

土 木 研 究 所 資 料

モンモリロナイト含有骨材を用いた
コンクリートの過早凝結と超遅延剤の効果

平成7年6月

建設省土木研究所
ダム部ダム構造研究室

Copyright © (1995) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

モンモリロナイト含有骨材を用いた コンクリートの過早凝結と超遅延剤の効果

ダム構造研究室 室 長 永 山 功
研 究 員 片 平 博*

* 現 情報資料課 資料係長

要 旨

粘土鉱物の一種であるモンモリロナイトを含有する骨材を使用すると、コンクリートの凝結が促進され、コンクリートの締固めに必要な施工時間を十分に確保できない場合が生じてくる。本論文は、モンモリロナイト含有骨材を用いた場合のコンクリートの凝結特性を把握するとともに、その対策として超遅延剤を使用した場合の効果について、室内試験を実施し、その結果をとりまとめたものである。

キーワード：RCD用コンクリート，有スランブコンクリート，過早凝結，
モンモリロナイト，超遅延剤，長期強度

まえがき

近年のダム建設においては、質、量ともに良好な原石山を確保することが次第に困難となり、多少品質の劣る骨材であっても、これを積極的に利用していく技術の開発が望まれている。このような骨材の一つにモンモリロナイトを含有する骨材がある。

粘土鉱物の一種であるモンモリロナイトを含有する骨材をコンクリートに使用すると、コンクリートの凝結が著しく早くなり（これを過早凝結という）、コンクリートの締固めに長い時間を要する部分では、十分な締固めが困難となる場合が生じてくる。特に、近年、重力式コンクリートダムの施工法の主流となっているRCD工法では、機械施工を可能とするために広い施工エリアが必要で、この関係から、コンクリートを撒き出してから締固めに至るまでの施工時間が、従来の柱状工法に比較して長くなるのが一般である。特にRCD用コンクリートの撒き出しレーンの境界部や有スランプコンクリートとの境界部では、最初のコンクリートが撒出されてから締固めが完了するまでに4～6時間の施工時間が必要である。このため、コンクリートの過早凝結に対する対応が大きな課題となってくる。

一方、モンモリロナイトに起因するコンクリートの過早凝結に対する対応策としては、コンクリート混和剤の一種である超遅延剤の使用が考えられるが、超遅延剤の凝結遅延性能と、超遅延剤がコンクリートの品質に及ぼす影響については、いまだ明かとなっていない部分も多い。

以上のことから、モンモリロナイト含有骨材を用いた場合のコンクリートの凝結特性と、超遅延剤の効果および影響について室内試験を実施した。本論文は、この結果をとりまとめたものである。

目 次

まえがき

1. 試験の目的	1
2. 試験に用いた材料とコンクリートの配合	2
2.1 コンクリート用骨材	2
2.2 結合材料	6
2.3 混和剤	6
2.4 コンクリートの配合	9
3. 試験の方法	10
3.1 RCD用コンクリートの凝結特性試験	10
3.2 有スランプコンクリートの凝結特性試験	11
3.3 超遅延剤を過剰に添加した場合の強度発現試験	13
4. 試験結果と考察	15
4.1 RCD用コンクリートの凝結特性	15
4.1.1 モルタル配合による凝結特性試験結果	15
4.1.2 細骨材の違いによる凝結特性の比較	16
4.1.3 超遅延剤の効果	17
4.1.4 VC値と標準供試体の密度、強度との関係	18
4.2 有スランプコンクリートの凝結特性	19
4.2.1 スランプとペースト上昇時間との関係	19
4.2.2 細骨材の違いによる凝結特性の比較	20
4.2.3 超遅延剤の効果	22
4.2.4 単位セメント量の影響	23
4.2.5 空気量の経時変化	24
4.3 超遅延剤を過剰に添加した場合の強度発現	25
4.3.1 RCD用コンクリートの強度発現	25
4.3.2 有スランプコンクリートの強度発現	26
5. まとめ	27
参考文献	27
付録（実験データ）	29

付 録 (実験データ)

目 次

付図-1	Rモルタル配合のプロクター貫入試験結果	31
付図-2.1	RCDコンクリートの凝結特性試験結果 (細骨材 I)	33
" 2.2	" (" II)	34
" 2.3	" (" III)	35
" 2.4	" (" IV)	36
" 2.5	" (" V)	37
" 3.1	有スランブコンクリート凝結特性試験結果 (G配合, 細骨材 I)	38
" 3.2	" (" , " II)	39
" 3.3	" (" , " III)	40
" 3.4	" (" , " IV)	41
" 3.5	" (" , " V)	42
" 3.6	" (A配合, " I)	43
" 3.7	" (" , " II)	44
付図-4.1	RCD用コンクリートの強度発現試験結果 (細骨材 I)	45
" 4.2	" (" II)	46
" 4.3	" (" IV)	47
" 5.1	有スランブコンクリートの強度発現試験結果 (G配合, 細骨材 I)	48
" 5.2	" (" , " II)	48
" 5.3	" (" , " IV)	49

1. 試験の目的

コンクリートダムの築造に用いられるRCD用コンクリートの配合と有スランプコンクリートの配合を対象に、以下に示す目的で試験を実施した。

- (1) モンモロナイトによって生じるコンクリートの過早凝結の特性について、モンモロナイトの種類や含有率の違いとの関係を検討する。
- (2) 超遅延剤の効果を確認することを目的に、超遅延剤の添加量と凝結遅延性能との関係を明らかにする。
- (3) 遅延剤の安全性を確認することを目的に、超遅延剤を過剰に使用した場合のコンクリートの品質に与える影響を明らかにする。

2. 試験に用いた材料とコンクリートの配合

2.1 コンクリート用骨材

試験に使用したコンクリート用骨材の性状を表-1に示す。モンモリロナイトの影響は骨材の比表面積の関係から細骨材において大きいと考えられるため、今回の試験では細骨材の種類を5種類に設定し、粗骨材は1種類に統一した。各骨材の特徴を以下に述べる。

細骨材Ⅰ：モンモリロナイトを含有しない良好な硬質砂岩

細骨材Ⅱ：Aダムの原石山から採取した火山礫凝灰岩でモンモリロナイトを含有する。Aダムではモンモリロナイトの検量線を作成しており、X線回折から得られるモンモリロナイトの含有量は4.7%であった。また、この試料にはローモンタイトも2.4%程度含有されている。X線回折のチャートを図-1.1に示す。また比重、吸水率などの物理的性質も劣っており、実際の工事では廃棄されている試料である。

細骨材Ⅲ：上記の細骨材Ⅰと細骨材Ⅱを重量比で1対1の割合で混合したものである。

細骨材Ⅳ、Ⅴ：双方ともBダムの原石山から採取した複輝石安山岩でモンモリロナイトを含有する。検量線を作成していないのでモンモリロナイトの含有量は明確でないが、図-1.2および図-1.3に示すX線回折結果から明かなように、モンモリロナイトの含有量は細骨材Ⅳで多く、細骨材Ⅴで少ない。比重、吸水率などの物理的性質も細骨材Ⅴのほうが良好である。なお、細骨材Ⅳではトリディマイトが検出されているが、モルタルバー法による試験では問題なしという結果が得られている。

粗骨材：Aダムの原石山から採取した火山礫凝灰岩でモンモリロナイトを3.0%、また、ローモンタイトを0.8%含有する。

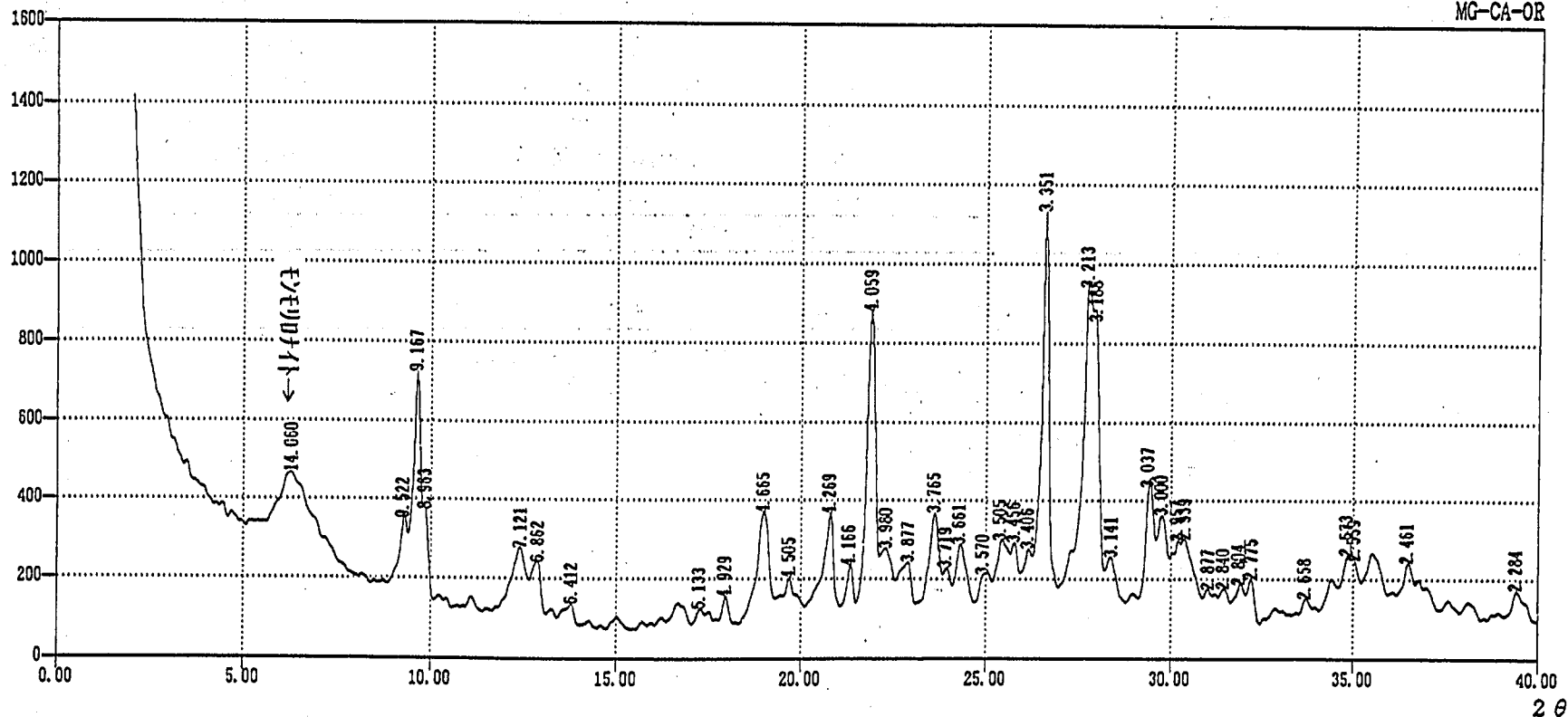
表-1 コンクリート用骨材

		岩 種	比重 (t/m^3)	モンモリロナイト 含量 (%)
粗骨材		Aダム産火山礫凝灰岩	2.58	3.0
細骨材	Ⅰ	笠間産硬質砂岩	2.64	0
	Ⅱ	Aダム産火山礫凝灰岩	2.47	4.7
	Ⅲ	上記の(Ⅰ+Ⅱ)/2	2.55	2.35
	Ⅳ	Bダム産複輝石安山岩	2.69	有
	Ⅴ	Bダム産複輝石安山岩	2.73	少

上記のように、今回使用する細骨材のうち、細骨材ⅣとⅤはモンモリロナイトの含有量が明かになっていないが、モンモリロナイトには多くの種類があり、特定のモンモリロナイトに対する検量線を作成するためには、高度な技術と多大な費用が必要である。一方、モンモリロナイトによってコンクリートに過早凝結が発生する原因については、モンモリロナイトはその分子層間にイオン粒子を取り込んでおり、このイオンがセメントと化学反応を引き起こすためと考えられており、その

Counts

MG-CA-OR



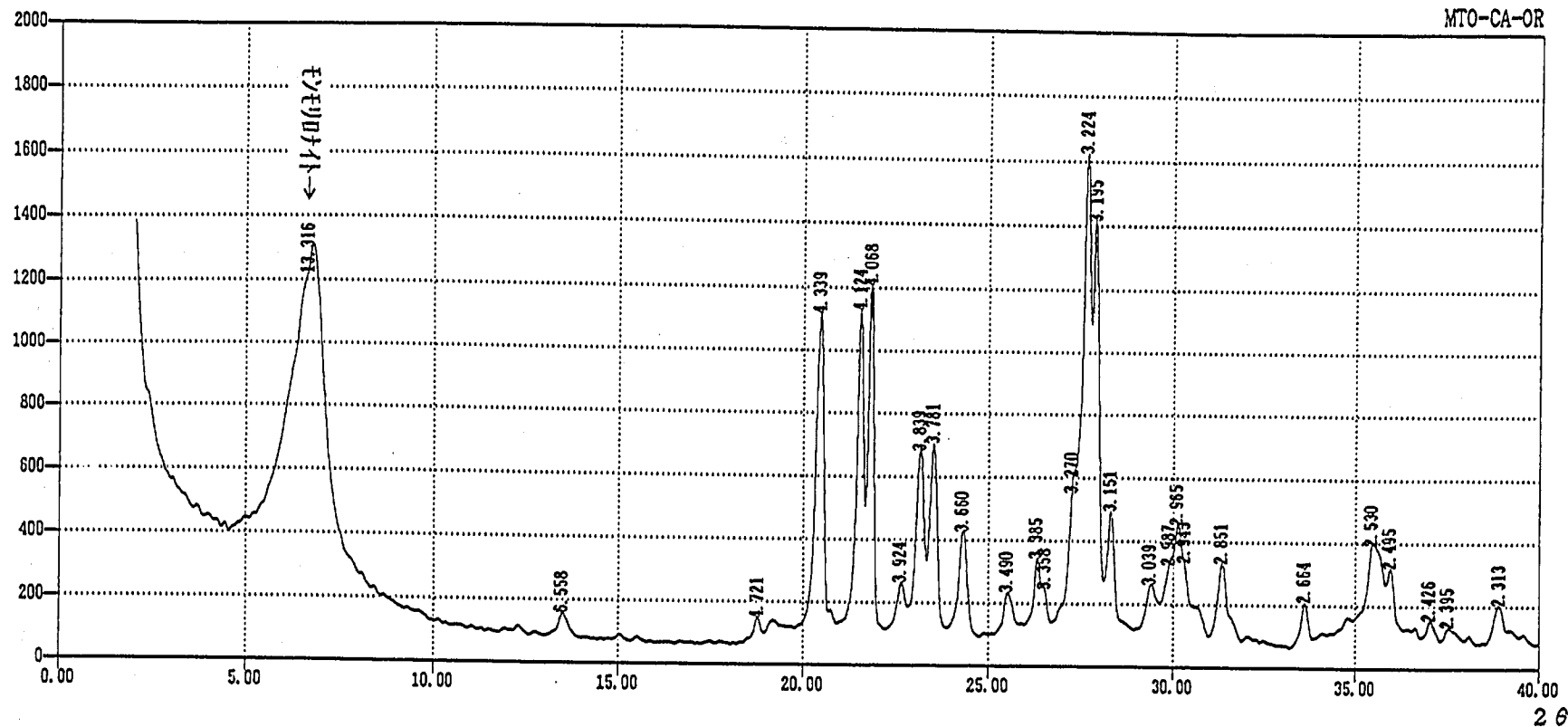
条件

ファイル名	Clay0011.std	ステップ角度(°)	0.010	散乱スリット	1°
サンプル名	MG-CA-OR	計数時間(sec)	1.00		
ホルダ名		管電圧(kV)	40.00		
測定日付	93年02月03日	管電流(mA)	30.00	スムージング点数	19
測定法	ステップ	ターゲット名	Cu	スムージング回数	2
測定軸	2θ・θ	発散スリット	1°	2θ補正角度	0.00
モード	通常	受光スリット	0.2mm		

図-1.1 細骨材IIのX線分析結果

Counts

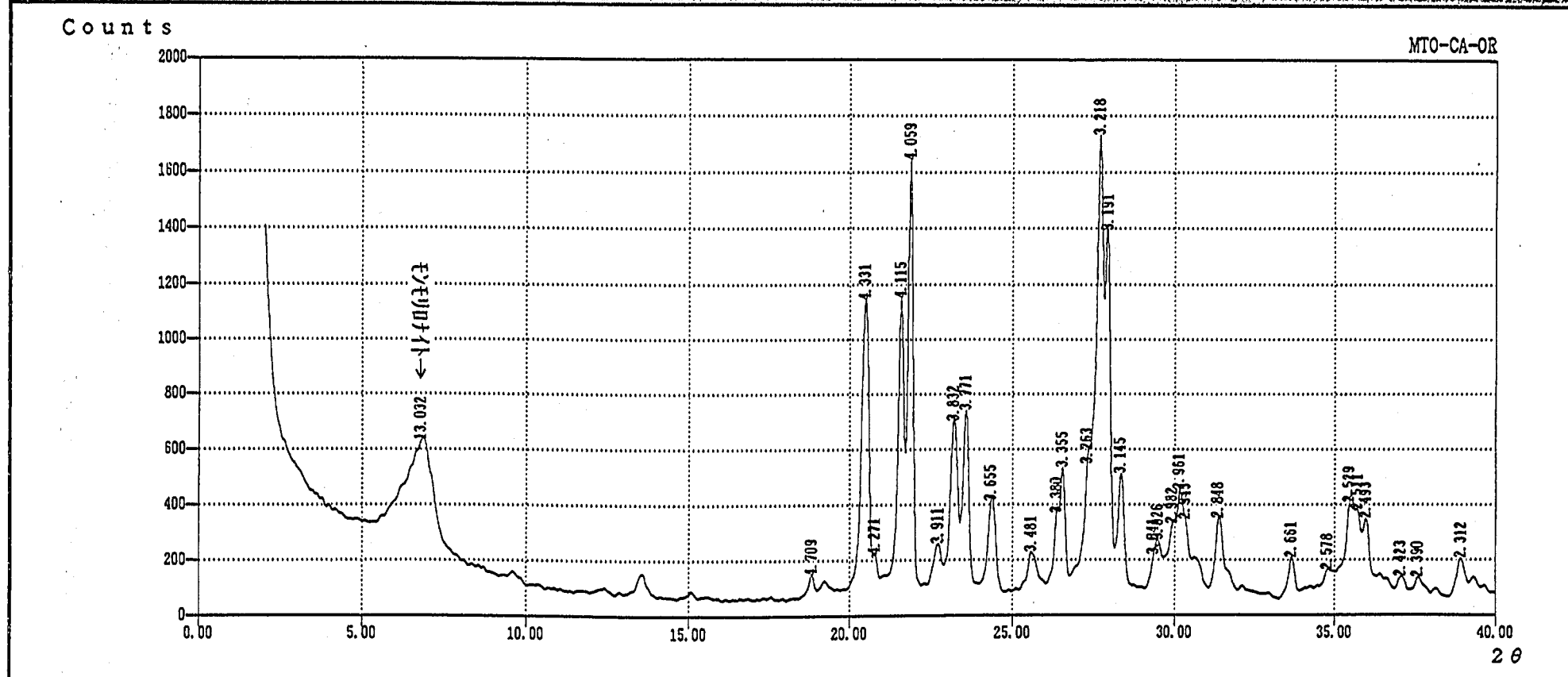
MTO-CA-OR



条件

ファイル名	Clay0015.std	ステップ角度(°)	0.010	散乱スリット	1°
サンプル名	MTO-CA-OR	計数時間(sec)	1.00		
ホーレタ名		管電圧(kV)	40.00		
測定日付	93年02月03日	管電流(mA)	30.00	スキャン点数	19
測定法	ステップ	ターゲット名	Cu	スキャン回数	2
測定軸	2θ-θ	発散スリット	1°	2θ補正角度	0.00
モード	通常	受光スリット	0.2mm		

図-1.2 細骨材ⅣのX線分析結果



条 件					
ファイル名	Clay0013.std	ステップ 角 度 (°)	0.010	散 乱 ス リ ッ ト	1°
サンプル名	MT0-CA-OR	計 数 時 間(sec)	1.00		
ハレタ名		管 電 圧 (kV)	40.00		
測定日付	93年02月03日	管 電 流 (mA)	30.00	スキャン点数	19
測 定 法	ステップ	ターゲッ ト 名	Cu	スキャン回数	2
測 定 軸	2θ・θ	発 散 ス リ ッ ト	1°	2θ補正角度	0.00
モ ー ド	通常	受 光 ス リ ッ ト	0.2mm		

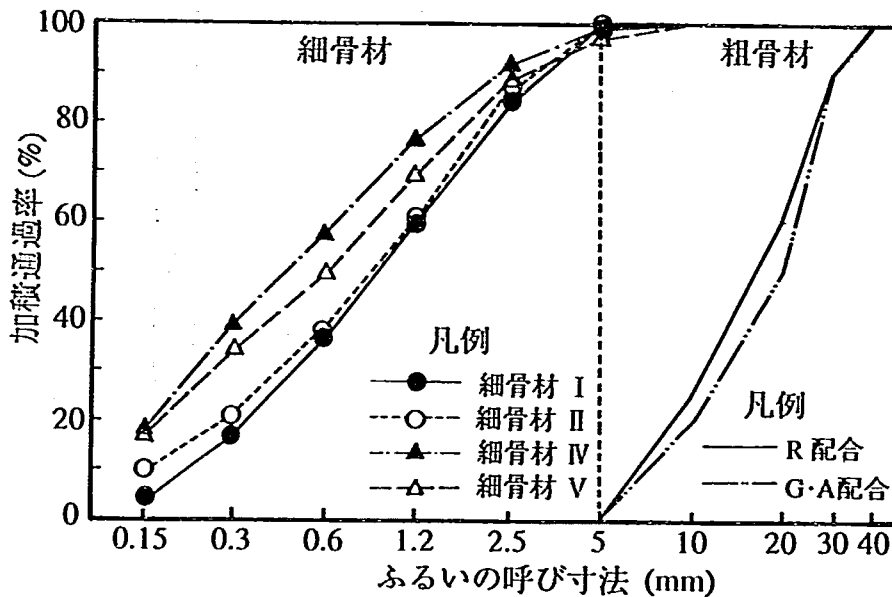
図-1.3 細骨材VのX線分析結果

程度は材料の持つ陽イオン交換容量（CEC）の大きさと対応性があることが近年の研究で明らかになっている¹⁾。このことから細骨材Ⅱ、Ⅳ、Ⅴの陽イオン交換容量を測定した結果を表－2に示す。陽イオン交換容量は大きいものから細骨材Ⅱ、Ⅳ、Ⅴの順であった。

各骨材の粒度分布は図－2に示すとおりであり、細骨材ⅠとⅡはほぼ同等の粒度分布であるが、これに対して細骨材ⅣとⅤは細かい粒度分布であった。粗骨材は最大寸法を40mmとし、粒度分布は人為的に調整し、コンクリートの配合ごとに、図に示すような粒度分布を作成した。

表－2 細骨材の陽イオン交換容量

細骨材	陽イオン交換容量 (meq/100g)	交換性陽イオン (meq/100g)			
		Na	K	Ca	Mg
Ⅱ	27.88	3.53	0.17	15.32	2.80
Ⅳ	7.71	0.01	0.00	4.79	1.08
Ⅴ	3.08	0.00	0.03	2.44	0.37



図－2 骨材の粒度分布

2.2 結合材料

結合材料には中庸熱ポルトランドセメントとフライアッシュを使用した。ただし、2.4項で示すようにフライアッシュはRCD用コンクリートの配合についてのみ使用し、有スランブコンクリートについては中庸熱ポルトランドセメントのみを使用した。

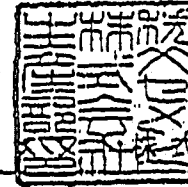
中庸熱ポルトランドセメントとフライアッシュの工場出荷時の試験成績表を表－3、4に示す。

2.3 混和剤

混和剤としては、通常のダム用コンクリートに使用される遅延型AE減水剤、AE助剤に上乘せるかたちで超遅延剤を使用した。各混和剤の主成分を表－5に示す。

表-3 中庸熱ポルトランドセメントの試験成績表

セメント試験成績表



建設省 土木研究所 御中

平成 4 年 8 月 3 日

秩父セメント株式会社

項目 種類	比重	比表面積 (cm ² /g)	凝 結			安定性	酸 化 率 (%)	三 酸 化 硫 黄 (%)	強 度 率 (%)
			水 量 (%)	始 発 (h-min)	終 結 (h-min)				
中庸熱セメント	3.21	3,100	27.5	2-45	4-00	良	1.0	2.0	0.7
JIS R 5210 (中庸熱)	-	2,500以上	-	60min以上	10h以下	良	5.0以下	3.0以下	3.0以下

項目 種類	圧 縮 強 さ (kgf/cm ²)			水 和 熱 (cal/g)		けい 酸 三 酸 化 カ ル シ ウ ム (%)	ソ ー シ ウ ム 三 酸 化 カ ル シ ウ ム (%)	塩 添 (%)
	3 日	7 日	28 日	7 日	28 日			
中庸熱セメント	106	163	362	65.3	76.8	45	4	0.003
JIS R 5210 (中庸熱)	50以上	100以上	230以上	70以下	83以下	50以下	8以下	

備 考

7月28日納入 28袋口

アルカリ量: Na₂O=0.27%, K₂O=0.49%, R₂O=0.59%(R₂O=Na₂O+0.658K₂O)

お問合せその他のご連絡先

〒100 東京都千代田区有楽町1-5-1

秩父セメント株式会社

セメント営業本部 技術部

電話 (03) 3501 - 8522

表-4 フライアッシュの試験成績表

平成 4年 9月28日

電発フライアッシュ品質試験成績表

(フライアッシュ)

東京都新宿区新宿1丁目6番5号

株式会社電発工業・テック

試料番号

製造工場

磯子工場

製造年月日

平成 4年 8月 1日~31日

採取年月日

平成 4年 8月 1日~31日

試料採取方法

バラ積み口

試験方法

JIS A6201(1991)による

使用セメント

	試験項目	JIS規格	試験成績
化学成分	二酸化けい素 (%)	45以上	48.4
	水分 (%)	1以下	0.1
	強熱減量 (%)	5以下	0.8
物理的性質	比重	1.95以上	2.29
	粉末度 比表面積 (ブレン) (cm ² /g)	2,400以上	3,490
	単位水量比 (%)	102以下	93.0
	圧縮強度比(%) 28日	60以上	80.7
	91日	70以上	101.5

但し、圧縮強度比の材令28日は 7月分、91日は 5月分の成績です。

表-5 混和剤の主成分

遅延型AE減水剤	ナリウム酸塩+リチウム酸塩
AE助剤	特殊非イオン界面活性剤
超遅延剤	オキシカルボン酸塩

この超遅延剤をコンクリートに添加すると、セメント粒子に吸着して表面に被膜を形成し、これによってセメントの水和反応が一時的に遮断されるために凝結が遅延する²⁾。超遅延剤は各混和剤メーカーで商品化しているが、そのほとんどがオキシカルボン酸塩を主成分としたものである。なお、今回使用した超遅延剤は遅延効果の他に多少の減水作用を合わせ持っており、空気連行作用は伴わないものである。

