2.5 節参照）で材齢 4 週まで行った後、材齢 8 週まで気中養生（温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ ）とした。材齢 7 ～8 週の間に、供試体の両端面をエポキシ樹脂で被覆した。前養生を行った後、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ 、二酸化炭素濃度 $5 \pm 0.2\%$ の試験槽で促進中性化試験を開始した。

測定試料の概要図を図 2.4 に示す。測定試料は各促進期間（1 週、4 週、13 週および 26 週）で、円柱供試体の高さ方向と垂直に割裂した円柱試料（ $\phi 100 \times 40\text{mm}$ ）とした。中性化深さは、割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し未呈色域とした。供試体本数は 3 本として、1 供試体あたりの測点は円周方向に 12 か所とした。

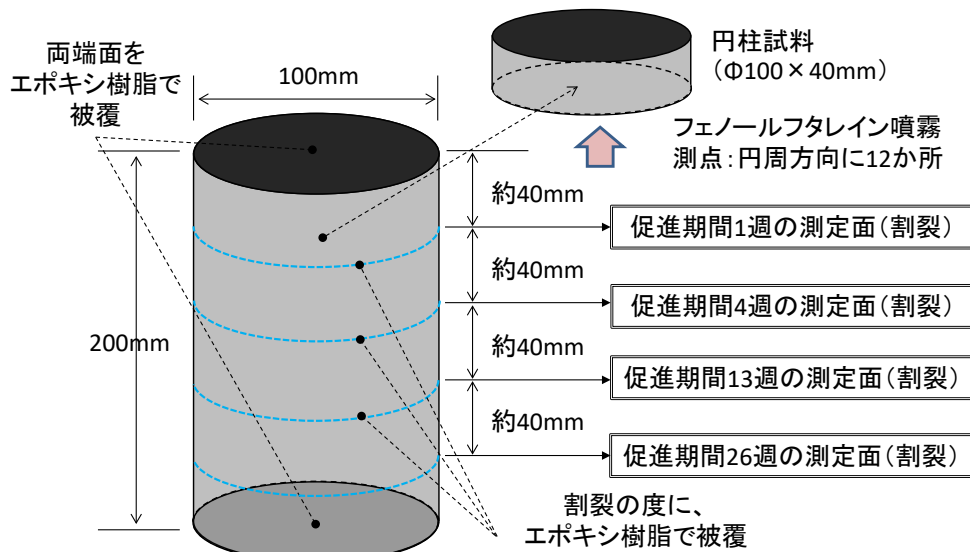


図 2.4 測定試料の概要（中性化深さ）

2.6.5 塩水浸せき試験

塩水浸せき試験は、JSCE-G 572「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法（案）」に準拠して行った。塩水浸せき試験の供試体は、供試体の両端部を 25mm ずつ切断した $\phi 100 \times 150\text{mm}$ の円柱供試体とした。前養生は各養生方法（2.5 節参照）で材齢 4 週まで行った。塩水の浸透は、打込み面（供試体上面）からの 1 面浸透とするため、前養生期間中に供試体の底面と円周面をエポキシ樹脂で被覆した。エポキシ樹脂が硬化したのち、供試体を水中（ $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ）で 24 時間保存した。その後、供試体を濃度 10% の NaCl 水溶液につけて、塩水浸せき試験を開始した。

測定試料の概要図を図 2.5 に示す。測定試料は、26 週間塩水浸せきした供試体から深さ方向の 5 点より採取した。供試体本数は 1 本とし、各層で全塩分と不溶残分を測定した。なお、全塩分と不溶残分の測定は、JCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」と JSCE-G573「実構造物におけるコンクリート中の全塩化物イオン分布の測定方法（案）」 附属書 1（参考）に準拠して行った。

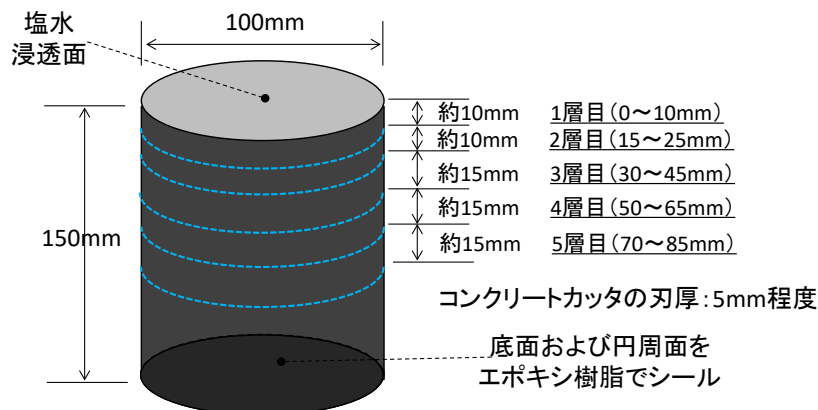


図 2.5 測定試料の概要（塩水浸せき）

3. 実験結果および考察

3.1 コンクリートの調合およびフレッシュ性状

コンクリートの調合とフレッシュ性状を表 3.1 に示す。いずれの調合においても、目標とするフレッシュ性状を得た。

表 3.1 コンクリートの調合とフレッシュ性状

目標 練上がり 温度	セメ ント	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				AE 減水剤 (C×(%))	AE 剤 (ml/m ³)	フレッシュ性状		
				W	C	S	G			スラ ンプ (cm)	空気量 (%)	実際 練上がり 温度(℃)
10℃	N	40	44	185	463	719	924	0.25	23	19.5	4.7	11
		50	46	174	348	808	959	0.25	17	18.5	4.1	11
		60	48	174	290	866	949	0.25	14	19.0	4.2	10
	H	50	46	174	348	807	959	0.25	24	19.0	4.2	11
	M	50	46	163	326	832	988	0.25	29	17.5	5.0	10
	L	50	46	163	326	833	989	0.25	26	19.0	4.0	10
	BB	40	44	185	463	712	917	0.25	30	19.0	4.8	10
		50	46	174	348	803	954	0.25	22	19.0	4.1	10
		60	48	174	290	862	945	0.25	17	19.0	4.0	10
20℃	N	40	44	185	463	718	924	0.25	19	19.0	5.0	22
		50	46	174	348	808	959	0.25	14	19.5	4.3	21
		60	48	174	290	866	949	0.25	12	19.0	4.1	21
	H	50	46	174	348	807	959	0.25	15	17.0	4.0	21
	M	50	46	170	340	818	972	0.25	22	19.5	4.7	21
	L	50	46	170	340	819	973	0.25	20	19.0	4.4	21
	BB	40	44	185	463	712	917	0.25	21	17.0	4.9	21
		50	46	174	348	803	954	0.25	19	18.5	4.4	21
		60	48	174	290	862	945	0.25	17	19.0	4.3	21
30℃	N	40	44	190	475	707	911	0.25	20	18.0	4.9	31
		50	46	178	356	800	949	0.25	16	17.5	4.5	31
		60	48	178	297	858	940	0.25	13	18.5	4.0	31
	H	50	46	178	356	799	949	0.25	16	17.5	4.1	31
	M	50	46	171	342	817	970	0.25	29	18.0	4.8	30
	L	50	46	171	342	817	970	0.25	29	17.5	4.0	30
	BB	40	44	190	475	702	903	0.25	21	16.5	4.7	31
		50	46	178	356	795	944	0.25	16	17.5	4.1	30
		60	48	178	297	854	936	0.25	14	18.0	4.0	30
35℃	N	40	46	188	470	744	893	0.25	65	17.0	4.8	36
		50	47	178	356	817	943	0.25	52	20.5	3.8	36
		60	48	178	297	858	951	0.25	46	20.5	3.7	35

※練上がり温度 10℃、20℃、30℃では、表乾密度 2.65g/cm³ の粗骨材を用いた。

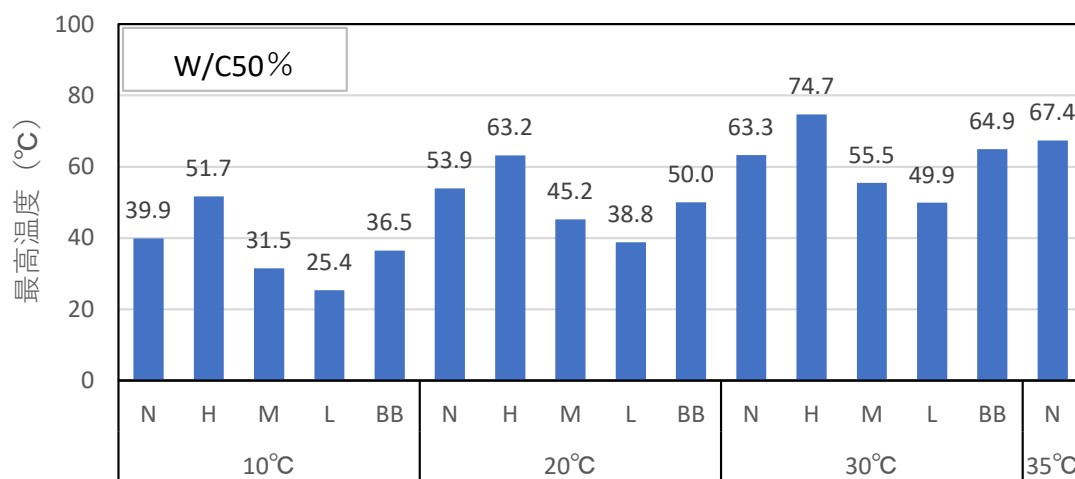
※練上がり温度 35℃では、表乾密度 2.68g/cm³ の粗骨材を用いた。

3.2 簡易断熱養生の温度履歴

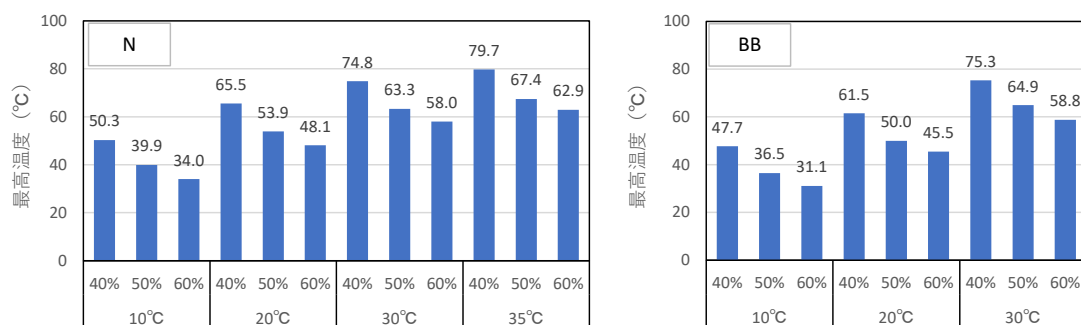
簡易断熱養生の中心供試体の最高温度を図 3.1 に示す。最高温度は、いずれのセメントも練上がり温度が高くなるに伴い、高くなった。練上がり温度 10℃、20℃の場合では、 $H > N > BB > M > L$ で、練上がり温度 30℃の場合では、 $H > BB \approx N > M > L$ の順となった。

簡易断熱養生の中心供試体の最高温度に到達した時間を図 3.2 に示す。最高温度に到達した時間は、いずれのセメントも練上がり温度の上昇に伴い、早くなる傾向にあった。練上がり温度 10℃の場合では $BB > N > M \approx H > L$ で、練上がり温度 20℃の場合では $BB > N > M > L > H$ で、練上がり温度 30℃の場合では $BB \approx L > M > N > H$ の順となった。BB は、いずれの練上がり温度でも最高温度に到達する時間が最も遅く、他のセメントの大小関係は、練上がり温度によって異なった。

簡易断熱養生の中心供試体の温度履歴を図 3.3 に示す。中心供試体の温度は、材齢 1 日～2 日程度で最高温度に達する。その後、緩やかに低下して、材齢 14 日程度で目標練上がり温度（＝環境温度）となった。