2.4 コンクリートの配合

試験はRCD用コンクリートの配合（以下、R配合という）と有スランブコンクリートの配合について実施した。なお、有スランブコンクリートについては、重力式コンクリートの内部配合に相当する配合（以下、G配合という）と、アーチ式コンクリートダムのコンクリートに相当する配合（以下、A配合という）について試験を実施した。ただし、これらの配合はウェットスクリーニングを想定して粗骨材の最大寸法を40mmとした。各コンクリートの配合を表-6に示す。なお、今回の試験では細骨材の種類を5種類設定しており、細骨材が異なるとコンシステンシー（VC値またはスランブ）が変化するが、これに対しては、細骨材率で調整し、単位水量と単位結合材量は一定とした。ただし、細骨材Iを使用したG配合の凝結特性試験に関しては、単位水量の違いによるコンクリートの凝結特性の違いを見るために、表-7に示す3種類の配合を設定した。なお、超遅延剤を添加することによってコンシステンシーは多少変化するが、今回の実験では超遅延剤の使用による配合の変更は行わないものとした。

表-6 コンクリートの配合表

配 合	細骨材 の 種類	骨材 の 最大 寸法 (mm)	目標 VC値 (秒)	目標 スラ ンブ (cm)	空気量 (%)	水結 合材 比 (%)	75μ 通过率 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m ³)			混和剤量 * (%)		
									水	セメント	75μ 通过率	AE 減水剤	AE 助剤	超 遅延剤
R配合	I II III	40	20±10	—	2±1	64.8	30	46	120	129.5	55.5	0.2	—	0~0.4
	IV V	//	//	—	//	//	//	42	//	//	//	//	—	//
G配合	I II III	40	—	5±1	4.5±1	60	0	43	142	237	—	0.2	0.01	0~0.3
	IV V	//	—	//	//	//	0	40	//	//	—	//	//	//
A配合	I II	//	—	//	//	45	0	40	//	316	—	//	//	//

*単位結合材量に対する百分率

表-7 細骨材Iを用いたG配合の配合表

配 合	細骨材 の 種類	骨材 の 最大 寸法 (mm)	目標 VC値 (秒)	目標 スラ ンブ (cm)	空気量 (%)	水結 合材 比 (%)	75μ 通过率 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m ³)			混和剤量 * (%)		
									水	セメント	75μ 通过率	AE 減水剤	AE 助剤	超 遅延剤
G	I	40	—	5±1	4.5±1	60	0	43	142	237	—	0.2	0.01	0
G'	I	//	—	8±2	//	//	0	//	147	245	—	//	//	0
G''	I	//	—	12±2	//	//	0	//	152	253	—	//	//	0

*単位結合材量に対する百分率

3. 試験の方法

3.1 RCD用コンクリートの凝結特性試験

コンクリートの試験に先立ち、超遅延剤の添加量の目安をつけることを目的に、モルタル配合による凝結特性試験を実施した。モルタルの配合は表-6に示すR配合のコンクリートの配合から粗骨材を差し引くことによって求め、表-8に示す配合とした。このモルタル配合について超遅延剤を結合材料に対する重量比で0~0.6%まで変化させて添加し、モルタルミキサーによって3分間の練混ぜを行った後、プロクター貫入抵抗試験によって凝結速度を測定した。試験中のモルタルの温度は20℃であった。

表-8 モルタルR配合の配合表

細骨材 の 種類	空気量 (%)	水結 合材 比 (%)	ﾌﾗｲｱ ｯｼｭ 率 (%)	単位量 (kg/m ³)			混和剤 * (%)	
				水	セメント	ﾌﾗｲｱ ｯｼｭ	A E 減水剤	超 遅延剤
I II III	3.7±1	64.8	30	210	227	97	0.2	0~0.6
IV V	//	//	//	226	244	105	//	//

*単位結合材量に対する百分率

コンクリートの試験は、表-6に示すR配合について、傾胴型ミキサーにより3分間の練混ぜを行った後、練上り直後を含めて1時間毎にVC値とプロクター貫入抵抗値（5mmフルイでウェットスクリーニングした試料を使用）を測定した。また、練上り直後を含めて2時間毎に標準供試体（直径15cm、高さ30cm）を作製し、締固め密度と材齢14日における圧縮強度を測定した。この標準供試体の作製に際しては、コンシステンシーの違いが試験結果に正しく現れるように標準供試体作製装置³⁾を使用して、表-9に示す条件で供試体に与える締固めエネルギーを一定に管理した。なお、表-9に示す締固め条件は今回の試験を実施するに当たって便宜的に設定したものであり、実際のRCD工法の締固めエネルギーとは必ずしも対応するものではない。

試験ケースは表-10に示すように、5種類の細骨材を用いたそれぞれの配合に対して、超遅延剤の添加量を結合材料に対する重量比で0~0.4%までの範囲で数ケース設定した。

試験中のコンクリート温度は17~20℃の範囲であった。

表-9 RCD用コンクリートの
標準供試体の作製条件

供試体寸法	直径：150mm 高さ：300mm
振動タンバ	回転数：3,000rpm 片振幅：0.52mm 起振力：140kgf
締固め条件	締固め層数：3層 振動タンバの押しつけ力：60kgf 締固め時間：1層あたり30秒

表-10 RCD用コンクリートの
凝結特性試験の試験ケース

配 合	細骨材の種類	超遅延剤の添加量 * (%)
R配合	I	0
//	II	0, 0.2, 0.3, 0.4
//	III	0, 0.1, 0.2
//	IV	0, 0.1, 0.2
//	V	0, 0.1

*単位結合材量に対する百分率

3.2 有スランプコンクリートの凝結特性試験

表-6に示すG配合、A配合について、傾胴型ミキサーにより3分間の練混ぜを行った後、練上り直後を含めて1時間毎にスランプ、空気量、内部振動機によるペースト上昇時間、およびプロクター貫入抵抗値(5mmフルイでウェットスクリーニングした試料を使用)、を測定した。

ここで、内部振動機によるペースト上昇時間の測定試験とは、コンクリートのコンシステンシーを実際の施工状態に近い条件で測定することを目的として、今回、新たに採用した試験法である。試験には図-3に示す試験装置を用い、以下の手順で実施した。

- ①空気量測定用の7ℓのモールド内にコンクリート試料を詰め、モールドをモールドガイドに沿ってセットする(写真-1)。
- ②内部振動機を起動させ、バランスウェイトをストッパーから外す。
- ③内部振動機の自重によって昇降装置を作動させ、内部振動機を試料の中に挿入させる。内部振動機は昇降ガイドによって常に試料の中央に挿入される。かつ、昇降ガイドのストッパーによって容器の底から20mmの高さで停止し、振動エネルギーをコンクリート試料に伝達する(写真-2)。内部振動機の先端が試料に挿入されてから、容器の底から20mmの高さに停止するまでの所要時間は約1秒間である。
- ④内部振動機の振動エネルギーによってコンクリートに締固まりが発生し、コンクリートの表面にペーストが上昇してくる(写真-3)。

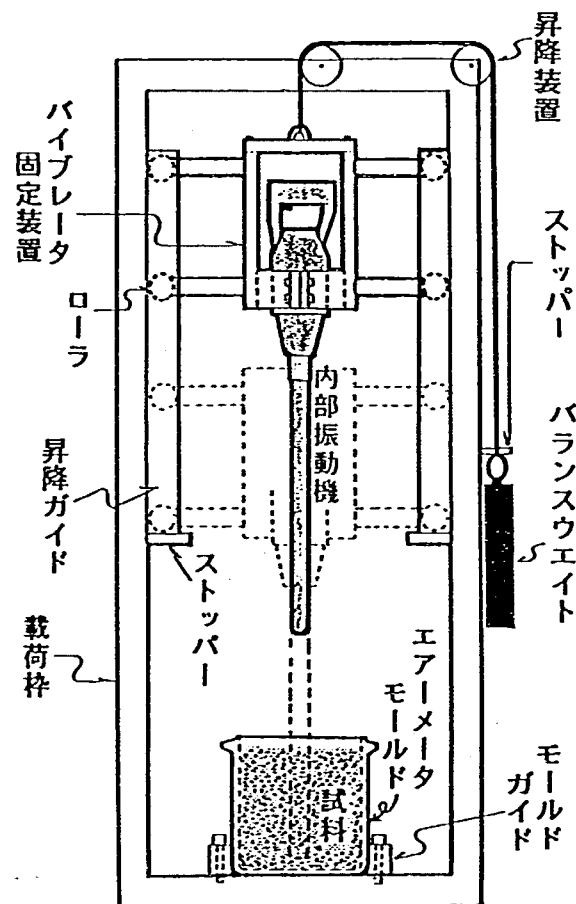


図-3 内部振動機によるペースト上昇時間測定装置

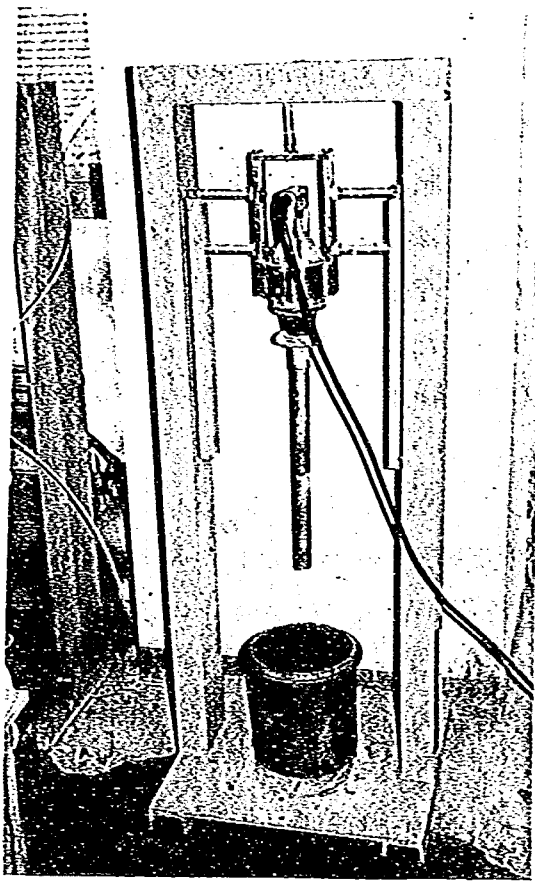


写真-1

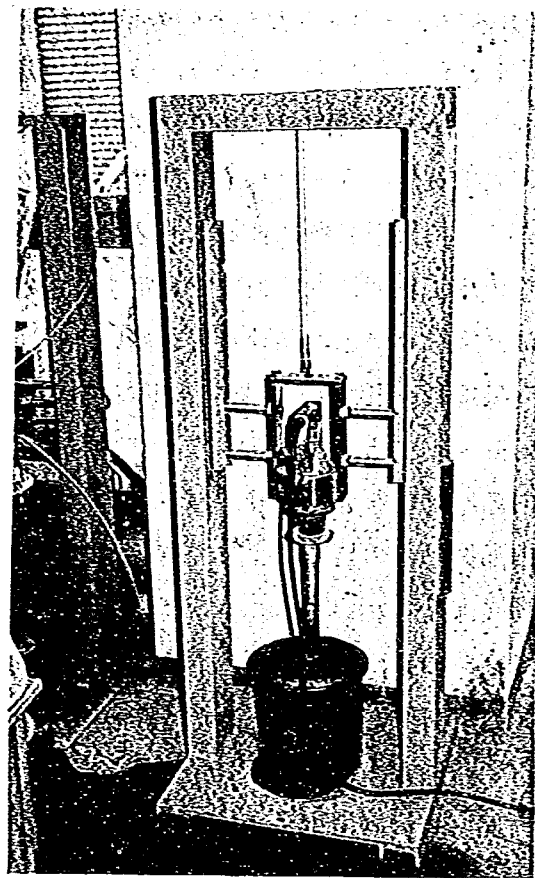


写真-2

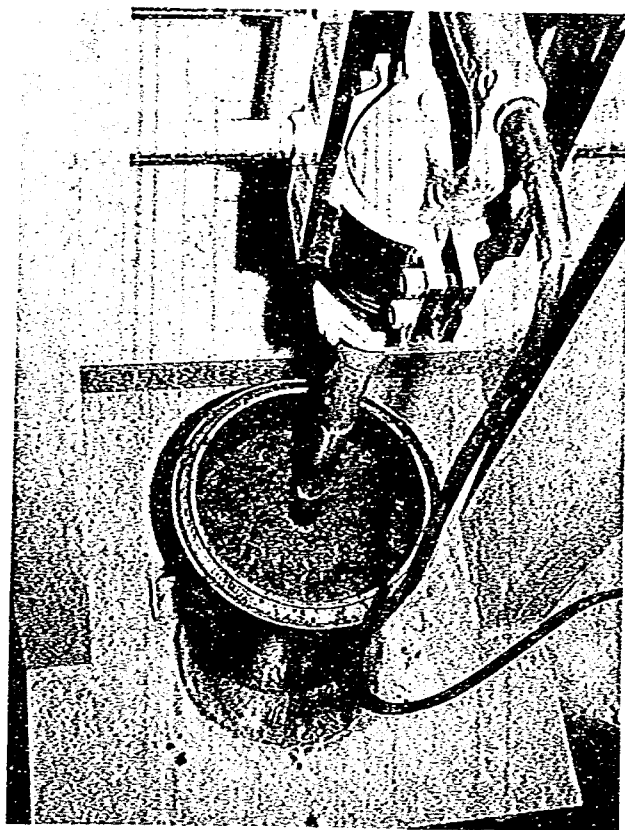


写真-3

この試験においては、内部振動機を挿入してから、コンクリートの表面全体にペーストが上昇するまでの時間（秒数）を測定し、この秒数をコンシステンシーの指標とした。試験に使用した内部振動機の仕様は表-11に示す通りである。

試験ケースは表-12に示すように、5種類の細骨材を用いたそれぞれの配合に対して、超遅延剤の添加量を結合材料に対する重量比で0～0.3%までの範囲で数ケース設定した。

試験中のコンクリート温度は14～17℃の範囲であった。

表-11 内部振動機の仕様

全	長 (mm)	761
質	量 (kg)	4.0
振動部	長さ (mm)	475
	直径 (mm)	28
	振動数 (rpm)	12,000～13,500
	振幅 (mm)	1.8

表-12 有スランブコンクリートの
凝結特性試験の試験ケース

配 合	細骨材の種類	超遅延剤の添加料* (%)
G,G',G"配合	I	0
G配合	II	0, 1.2, 0.3
"	III	0, 0.1, 0.2
"	IV	0, 0.1, 0.2
"	V	0, 0.1
A配合	I	0
"	II	0, 0.1, 0.2, 0.3

*単位結合材料に対する百分率

3.3 超遅延剤を過剰に添加した場合の強度発現試験

超遅延剤の安全性を確認することを目的に、超遅延剤の添加量を適正使用量の10倍程度まで増加させて標準供試体を作製し、強度の発現傾向を長期材齢にわたって測定した。試験ケースは表-13に示すとおりである。標準供試体は1配合あたり13～14本作製し、表-13に示す材齢に達した時点で1本ずつ圧縮試験を実施した。なお、R配合の標準供試体の作製に当たっては標準供試体作製装置を使用し、供試体に与える締固めエネルギーを表-9に示す条件で一定に管理した。

なお、超遅延剤を過剰に添加した供試体については凝結が著しく遅延するために、脱型時期の判断が困難となるが、これについてはプロクター貫入試験用の供試体を同時に作製し、これによって凝結状態を把握したうえで標準供試体のキャッピングおよび脱型を実施した。

供試体の養生条件は、脱型するまではモールド内の水分が蒸発しないように密閉した状態で20℃の恒温室にて養生し、脱型後は養生水槽内での水中養生とした。養生水槽内の水温の年間変動は図-4に示すとおりで、平均水温は概ね18℃であった。

表-13 強度発現試験の試験ケース

配 合	細骨材の種類	超遅延剤の添加料* (%)	試験材齢 (日)
R配合	I	0, 1.0, 2.0, 3.0	7, 14, 28, 56, 91, 133,
"	II	0, 1.0, 2.0, 3.0	182, 238, 364, 546, 728,
"	IV	0, 2.0	910, 1092
G配合	I	0, 1.0, 2.0, 3.0	7, 14, 28, 42, 56, 91,
"	II	0, 1.0, 2.0, 3.0	133, 182, 273, 364, 546,
"	IV	0, 2.0	728, 910, 1092

*単位結合材料に対する百分率

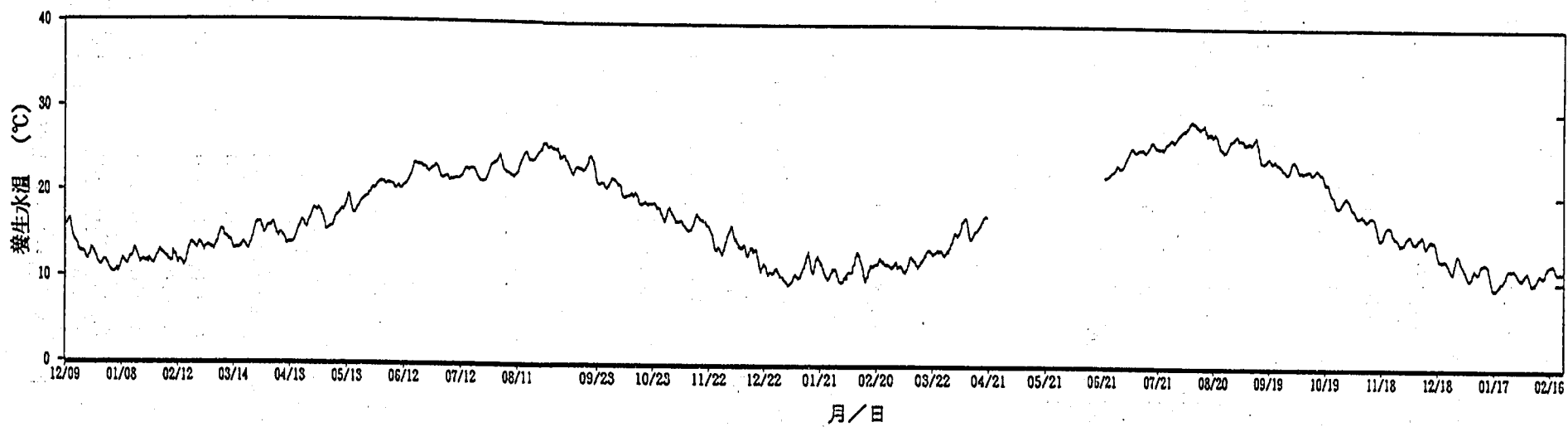


図-4 養生水温の年間変動

4. 試験結果と考察

4.1 RCD用コンクリートの凝結特性

4.1.1 モルタル配合による凝結特性試験結果

モルタルR配合による試験結果のうち、まず超遅延剤を添加しないケースについて、各細骨材の違いによる凝結特性を比較した結果を図-5に示す。図にはこの試験法で定められている始発（35 kgf/cm²）と終結（270kgf/cm²）の値を示しているが、始発の時間を比較してみると、経過時間の長いものから順に、

- ①品質の良好な細骨材Ⅰで約11時間
- ②Bダム産のモンモリロナイトの含有量が少ない細骨材Ⅴで約7時間
- ③良好な細骨材とAダム産の細骨材を混合した細骨材Ⅲで約4時間
- ④Bダム産のモンモリロナイトの含有量が多い細骨材Ⅳで約3時間
- ⑤Aダム産のモンモリロナイトを含有する細骨材Ⅱで約2時間

となり、凝結時間に大きな差があることが分かる。そして凝結時間の速さはモンモリロナイトの含有量や陽イオン交換容量と対応性があることが分かる。

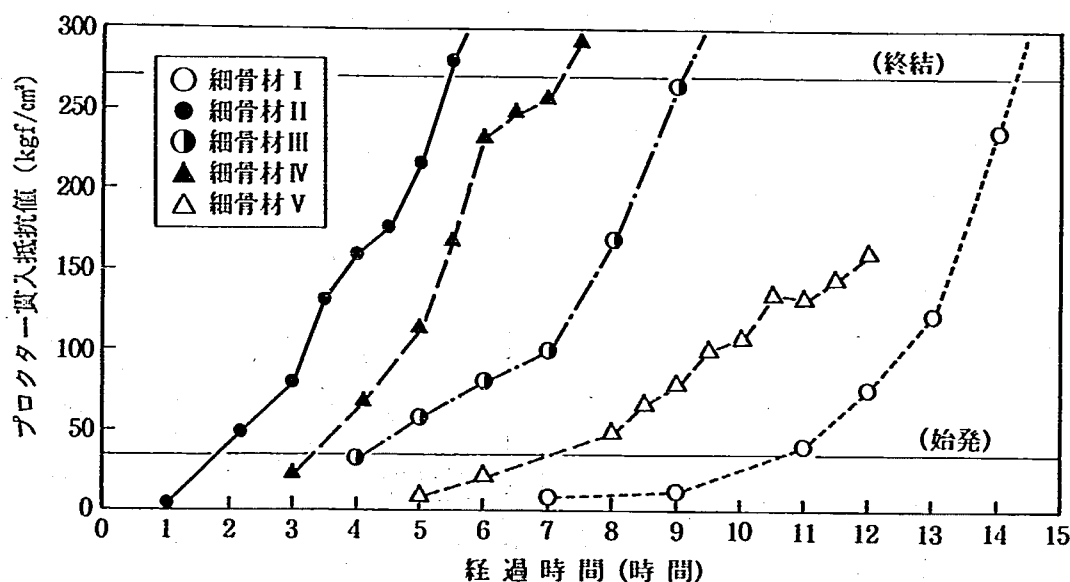


図-5 細骨材の違いによる凝結特性の比較（モルタルR配合，超遅延剤なし）

次に、各細骨材を用いたモルタルの配合に、超遅延剤を結合材料に対する重量比で0～0.6%まで0.1%刻みで添加した場合のプロクター貫入試験から得られる始発時間を図-6に示す。これより、超遅延剤による凝結遅延効果は細骨材の種類によって異なり、超遅延剤を添加しない条件で凝結時間の長い骨材を用いた配合に対してほど、超遅延剤による凝結遅延効果が大きいことが分かる。また、超遅延剤の添加による遅延時間は、超遅延剤の添加量が増えるほど加速度的に長くなることが分かる。

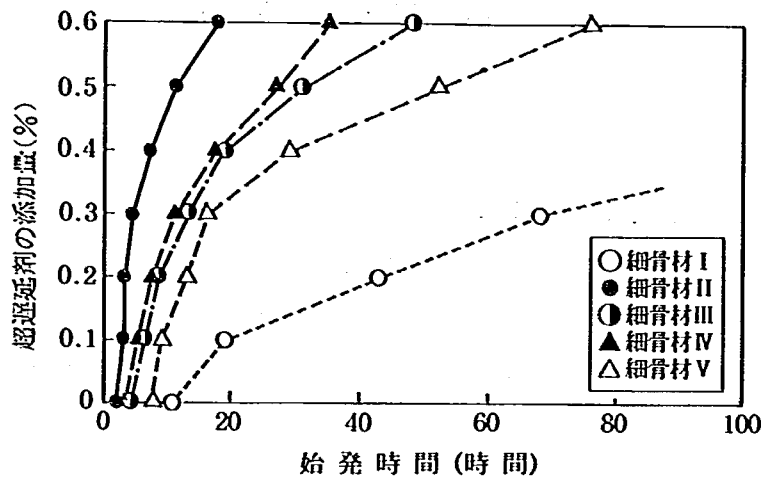


図-6 超遅延剤の添加量と始発時間の関係 (モルタルR配合)

4.1.2 細骨材の違いによる凝結特性の比較

R配合コンクリートの試験結果うち、超遅延剤を添加しないケースについて各細骨材の違いによる凝結特性を比較した。

図-7にVC値とウェットスクリーニングした試料に対するプロクター貫入抵抗値の経時変化を示す。このうちVC値の経時変化について見てみると、モンモリロナイトを含有しない細骨材Iを用いた配合では7時間を経過してもVC値の上昇は見られないのに対して、モンモリロナイトを含有する細骨材を使用した他の配合では早い時間からVC値の上昇が観測された。凝結速度は遅いものから順に細骨材I, V, III, IV, IIの順となっており、凝結速度はモンモリロナイトの含有量や陽イオン交換容量と対応があることが分かる。

プロクター貫入抵抗値の経時変化についても細骨材IIIの凝結速度が若干速いものの、VC値の経時変化と良い対応を示していることが分かる。この図-7に示すプロクター貫入抵抗値の経時変化を、先に述べたモルタル配合のプロクター貫入抵抗値の経時変化 (図-5) と比較すると、凝結速度が若干速く (時間にして約7割程度) になっているが、この原因としては練混ぜ時の水分の逸散や粗骨材の影響、5mmフルイによるウェットスクリーニングの影響などが考えられる。

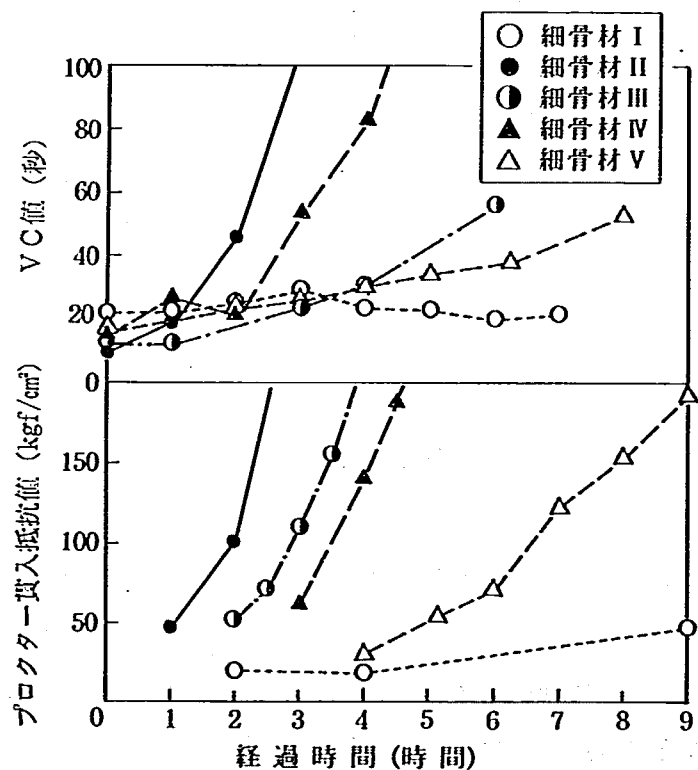


図-7 細骨材の違いによる凝結特性の比較 (R配合, 超遅延剤なし)

4.1.3 超遅延剤の効果

モンモリロナイトを含有する細骨材Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴを用いたR配合に対して，超遅延剤を添加した場合の，VC値とウェットスクリーニングした試料に対するプロクター貫入抵抗値の経時変化を図-8に示す。これより，いずれの配合に対しても超遅延剤は有効で，添加量に応じて凝結が遅延しており，超遅延剤によって練上り直後のフレッシュな状態を長時間にわたって保持できることが分かる。ただし，同等な施工可能時間を得るために必要な超遅延剤の添加量は，凝結速度の速い配合に対してほど多い。仮に5時間程度まで練上り直後のVC値を保持しようとした場合に必要な超遅延剤の使用量は，細骨材Ⅱの配合で0.3%，細骨材Ⅲ，Ⅳの配合で0.2%，細骨材Ⅴの配合で0.1%程度であった。なお，プロクター貫入抵抗値の経時変化についてもVC値と同様の傾向を示した。

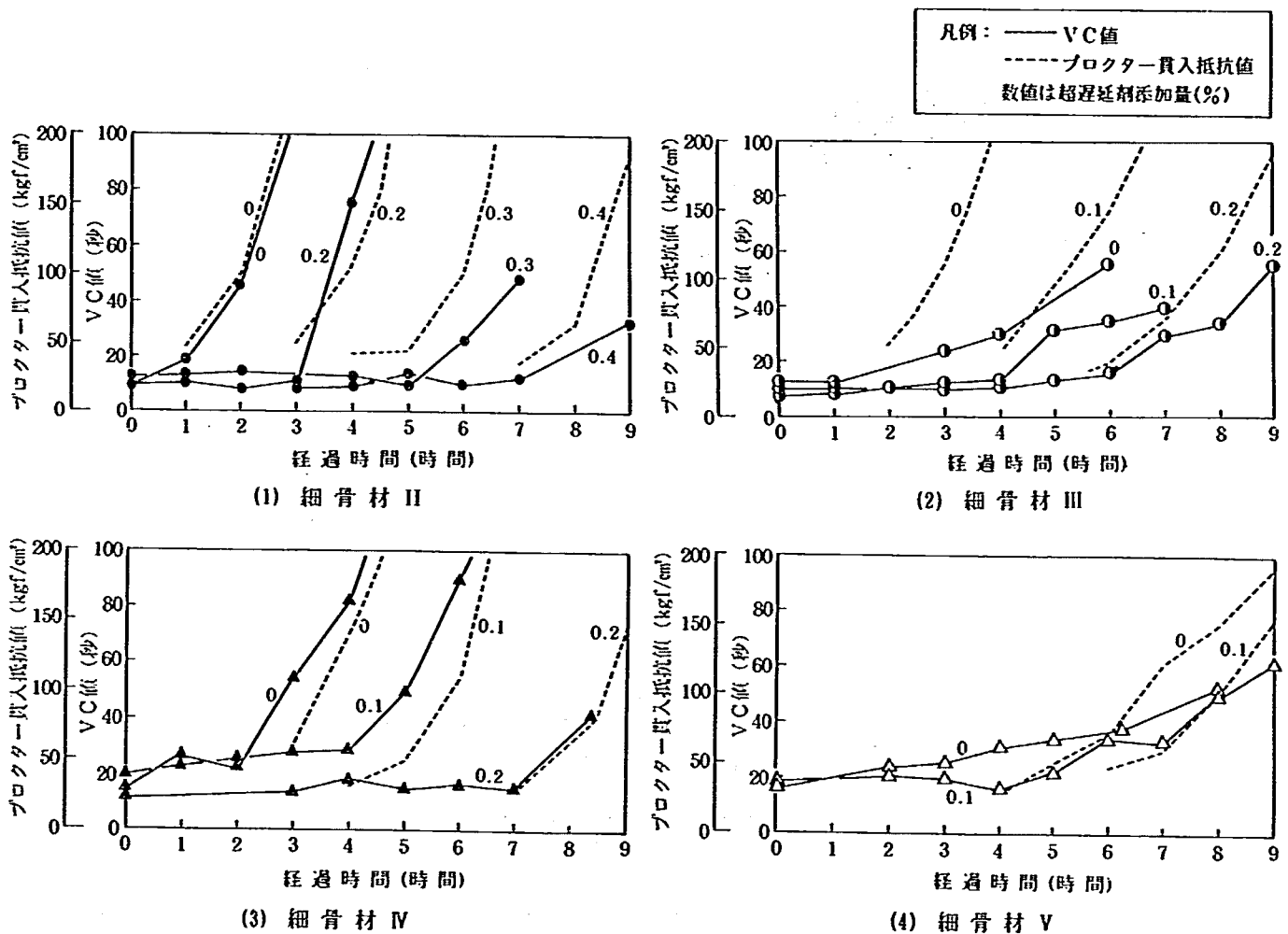


図-8 超遅延剤の添加による凝結特性の比較 (R配合)

4.1.4 VC値と標準供試体の密度、強度との関係

RCD用コンクリートのコンシステンシーの指標としては一般にVC値が用いられており、本論文においてもVC値を用いて超遅延剤の効果を論じてきた。ここでは、VC値が、RCD用コンクリートの締固め易さの程度を適切に評価する値であるかどうかについて、標準供試体の締固め試験結果との対比から検討した。

練上りから2時間ごとに作製した標準供試体の密度を、理論密度に対する比（これを密度比という）で表し、全てのR配合について、標準供試体作製時点のVC値と密度比との関係を表すと図-9のようになる。図によれば、細骨材の違いによらず、密度比はVC値と良い対応関係を示してお

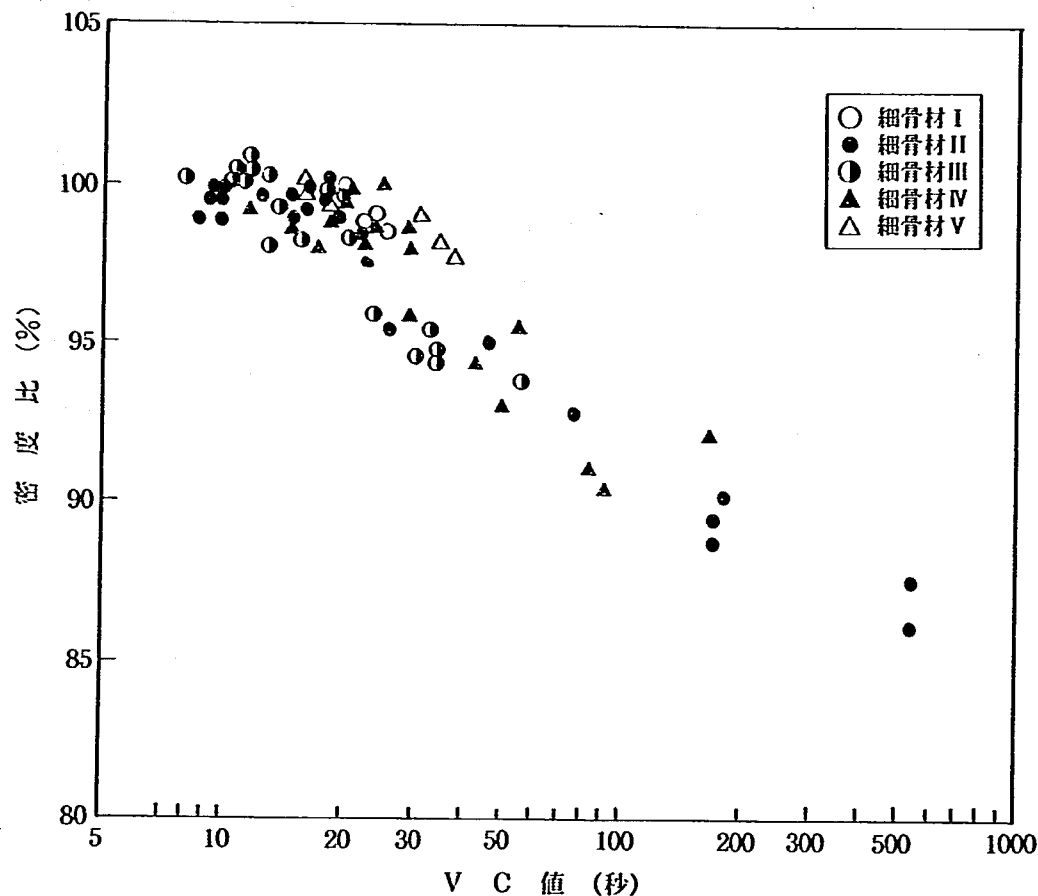


図-9 VC値と密度比の関係

り、VC値が20秒程度以下の範囲であれば密度比は98~100%の範囲にあるが、VC値がそれよりも大きくなると密度比はVC値の対数と線形関係をもって減少する傾向を示した。ただし、この結果は表-9に示す締固め条件によって作製した供試体の結果であって、締固めエネルギーが異なれば高い密度比を示すVC値の範囲も当然のことながら変化するものと考えられる。

次に、標準供試体の密度比と圧縮強度（材齢14日）の関係を図-10に示す。図によれば、細骨材の違いによらず、圧縮強度は密度比と非常に良い対応関係を示しており、密度比の減少に対応して圧縮強度も低下する傾向を示した。このことは、圧縮強度の低下が締固め時点のコンシステンシーの低下に伴う締固め不足によって生じていることを示している。

RCD工法においては、振動ローラの機種や転圧回数の設定によって締固めエネルギーが常に一定に管理されることから、硬化後のコンクリートの物性は転圧時のコンクリートの締固め易さ（コンシステンシー）に大きく左右される。したがって、RCD用コンクリートを十分に締め固めるためには、コンシステンシーを適切に維持することが重要であるが、上記の検討結果から、コンシステンシーの指標にはVC値が適切であることが確認された。

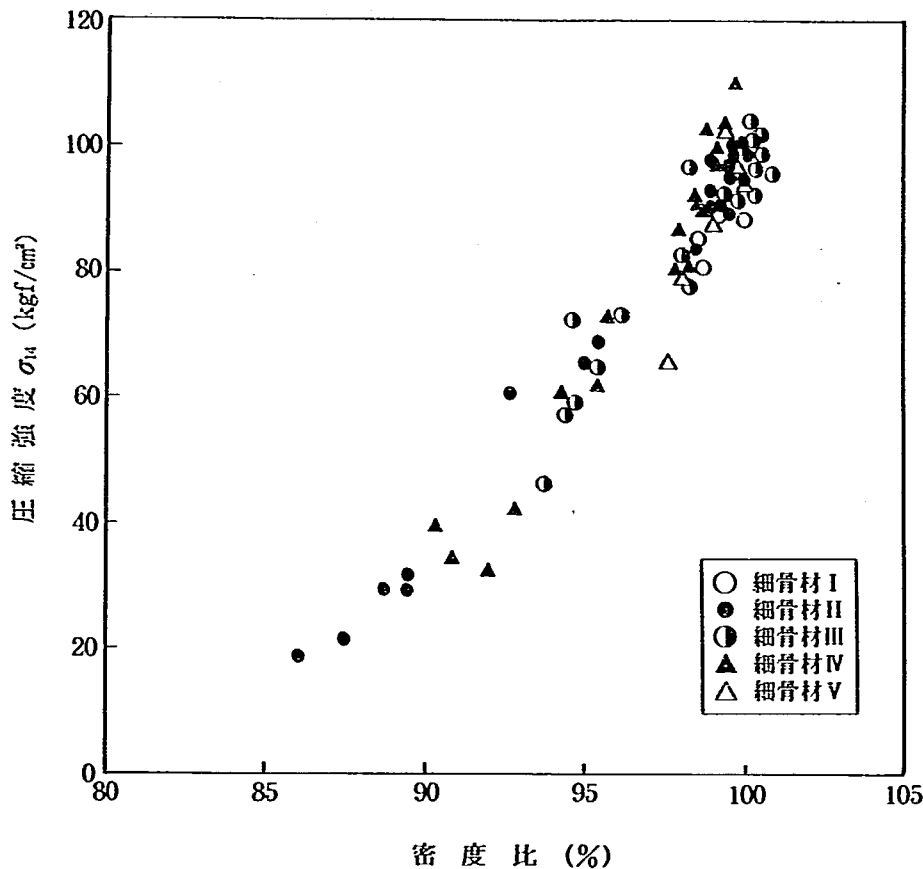


図-10 密度比と圧縮強度（材令14日）の関係

4.2 有スランプコンクリートの凝結特性

4.2.1 スランプとペースト上昇時間との関係

有スランプコンクリートのコンシステンシーの評価はスランプによって行われるのが一般的であるが、今回の試験では、より実際の締固めに近い条件でコンシステンシーを評価する方法として、「内部振動機によるペースト上昇時間試験」を実施した。今回実施した全ての試験データを用いて、スランプとペースト上昇時間との関係をプロットした結果を図-11に示す。図によると双方の間には良い対応関係があることが分かる。すなわち、ペースト上昇時間は、スランプが2 cm以上の範囲では非常に小さな値（2～3秒程度）で安定しているが、スランプが2 cm以下になると徐々に増加しはじめ、スランプが0 付近になると急激に増加する傾向を示している。このことから、ペースト上昇時間はスランプが非常に小さい範囲でのコンシステンシーの評価に有効であると考えられる。

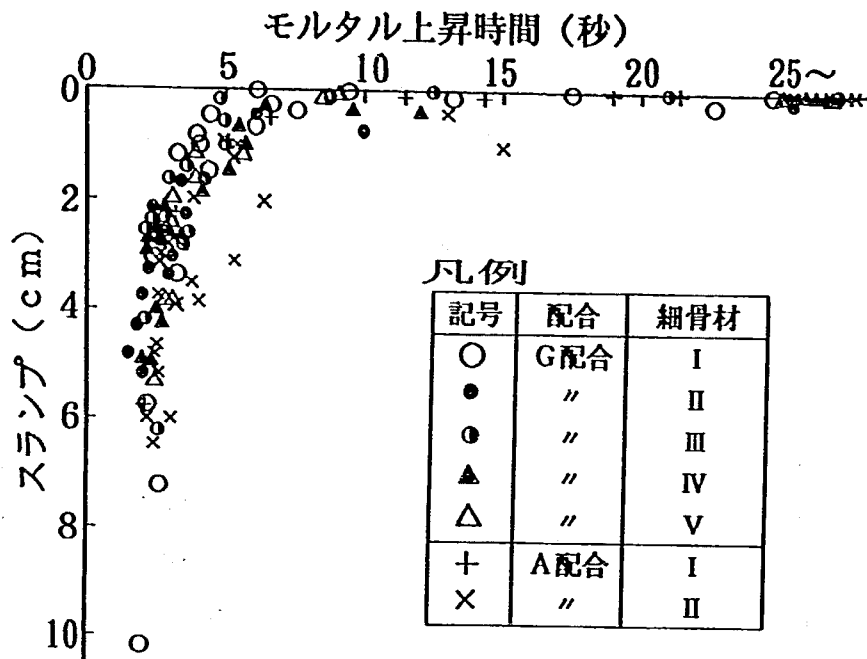


図-11 スランプとペースト上昇時間の関係

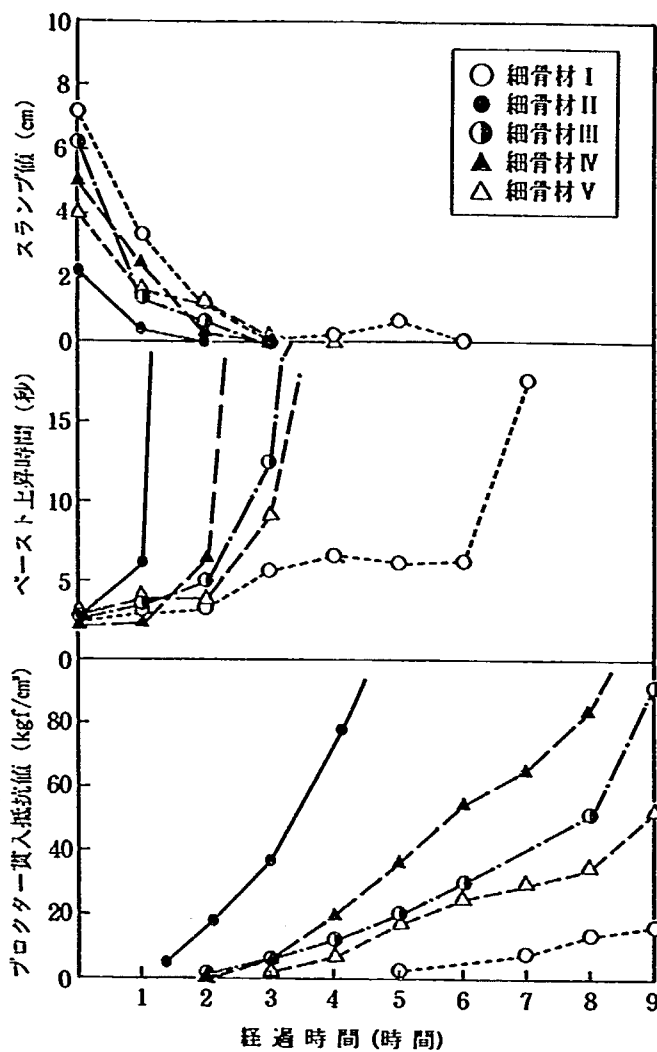
4.2.2 細骨材の違いによる凝結特性の比較

有スランプコンクリートの配合（G配合，A配合）のうち、超遅延剤を添加しないケースについて、各細骨材の違いによる凝結特性を比較した。

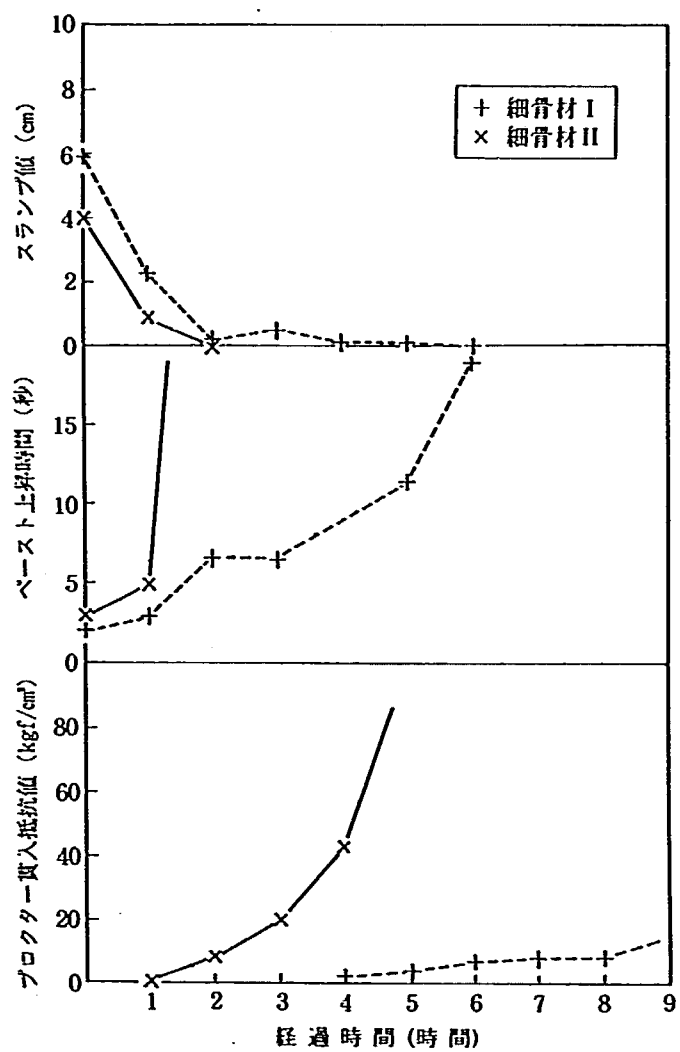
図-12にスランプとペースト上昇時間およびウェットスクリーニングした試料に対するプロクター貫入抵抗値の経時変化を示す（ただし、細骨材Iを用いたG配合に関しては、付図-3.1に示すように、単位水量を変化させた3配合（G，G'，G''配合）の試験を実施しており、このうちG配合の練上り直後のスランプは1.4cmとかなり小さく、その後の経時変化の把握が困難であったことから、細骨材Iの配合に限ってG'配合の結果を示している）。

図-12のG配合の試験結果のうち、まずスランプの経時変化についてみると、モンモリロナイトを含有しない細骨材Iを用いた配合でも練上り直後から大きなスランプロスがみられ、3時間程度でスランプは0付近まで低下している。他のモンモリロナイトを含有する細骨材II～IVを用いた配合でも同様に2～3時間でスランプは0となっており、細骨材の違いによる有意な差は見られない。

これに対してペースト上昇時間の経時変化では、明かに細骨材の違いによる差が認められる。すなわち、モンモリロナイトを含有しない細骨材Iを用いた配合では、6時間程度まではペースト上昇時間に大きな変化はないが、7時間になった時点で値が急増している。これに対してモンモリロナイトを含有する細骨材を使用した他の配合では、ペースト上昇時間が急増する時間が速まっていることがわかる。そこで、ペースト上昇時間が急増するまでの範囲をコンクリートの締固め可能時間と判断すると、締固め可能時間は長いものから順に細骨材I，V，III，IV，IIの順となり、この凝結速度の順番はモンモリロナイトの含有量や陽イオン交換容量と対応があることが分かる。



(1) G 配合 (超遅延剤なし)



(2) A 配合 (超遅延剤なし)

図-12 細骨材の違いによる凝結特性の比較 (G・A 配合, 超遅延剤なし)

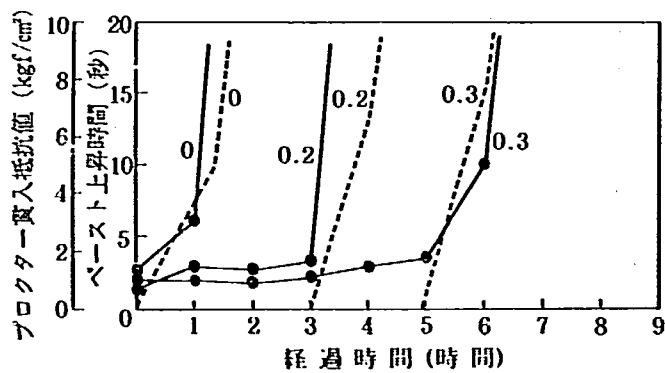
最後に、ウェットスクリーニングした試料に対するプロクター貫入試験の結果では、ペースト上昇時間と同様に細骨材の違いによる凝結速度の差が観測されている。ただし、ペースト上昇時間の試験結果から得られるコンクリートの施工可能時間の範囲は、プロクター貫入抵抗値が 1 kgf/cm^2 以下の非常に小さな値を示す範囲に対応しているようである。

図-12に示すA配合の試験結果についても、上記のG配合と同様の結果となっている。

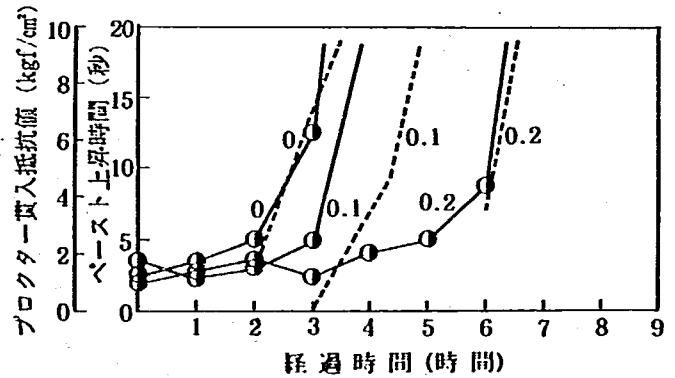
以上のように、有スランブコンクリートの施工可能時間も、RCD用コンクリートと同様にモンモリロナイトの影響を強く受けることが明かになった。また、スランブロスによって有スランブコンクリートの施工可能時間を評価するのは困難で、施工可能時間の評価には今回新たに提案した内部振動機によるモルタル上昇時間が有効であると考えられる。

4.2.3 超遅延剤の効果

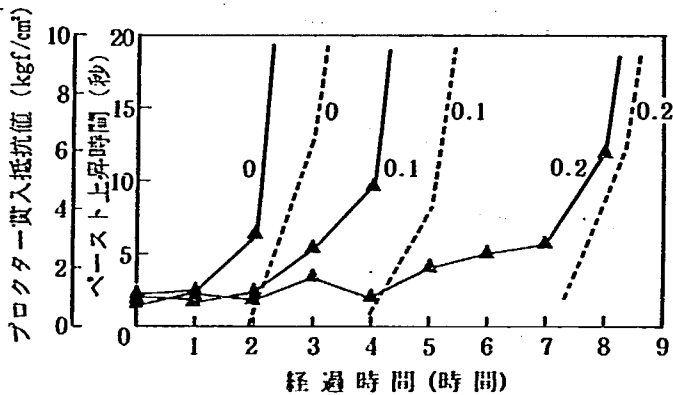
モンモリロナイトを含有する細骨材Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴを用いたG配合、A配合に対して、超遅延剤を添加した場合のペースト上昇時間とウェットスクリーニングした試料に対するプロクター貫入抵抗値の経時変化を図-13に示す。これより、いずれの配合に対しても超遅延剤は有効で、添加量に応じて凝結が遅延しており、超遅延剤によって練上り直後のフレッシュな状態を長時間にわたって保持できることが分かる。ただし、同等な施工可能時間を得るために必要な超遅延剤の添加量は凝結速度の速い配合ほど多くなり、仮に5時間程度まで練上り直後のコンシステンシーを保持しようとした場合に必要な超遅延剤の使用量は、G配合の場合、細骨材Ⅱの配合で0.3%，細骨材Ⅲ、Ⅳ



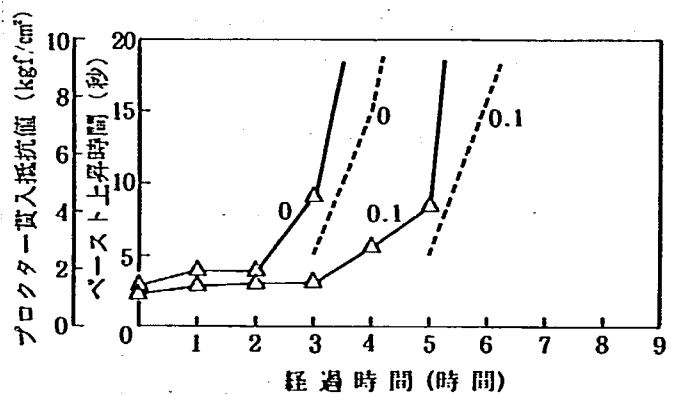
(1) G配合 細骨材Ⅱ



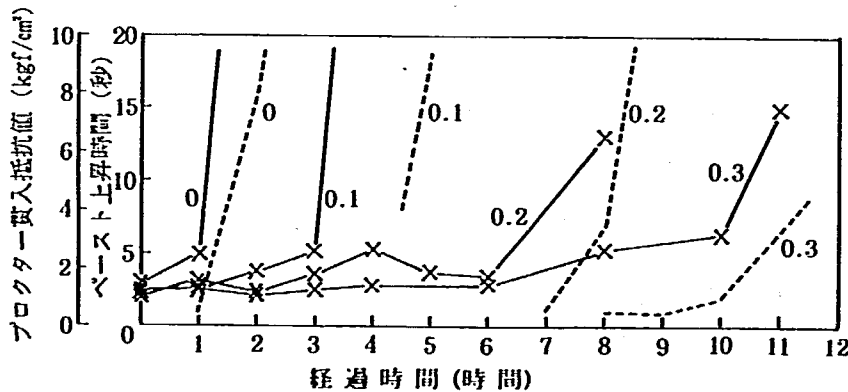
(2) G配合 細骨材Ⅲ



(3) G配合 細骨材Ⅳ



(4) G配合 細骨材Ⅴ



(5) A配合 細骨材Ⅱ

凡例：—— ペースト上昇時間
 プロクター貫入抵抗値
 数値は超遅延剤添加量 (%)