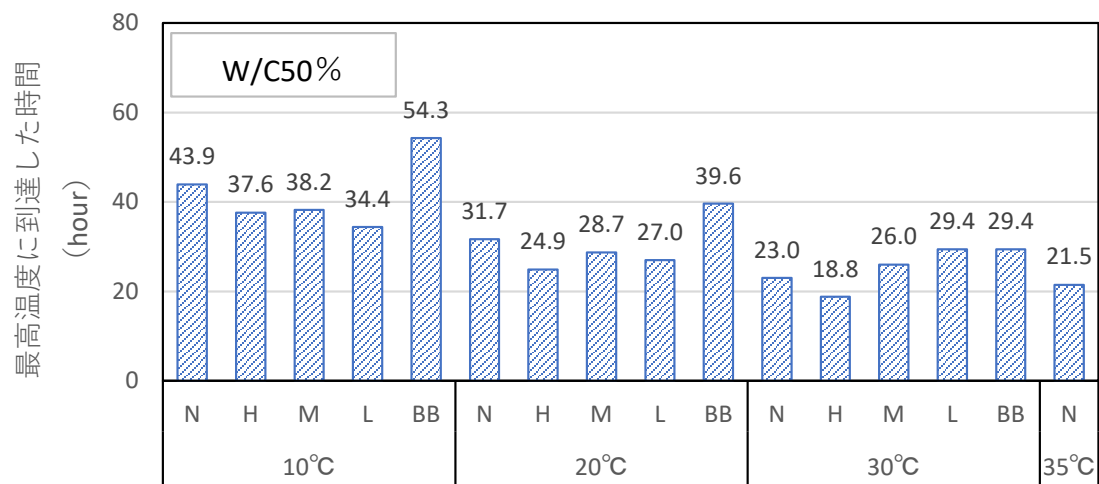
(A) セメント種類の影響（水セメント比 50%）



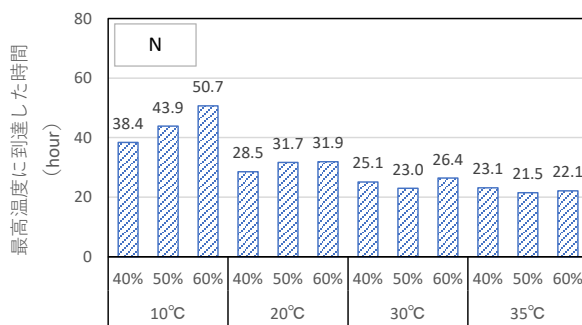
(B) 水セメント比の影響 (N)

(C) 水セメント比の影響 (BB)

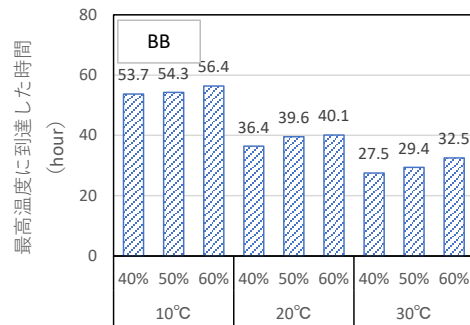
図 3.1 簡易断熱養生の中心供試体の最高温度



(A) セメント種類の影響（水セメント比 50%）

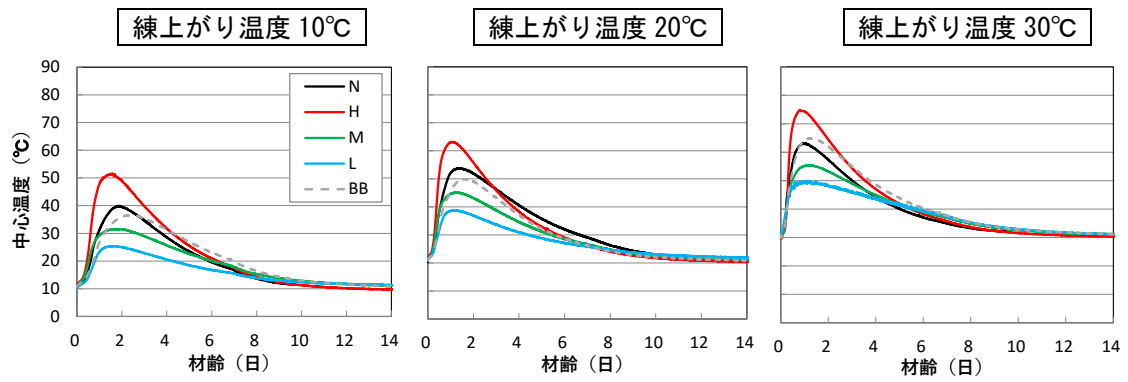


(B) 水セメント比の影響（N）

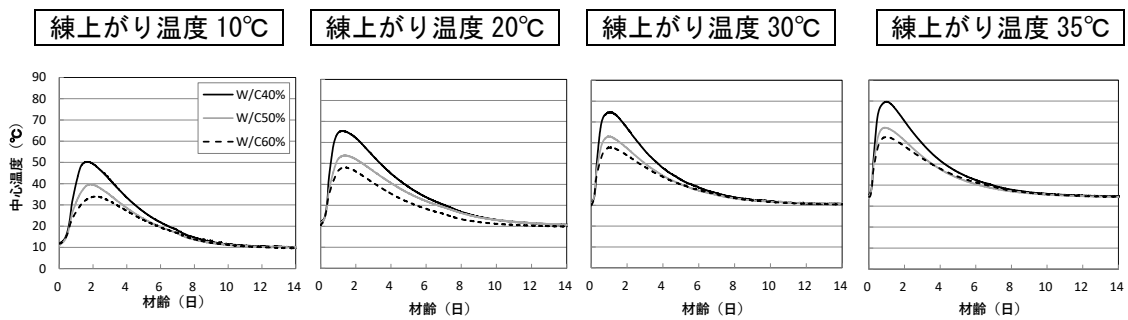


(C) 水セメント比の影響（BB）

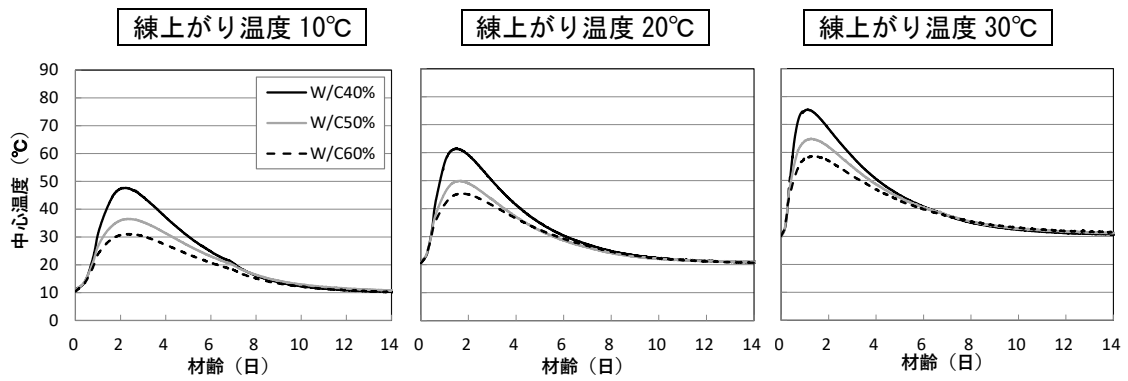
図 3.2 簡易断熱養生の中心供試体の最高温度に到達した時間



(A) セメント種類の影響（水セメント比 50%）



(B) 水セメント比の影響（N）



(C) 水セメント比の影響（BB）

図 3.3 簡易断熱温度の中心供試体の温度履歴

3.3 練上がり温度と圧縮強度の関係

練上がり温度が圧縮強度に与える影響を、養生方法毎に整理して考察する。

3.3.1 セメント種類での比較

セメント種類での比較は、水セメント比 50% の条件で行った。

水中養生における練上がり温度と強度発現性の関係を図 3.4 に示す。水中養生では、H の材齢 91 日や M、L および BB の材齢 7 日を除き、練上がり温度が高い場合に、圧縮強度が小さくなる傾向にあった。

封かん養生における練上がり温度と強度発現性の関係を図 3.5 に示す。封かん養生では、練上がり温度が高い場合に、材齢 28 日までの圧縮強度が大きくなる傾向と材齢 28 日から材齢 91 日の強度増進が小さくなる傾向があった。

簡易断熱養生における練上がり温度と強度発現性の関係を図 3.6 に示す。簡易断熱養生では、封かん養生と同様の傾向があった。ただし、N では、練上がり温度 10℃での圧縮強度が最も大きく、傾向が異なった。

3.3.2 水セメント比での比較

N を使用した場合の練上がり温度と強度発現性の関係を図 3.7 に、BB を使用した場合の練上がり温度と強度発現性の関係を図 3.8 に示す。両セメントともに養生方法に関わらず、水セメント比が小さい場合に、練上がり温度が圧縮強度に与える影響が大きくなる傾向にあった。