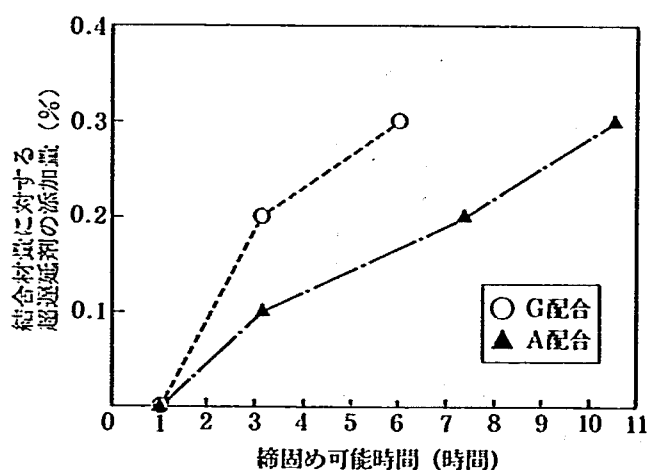
図-13 超遅延剤の添加による凝結特性の比較 (G・A配合)

の配合で0.2%，細骨材Ⅴの配合で0.1%程度，A配合の細骨材Ⅱの配合では0.2%程度であった。図中に示すプロクター貫入抵抗値の値は先に示した図-12のものよりも縦軸を引き延ばして描いているが，プロクター貫入抵抗値が測定され始める時間はペースト上昇時間が急増する時間に概ね対応しているようである。

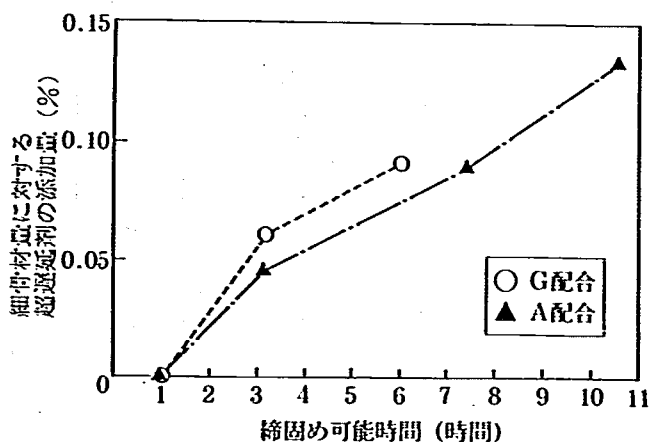
4.2.4 単位セメント量の影響

今回の試験では，同じ細骨材を用いた有スランブコンクリートの試験として，G配合とA配合の2とおりの試験を実施した。この配合の違いによる超遅延剤の効果を比較した。

細骨材Ⅱを用いた試験結果について，ペースト上昇時間が10秒までの範囲を内部振動機による締固め可能時間と仮定して，G配合とA配合の締固め可能時間を比較した。この結果を図-14(1)に示す。図によると，超遅延剤を添加しない条件での締固め可能時間はG配合とA配合ではほとんど差がないが，超遅延剤の添加率による効果は明らかにA配合のほうが大きくなっている。この原因としては，コンクリート用混和剤の添加量はセメント量に対する重量比で定めるのが一般的であり，超遅延剤についても同様の方法で添加量を設定しているが，G配合とA配合とでは単位セメント量が異なることから，添加率が同一の場合，コンクリート中に含まれる超遅延剤の絶対量はA配合のほうが圧倒的に多くなっていることが挙げられる。すなわち，コンクリートの過早凝結はセメントとモンモリロナイトの間で発生するイオン交換によって発生すると考えられることから，超遅延剤の効果はセメント量の他にモンモリロナイトのイオン交換容量（細骨材が同一の場合には細骨材量）と対応性があると考えられる。そこで，図-14(1)の超遅延剤の添加量を細骨材量に対する比率に改め，グラフを描き直した結果を図-14(2)に示すが，この図ではG配合とA配合の施工可能時間は概ね一致する結果となった。このことから，過早凝結を遅延させるのに必要な超遅延剤の添加量はコンクリート中のセメント量よりも細骨材中のモンモリロナイト量に多く依存しているようである。



(1) セメント量に対する超遅延剤の添加率と締固め可能時間の関係



(2) 細骨材量に対する超遅延剤の添加率と締固め可能時間の関係

図-14 G配合とA配合の超遅延剤の効果の比較

4.2.5 空気量の経時変化

空気量の経時変化は、他の試験結果と併せて付図-3（図中の(3)図）に示しているが、いずれのケースでも練上り直後からなだらかに減少していき、ある時点で急激に減少する傾向を示している。この空気量が急激に低下する時間は、ペースト上昇時間が急激に上昇する時間（付図3中の(2)図参照）に概ね対応しているようである。そこで各時間での空気量の値を練上り直後の値に対する百分率で表し、ペースト上昇時間との対応をみた結果を図-15に示す。図によると、練上り直後のペースト上昇時間は2～3秒程度であるが、このペースト上昇時間が保持されている時間帯でも空気量は80%程度までは減少し、その後はペースト上昇時間の増加に伴って減少していく傾向を示している。なお、細骨材Ⅰを用いたG配合のケース（図-15中の○印）の空気量の減少率が他のケースに比較して小さいが、この理由としては、他のケースの練上り直後の空気量が5%前後であったのに対し、この配合では3.5%前後と小さかったことが一因として考えられる。ちなみに、ペースト上昇時間に対応する空気量の保持率をみると、ペースト上昇時間が5秒以下の範囲では70%以上、10秒以下の範囲では60%以上の空気量が保持されているようである。

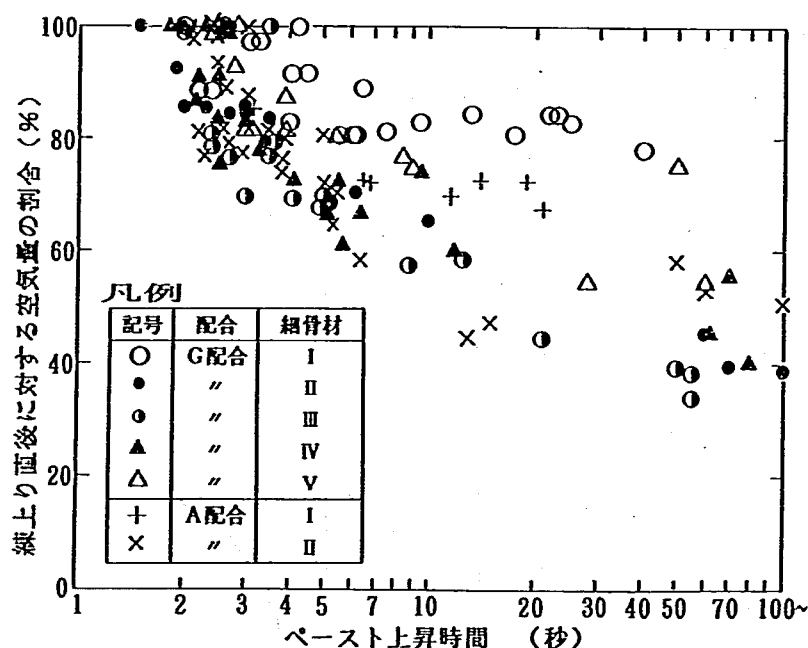


図-15 ペースト上昇時間と空気量の関係

4.3 超遅延剤を過剰に添加した場合の強度発現

4.3.1 RCD用コンクリートの強度発現

R配合の圧縮強度の発現試験結果を図-16および付図-4に示す。図中に示す超遅延剤の添加量の値は結合材料に対する重量比である。試験は材齢が3年に達するまで実施していく予定であるが、図には現時点で試験を終了している材齢728日までの結果を示した。

図より、モンモリロナイトを含有しない細骨材Ⅰを用いた配合について見てみると、超遅延剤の過剰な添加によって凝結時間は大幅に遅延している。しかしながら、かなりの材齢を経た後であっても、コンクリートの強度は確実に発現しており、超遅延剤の添加量が2%のケースでは材齢168日、3%のケースでも材齢546日で超遅延剤を添加しないケースと同等の強度に達している。

一方、モンモリロナイトを含有する細骨材ⅡとⅣを用いた配合では、超遅延剤の添加量を適正添加量（細骨材Ⅱで0.3%、細骨材Ⅳで0.2%程度）の10倍程度まで増量しても、比較的早い材齢から強度が発現しており、材齢91日までに超遅延剤を添加しないケースと同等の強度に達している。また、それ以降の強度発現に有意な差は認められない。

以上のことから、超遅延剤を過大に添加しても、凝結時間を大幅に遅延させるだけで、最終的な強度発現を妨げるものではないことが分かる。

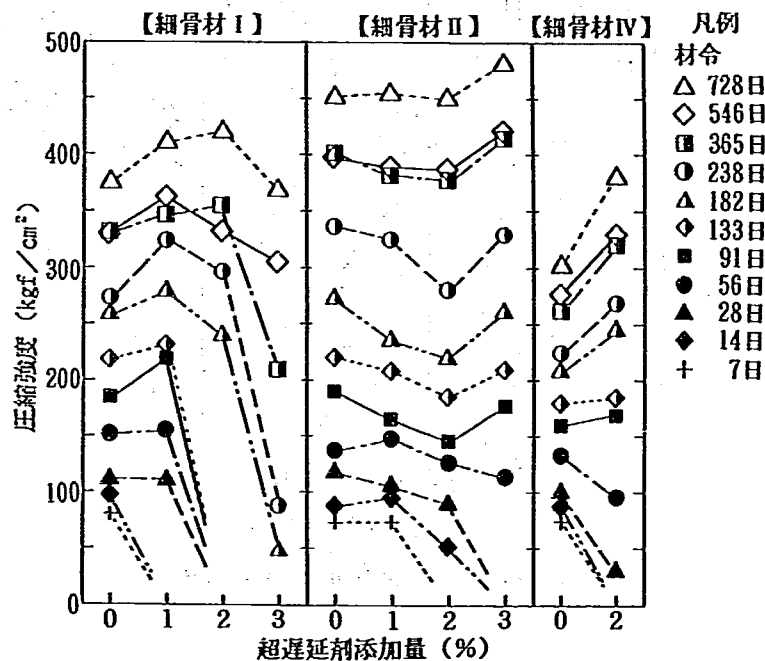


図-16 R配合の強度発現試験結果

4.3.2 有スランプコンクリートの強度発現

G配合の圧縮強度の発現試験結果を図-17および付図-5に示す。図中に示す超遅延剤の添加量の値は結合材料に対する重量比である。試験は材齢が3年に達するまで実施していく予定であるが、図には現時点で試験を終了している材齢406日までの結果を示した。図より、強度の発現傾向は先に示したR配合と同様であることがわかる。

すなわち、モンモリロナイトを含有しない細骨材Ⅰを用いた配合では、超遅延剤の過剰な添加によって凝結時間が大幅に遅延しているが、超遅延剤の添加量が2%のケースでは材齢245日、3%のケースでも材齢406日で超遅延剤を添加しないケースと同等の強度に達している。また、モンモリロナイトを含有する細骨材ⅡとⅣを用いた配合では、超遅延剤の添加量を適正添加量(細骨材Ⅱで0.3%、細骨材Ⅳで0.2%程度)の10倍程度まで増量しても、比較的早い材齢から強度が発現しており、材齢91日までに超遅延剤を添加しないケースと同等の強度に達している。また、それ以降の強度発現に有意な差は認められない。

以上のことから、超遅延剤を過大に添加しても、凝結時間を大幅に遅延させるだけで、最終的な強度発現を妨げるものではないことが分かる。

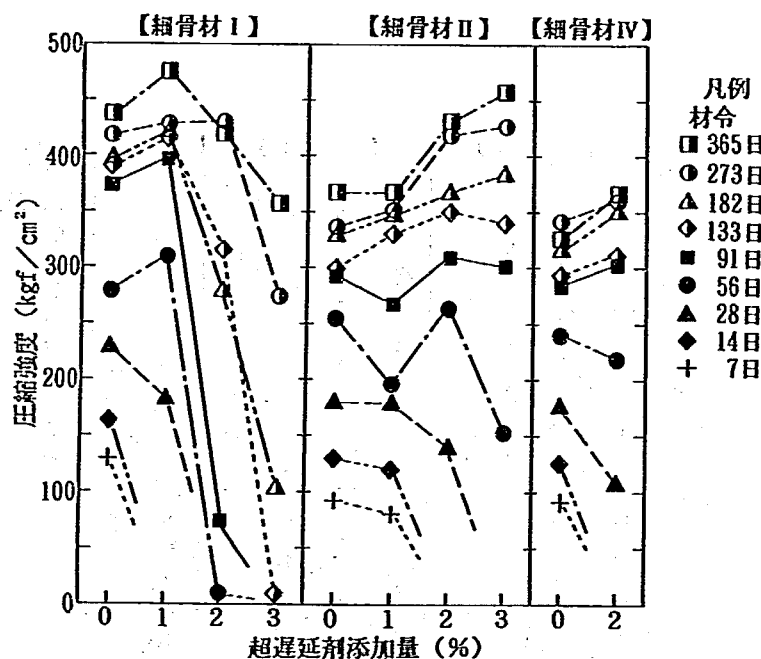


図-17 G配合の強度発現試験結果

5. ま と め

試験結果を整理すると次のようになる。

- (1) コンクリートの締固め可能時間の評価方法としては、RCD用コンクリートではVC値、有スランブコンクリートでは今回新たに提案した内部振動機によるペースト上昇時間が有効である。
- (2) モンモリロナイトを含有する細骨材をコンクリートに使用すると過早凝結が発生する。この過早凝結の程度はモンモリロナイトの含有量や、陽イオン交換容量と対応性がある。
- (3) モンモリロナイトによって生じる過早凝結の抑制には超遅延剤の使用が有効である。なお、過早凝結の抑制に必要な超遅延剤の添加量は、細骨材の種類によって異なる。
- (4) 超遅延剤の添加量を定める場合の添加率の考え方としては、単位セメント量に対する比率よりも細骨材量に対する比率で設定することが望ましい。
- (5) 超遅延剤を過大に添加しても、凝結時間が遅延するだけで、最終的な強度発現には影響が生じない。

参 考 文 献

- 1) 脇坂安彦, 市川慧, 藤原靖, 宇治公隆, 林準三, 三谷哲, 前田照信, 佐々木肇: モンモリロナイト族鉱物含有骨材を使用したコンクリートの凝結特性, 応用地質34巻5号, 1993
- 2) 伊藤真純, 竹内徹: 遅延および超遅延のメカニズム, セメント・コンクリート№472, 1986.6
- 3) 永山功, 渡辺和夫, 小林政登, 尾畑伸之: RCD用コンクリートの標準供試体作製装置の開発とその適応例, 土木研究所資料第3042号, 1991.12

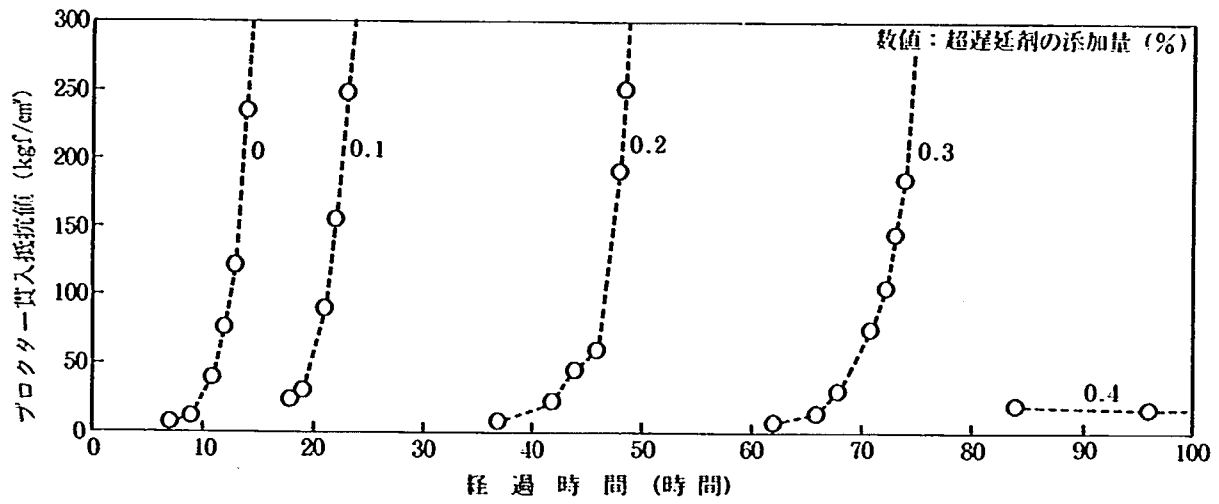
付 録

(実験データ)

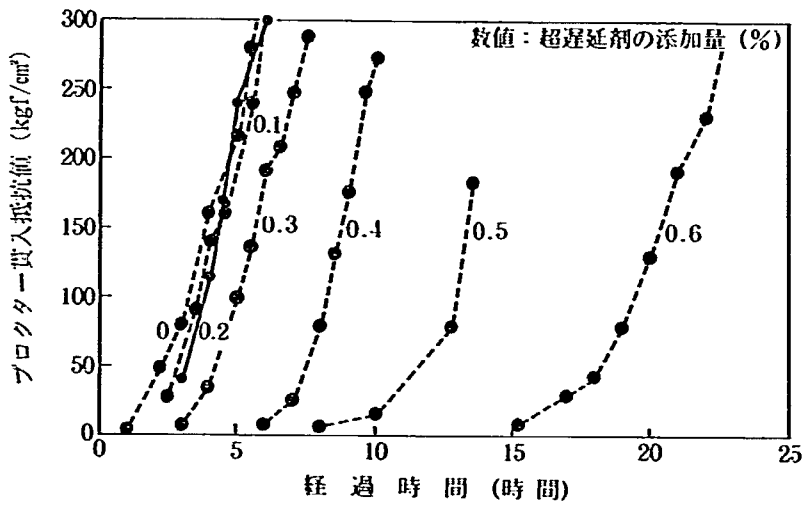
付 録 (実験データ)

目 次

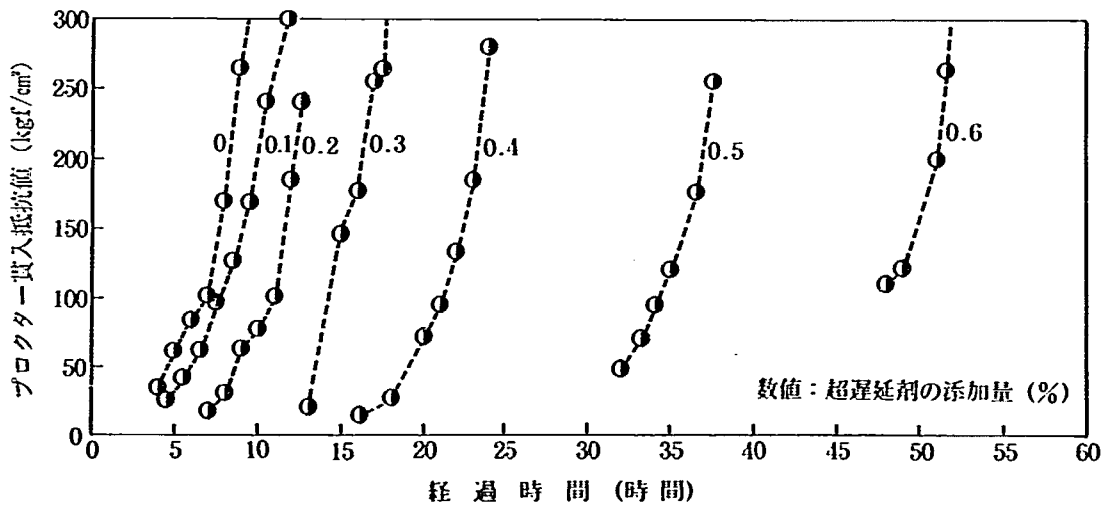
付図-1	Rモルタル配合のプロクター貫入試験結果	.....	31
付図-2.1	RCDコンクリートの凝結特性試験結果 (細骨材 I)	.....	33
" 2.2	" (" II)	.....	34
" 2.3	" (" III)	.....	35
" 2.4	" (" IV)	.....	36
" 2.5	" (" V)	.....	37
" 3.1	有スランブコンクリート凝結特性試験結果 (G配合, 細骨材 I)	.....	38
" 3.2	" (" , " II)	.....	39
" 3.3	" (" , " III)	.....	40
" 3.4	" (" , " IV)	.....	41
" 3.5	" (" , " V)	.....	42
" 3.6	" (A配合, " I)	.....	43
" 3.7	" (" , " II)	.....	44
付図-4.1	RCD用コンクリートの強度発現試験結果 (細骨材 I)	.....	45
" 4.2	" (" II)	.....	46
" 4.3	" (" IV)	.....	47
" 5.1	有スランブコンクリートの強度発現試験結果 (G配合, 細骨材 I)	.....	48
" 5.2	" (" , " II)	.....	48
" 5.3	" (" , " IV)	.....	49



(1) 細骨材 I の試験結果

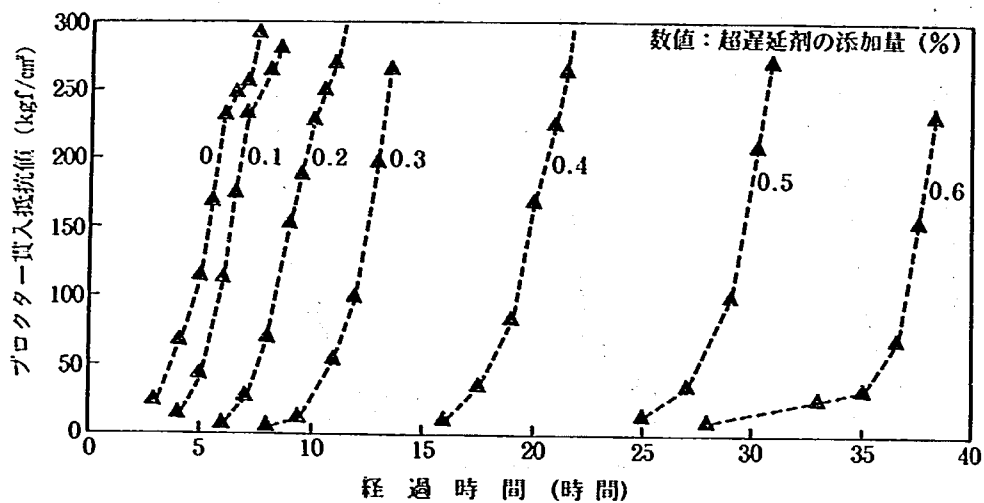


(2) 細骨材 II の試験結果

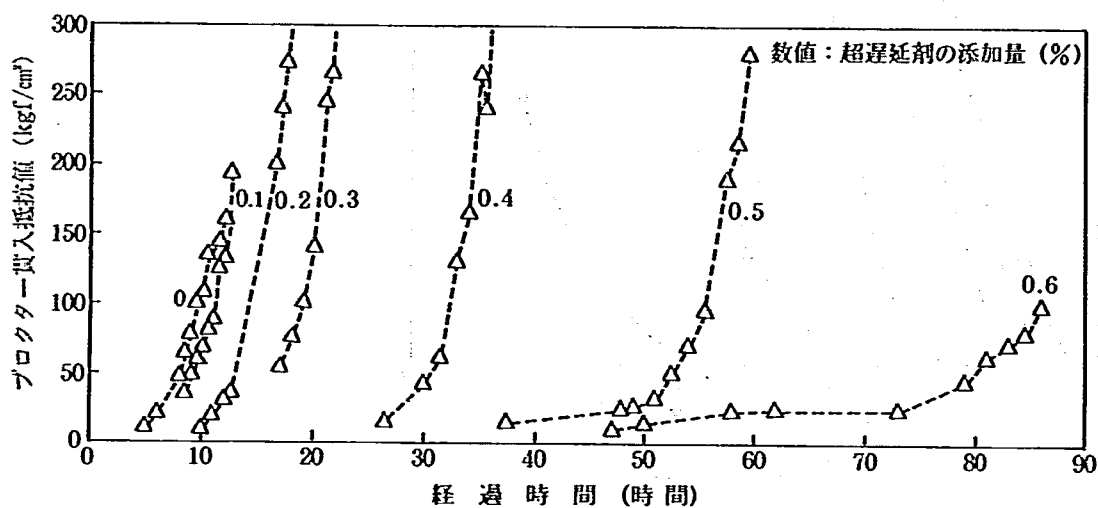


(3) 細骨材 III の試験結果

付図-1 Rモルタル配合のプロクター貫入試験結果

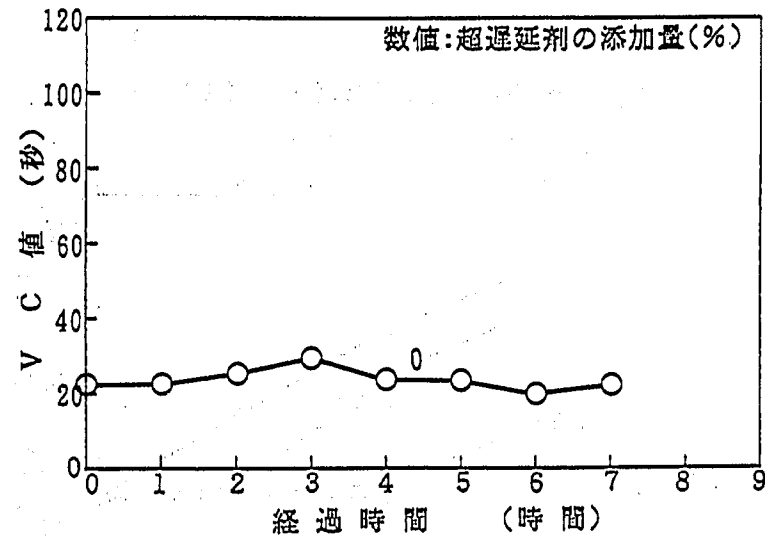


(4) 細骨材Ⅳの試験結果

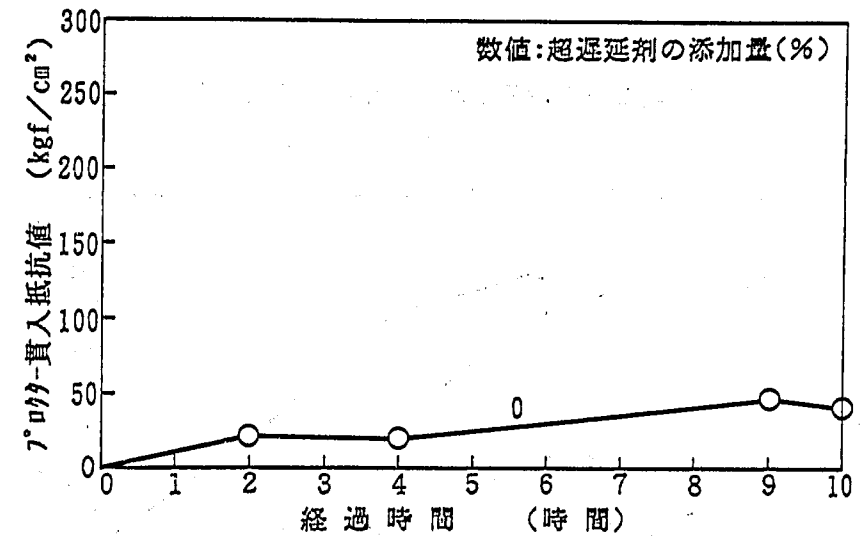


(5) 細骨材Ⅴの試験結果

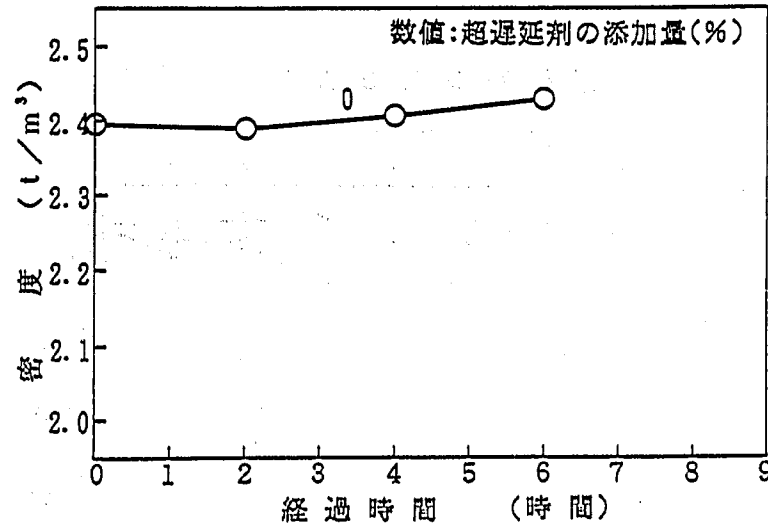
付図-1 Rモルタル配合のプロクター貫入試験結果



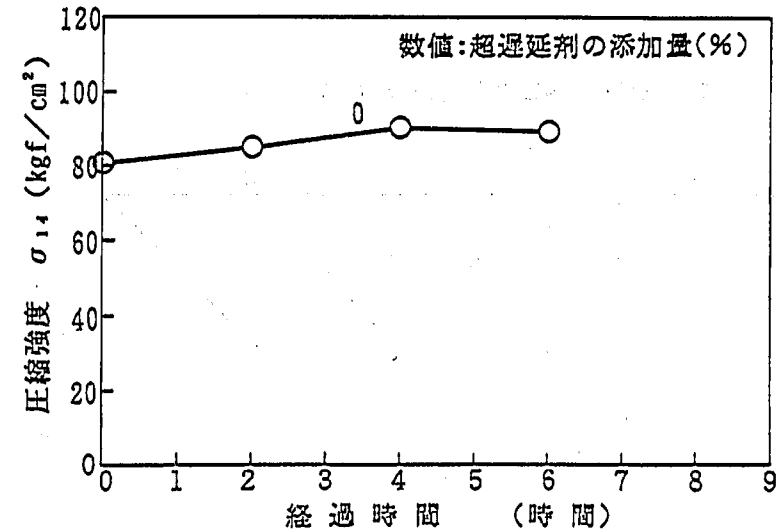
(1) V C 値の経時変化



(2) プロクター貫入抵抗値の経時変化

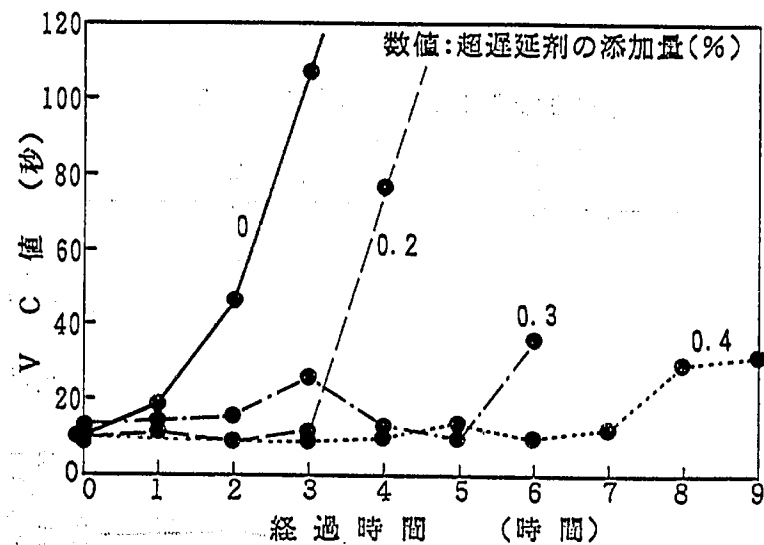


(3) 供試体の製作時間と密度の関係

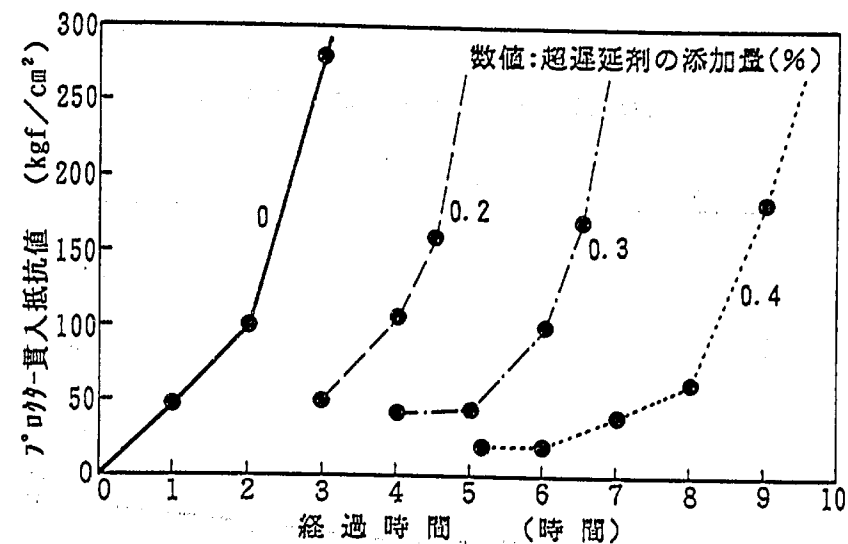


(4) 供試体の製作時間と圧縮強度の関係

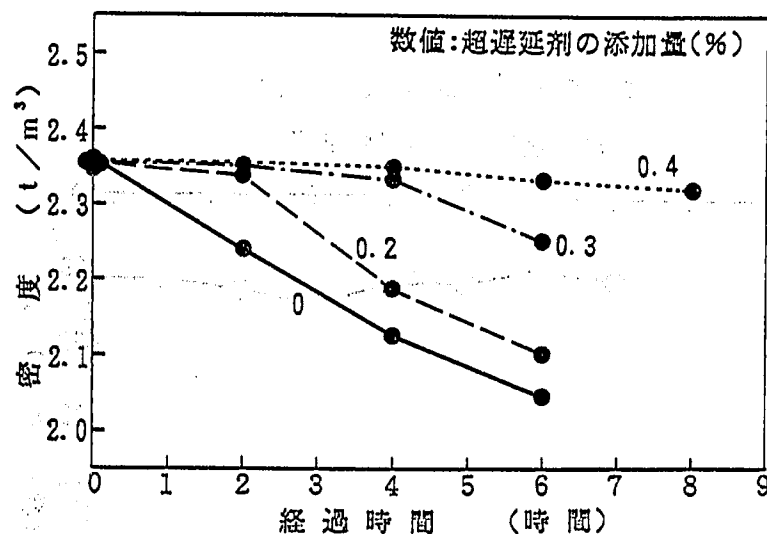
付図-2.1 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果(細骨材I)



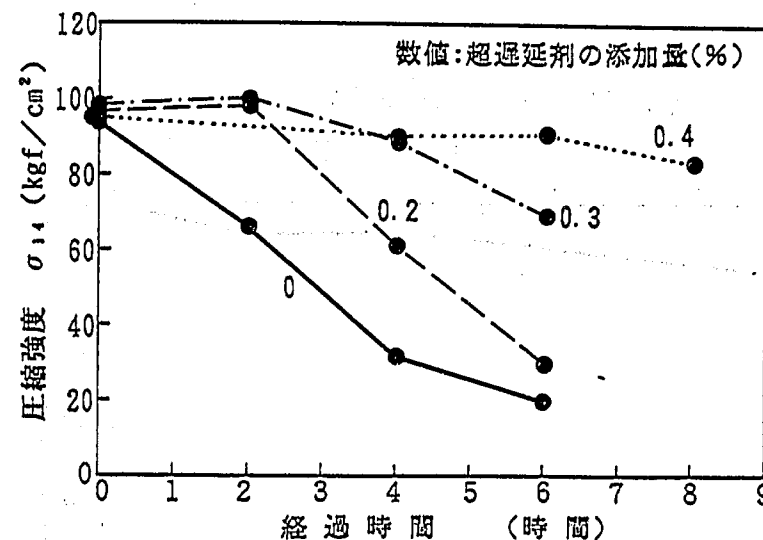
(1) V C 値の経時変化



(2) プロクター貫入抵抗値の経時変化

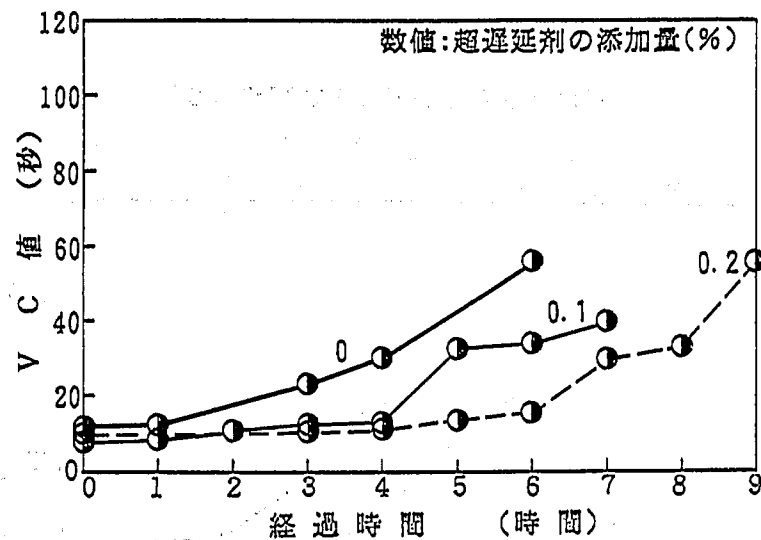


(3) 供試体の製作時間と密度の関係

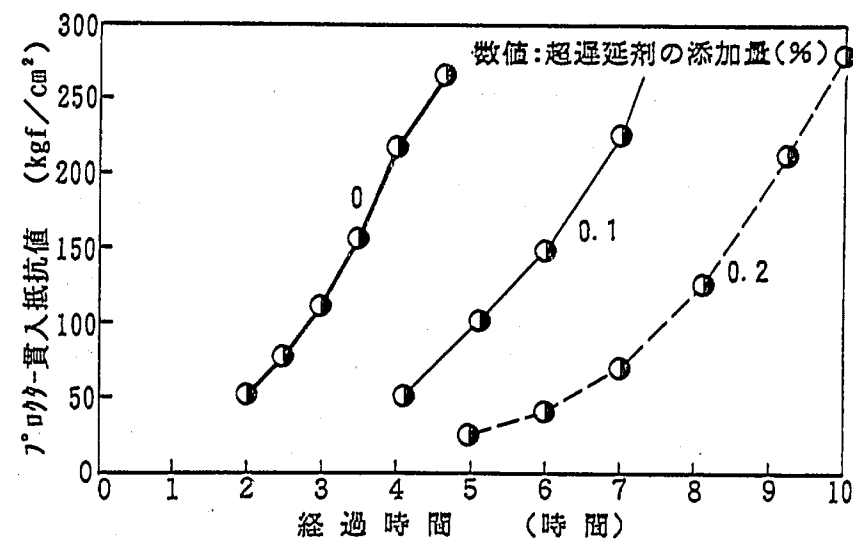


(4) 供試体の製作時間と圧縮強度の関係

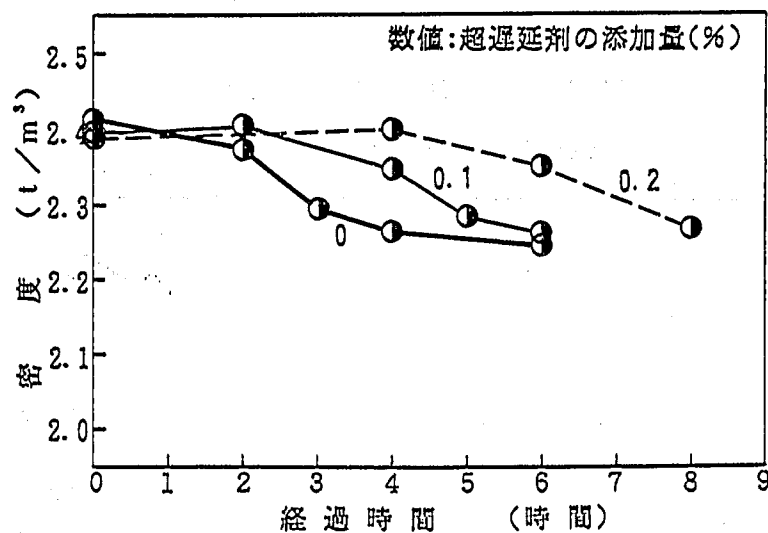
付図-2.2 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果 (細骨材II)



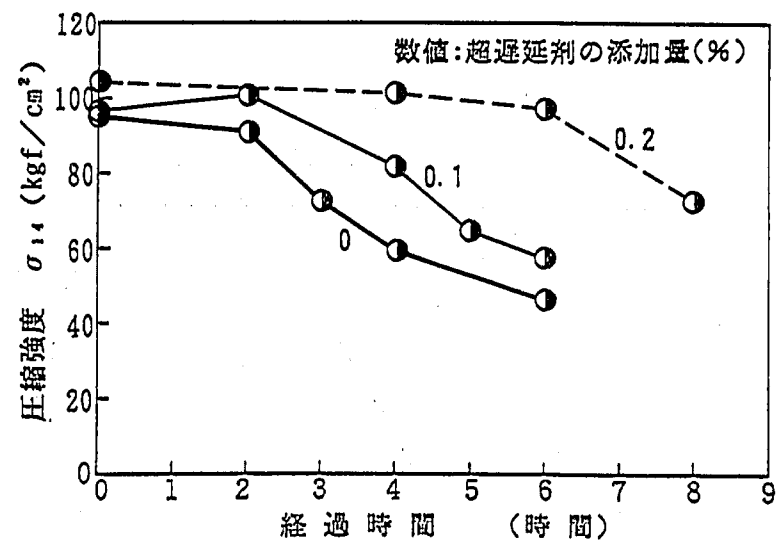
(1) V C 値の経時変化



(2) プロクター貫入抵抗値の経時変化

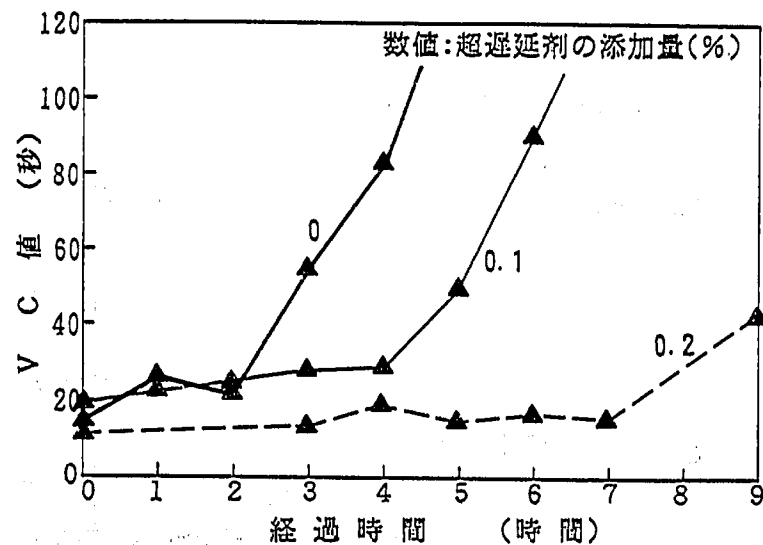


(3) 供試体の製作時間と密度の関係

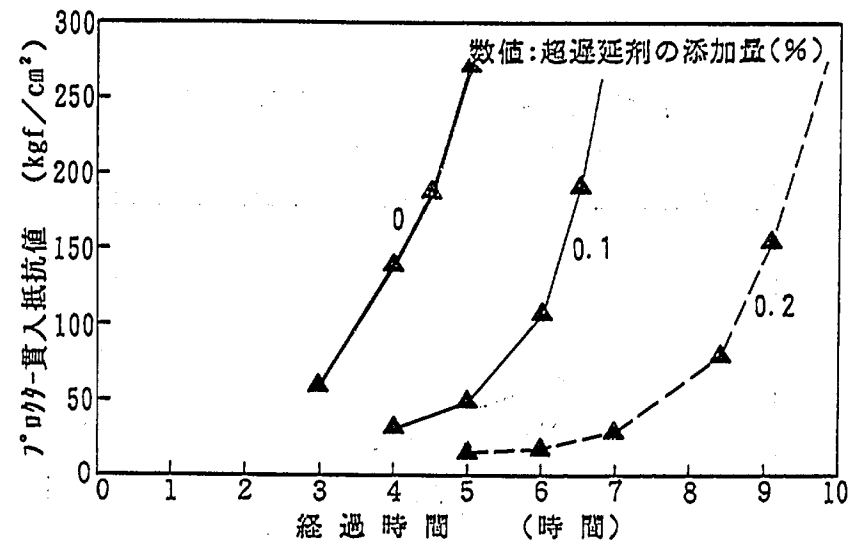


(4) 供試体の製作時間と圧縮強度の関係

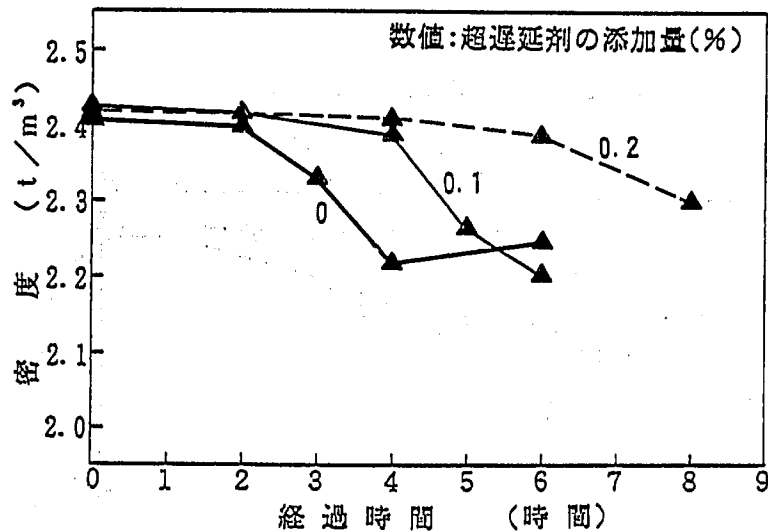
付図-2.3 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果 (細骨材Ⅲ)



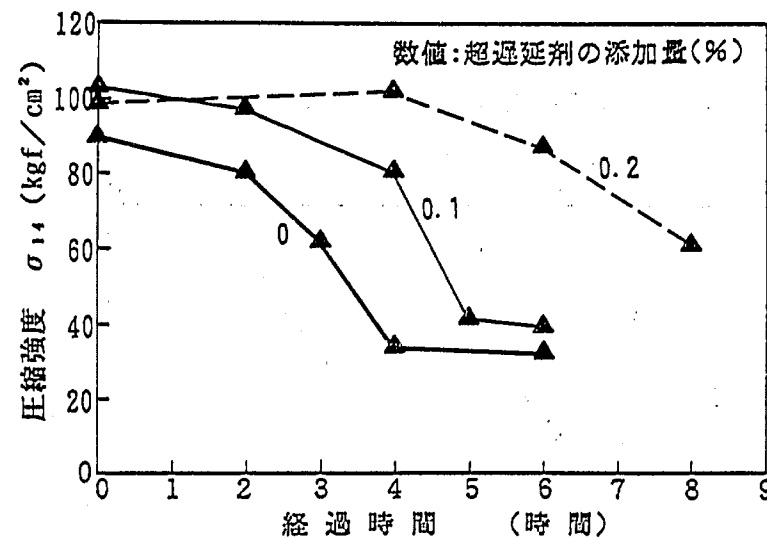
(1) V C 値の経時変化



(2) プロクター貫入抵抗値の経時変化

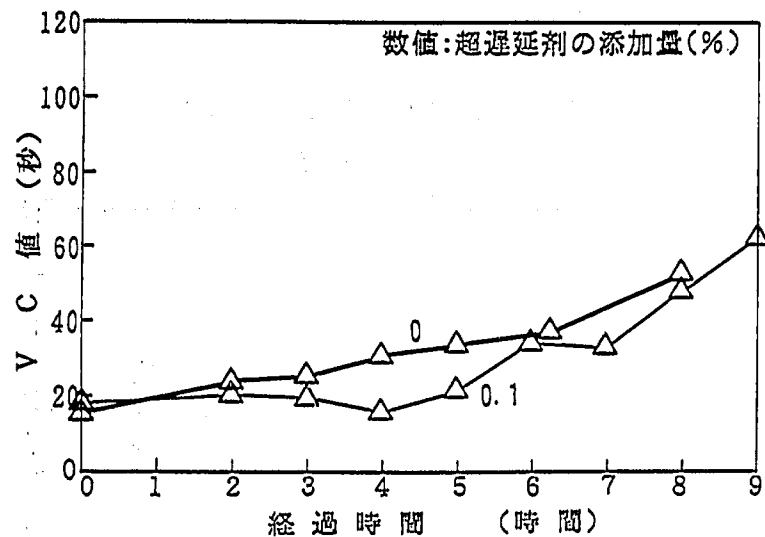


(3) 供試体の製作時間と密度の関係

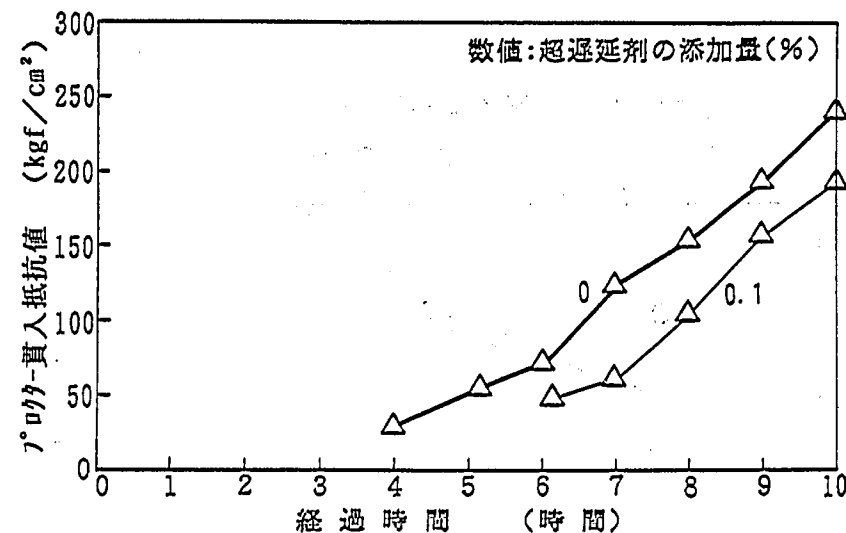


(4) 供試体の製作時間と圧縮強度の関係

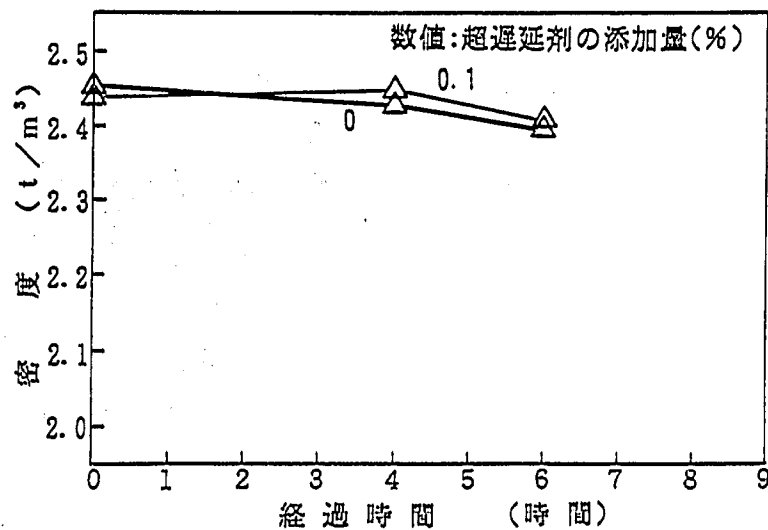
付図-2.4 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果 (細骨材Ⅳ)