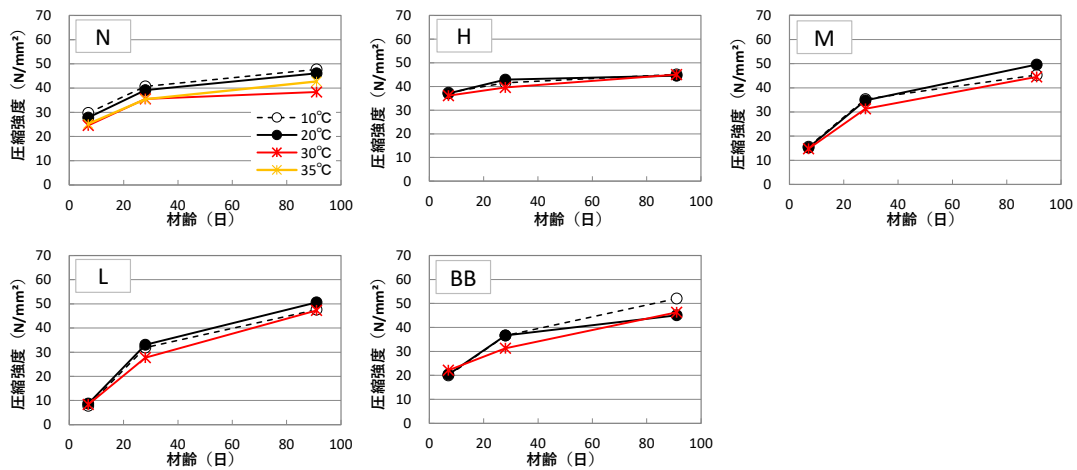


図 3.4 練上がり温度と強度発現性の関係（水中養生-水セメント比 50%）

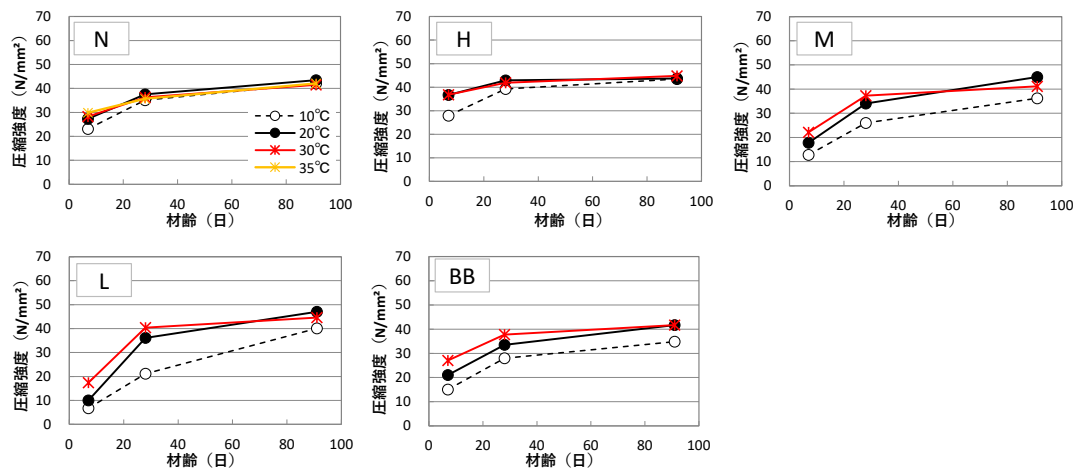


図 3.5 練上がり温度と強度発現性の関係（封かん養生-水セメント比 50%）

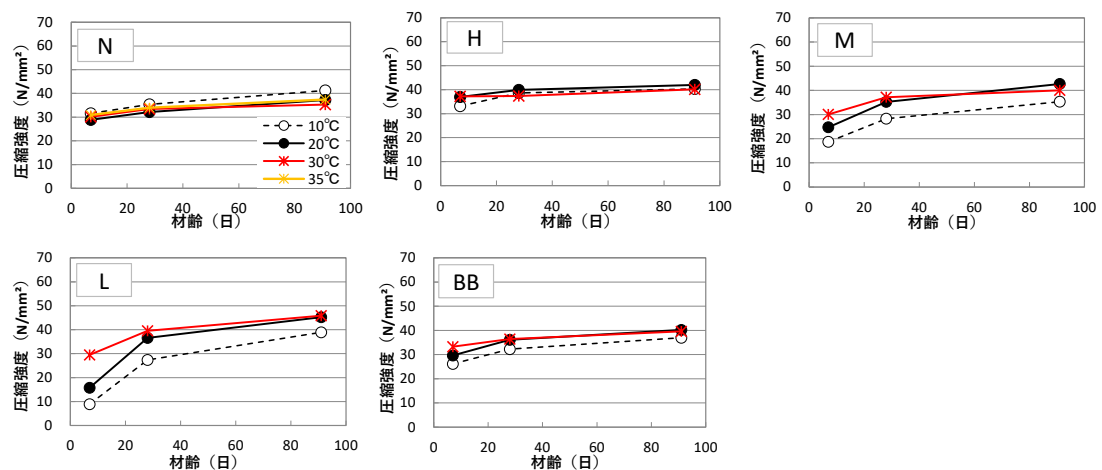
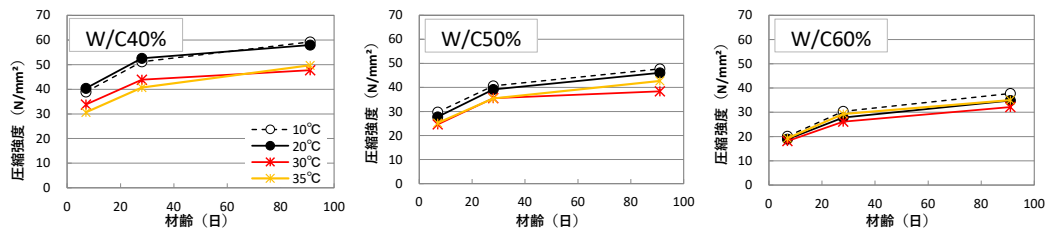
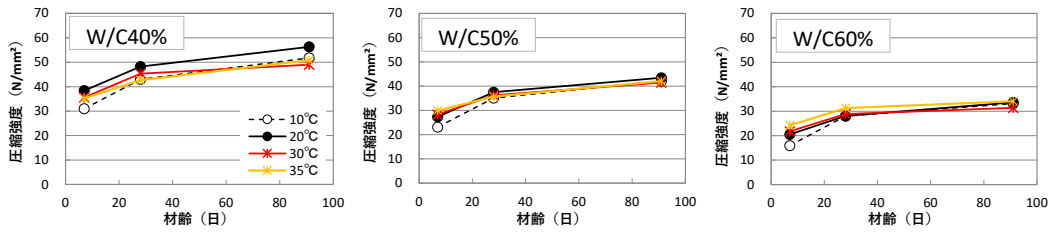


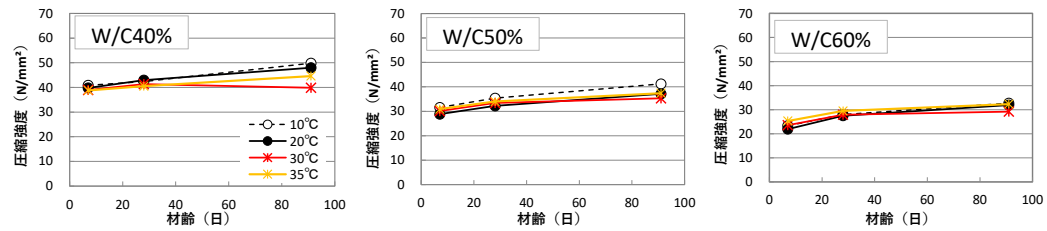
図 3.6 練上がり温度と強度発現性の関係（簡易断熱養生-水セメント比 50%）



(A) 水中養生

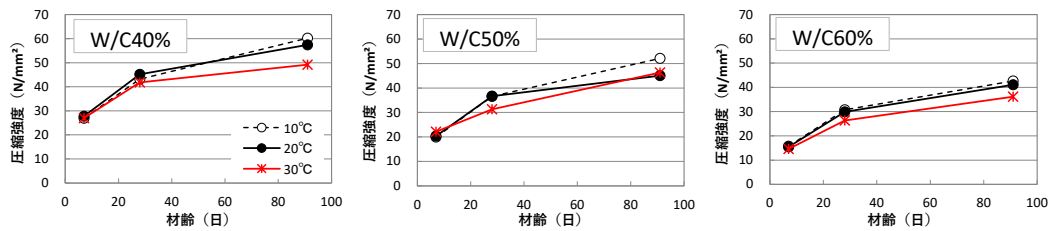


(B) 封かん養生

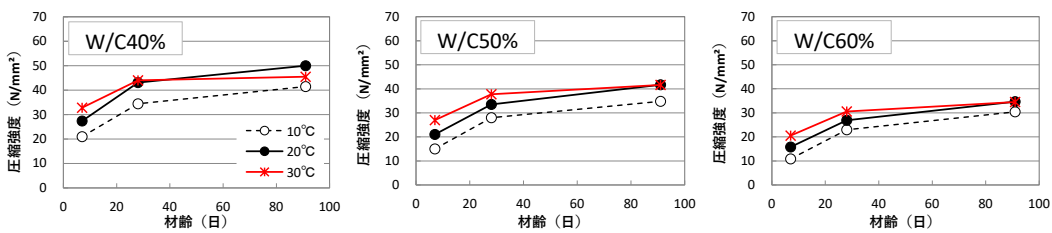


(C) 簡易断熱養生

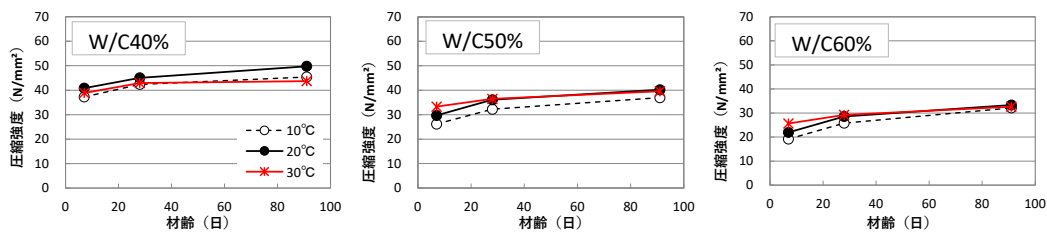
図 3.7 練上がり温度と強度発現性の関係 (N)



(A) 水中養生



(B) 封かん養生



(C) 簡易断熱養生

図 3.8 練上がり温度と強度発現性の関係 (BB)

3.4 養生方法と圧縮強度の影響

養生方法が圧縮強度に与える影響を、練上がり温度毎に整理して考察する。

3.4.1 セメント種類での比較

セメント種類での比較は、水セメント比 50%の条件で行った。

練上がり温度 10℃における養生方法と強度発現性の関係を図 3.9 に示す。練上がり温度 10℃の場合、材齢 7 日の圧縮強度は、初期強度の発現性に優れる H を除き、簡易断熱養生が最も大きく、封かん養生が最も小さい傾向であった。材齢 28 日の圧縮強度は、H ではないずれの養生方法も同程度であったが、他のセメントは、水中養生が最も大きく、材齢 7 日と同様に封かん養生が最も小さい傾向にあった。材齢 91 日の圧縮強度は、いずれのセメントも水中養生が最も大きく、その差は H 以外で大きかった。

練上がり温度 20℃における養生方法と強度発現性の関係を図 3.10 に示す。練上がり温度 20℃の場合、材齢 7 日の圧縮強度は、N、H ではないずれの養生方法も同程度であった。一方で、M、L および BB では、簡易断熱養生が最も大きく、水中養生と封かん養生が同程度であった。材齢 28 日の圧縮強度は、N では、水中養生と封かん養生が同程度で、簡易断熱養生が最も小さい傾向にあった。一方で、N 以外では、いずれの養生方法も同程度であった。材齢 91 日の圧縮強度は、いずれのセメントも水中養生が大きく、封かん養生、簡易断熱養生と続く傾向であった。

練上がり温度 30℃における養生方法と強度発現性の関係を図 3.11 に示す。練上がり温度 30℃の場合、材齢 7 日の圧縮強度は、H を除き簡易断熱養生が大きく、封かん養生、水中養生と続いた。その差は、M、L および BB で大きかった。材齢 28 日の圧縮強度は、N、H ではないずれの養生条件も同程度であるが、M、L および BB では、簡易断熱養生と封かん養生が同程度で、水中養生が小さかった。材齢 91 日の圧縮強度は、水中養生が最も大きく、簡易断熱養生が最も小さい傾向であった。

以上の結果をまとめると、材齢 7 日では、初期に高温履歴を受ける簡易断熱養生が最も大きいものの、その後の強度発現が緩やかになることから、材齢 28 日では、簡易断熱養生に水中養生や封かん養生が追いつき、材齢 91 日では、水中養生が最も大きくなる傾向であった。なお、H は、他のセメントに比べて養生方法の影響を受けにくい傾向にあった。

3.4.2 水セメント比での比較

N を使用した場合の養生方法と強度発現性の関係を図 3.12 に、BB を使用した場合の養生方法と強度発現性の関係を図 3.13 に示す。両セメントともに、水セメント比が小さい場合に、養生方法が圧縮強度に与える影響が大きくなる傾向にあった。