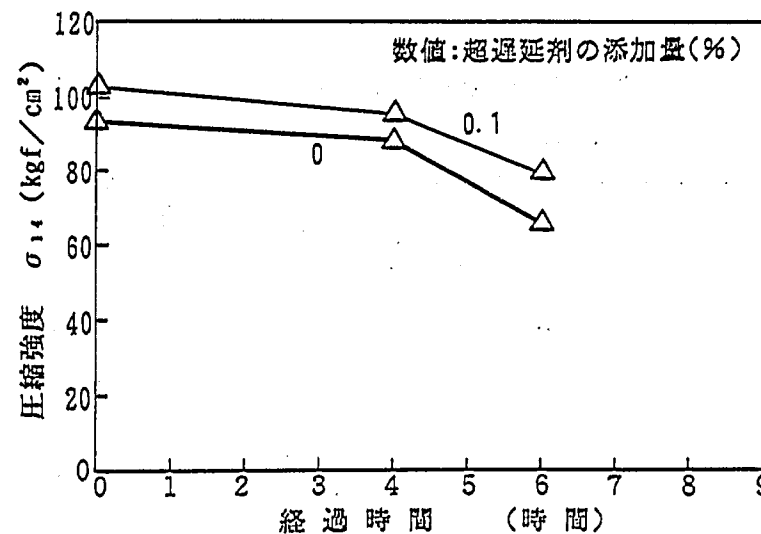
(1) V C 値の経時変化



(2) プロクター貫入抵抗値の経時変化

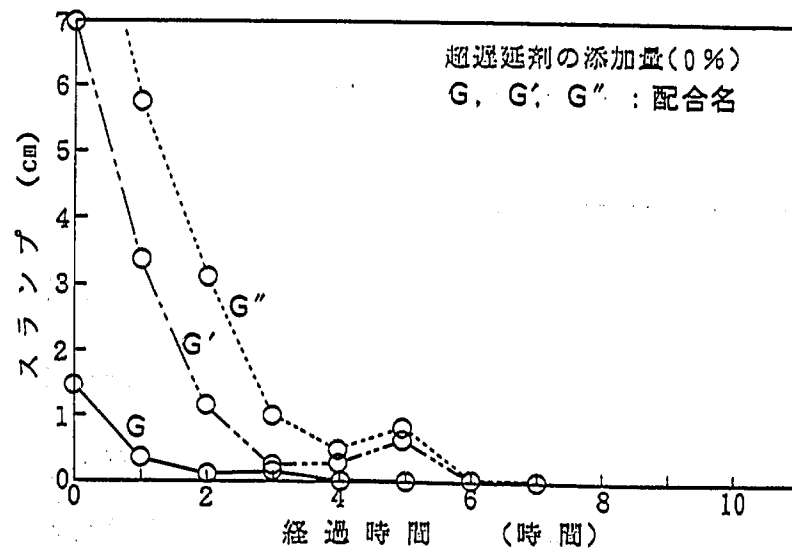


(3) 供試体の製作時間と密度の関係

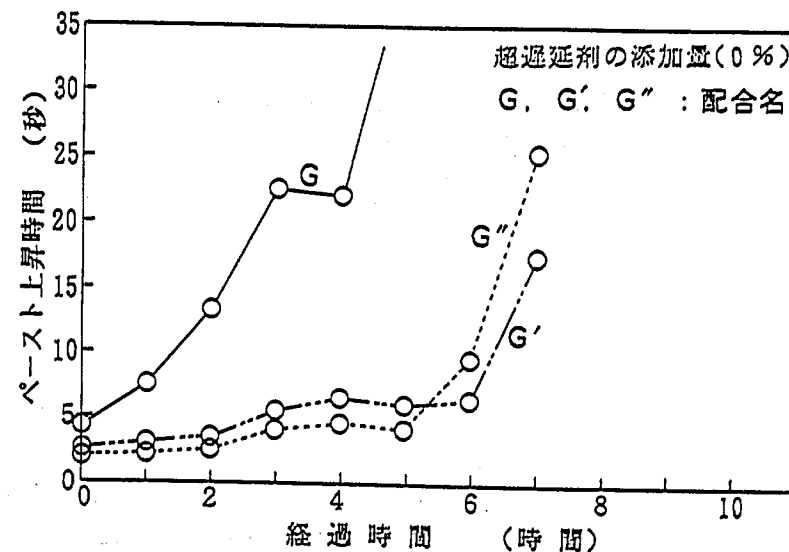


(4) 供試体の製作時間と圧縮強度の関係

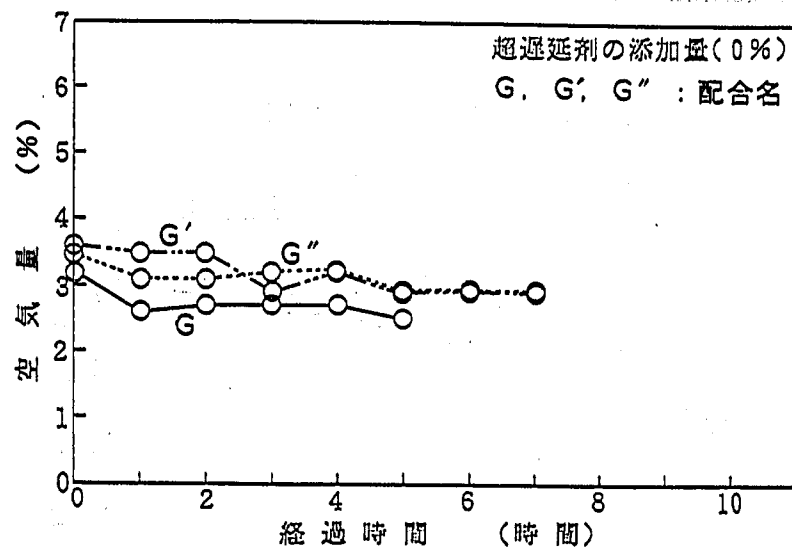
付図-2.5 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果 (細骨材V)



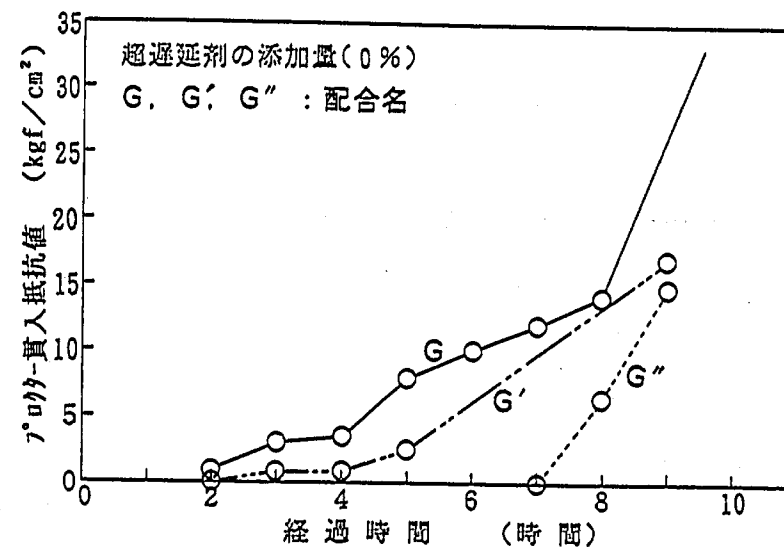
(1) スランプの経時変化



(2) ペースト上昇時間の経時変化

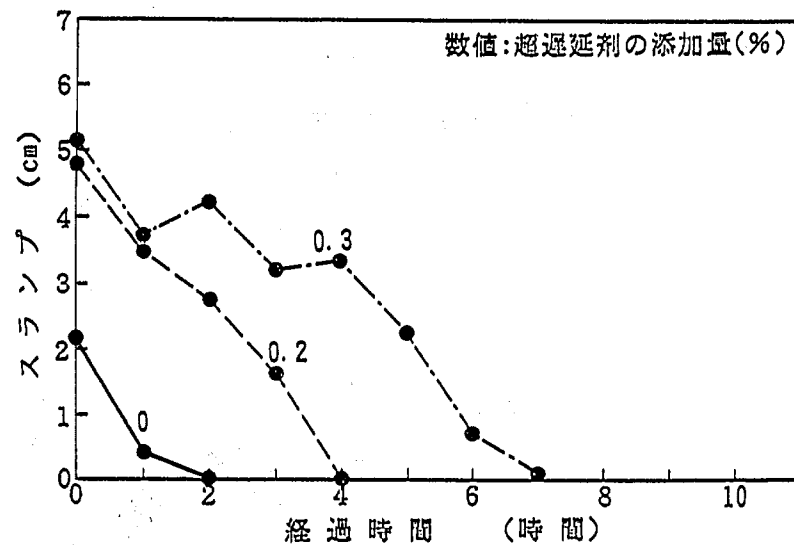


(3) 空気量の経時変化

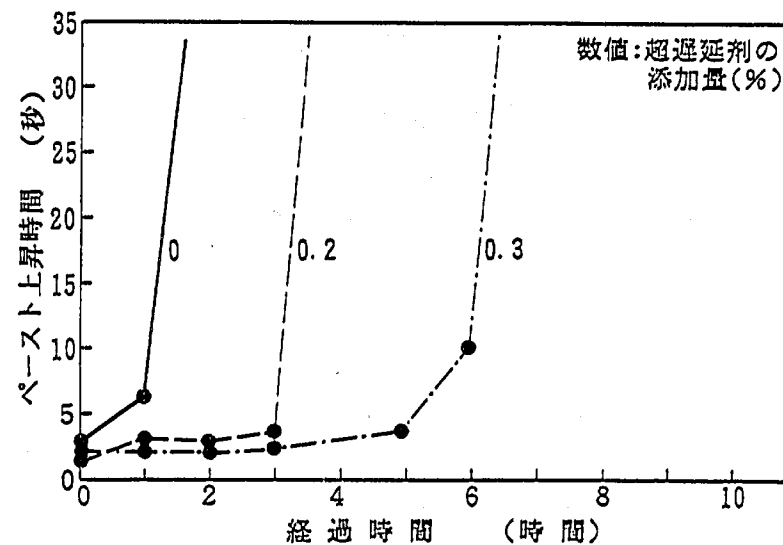


(4) プロクター貫入抵抗値の経時変化

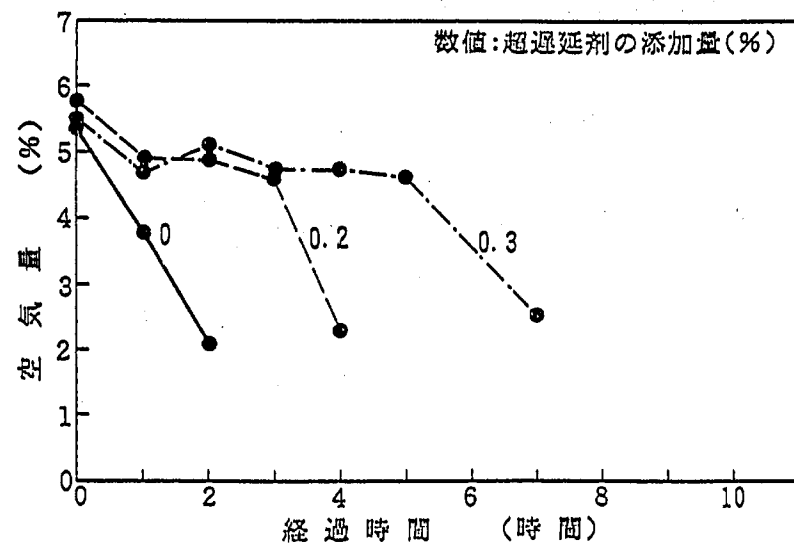
付図-3.1 有スランプコンクリートの凝結特性試験結果 (G配合, 細骨材 I)



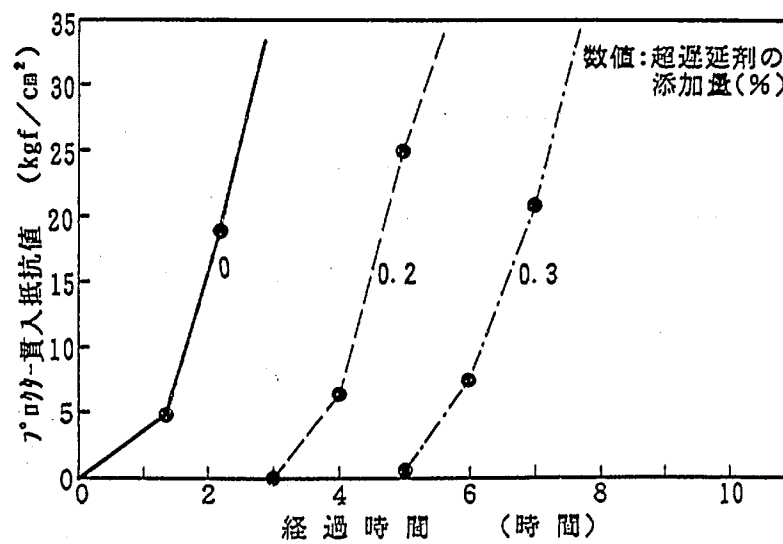
(1) スランプの経時変化



(2) ペースト上昇時間の経時変化

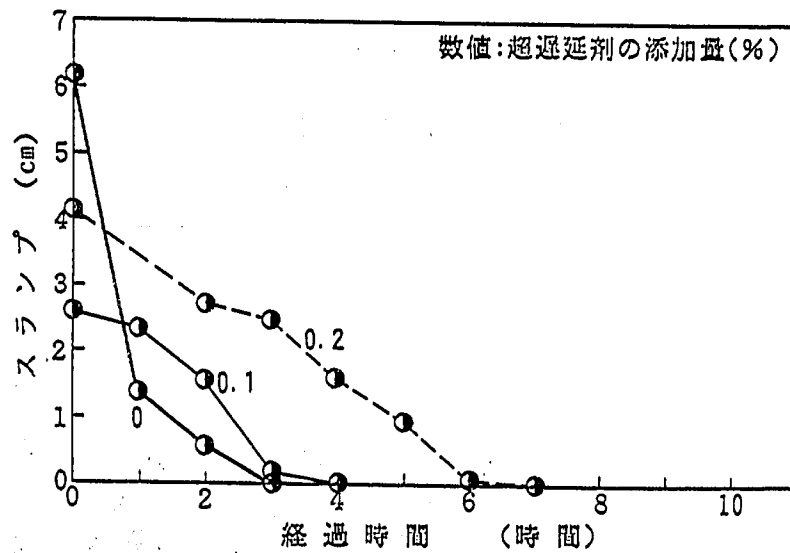


(3) 空気量の経時変化

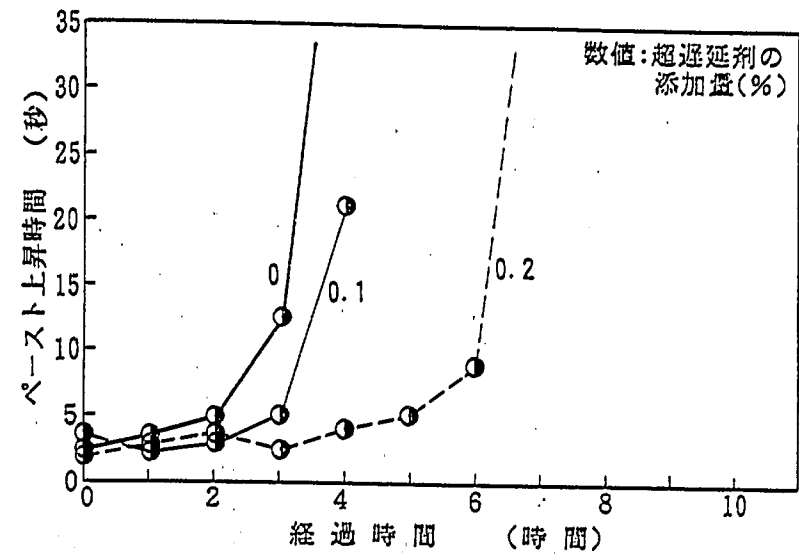


(4) プロクター貫入抵抗値の経時変化

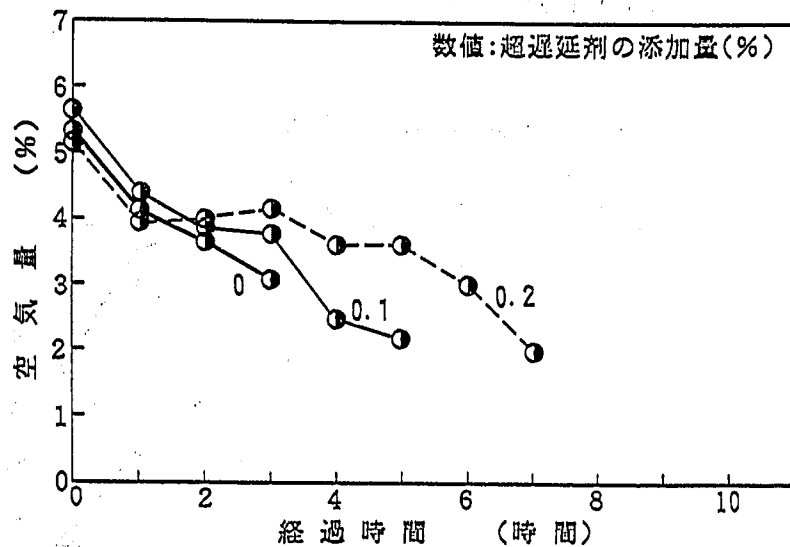
付図-3.2 有スランプコンクリートの凝結特性試験結果 (G配合, 細骨材II)



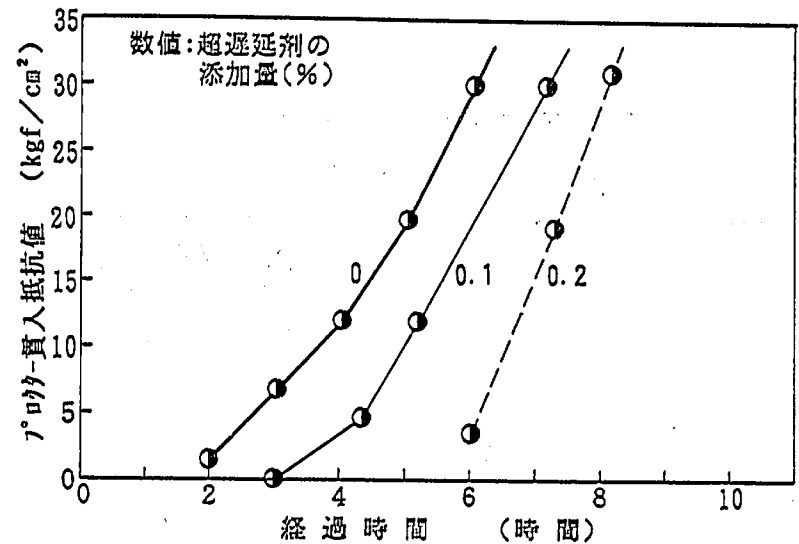
(1) スランプの経時変化



(2) ペースト上昇時間の経時変化

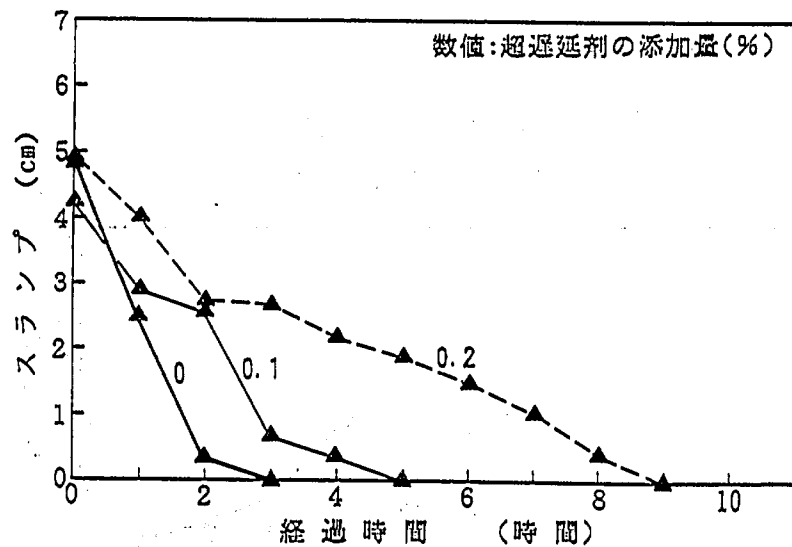


(3) 空気量の経時変化

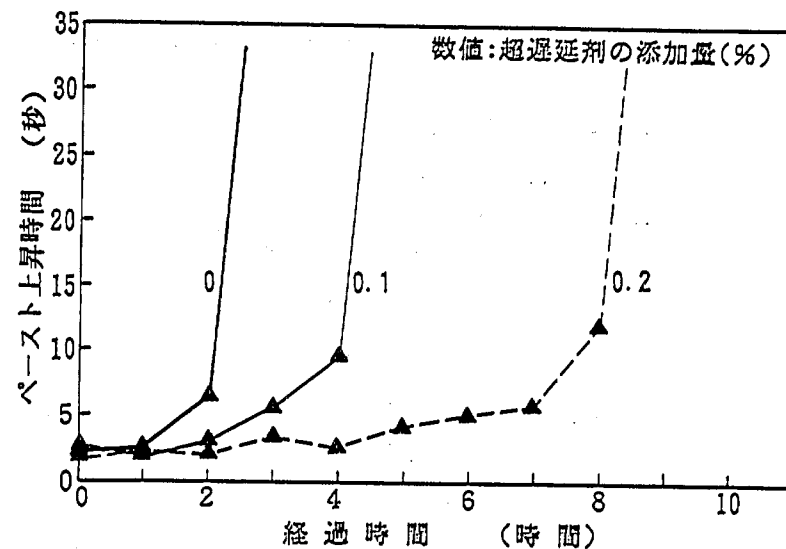


(4) プロクター貫入抵抗値の経時変化

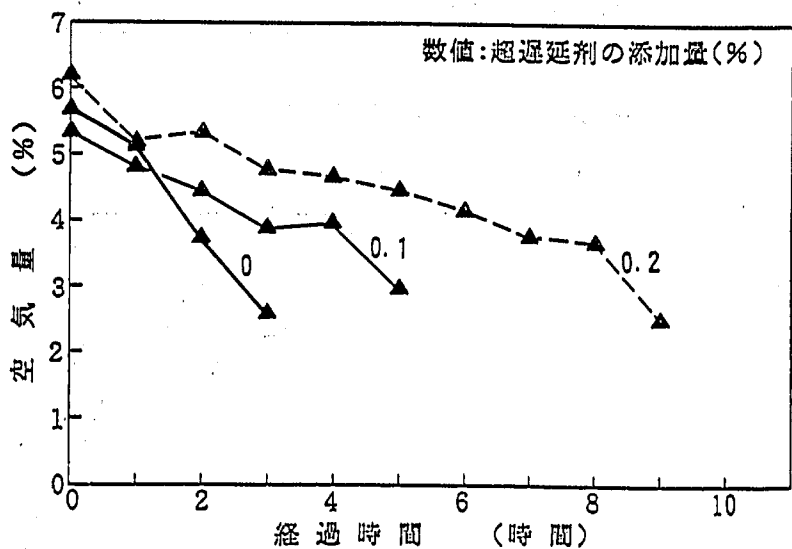
付図-3.3 有スランブコンクリートの凝結特性試験結果 (G配合, 細骨材Ⅲ)



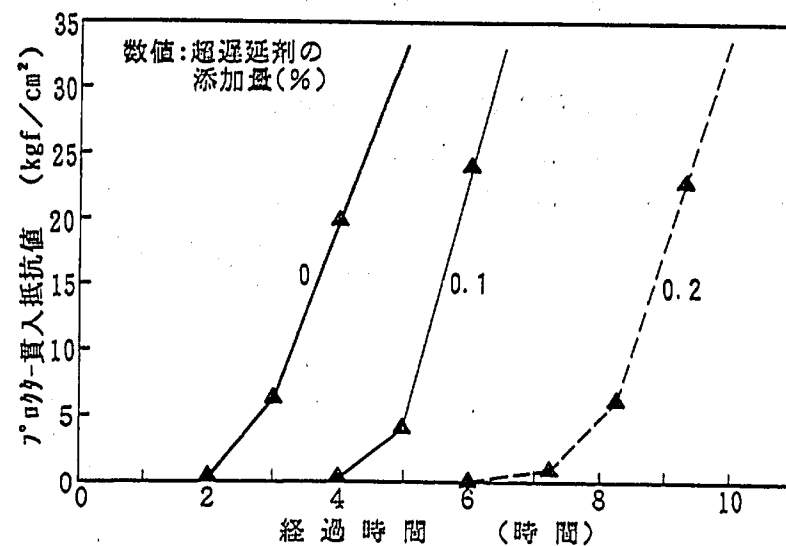
(1) スランプの経時変化



(2) ペースト上昇時間の経時変化

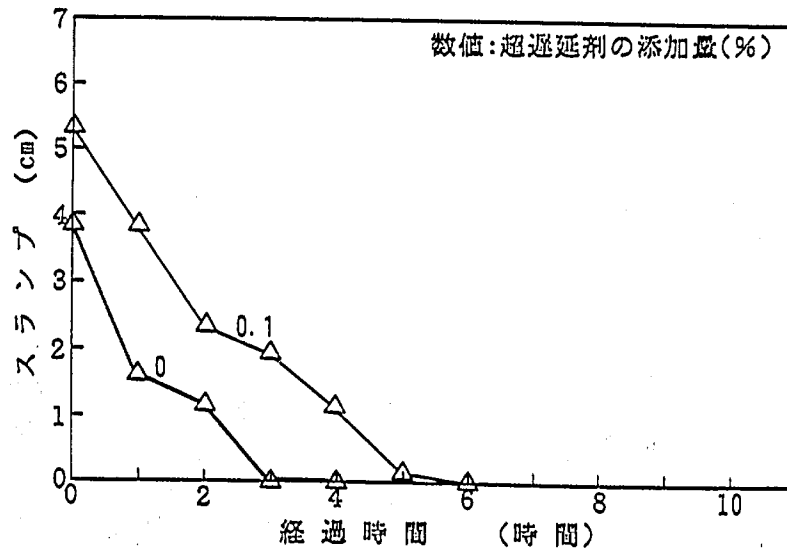


(3) 空気量の経時変化

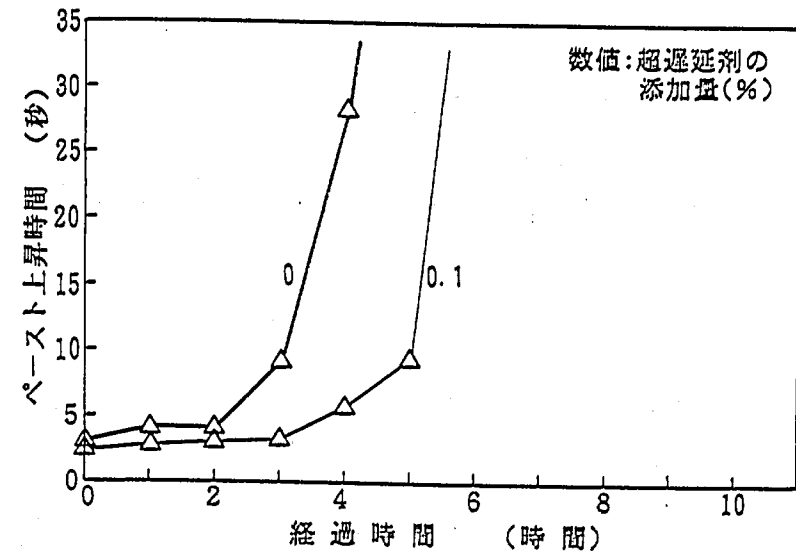


(4) プロクター貫入抵抗値の経時変化

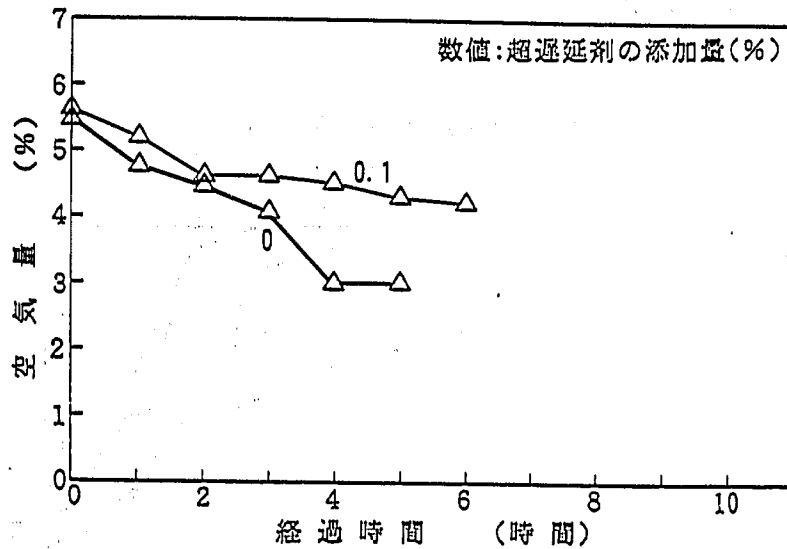
付図-3.4 有スランプコンクリートの凝結特性試験結果 (G配合, 細骨材Ⅳ)