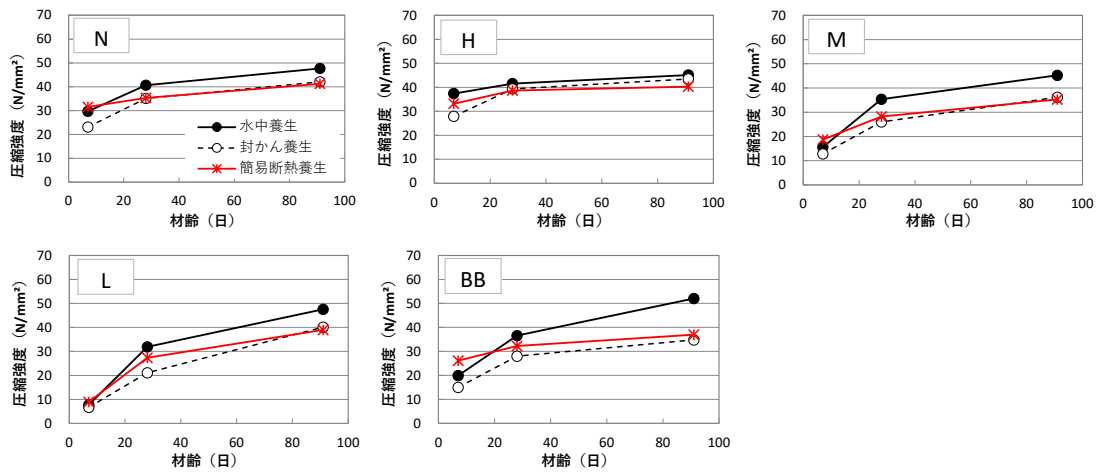


図 3.9 養生方法と強度発現性の関係（練上がり温度 10°C-水セメント比 50%）

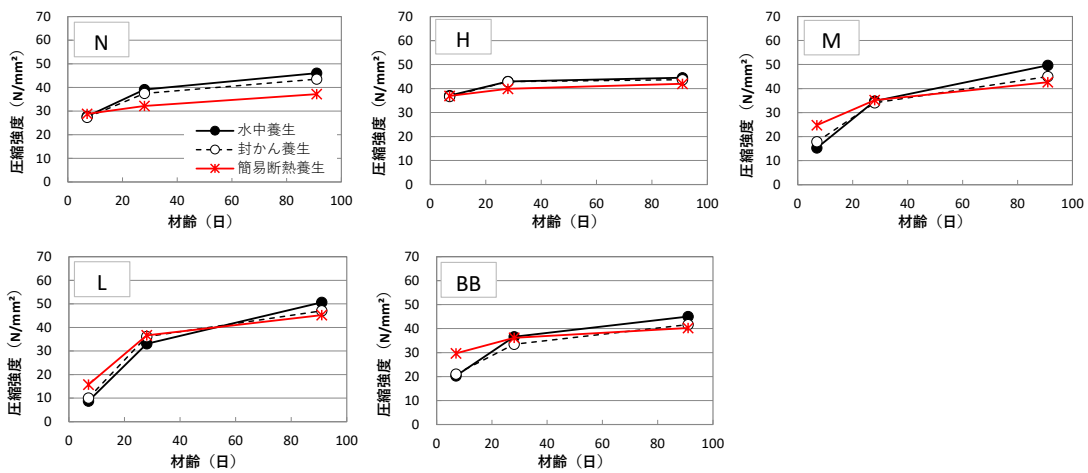


図 3.10 養生方法と強度発現性の関係（練上がり温度 20°C-水セメント比 50%）

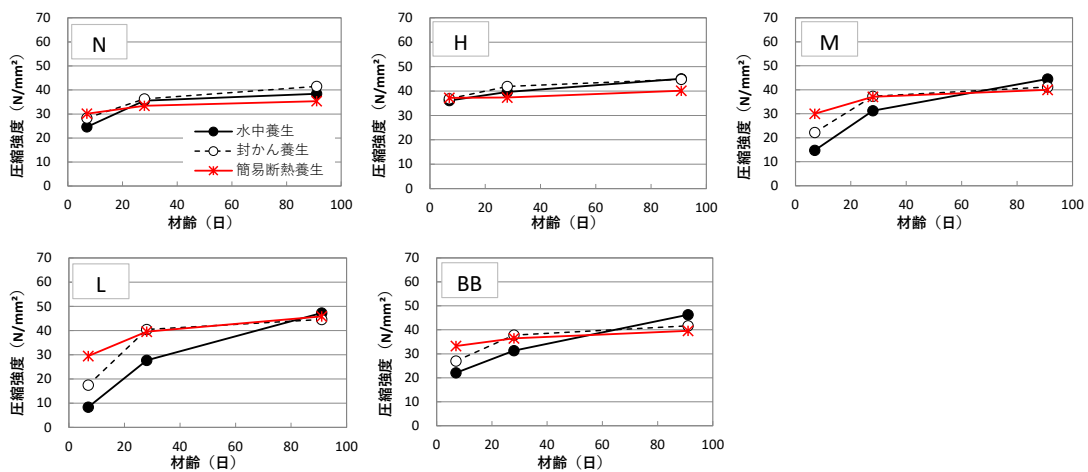
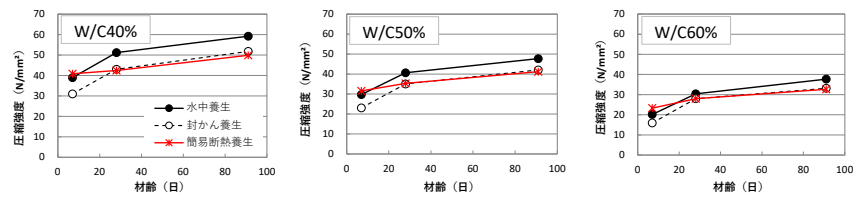
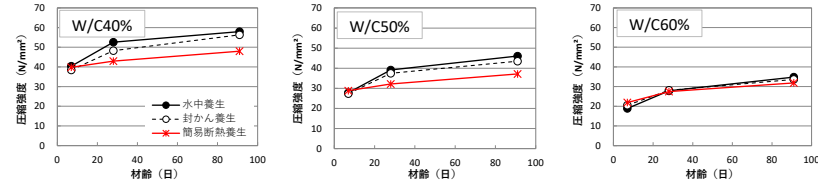


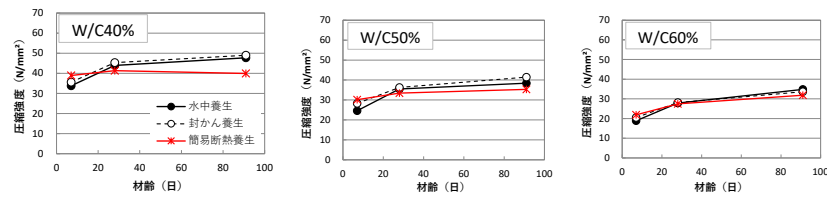
図 3.11 養生方法と強度発現性の関係（練上がり温度 30°C-水セメント比 50%）



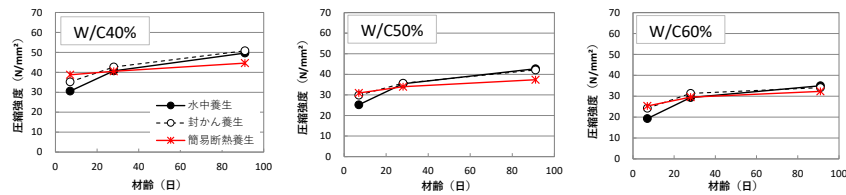
(A) 練上がり温度 10°C



(B) 練上がり温度 20°C

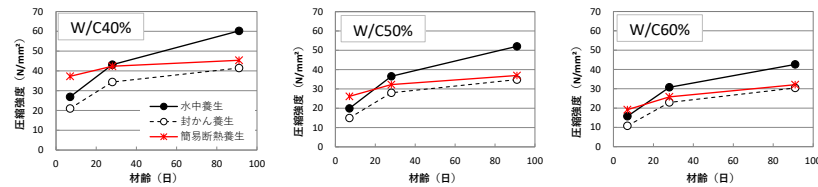


(C) 練上がり温度 30°C

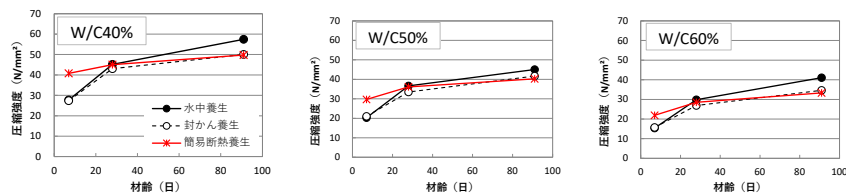


(D) 練上がり温度 35°C

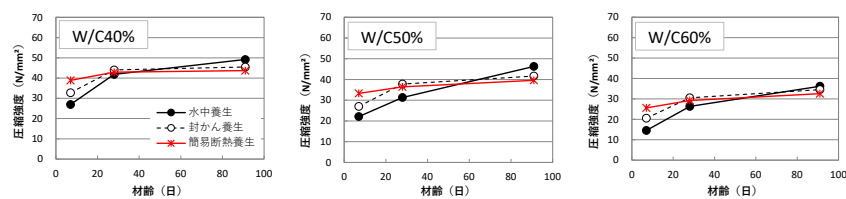
図 3.12 養生方法と強度発現性の関係 (N)



(A) 練上がり温度 10°C



(B) 練上がり温度 20°C



(C) 練上がり温度 30°C

図 3.13 養生方法と強度発現性の関係 (BB)

3.5 促進中性化

促進中性化深さの測定結果を、資料集の資表 3 に示す。

3.5.1 練上がり温度および養生方法の影響

養生方法毎に整理した、促進中性化期間と促進中性化深さの関係を図 3.14 に示す。いずれの養生方法でも、練上がり温度 10℃の中性化深さが練上がり温度 20℃、35℃の中性化深さよりも大きくなる傾向にあった。

練上がり温度毎に整理した、促進中性化期間と促進中性化深さの関係を図 3.15 に示す。いずれの練上がり温度でも、封かん養生および簡易断熱養生の中性化深さが水中養生の中性化深さよりも大きくなる傾向にあり、練上がり温度 10℃で顕著であった。

なお、いずれの練上がり温度および養生方法でも、水セメント比が大きい場合に、その影響が大きくなる傾向であった。

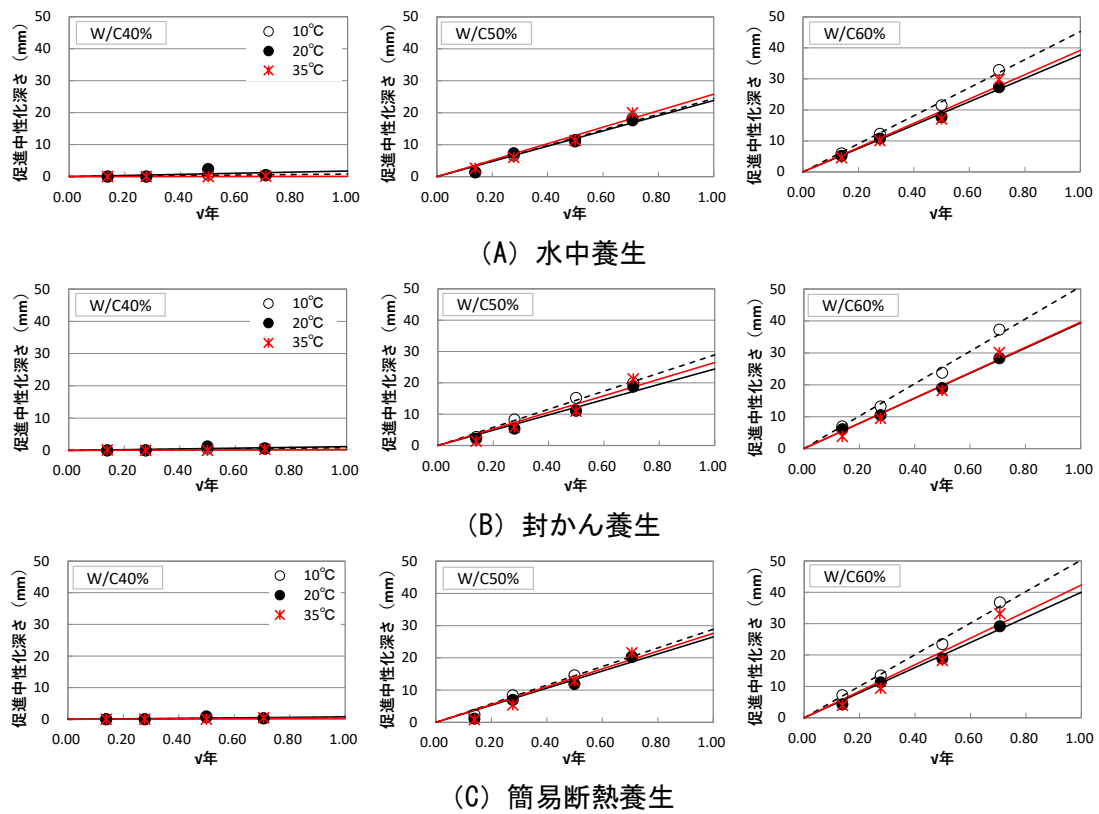


図 3.14 促進中性化期間と促進中性化深さの関係（練上がり温度で比較）

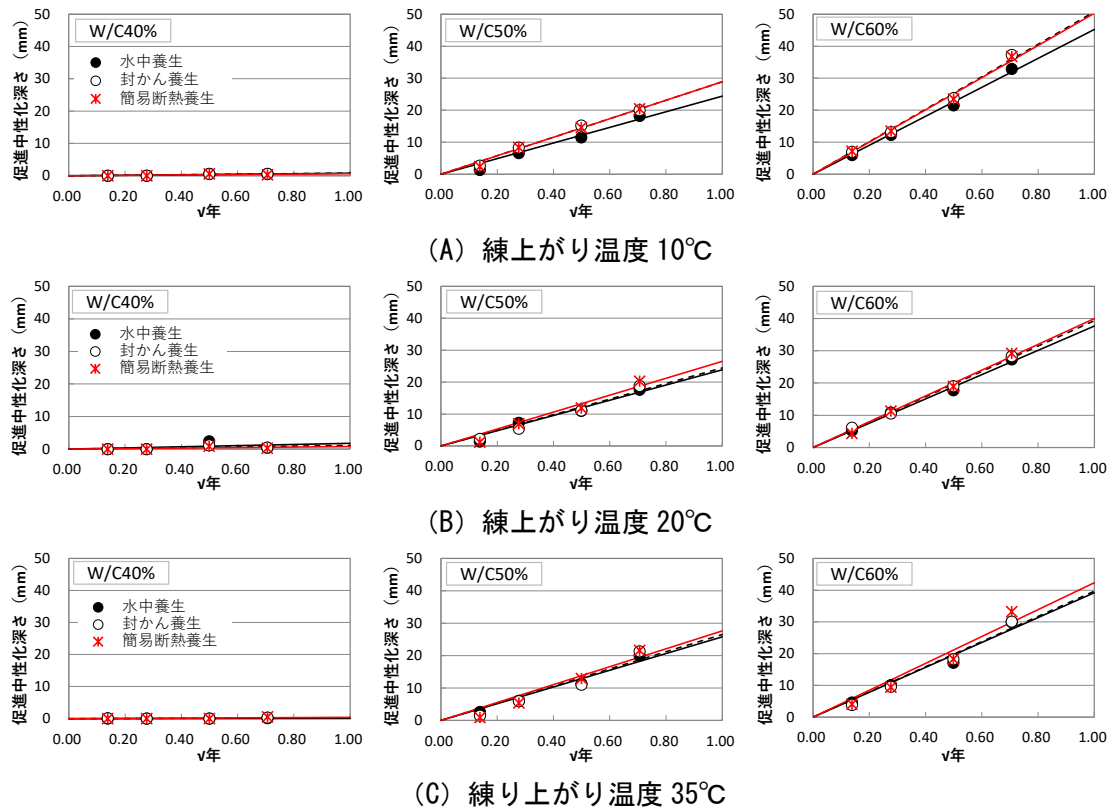


図 3.15 促進中性化期間と促進中性化深さの関係（養生方法で比較）

3.5.2 水セメント比と中性化速度係数の関係

コンクリートの中性化は $\sqrt{t}$ 則に従って進行することが知られており、経過年数と中性化深さの関係は式 3.1 で表せる。本実験で得られた中性化速度係数 A を表 3.2 に示す。これは、図 3.14 と図 3.15 の直線の傾きに相当するものである。

水セメント比と中性化速度係数 A の関係を図 3.16 に示す。水セメント比が大きくなると、練上がり温度および養生方法が中性化速度係数 A に与える影響が大きくなった。

$$C = A \cdot \sqrt{t} \quad \dots \quad \text{式 3.1}$$

ここに、 C ：コンクリートの中性化深さ（mm）

t ：促進期間（年）

A ：中性化速度係数（mm/ $\sqrt{\text{年}}$ ）

表 3.2 中性化速度係数 (mm/ $\sqrt{\text{年}}$)

セメント	W/C (%)	水中養生			封かん養生			簡易断熱養生		
		10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃
N	40	0.8	1.8	0.1	0.8	1.1	0.3	0.6	0.8	0.4
	50	24.4	23.9	25.8	28.9	24.4	26.5	28.9	26.5	27.6
	60	45.3	37.7	39.2	50.8	39.4	39.7	50.3	40.0	42.4

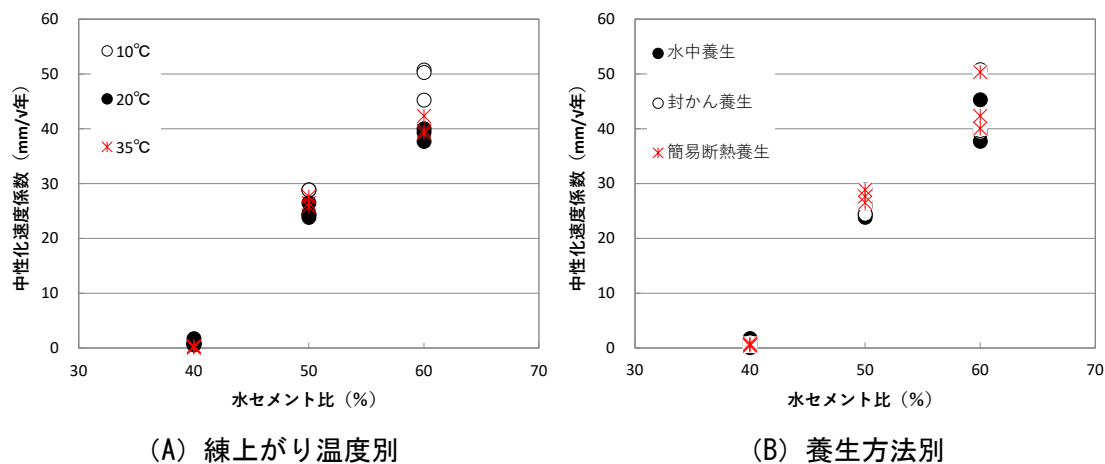


図 3.16 水セメント比と中性化速度係数の関係

3.6 塩分浸透

全塩分と不溶残分の測定結果を、資料集の**資表 4**に示す。なお、不溶残分で補正した全塩分から、コンクリート製造時に含まれる全塩分を差し引いた値（本報告書では塩化物イオン量と記す）で実験結果を考察する。塩化物イオン量の計算結果の一例を表 3.3 に示す。

表 3.3 塩化物イオン量の試算結果の一例

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1777	2299	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	5.22	18.55	34.40	52.40	70.53
				試料の全塩分(%)	0.931	0.276	0.014	0.008	0.009
				試料の不溶残分(%)	61.9	61.1	60.4	61.0	60.6
				塩化物 イオン量	(%)	0.605	0.172	0.005	0.001
					(kg/m ³)	13.91	3.97	0.11	0.03

〔供試体概要〕 N-水セメント比 50%-練上がり温度 20℃-水中養生

〔計算方法〕

塩化物イオン量(kg/m³) = 塩化物イオン量(%) × コンクリートの単位容積質量(kg/m³) =

$$\text{試料の全塩分(}\%) \times \frac{1 - \frac{\text{単位骨材量(kg/m}^3\text{)}}{\text{コンクリートの単位容積質量(kg/m}^3\text{)}}}{1 - \frac{\text{試料の不溶残分(}\%)}{\text{骨材の不溶残分(}\%)} - \text{コンクリート製造時に含まれる全塩分(}\%)}$$

3.6.1 練上がり温度および養生方法の影響

養生方法毎に整理した、塩分浸透面からの距離と塩化物イオン量の関係を図 3.17 に示す。水中養生では、練上がり温度 10℃や 20℃よりも練上がり温度 35℃の方が、表層の塩化物イオン量が小さく、コンクリート内部にも浸透しにくい傾向があった。一方で、封かん養生および簡易断熱養生では、練上がり温度が高いほど、塩化物イオンがコンクリート内部に浸透しやすい傾向があった。

練上がり温度毎に整理した、塩分浸透面からの距離と塩化物イオン量の関係を図 3.18 に示す。水中養生よりも封かん養生および簡易断熱養生の方が、塩化物イオンがコンクリート内部に浸透しやすい傾向にあり、練上がり温度 35℃で顕著であった。