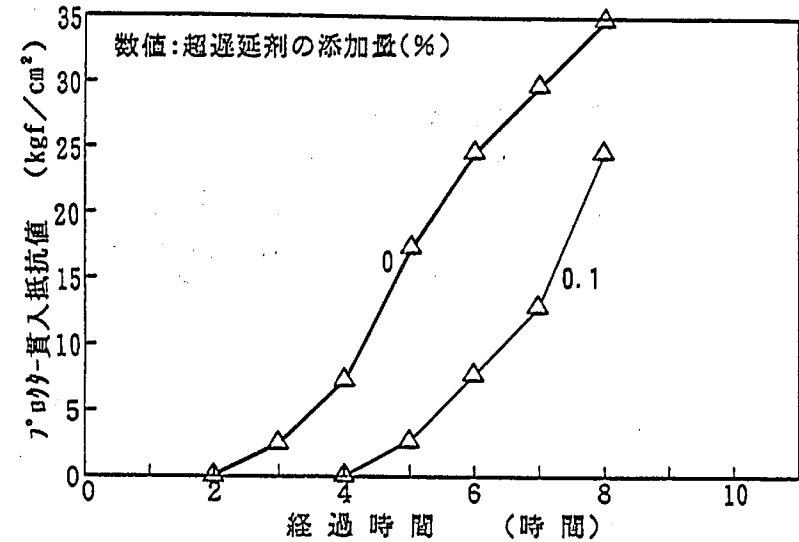
(1) スランプの経時変化



(2) ペースト上昇時間の経時変化

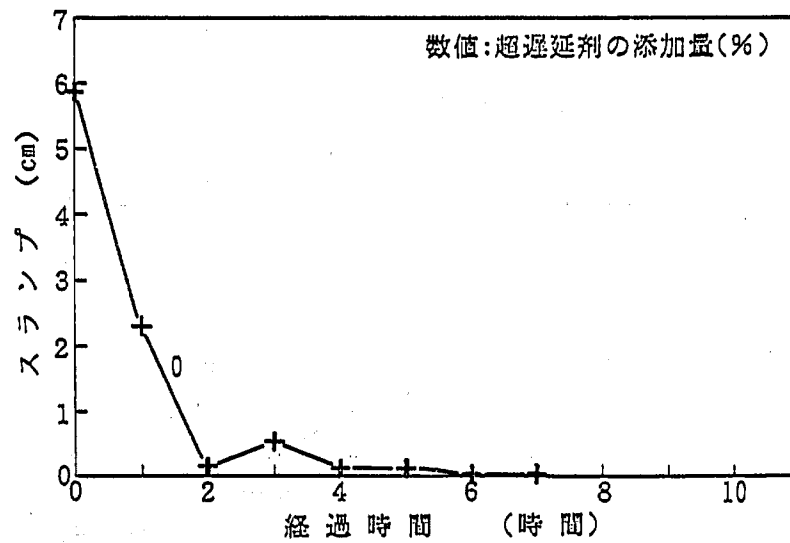


(3) 空気量の経時変化

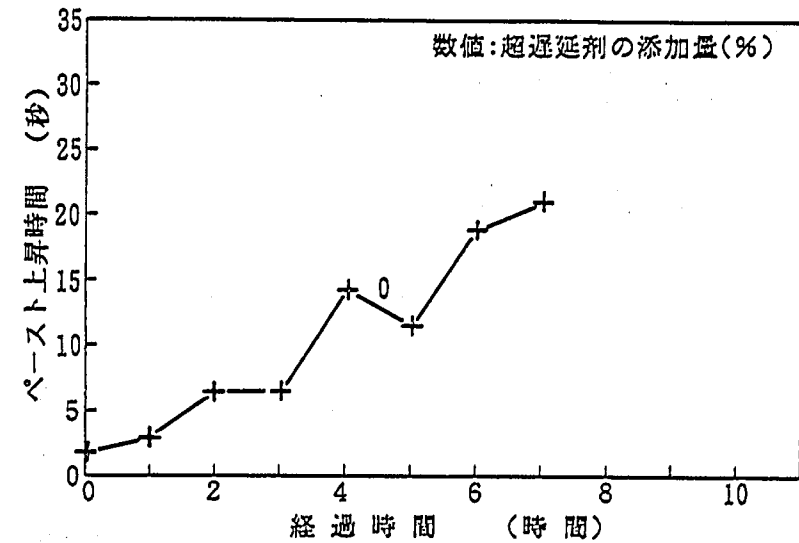


(4) プロクター貫入抵抗値の経時変化

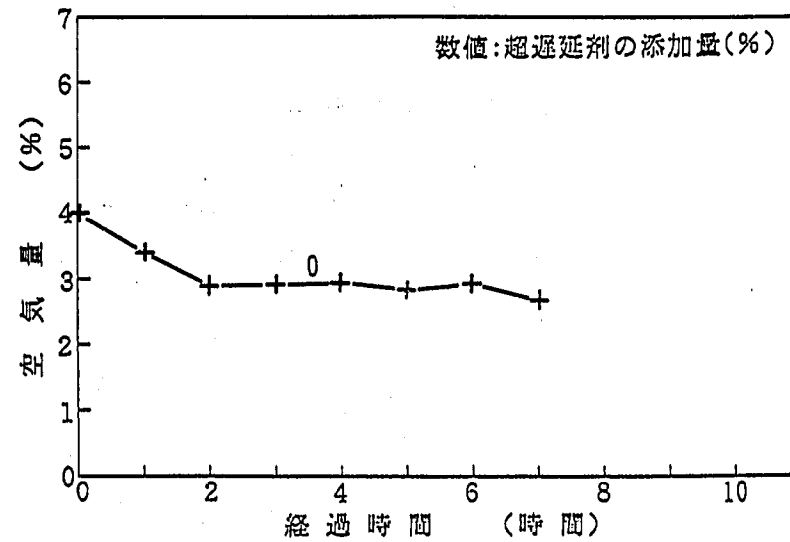
付図-3.5 有スランプコンクリートの凝結特性試験結果 (G配合, 細骨材V)



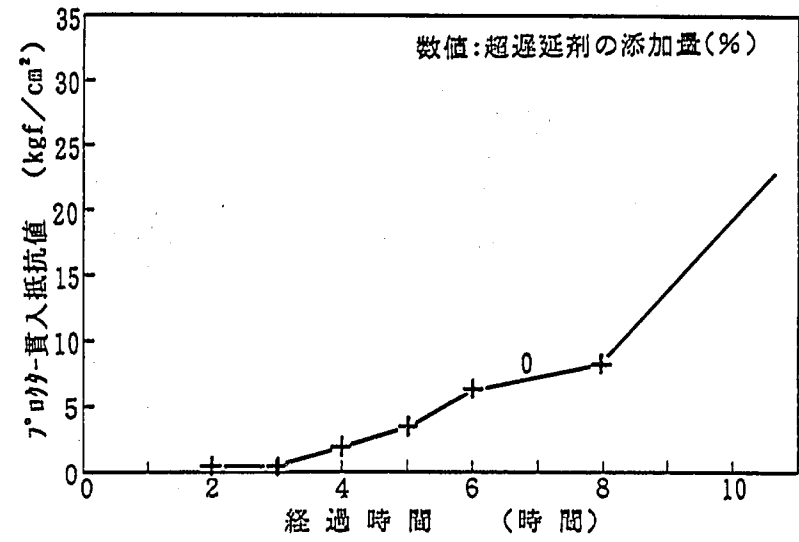
(1) スランプの経時変化



(2) ペースト上昇時間の経時変化

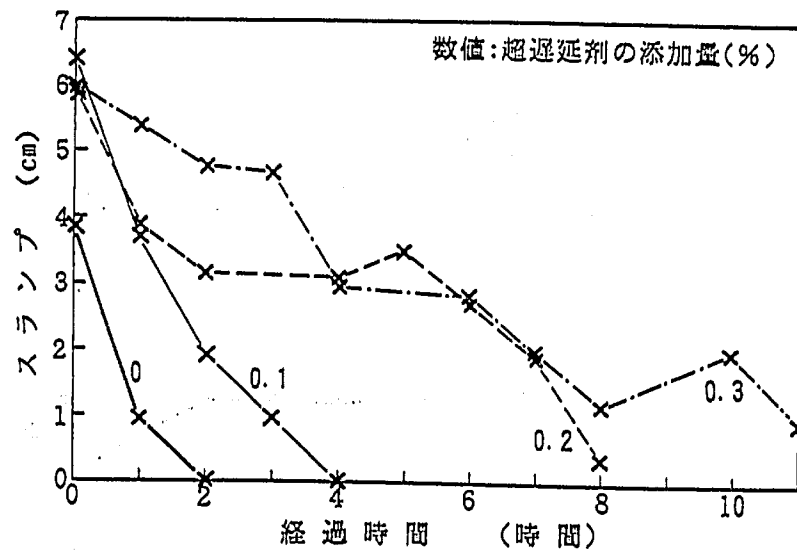


(3) 空気量の経時変化

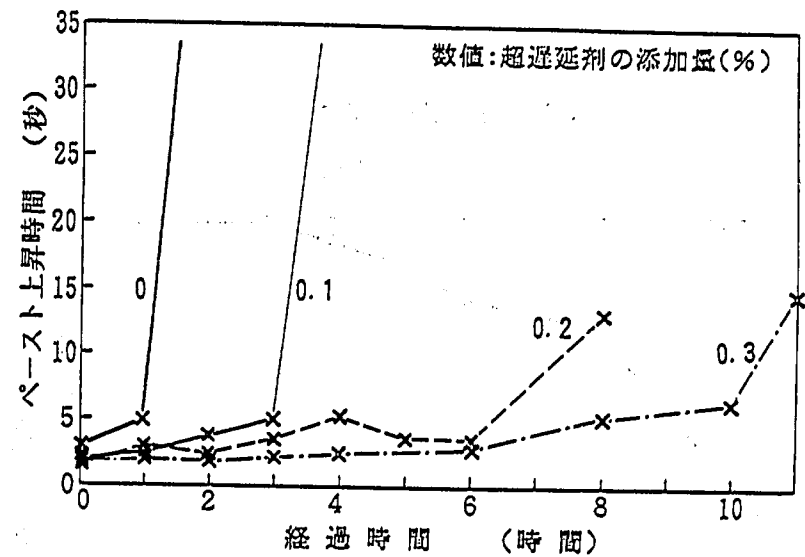


(4) プロクター貫入抵抗値の経時変化

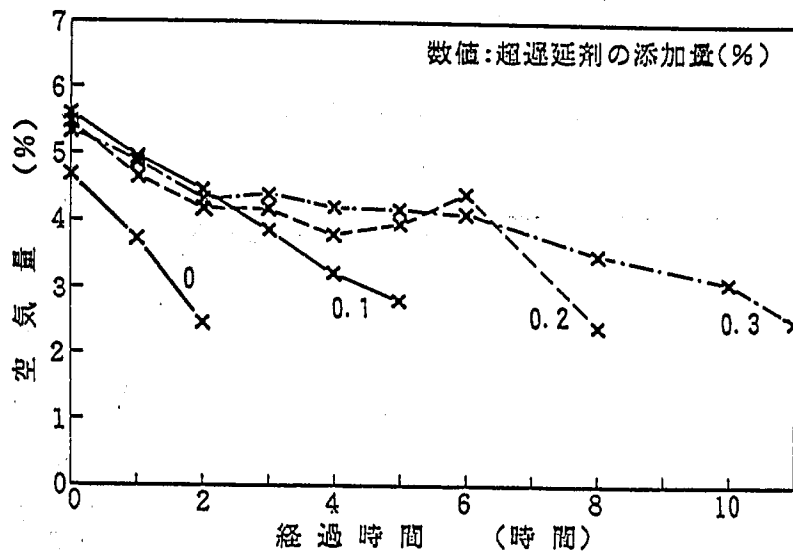
付図-3.6 有スランプコンクリートの凝結特性試験結果 (A配合, 細骨材I)



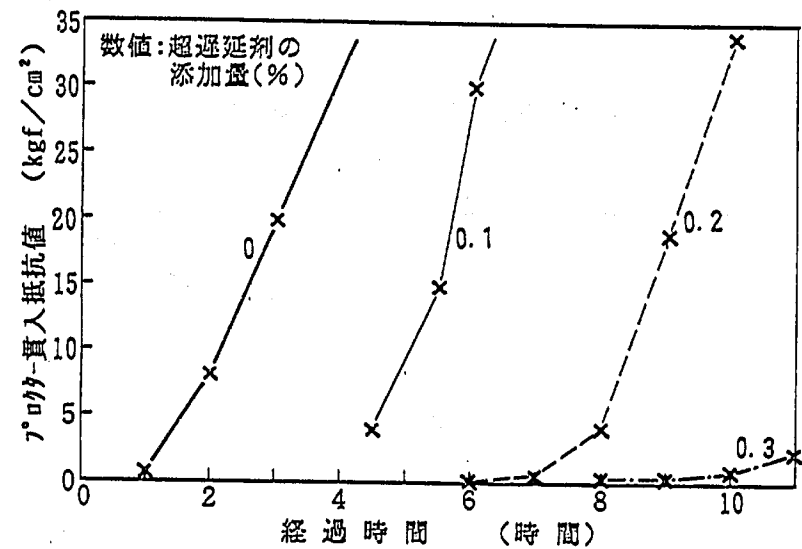
(1) スランプの経時変化



(2) ペースト上昇時間の経時変化

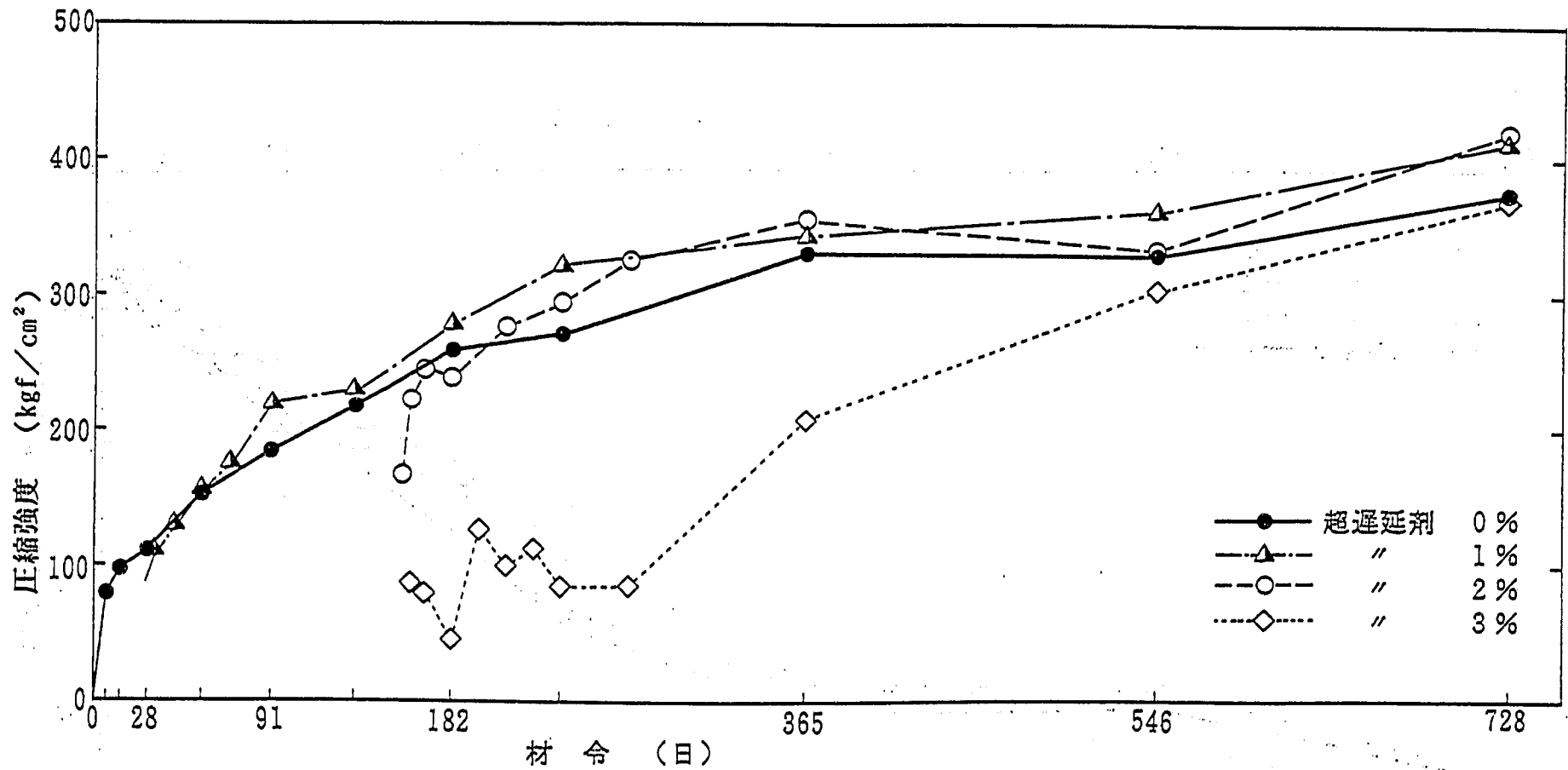


(3) 空気量の経時変化

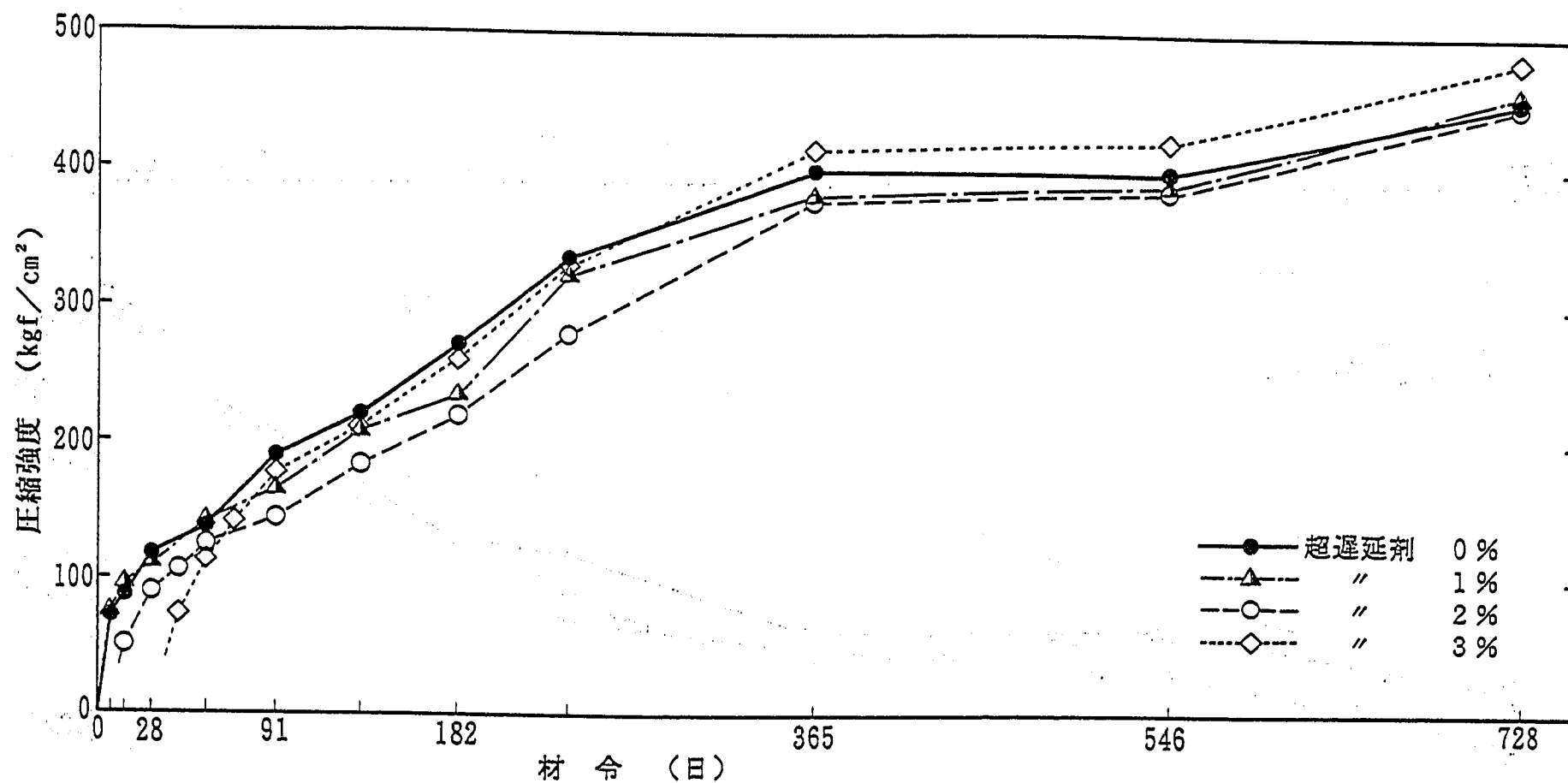


(4) プロクター貫入抵抗値の経時変化

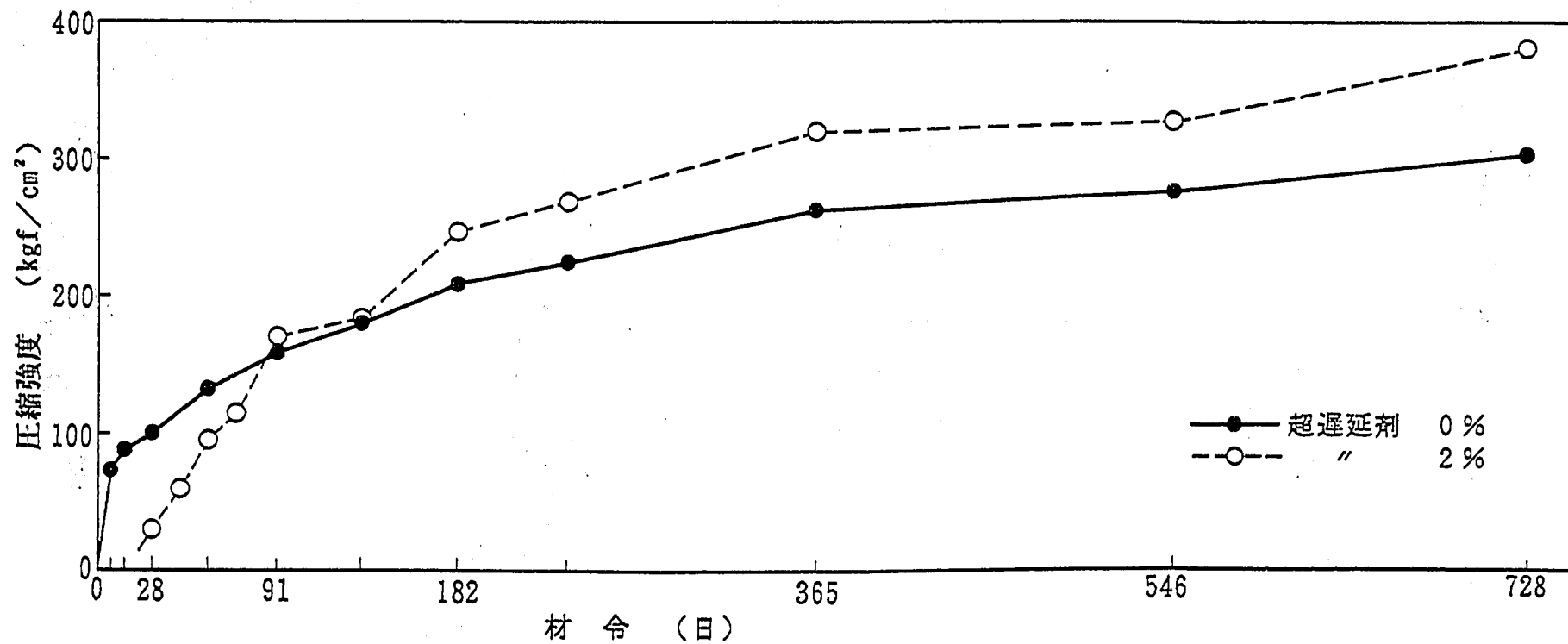
付図-3.7 有スランプコンクリートの凝結特性試験結果 (A配合, 細骨材II)



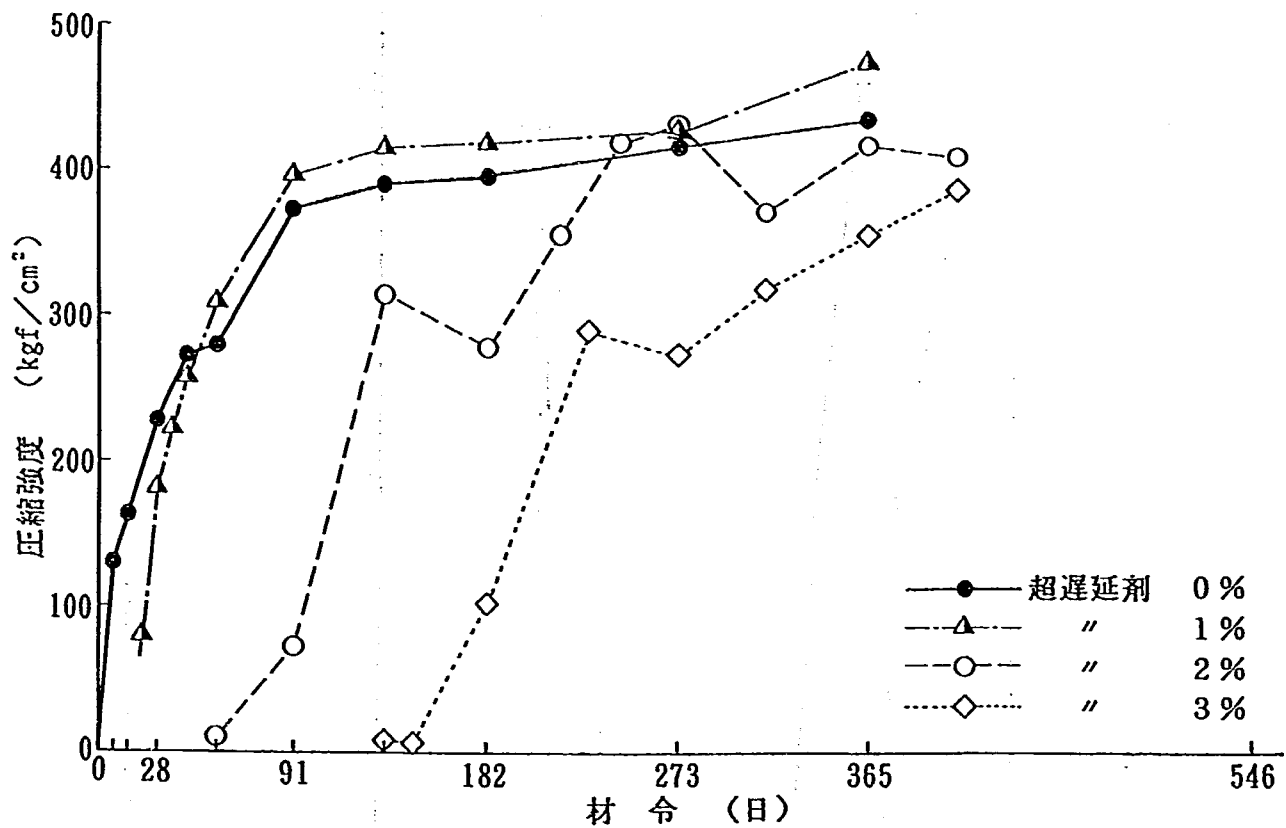
付図-4.1 RCD用コンクリートの強度発現試験結果 (細骨材 I)