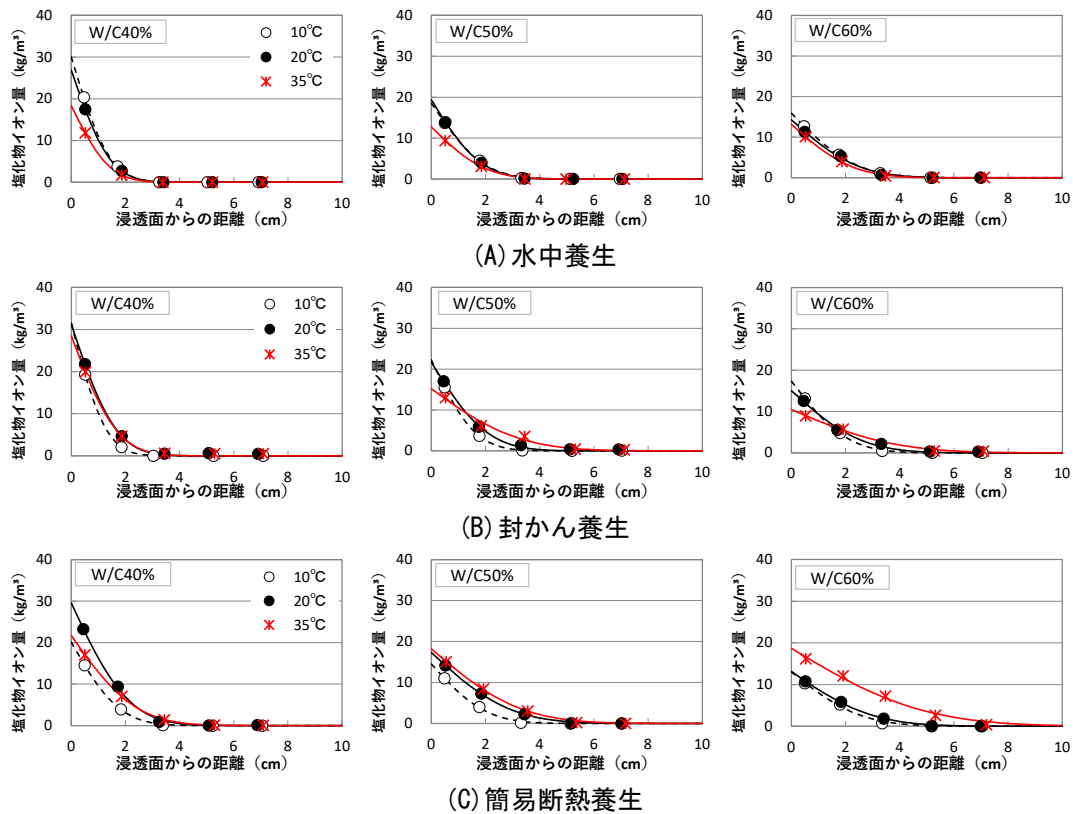


図 3.17 塩分浸透面からの距離と塩化物イオン量の関係（練上がり温度で比較）

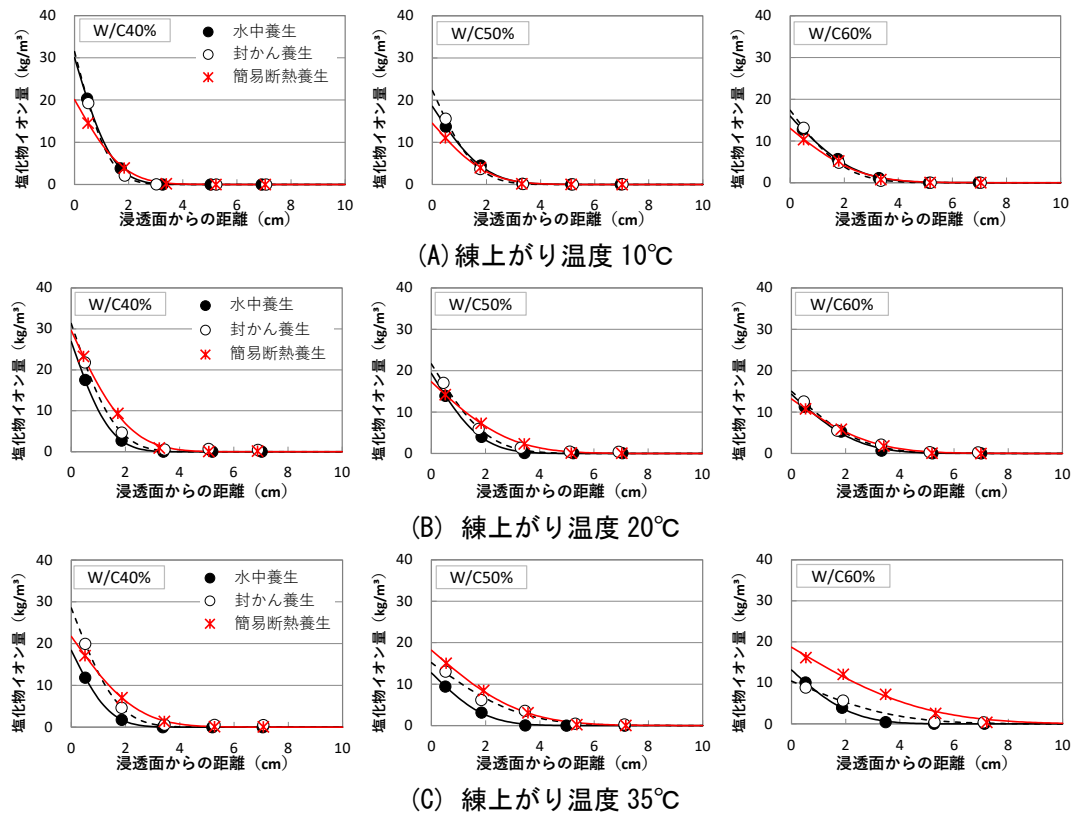


図 3.18 塩分浸透面からの距離と塩化物イオン量の関係（養生方法で比較）

3.6.2 水セメント比と見掛けの拡散係数の関係

コンクリートへの塩化物イオンの浸透特性は、フィックの第 2 法則に基づいた拡散方程式（式 3.2）で表せる。コンクリート表面の塩化物イオン量 C_{a0} と見掛けの拡散係数 D_{ap} は、塩化物イオン量の測定値と式 3.2 の計算値の差の二乗和が最小となるように算出した。コンクリート表面の塩化物イオン量 C_{a0} の算出結果を表 3.4 に、見掛けの拡散係数 D_{ap} の算出結果を表 3.5 に示す。

水セメント比と見掛けの拡散係数の関係を図 3.19 に示す。水セメント比が大きくなると、練上がり温度および養生方法が見掛けの拡散係数 D_{ap} に与える影響が大きくなった。

$$C(x, t) = C_{a0} \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1x}{2\sqrt{D_{ap}t}} \right) \right\} \quad \dots \text{式 3.2}$$

ここに、 x ：浸透面からの距離（mm）、 t ：浸せき期間（0.5 年）

$C(x, t)$ ：距離 x と浸せき期間 t において測定された塩化物イオン量（kg/m³）

C_{a0} ：浸せき試験によるコンクリート表面の塩化物イオン量（kg/m³）

D_{ap} ：浸せき試験による見掛けの拡散係数（cm²/年）

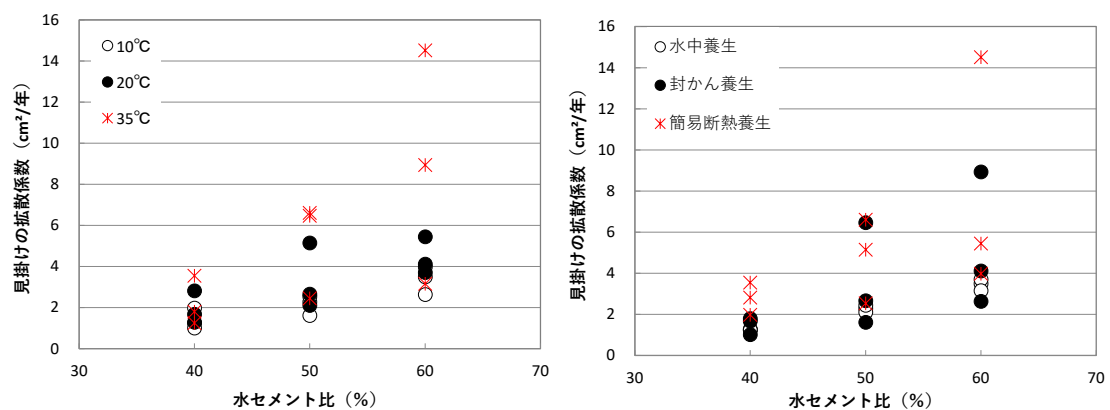
erf ：誤差関数

表 3.4 コンクリート表面の塩化物イオン量 C_{a0} (kg/m³)

セメント	W/C (%)	水中養生			封かん養生			簡易断熱養生		
		10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃
N	40	30.1	26.9	18.3	31.5	31.3	28.5	20.1	29.6	21.7
	50	18.5	19.4	12.7	22.3	21.7	15.2	14.5	17.3	18.2
	60	15.9	14.3	13.2	17.3	15.0	10.5	13.0	13.1	18.7

表 3.5 見掛けの拡散係数 D_{ap} (cm²/年)

セメント	W/C (%)	水中養生			封かん養生			簡易断熱養生		
		10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃
N	40	1.24	1.29	1.25	1.02	1.68	1.80	1.98	2.82	3.55
	50	2.29	2.11	2.45	1.62	2.66	6.47	2.54	5.15	6.61
	60	3.50	3.71	3.16	2.64	4.12	8.94	3.98	5.45	14.5



(A) 練上がり温度別

(B) 養生方法別

図 3.19 水セメント比と見掛けの拡散係数の関係

3.7 練上がり温度および養生方法が圧縮強度・中性化速度係数・見掛けの拡散係数に与える影響

練上がり温度および養生方法の影響を考察するため、圧縮強度、中性化速度係数および見掛けの拡散係数の3つの物性値を同一の水セメント比で比較した（図 3.20）。

水セメント比は、コンクリートの耐久性を左右する主要因であることが知られている。本実験結果においても、水セメント比が小さく圧縮強度が大きいほど、中性化速度係数および見掛けの拡散係数が小さくなった。一方で、各物性値への練上がり温度および養生方法の影響度は、水セメント比によって異なることが明らかとなった。すなわち、圧縮強度では水セメント比が小さい場合に、中性化速度係数および見掛けの拡散係数では水セメントが大きい場合に、それらの影響が大きくなる傾向にあった。これは、練上がり温度や養生方法が異なると、セメントの水和反応やコンクリートの細孔組織に影響するためと考えられる。

コンクリートの細孔組織に着目した場合、例えば、簡易断熱養生のように、初期に高温履歴を与えると、総細孔量が増加するとの報告²⁾や、蒸気養生を施した場合に見掛けの拡散係数が大きくなるとの報告⁵⁾がある。本実験の見掛けの拡散係数は、練上がり温度 35℃の簡易断熱養生で大きくなる傾向にあり、これらの報告と対応した。一方で、中性化速度係数では、練上がり温度 35℃よりも練上がり温度 10℃で中性化速度係数が大きくなった。中性化は、中性化域での二酸化炭素の拡散、中性化域と未中性化域との境界での $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と二酸化炭素との反応の2つの現象が組み合わさって進行することを踏まえると、総細孔量の増加のみでは練上がり温度と養生方法の影響を解明できないと推察される。

本実験の範囲では、練上がり温度および養生方法が各物性値に与える影響のメカニズムは判然としない部分があるものの、中性化速度係数および見掛けの拡散係数は、水セメント比を小さくすることで、両者の影響度を小さくできることがわかった。一方で、圧縮強度は、水セメント比が小さいほど、両者の影響度が大きくなるため、調合管理強度の設定に留意する必要があることが示唆された。

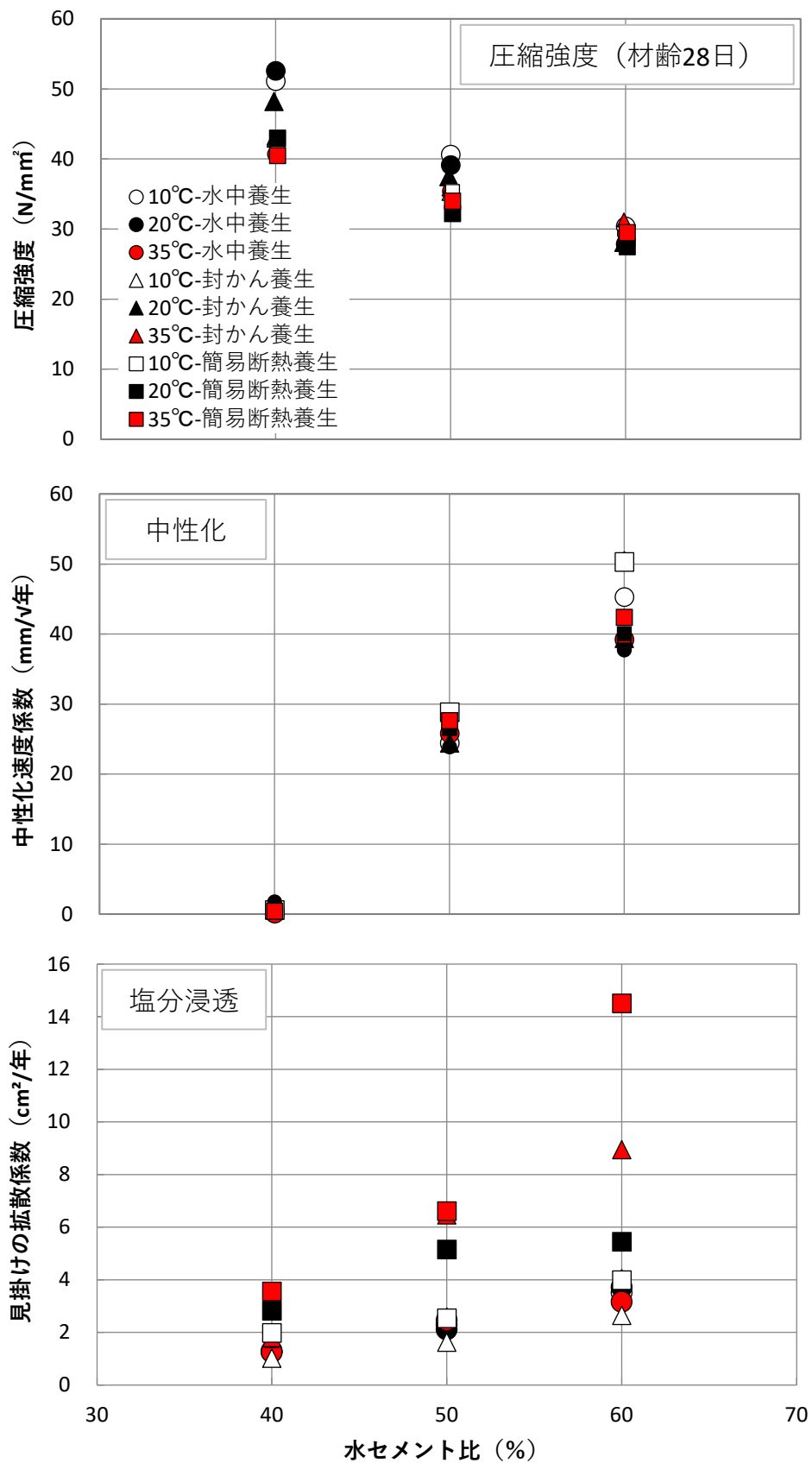


図 3.20 水セメント比と圧縮強度、中性化速度係数および見掛けの拡散係数の関係

4. 結言

本実験では、練上がり温度や養生方法を要因として、コンクリートの中性化および塩分浸透に与える影響を室内での促進試験で検討した。主な実験結果と得られた知見を以下に示す。

「圧縮強度」

N および BB では水セメント比 40%、50%、60%の場合で、H、M および L では水セメント比 50%の場合で、圧縮強度を測定した。

- (1) セメント種類と練上がり温度で違いがあるものの、養生方法が圧縮強度に与える影響が明らかとなった。材齢 7 日では簡易断熱養生が最も大きいものの、その後、強度発現が緩やかになることから、材齢 28 日では簡易断熱養生に水中養生や封かん養生が追いつき、材齢 91 日では水中養生が最も大きくなる傾向であった。
- (2) 水セメント比が小さい場合に、練上がり温度および養生方法が圧縮強度に与える影響が大きくなった。

「促進中性化試験および塩分浸せき試験」

N の水セメント比 40%、50%、60%の場合で、促進中性化深さと塩分浸透深さを測定した。

- (1) 促進中性化深さは、練上がり温度 10℃の封かん養生および簡易断熱養生で大きくなる傾向があった。
- (2) 塩分浸透深さは、練上がり温度 35℃の封かん養生および簡易断熱養生で大きくなる傾向があった。
- (3) 水セメント比が大きい場合に、練上がり温度と養生方法が中性化速度係数および見掛けの拡散係数に与える影響が大きくなった。

「練上がり温度および養生方法が圧縮強度・中性化速度係数・見掛けの拡散係数に与える影響」

N の場合で、圧縮強度、中性化速度係数および見掛けの拡散係数の 3 つの物性値を同一の水セメント比で比較した。

- (1) 各物性値への練上がり温度および養生方法の影響度は、水セメント比によって異なった。すなわち、圧縮強度では水セメント比が小さい場合に、中性化速度係数および見掛けの拡散係数では水セメント比が大きい場合に、それらの影響が大きくなる傾向にあった。
- (2) 練上がり温度および養生方法が各物性値に与える影響のメカニズムは判然としない部分があるものの、中性化速度係数および見掛けの拡散係数は、水セメント比を小さくすることで、両者の影響度を小さくできる。一方で、圧縮強度は、水セメント比が小さいほど、両者の影響度が大きくなるため、調合管理強度の設定に留意する必要がある。

本実験報告が、コンクリートの耐久性の向上に資する基礎データとして、活用されれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 宮野和樹ほか：暑中期におけるコンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度に関する検討、コンクリート工学年次論文集、pp.1441-1446、Vol.37、No.1、2015.
- 2) 中里剛、中山英明：各種セメントを用いたコンクリートの暑中期における強度発現に関する検討、コンクリート工学年次論文集、pp.337-342、Vol.37、No.1、2013.
- 3) 谷口円ほか：等価材齢によるコンクリート強度推定手法の提案、日本建築学会構造系論文集 第 76 巻 第 668 号、pp.1745-1753、2011 年 10 月.
- 4) 中山莉沙ほか：練上がり温度がモルタルの各種耐久性に及ぼす影響および表面塗布剤による物性改善、コンクリート工学年次論文集、pp.795-800、Vol.38、No.1、2016.
- 5) 原洋介ほか：蒸気養生を施したコンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性、コンクリート工学論文集 第 28 巻、pp.93-101、2017.

資料集

資表 1 圧縮強度

(N/mm²)

目標 練上がり温度	セメ ント	W/C (%)	水中養生			封かん養生			簡易断熱養生		
			7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日
10℃	N	40	38.9	51.2	59.2	31.0	43.0	51.8	40.9	42.4	49.8
		50	29.7	40.7	47.7	23.1	35.1	42.1	31.6	35.4	41.2
		60	20.1	30.4	37.7	15.9	28.0	33.1	23.3	28.0	32.7
	H	50	37.4	41.6	45.1	27.9	39.3	43.5	33.1	38.6	40.3
	M	50	15.6	35.3	45.3	12.8	26.0	36.2	18.7	28.3	35.3
	L	50	7.76	31.9	47.5	6.72	21.1	40.1	8.91	27.4	38.9
	BB	40	26.9	43.2	60.2	21.0	34.4	41.4	37.2	42.3	45.4
		50	19.9	36.6	52.1	15.0	28.0	34.8	26.2	32.2	37.0
		60	15.7	30.8	42.6	10.8	22.9	30.5	19.2	25.8	32.1
20℃	N	40	40.4	52.6	58.0	38.4	48.2	56.3	39.8	43.0	48.0
		50	27.8	39.2	46.1	27.4	37.5	43.5	28.8	32.2	37.2
		60	18.9	27.9	34.8	20.5	28.1	33.7	21.9	27.5	31.9
	H	50	37.1	42.9	44.5	36.7	42.9	43.7	36.9	39.9	42.0
	M	50	15.3	34.8	49.7	17.9	34.0	45.0	24.7	35.2	42.7
	L	50	8.71	33.1	50.6	10.0	36.1	47.1	15.8	36.6	45.2
	BB	40	27.7	45.2	57.4	27.4	43.1	50.0	40.8	45.1	49.7
		50	20.3	36.6	45.1	21.0	33.5	41.7	29.7	36.1	40.2
		60	15.4	29.9	41.1	15.8	26.9	34.7	21.9	28.6	33.3
30℃	N	40	33.8	43.9	47.7	35.6	45.3	49.0	38.9	41.3	39.9
		50	24.6	35.5	38.4	28.3	36.3	41.5	30.1	33.4	35.3
		60	18.2	26.2	32.2	21.8	28.9	31.4	23.5	27.9	29.2
	H	50	36.1	39.6	45.0	36.8	41.9	44.8	37.2	37.3	40.1
	M	50	14.8	31.3	44.5	22.2	37.3	41.2	30.0	37.1	40.0
	L	50	8.34	27.7	47.3	17.4	40.4	44.6	29.5	39.6	45.9
	BB	40	27.0	41.8	49.2	32.8	44.0	45.5	38.9	42.9	43.7
		50	22.1	31.3	46.3	27.0	37.8	41.6	33.3	36.5	39.6
		60	14.6	26.3	36.2	20.5	30.5	34.5	25.6	29.2	32.6
35℃	N	40	30.6	40.7	49.7	35.2	42.7	50.8	38.8	40.5	44.6
		50	25.2	35.4	42.7	29.9	35.7	42.1	30.9	34.0	37.4
		60	19.3	29.3	35.0	24.2	31.3	34.1	25.3	29.5	32.3

資表 2 静弾性係数

(kN/mm²)

目標 練上がり温度	セメ ント	W/C (%)	水中養生			封かん養生			簡易断熱養生		
			7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日
10℃	N	40	31.3	32.5	35.1	26.8	30.8	32.1	29.3	30.5	31.6
		50	26.8	32.2	34.5	26.0	30.6	31.7	25.3	29.1	31.4
		60	26.5	30.7	31.8	23.9	29.2	31.1	26.4	27.7	29.9
	H	50	30.1	32.2	31.1	27.0	28.5	30.9	32.4	30.1	30.6
	M	50	26.1	28.7	29.4	21.7	25.0	28.8	24.4	25.9	27.1
	L	50	20.3	29.2	33.4	20.4	24.4	28.5	19.7	25.5	30.5
	BB	40	21.9	30.0	34.8	21.0	26.1	30.7	27.6	29.2	31.5
		50	22.0	30.1	33.7	21.8	24.2	29.9	25.0	27.7	29.7
		60	21.6	28.9	32.6	19.0	23.8	29.3	22.9	25.3	28.4
20℃	N	40	31.8	33.3	37.1	31.6	32.8	36.9	36.8	34.4	34.0
		50	29.3	33.1	34.4	30.0	31.0	32.1	32.7	31.6	29.6
		60	27.4	34.9	35.6	29.6	29.7	32.6	30.7	31.7	32.9
	H	50	32.9	34.1	33.0	31.4	35.2	34.5	32.3	34.0	35.0
	M	50	27.5	30.7	33.6	24.3	29.7	32.7	29.4	32.4	32.2
	L	50	26.2	30.3	33.8	23.7	30.1	34.3	24.3	29.3	32.6
	BB	40	24.7	33.4	34.7	23.1	32.3	35.5	31.4	34.4	35.3
		50	25.4	30.0	34.8	21.6	36.2	32.8	28.5	29.2	33.6
		60	22.4	29.6	32.2	22.0	31.0	32.0	25.3	30.1	31.4
30℃	N	40	29.7	30.3	37.9	28.3	35.3	36.3	30.5	31.8	31.6
		50	29.6	30.8	34.0	29.7	31.9	35.1	29.4	30.3	30.9
		60	26.1	28.9	33.0	27.2	27.8	35.0	27.7	29.8	29.5
	H	50	31.5	34.9	36.8	30.8	34.8	38.7	30.8	32.0	32.5
	M	50	26.7	33.5	35.5	27.4	32.0	36.5	25.0	32.8	34.2
	L	50	22.6	30.7	34.6	29.3	31.8	36.6	26.1	33.0	35.2
	BB	40	27.5	31.5	35.5	26.4	32.7	34.6	30.8	32.7	39.9
		50	22.8	30.1	35.3	30.4	34.1	36.0	26.2	31.8	35.2
		60	24.1	28.3	33.0	24.3	29.0	31.4	29.7	29.9	31.3
35℃	N	40	30.2	32.2	32.2	30.0	33.1	34.0	31.0	32.1	32.7
		50	28.2	30.7	33.9	29.1	31.6	33.6	29.6	30.7	32.3
		60	27.1	28.3	28.9	30.1	31.0	29.5	33.6	33.1	29.2

資表 3 促進中性化深さ (mm)

セメント	W/C (%)	促進期間 (週)	水中養生			封かん養生			簡易断熱養生		
			10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃	10℃	20℃	35℃
N	40	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
		4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		13	0.6	2.4	0.0	0.5	1.2	0.0	0.6	0.9	0.0
		26	0.5	0.4	0.1	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5
	50	1	1.3	1.4	2.6	2.7	2.2	1.4	2.4	1.2	0.9
		4	6.6	7.3	6.0	8.3	5.4	5.9	8.4	7.0	5.4
		13	11.5	11.0	11.3	15.2	11.1	11.0	14.6	11.9	12.9
		26	18.2	17.6	20.0	20.0	18.8	21.3	20.4	20.3	21.6
	60	1	6.0	5.2	4.6	7.0	6.1	3.8	7.2	4.3	4.0
		4	12.3	10.8	10.1	13.2	10.5	9.5	13.5	11.3	9.4
		13	21.5	17.7	17.1	23.8	19.0	18.2	23.5	18.9	18.3
		26	32.9	27.3	29.9	37.3	28.3	30.1	36.8	29.2	33.2

資表 4 全塩分と不溶残分 (1/5)

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 10℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1651	2299	94.7	0.006	浸透面からの距離(mm)	4.64	17.05	32.50	50.28	69.15
				試料の全塩分(%)	1.422	0.275	0.008	0.009	0.008
				試料の不溶残分(%)	52.1	51.8	52.2	51.5	51.1
				塩化物 イオン量	(%) (kg/m ³)	0.885 20.35	0.165 3.80	0.000 0.00	0.000 0.00

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 10℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1777	2299	94.7	0.004	浸透面からの距離(mm)	4.99	17.89	33.28	51.33	69.65
				試料の全塩分(%)	0.994	0.327	0.021	0.008	0.001
				試料の不溶残分(%)	59.1	59.5	59.6	59.8	58.6
				塩化物 イオン量	(%) (kg/m ³)	0.596 13.70	0.196 4.50	0.009 0.20	0.001 0.02

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 10℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1826	2290	94.8	0.005	浸透面からの距離(mm)	4.72	17.62	32.79	51.34	69.71
				試料の全塩分(%)	0.924	0.404	0.085	0.008	0.009
				試料の不溶残分(%)	63	63.9	63.9	64.1	63.5
				塩化物 イオン量	(%) (kg/m ³)	0.555 12.71	0.247 5.65	0.048 1.10	0.000 0.00

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 10℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1651	2299	94.7	0.006	浸透面からの距離(mm)	5.10	18.52	30.26	52.42	70.81
				試料の全塩分(%)	1.373	0.152	0.008	0.007	0.007
				試料の不溶残分(%)	51.3	52.8	60.8	55.3	53
				塩化物 イオン量	(%) (kg/m ³)	0.839 19.30	0.091 2.09	0.000 0.01	0.000 0.00

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 10℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1777	2299	94.7	0.004	浸透面からの距離(mm)	4.90	17.73	33.54	51.92	70.30
				試料の全塩分(%)	1.034	0.275	0.013	0.009	0.011
				試料の不溶残分(%)	62.1	58.4	66.3	62.0	61.0
				塩化物 イオン量	(%) (kg/m ³)	0.678 15.59	0.159 3.66	0.006 0.13	0.002 0.04

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 10℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1826	2290	94.8	0.005	浸透面からの距離(mm)	4.95	18.01	33.49	51.96	70.47
				試料の全塩分(%)	0.954	0.362	0.039	0.008	0.006
				試料の不溶残分(%)	63.1	62.1	63.5	64.4	69.4
				塩化物 イオン量	(%) (kg/m ³)	0.575 13.16	0.208 4.76	0.019 0.43	0.000 0.00

資表 4 全塩分と不溶残分 (2/5)

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 10℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1651	2299	94.7	0.006	浸透面からの距離(mm)	4.96	18.36	33.89	52.21	70.48
				試料の全塩分(%)	0.780	0.218	0.013	0.006	0.006
				試料の不溶残分(%)	62.2	61.7	66.6	66.0	65.4
				塩化物 イオン量	(%)	0.633	0.170	0.006	0.000
					(kg/m ³)	14.56	3.91	0.15	0.00

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 10℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1777	2299	94.7	0.004	浸透面からの距離(mm)	4.81	17.74	33.06	51.32	70.13
				試料の全塩分(%)	0.533	0.185	0.014	0.005	0.005
				試料の不溶残分(%)	71.1	72.5	69.2	73.0	70.5
				塩化物 イオン量	(%)	0.480	0.175	0.008	0.001
					(kg/m ³)	11.03	4.02	0.18	0.01

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 10℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1826	2290	94.8	0.005	浸透面からの距離(mm)	4.98	17.95	33.49	51.75	70.42
				試料の全塩分(%)	0.476	0.237	0.042	0.006	0.004
				試料の不溶残分(%)	74.7	75.2	72.2	73.3	74.5
				塩化物 イオン量	(%)	0.451	0.227	0.031	0.000
					(kg/m ³)	10.32	5.21	0.71	0.00

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 20℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1651	2299	94.7	0.005	浸透面からの距離(mm)	5.15	18.61	34.01	52.09	70.27
				試料の全塩分(%)	1.195	0.198	0.009	0.008	0.009
				試料の不溶残分(%)	53.0	52.0	52.4	52.4	52.0
				塩化物 イオン量	(%)	0.761	0.119	0.001	0.000
					(kg/m ³)	17.49	2.73	0.02	0.01

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 20℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1777	2299	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	5.22	18.55	34.40	52.40	70.53
				試料の全塩分(%)	0.931	0.276	0.014	0.008	0.009
				試料の不溶残分(%)	61.9	61.1	60.4	61.0	60.6
				塩化物 イオン量	(%)	0.605	0.172	0.005	0.001
					(kg/m ³)	13.91	3.97	0.11	0.04

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 20℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1826	2290	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	4.92	18.33	33.25	52.06	70.02
				試料の全塩分(%)	0.781	0.371	0.053	0.007	0.009
				試料の不溶残分(%)	64.5	64.3	64.1	64.1	64.3
				塩化物 イオン量	(%)	0.493	0.231	0.029	0.000
					(kg/m ³)	11.29	5.28	0.67	0.04

資表 4 全塩分と不溶残分 (3/5)

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 20℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1651	2299	94.7	0.005	浸透面からの距離(mm)	5.07	18.64	34.40	50.74	68.92
				試料の全塩分(%)	0.993	0.218	0.034	0.039	0.029
				試料の不溶残分(%)	66.8	66.7	61.9	64.1	63.4
				塩化物 イオン量	(%)	0.947	0.203	0.023	0.029
					(kg/m ³)	21.78	4.66	0.52	0.67

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 20℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1777	2299	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	4.49	17.51	33.08	51.14	69.15
				試料の全塩分(%)	0.836	0.333	0.074	0.025	0.026
				試料の不溶残分(%)	70.6	67.2	70.0	70.0	66.1
				塩化物 イオン量	(%)	0.740	0.257	0.060	0.018
					(kg/m ³)	17.02	5.90	1.38	0.41

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 20℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1826	2290	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	4.54	16.93	33.11	51.05	68.92
				試料の全塩分(%)	0.707	0.263	0.104	0.022	0.019
				試料の不溶残分(%)	70.1	74.1	74.4	70.1	71.8
				塩化物 イオン量	(%)	0.548	0.241	0.094	0.013
					(kg/m ³)	12.55	5.52	2.16	0.30

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 20℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1651	2299	94.7	0.005	浸透面からの距離(mm)	4.50	17.23	32.47	50.81	68.74
				試料の全塩分(%)	1.838	0.748	0.086	0.013	0.021
				試料の不溶残分(%)	46.4	46.3	43.5	45.2	46.1
				塩化物 イオン量	(%)	1.011	0.408	0.040	0.002
					(kg/m ³)	23.25	9.38	0.92	0.05

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 20℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1777	2299	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	5.14	18.43	34.35	51.70	70.30
				試料の全塩分(%)	1.557	0.823	0.272	0.022	0.019
				試料の不溶残分(%)	40.8	39.6	38.2	36.7	38.1
				塩化物 イオン量	(%)	0.617	0.317	0.099	0.004
					(kg/m ³)	14.19	7.29	2.29	0.10

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 20℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1826	2290	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	5.20	18.38	34.10	51.86	69.97
				試料の全塩分(%)	1.454	0.802	0.259	0.021	0.011
				試料の不溶残分(%)	35.7	35.2	35.3	35.7	35.5
				塩化物 イオン量	(%)	0.470	0.255	0.080	0.003
					(kg/m ³)	10.76	5.84	1.83	0.07

資表 4 全塩分と不溶残分 (4/5)

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 35℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1637	2295	94.7	0.006	浸透面からの距離(mm)	5.15	18.61	33.76	52.03	70.63
				試料の全塩分(%)	0.836	0.131	0.009	0.009	0.009
				試料の不溶残分(%)	51.1	51.7	53.1	48.2	54.4
				塩化物 イオン量	(%)	0.516	0.077	0.000	0.000
					(kg/m ³)	11.83	1.76	0.00	0.00

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 35℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1760	2294	94.7	0.005	浸透面からの距離(mm)	5.18	18.47	34.59	49.84	71.26
				試料の全塩分(%)	0.669	0.233	0.011	0.008	0.007
				試料の不溶残分(%)	59.1	58.4	60.3	59.7	60
				塩化物 イオン量	(%)	0.410	0.137	0.002	0.000
					(kg/m ³)	9.4	3.14	0.05	0.00

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 35℃-水中養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1809	2284	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	5.16	18.69	34.73	52.61	71.16
				試料の全塩分(%)	0.716	0.29	0.038	0.01	0.013
				試料の不溶残分(%)	63.2	62.6	63.3	65.4	61.7
				塩化物 イオン量	(%)	0.443	0.174	0.020	0.003
					(kg/m ³)	10.12	3.97	0.45	0.09

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 35℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1637	2295	94.7	0.006	浸透面からの距離(mm)	5.19	18.60	34.42	52.85	70.87
				試料の全塩分(%)	0.936	0.242	0.038	0.033	0.033
				試料の不溶残分(%)	65.6	63.2	62.4	63.8	63.6
				塩化物 イオン量	(%)	0.869	0.203	0.026	0.023
					(kg/m ³)	19.94	4.66	0.60	0.52

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 35℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1760	2294	94.7	0.005	浸透面からの距離(mm)	5.23	18.42	34.44	53.05	71.20
				試料の全塩分(%)	0.655	0.329	0.188	0.029	0.02
				試料の不溶残分(%)	69.5	68.2	68.6	69.1	68.6
				塩化物 イオン量	(%)	0.569	0.269	0.154	0.020
					(kg/m ³)	13.05	6.17	3.53	0.46

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 35℃-封かん養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1809	2284	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	5.24	19.05	-	52.74	70.88
				試料の全塩分(%)	0.48	0.341	-	0.029	0.029
				試料の不溶残分(%)	70.7	68.4	-	70.7	68.8
				塩化物 イオン量	(%)	0.389	0.250	-	0.020
					(kg/m ³)	8.89	5.72	-	0.41

資表 4 全塩分と不溶残分 (5/5)

[供試体概要] N-水セメント比 40%-練上がり温度 35℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1637	2295	94.7	0.006	浸透面からの距離(mm)	5.07	18.70	34.36	52.86	70.87
				試料の全塩分(%)	1.300	0.574	0.124	0.021	0.019
				試料の不溶残分(%)	47.6	44.8	43.6	43.7	40.6
				塩化物 イオン量	(%)	0.745	0.307	0.060	0.005
					(kg/m ³)	17.09	7.04	1.38	0.08

[供試体概要] N-水セメント比 50%-練上がり温度 35℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1760	2294	94.7	0.005	浸透面からの距離(mm)	5.44	19.25	35.59	53.61	71.66
				試料の全塩分(%)	1.340	0.709	0.270	0.031	0.014
				試料の不溶残分(%)	50.0	52.9	51.6	49.2	48.3
				塩化物 イオン量	(%)	0.656	0.369	0.133	0.010
					(kg/m ³)	15.06	8.46	3.06	0.23

[供試体概要] N-水セメント比 60%-練上がり温度 35℃-簡易断熱養生

単位 骨材量 (kg/m ³)	単位 容積質量 (kg/m ³)	骨材の 不溶残分 (%)	初期 塩分 (%)	塩水浸せき試験後の試料					
				採取位置	1 層目	2 層目	3 層目	4 層目	5 層目
1809	2284	94.8	0.004	浸透面からの距離(mm)	5.35	19.11	34.74	53.16	72.00
				試料の全塩分(%)	1.400	0.979	0.589	0.222	0.037
				試料の不溶残分(%)	56.0	58.6	58.6	57.6	59.6
				塩化物 イオン量	(%)	0.708	0.529	0.317	0.114
					(kg/m ³)	16.17	12.08	7.23	2.6

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 AE 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

報告書番号	発行年月	専門委員会報告名
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
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

報告書番号	発行年月	専門委員会報告名
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 ーセメントの種類，養生条件および海洋暴露条件の影響(材齢 10 年試験)ー
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
F－52	2006 年 3 月	各種低発熱セメントを用いたコンクリートの海洋環境下での鉄筋の腐食に関する研究 材齢 5 年報告
F－53	2006 年 3 月	蒸気養生条件がコンクリートの強度発現に及ぼす影響
F－54	2008 年 3 月	寒冷地に暴露した AE コンクリートの耐凍害性 - 材齢 20 年報告-
F－55	2008 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの耐久性に関する研究
F－56	2010 年 3 月	各種低発熱セメントを用いたコンクリートの海洋環境下での鉄筋の腐食に関する研究 材齢 10 年最終報告
F－55 (追補)	2011 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの耐久性に関する研究 (コンクリートの乾燥収縮に関する実験結果)
F－57	2012 年 6 月	各種セメントを用いた暑中コンクリートの諸性質に関する研究
F－58	2013 年 3 月	コンクリートの収縮ひび割れ抵抗性に関する試験報告
F－59	2014 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇に関する研究
F－59 (追補)	2018 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇に関する研究 (フライアッシュセメントを用いたコンクリートの実験結果)
F－60	2018 年 3 月	寒冷地に暴露した AE コンクリートの耐凍害性ー材齢 30 年報告ー

コンクリート専門委員会報告 F-61

ISBN978-4-88175-179-4 C3358

2023 年 7 月 7 日発行

一般社団法人セメント協会

東京都中央区新富 2 丁目 15 番 5 号

RBM 築地ビル 2 階

電話 03 (5540) 6171 (代)

発行所 一般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)

本書の無断複製および転載を禁じております。

本書に関するお問い合わせは下記宛てにお願いいたします。

セメント協会ホームページ <https://www.jcassoc.or.jp>



一般社団法人セメント協会