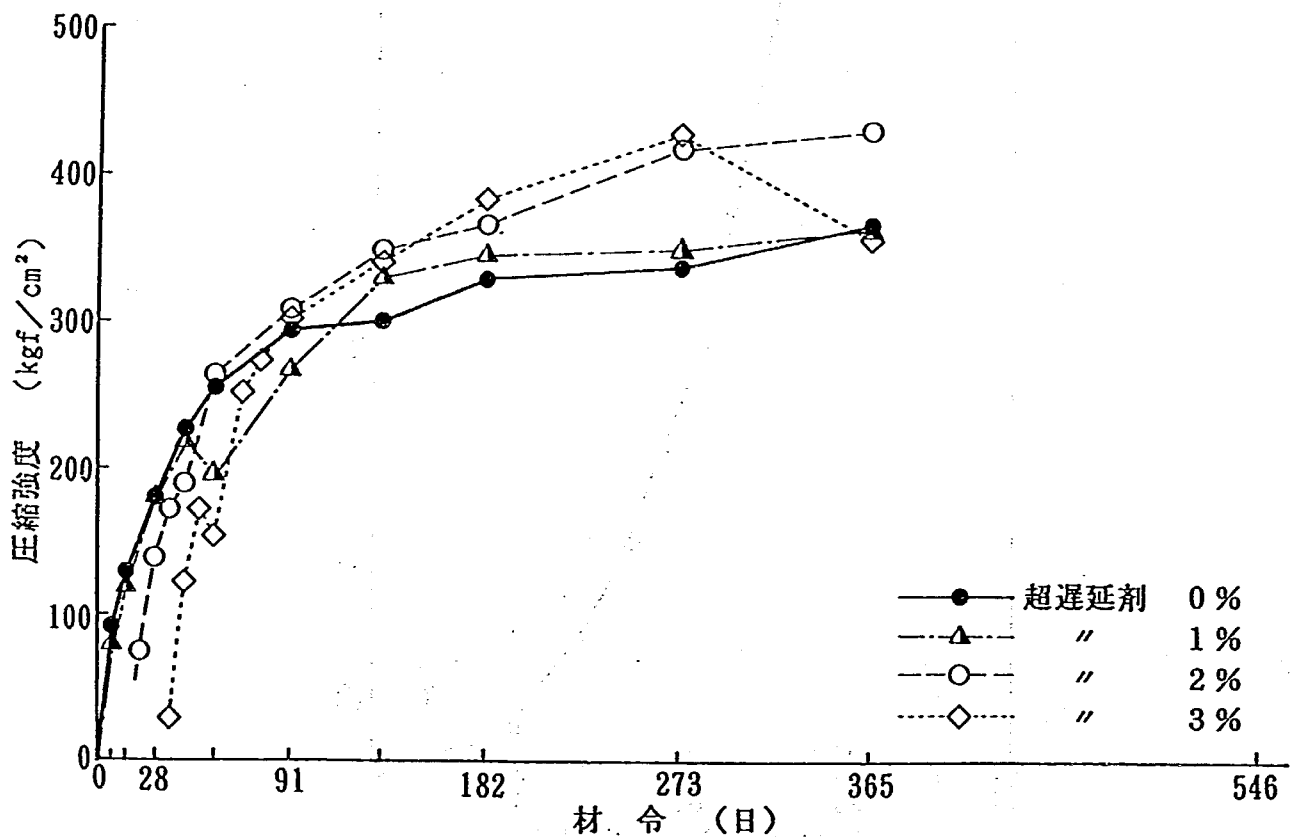
付図-4.2 RCD用コンクリートの強度発現試験結果 (細骨材II)



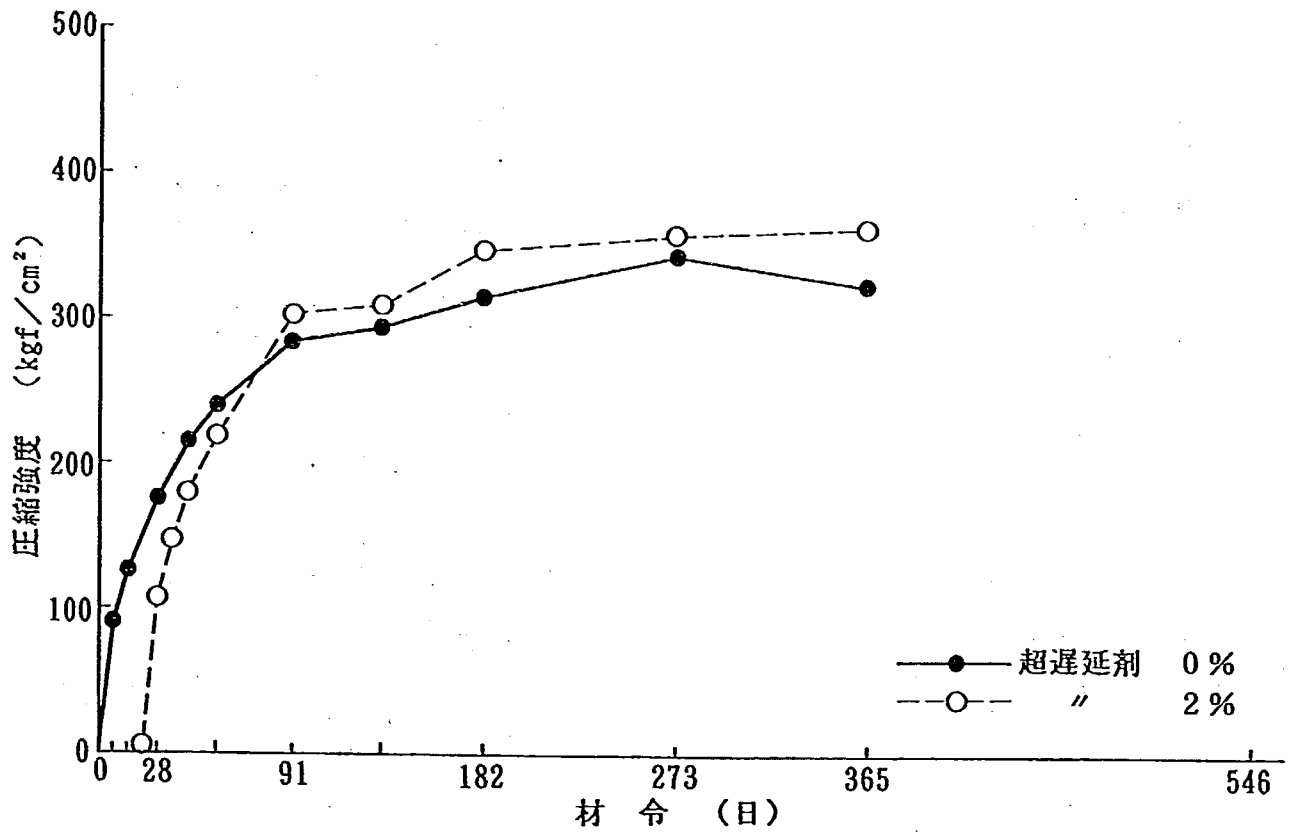
付図-4.3 RCD用コンクリートの強度発現試験結果（細骨材Ⅳ）



付図-5.1 有スランブコンクリートの強度発現試験結果 (G配合, 細骨材I)



付図-5.2 有スランブコンクリートの強度発現試験結果 (G配合, 細骨材II)



付図-5.3 有スランプコンクリートの強度発現試験結果 (G配合, 細骨材Ⅳ)

付表-1 Rモルタル配合のプロクター貫入試験結果

Rモルタル配合														細骨材Ⅰ	
超遅延剤 0 % (練上り温度19℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度21℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.3% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.4% (練上り温度17℃)		超遅延剤0.5%		超遅延剤0.6%			
経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)		
7:00	8.0	4:00	3.5	37:15	8.5	61:50	7.0	84:00	21.0						
9:00	12.0	6:00	10.0	42:00	22.5	66:00	14.0	96:24	18.5						
11:00	41.0	9:00	14.0	44:00	45.0	68:00	29.0	105:30	23.0						
12:00	76.0	18:23	25.6	46:00	60.0	71:00	74.0	125:00	280.0						
13:00	122.0	19:00	30.0	48:00	190.0	72:20	106.0								
14:00	236.0	21:00	90.0	48:30	248.0	73:10	146.0								
14:21	304.0	22:00	156.0	49:00	384.0	74:00	184.0								
		23:00	248.0			75:00	320.0								
		23:30	256.0												
		24:00	320.0												

Rモルタル配合														細骨材Ⅱ			
超遅延剤0％ (練上り温度20℃)		超遅延剤0.1％ (練上り温度20℃)		超遅延剤0.2％ (練上り温度22℃)		超遅延剤0.3％ (練上り温度21℃)		超遅延剤0.4％ (練上り温度20℃)		超遅延剤0.5％ (練上り温度20℃)		超遅延剤0.6％ (練上り温度20℃)					
経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)				
1:00	4.5	2:30	28.5	3:00	43.0	3:00	7.5	6:00	7.0	5:00	5.5	15:20	8.0				
2:15	48.0	3:00	44.0	4:00	116.0	4:00	35.0	7:00	26.0	8:00	7.0	17:00	30.0				
3:00	80.0	3:30	89.0	4:30	168.0	5:00	100.0	8:00	80.0	10:00	15.5	18:00	44.0				
3:30	132.0	4:00	140.0	5:00	240.0	5:30	136.0	8:30	132.0	12:44	80.0	19:00	80.0				
4:00	160.0	4:30	160.0	5:30	256.0	6:00	192.0	9:00	176.0	13:30	184.0	20:00	132.0				
4:30	176.0	5:00	216.0	6:00	300.0	6:30	208.0	9:30	248.0			21:00	192.0				
5:00	216.0	5:30	240.0	6:30	336.0	7:00	248.0	10:00	272.0			22:00	232.0				
5:50	280.0	6:00	320.0			7:30	288.0	10:30	280.0			23:00	320.0				
6:00	320.0																

付表-1 Rモルタル配合のプロクター貫入試験結果

Rモルタル配合												細骨材Ⅲ	
超遅延剤0% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.3% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.4% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.5% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.6% (練上り温度18℃)	
経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
4:00	33.0	4:30	22.0	7:00	17.0	12:57	20.0	16:10	13.0	32:00	48.0	48:15	110.0
5:00	58.0	5:30	40.0	8:00	30.0	15:00	144.0	18:00	26.5	33:15	70.0	49:00	120.0
6:00	82.0	6:30	60.0	9:00	62.0	16:00	176.0	20:00	70.0	34:00	94.0	51:00	200.0
7:00	100.0	7:30	96.0	10:00	76.0	17:00	256.0	21:00	94.0	35:00	120.0	51:45	264.0
8:00	168.0	8:30	124.0	11:00	100.0	17:30	264.0	22:00	132.0	36:40	176.0	52:00	328.0
9:00	264.0	9:30	168.0	12:00	180.0	18:00	360.0	23:00	184.0	37:30	256.0		
9:30	304.0	10:30	240.0	12:40	240.0			24:00	280.0				
		11:45	300.0										

Rモルタル配合												細骨材Ⅳ	
超遅延剤0% (練上り温度20℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度20℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度20℃)		超遅延剤0.3% (練上り温度20℃)		超遅延剤0.4% (練上り温度20℃)		超遅延剤0.5% (練上り温度20℃)		超遅延剤0.6% (練上り温度19℃)	
経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
3:00	23.0	4:00	15.5	6:00	7.0	8:00	6.0	15:55	10.0	25:00	13.5	28:00	9.0
4:08	68.0	5:00	43.0	7:00	27.0	9:30	12.5	17:30	35.0	27:00	35.0	33:00	26.0
5:00	114.0	6:00	112.0	8:00	70.0	11:00	55.0	19:00	84.0	29:00	100.0	35:00	33.0
5:26	168.0	6:30	172.0	9:00	152.0	12:00	98.0	20:00	168.0	30:15	208.0	36:30	70.0
6:00	232.0	7:00	232.0	9:30	188.0	13:00	196.0	21:00	224.0	30:50	272.0	37:40	156.0
6:30	248.0	8:00	264.0	10:00	228.0	13:35	264.0	21:30	264.0			38:10	232.0
7:00	256.0	8:30	280.0	10:30	248.0			22:00	336.0				
7:30	292.0			11:00	272.0								
				11:30	304.0								

付表-1 Rモルタル配合のプロクター貫入試験結果

Rモルタル配合														細骨材 V			
超遅延剤 0 % (練上り温度19℃)		超遅延剤 0.1 % (練上り温度19℃)		超遅延剤 0.2 % (練上り温度19℃)		超遅延剤 0.3 % (練上り温度20℃)		超遅延剤 0.4 % (練上り温度19℃)		超遅延剤 0.5 % (練上り温度19℃)		超遅延剤 0.6 % (練上り温度18℃)					
経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	7°ロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)				
5:00	9.5	8:20	35.0	10:00	9.5	17:00	53.0	25:30	16.5	37:30	15.5	47:10	9.0				
6:00	20.0	9:00	48.0	11:00	18.0	18:00	76.0	26:30	15.0	47:50	23.0	50:00	14.5				
8:00	47.0	9:30	60.0	12:00	30.0	19:00	100.0	30:00	43.0	49:13	25.0	58:00	22.0				
8:30	66.0	10:00	68.0	12:35	43.0	20:00	140.0	31:30	62.0	51:00	31.0	62:00	25.0				
9:00	78.0	10:30	80.0	16:37	200.0	21:00	244.0	33:00	130.0	52:30	50.0	73:00	24.0				
9:30	100.0	11:00	88.0	17:00	240.0	21:30	264.0	34:00	164.0	54:00	70.0	79:00	46.0				
10:00	108.0	11:30	124.0	17:30	272.0	22:00	328.0	35:00	264.0	55:30	96.0	81:00	62.0				
10:30	134.0	12:00	132.0	18:00	304.0			35:30	240.0	57:30	188.0	83:00	72.0				
11:30	144.0	12:23	192.0					36:00	320.0	58:30	216.0	84:30	80.0				
12:00	160.0									59:30	280.0	86:00	104.0				

付表-2 コンクリートをウェットスクリーニングした
モルタルに対するプロクター貫入試験結果

R 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅰ	
超遅延剤 0 % (練上り温度18℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
2:00	20.0
4:00	18.0
9:00	46.0
10:00	40.0
11:00	50.0
12:00	64.0
13:00	78.0
13:45	92.0

R 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅱ							
超遅延剤 0 % (練上り温度18℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.3% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.4% (練上り温度16℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
1:00	47.0	3:00	50.0	4:00	42.0	5:10	20.0
2:00	100.0	4:00	106.0	5:00	44.0	6:00	20.0
3:00	280.0	4:30	160.0	6:00	100.0	7:00	36.0
3:30	560.0	5:00	308.0	6:30	172.0	8:00	64.0
		5:30	440.0	7:00	320.0	9:00	184.0
						10:15	340.0

R 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅲ					
超遅延剤 0 % (練上り温度17℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度17℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度17℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
2:00	52.0	4:10	50.0	5:00	24.0
2:30	76.0	5:10	100.0	6:00	40.0
3:00	110.0	6:00	148.0	7:00	70.0
3:30	156.0	7:00	224.0	8:10	126.0
4:00	216.0	7:30	288.0	9:15	212.0
4:38	264.0			10:00	280.0
5:00	280.0				

R 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅳ					
超遅延剤 0 % (練上り温度20℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度19℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度18℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
3:00	62.0	4:00	32.0	5:00	15.0
4:00	140.0	5:00	50.0	6:00	17.5
4:30	188.0	6:00	108.0	7:00	30.0
5:00	272.0	6:30	192.0	8:25	80.0
5:30	328.0	7:00	320.0	9:05	152.0
				10:00	304.0

R 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅴ			
超遅延剤 0 % (練上り温度17℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度17℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
4:00	29.0	6:05	47.0
5:10	53.0	7:00	60.0
6:00	70.0	8:00	102.0
7:00	122.0	9:00	156.0
8:00	152.0	10:00	192.0
9:00	192.0	11:00	288.0
10:00	240.0		
11:00	280.0		

付表-2 コンクリートをウェットスクリーニングした
モルタルに対するプロクター貫入試験結果

G 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材 I		G' 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材 I		G'' 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材 I	
超遅延剤 0 % (練上り温度 15℃)		超遅延剤 0 % (練上り温度 14℃)		超遅延剤 0 % (練上り温度 15℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
2:00	1.0	2:00	0.0	3:00	0.0
3:00	3.0	3:00	1.0	4:00	0.0
4:00	3.5	4:00	1.0	8:00	6.5
5:00	8.0	5:00	2.5	9:00	15.0
6:00	10.0	10:00	9.0	11:00	18.0
8:00	14.0	11:00	15.0	12:00	36.0
10:30	46.0	12:00	24.0		
11:00	65.0	13:00	45.0		
12:00	114.0				

G 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材 II					
超遅延剤 0 % (練上り温度 15℃)		超遅延剤 0.2 % (練上り温度 15℃)		超遅延剤 0.3 % (練上り温度 15℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
1:20	5.0	3:00	0.0	3:00	0.0
2:10	18.0	4:00	6.5	4:00	0.0
3:00	37.0	5:00	25.0	5:00	0.5
4:10	78.0	6:00	40.0	6:00	7.5
5:30	140.0	7:00	68.0	7:00	21.0
6:30	192.0	8:00	124.0	8:00	41.0
7:30	288.0	9:00	168.0	9:00	80.0
		10:00	296.0	10:00	108.0

G 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材 III					
超遅延剤 0 % (練上り温度 14℃)		超遅延剤 0.1 % (練上り温度 14℃)		超遅延剤 0.2 % (練上り温度 14℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
2:00	1.5	3:00	0.0	2:00	0.0
3:00	7.0	4:20	4.5	6:00	3.5
4:00	12.0	5:10	12.0	7:20	19.0
5:00	20.0	7:10	30.0	8:10	31.0
6:00	30.0	8:10	46.0	9:10	32.0
8:00	52.0	9:00	68.0	10:10	52.0
9:00	92.0	10:00	75.0		
9:50	144.0	11:00	140.0		
10:50	224.0	11:10	184.0		
11:55	344.0				

付表-2 コンクリートをウェットスクリーニングした
モルタルに対するプロクター貫入試験結果

G 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅳ					
超遅延剤 0 % (練上り温度15℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度15℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度15℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
2:00	0.5	4:00	0.5	6:00	0.0
3:00	6.5	5:00	4.0	7:20	1.0
4:00	20.0	6:00	24.0	8:20	6.0
5:00	37.0	7:00	40.0	9:20	23.0
6:00	55.0	8:10	48.0	10:20	40.0
7:00	66.0	9:10	94.0	11:20	50.0
8:00	84.0	10:10	108.0		
9:00	124.0	11:10	160.0		
10:00	200.0	12:10	232.0		
11:00	280.0				

G 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅴ			
超遅延剤 0 % (練上り温度15℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度14℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
2:00	0.0	4:00	0.0
3:00	2.5	5:00	2.5
4:00	7.5	6:00	8.0
5:00	17.5	7:00	13.0
6:00	25.0	8:00	25.0
7:00	30.0		
8:00	35.0		
9:00	53.0		

A 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅰ	
超遅延剤 0 % (練上り温度14℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
2:00	0.8
3:00	0.8
4:00	2.0
5:00	3.5
6:00	6.5
8:00	8.0
11:25	27.0
12:00	37.0
13:00	84.0

A 配合 (ウェットスクリーニング) 細骨材Ⅱ							
超遅延剤 0 % (練上り温度15℃)		超遅延剤0.1% (練上り温度15℃)		超遅延剤0.2% (練上り温度15℃)		超遅延剤0.3% (練上り温度15℃)	
経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)	経過 時間 (時間)	プロクター貫 入抵抗値 (kgf/cm ²)
1:00	0.5	4:30	4.0	6:00	0.0	8:00	0.5
2:00	8.0	5:30	15.0	7:00	0.5	9:00	0.5
3:00	20.0	6:00	30.0	8:00	4.0	10:00	1.0
4:00	43.0	7:00	45.0	9:00	19.0	11:00	2.5
5:00	46.0	8:00	72.0	10:00	34.0	11:30	4.5
7:00	160.0	9:00	104.0	11:00			
8:00	200.0	10:00	180.0	12:00			
9:00	304.0	11:20	344.0				

付表-3 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果

細骨材：Ⅰ 超遅延剤 = 0 % 練上り空気量：1.2%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	22.3	18.0	2.394	80.81
1:00	22.5	18.0		
2:00	25.0	18.0	2.388	84.94
3:00	29.0	18.0		
4:00	23.5	18.5	2.402	89.73
5:00	23.0	18.0		
6:00	19.7	18.0	2.425	88.48
7:00	22.0	18.0		

細骨材：Ⅱ 超遅延剤 = 0 % 練上り空気量：1.3%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	9.7	18.0	2.359	93.14
1:00	18.6	18.5		
2:00	46.0	18.8	2.242	65.39
3:00	107.0	19.0		
4:00	180.0	20.0	2.128	31.20
5:00	240.0	20.0		
6:00	540.0	19.5	2.065	21.21
"			2.032	18.65

細骨材：Ⅱ 超遅延剤 = 0.2 % 練上り空気量：1.4%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	10.2	18.7	2.350	95.62
"	8.3			
1:00	11.0	19.0		
2:00	8.6	19.0	2.334	97.83
3:00	11.3	19.0		
4:00	76.4	19.5	2.189	60.59
5:00	140.0	20.3		
6:00	170.0	20.5	2.111	28.91
"			2.094	29.18

細骨材：Ⅱ 超遅延剤 = 0.3 % 練上り空気量：1.5%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	12.1	19.0	2.352	98.73
"	12.7			
1:00	13.6	18.5		
2:00	14.8	19.0	2.352	99.97
3:00	26.0	18.7		
4:00	12.7	19.0	2.337	88.38
5:00	9.9	19.0		
6:00	25.9	19.0	2.253	68.85
"	48.0	19.0		

細骨材：Ⅱ 超遅延剤 = 0.4 % 練上り空気量：1.6%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	9.0	16.4	2.359	94.45
"	10.9			
3:00	9.1	17.5		
4:00	9.8	18.0	2.350	89.36
5:00	13.3	17.6		
6:00	9.8	17.3	2.335	90.83
7:00	12.5	17.7		
8:00	30.0	17.9	2.325	83.70
9:00	32.4	17.8		

付表-3 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果

細骨材：Ⅲ 超遅延剤 = 0 % 練上り空気量：1.2%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	11.9	17.4	2.413	95.72
"	11.5			
1:00	12.5	17.5		
2:00	—	18.2	2.373	90.99
3:00	23.5	18.2	2.293	72.24
4:00	30.1	19.0	2.263	59.05
6:00	56.1	19.0	2.242	45.71

細骨材：Ⅲ 超遅延剤 = 0.1 % 練上り空気量：1.5%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	8.1	17.0	2.399	96.35
"	7.9			
1:00	8.5	17.0		
2:00	10.8	17.2	2.402	101.20
3:00	12.5	17.6		
4:00	13.0	18.2	2.345	81.56
5:00	32.8	18.4	2.281	64.35
6:00	34.2	18.8	2.259	57.46
7:00	40.0	18.7		

細骨材：Ⅲ 超遅延剤 = 0.2 % 練上り空気量：1.6%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	10.4	17.3	2.396	103.81
"	10.8			
3:00	10.8	18.0		
4:00	11.2	18.1	2.396	100.32
5:00	13.8	18.4		
6:00	15.6	18.5	2.350	96.45
7:00	30.0	18.8		
8:00	33.8	18.8	2.263	72.28
9:00	55.7	—		

細骨材：Ⅳ 超遅延剤 = 0 % 練上り空気量：1.8%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	14.7	19.8	2.405	90.31
"	14.7			
1:00	26.9	20.0		
2:00	22.1	20.0	2.397	80.65
3:00	54.8	20.3	2.329	61.79
4:00	82.8	20.9	2.218	34.04
5:00	143.9	21.0		
6:00	167.5	20.6	2.245	32.32

細骨材：Ⅳ 超遅延剤 = 0.1 % 練上り空気量：1.7%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	20.2	19.3	2.425	103.36
"	19.5			
1:00	22.8	19.3		
2:00	24.6	19.5	2.419	97.03
3:00	28.0	19.7		
4:00	29.0	20.0	2.389	80.11
5:00	50.0	20.0	2.266	41.82
6:00	90.5	20.4	2.206	39.34
7:00	134.0	20.3		

細骨材：Ⅳ 超遅延剤 = 0.2 % 練上り空気量：1.9%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	11.4	17.5	2.420	99.03
"	11.5			
3:00	13.8	18.2		
4:00	18.8	18.4	2.412	102.56
5:00	15.0	18.0		
6:00	17.0	18.0	2.390	86.69
7:00	15.6	18.1		
8:00	—	—	2.302	60.53
8:20	42.9	—		

付表-3 RCD用コンクリートの凝結特性試験結果

細骨材：V 超遅延剤 = 0 % 練上り空気量：2.0%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	15.7	16.5	2.452	93.25
"	15.8			
2:00	24.0	17.0		
3:00	25.6	17.1		
4:00	30.9	17.4	2.427	87.97
5:00	34.0	17.6		
6:00	—	17.6	2.394	65.29
6:15	37.5			
7:00	—	18.0		
8:00	53.2	18.0		

細骨材：V 超遅延剤 = 0.1 % 練上り空気量：1.9%				
経過 時間 (h)	V C 値 (秒)	コンクリート 温度 (℃)	標準供試体	
			単位体 積重量 (t/m ³)	材令14日 圧縮強度 (kgf/cm ²)
0:00	15.0	16.5	2.437	102.69
"	21.8			
2:00	20.6	16.9		
3:00	19.4	17.1		
4:00	15.9	17.2	2.447	95.10
5:00	21.9	17.5		
6:00	34.4	17.5	2.406	79.21
7:00	33.2	18.0		
8:00	50.5	18.2		
9:00	62.3	18.4		

付表-4 有スランブコンクリートの凝結特性試験結果

*ペースト上昇時間

10秒を経過してもコンクリートの流動が認められない場合は、内部振動機をコンクリートに押しつけ、ペーストの上昇を促した。このようにして得られた値は()書きで示す。

※コンクリートの状態

- A : フレッシュな状態
 B : ややこわばりが生じた状態
 C : こわばった状態
 (表面に水分がなくパサパサした状態)
 D : 凝結した状態
 (スコップが容易に入らない状態)

G配合 細骨材：Ⅰ 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	ペースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	1.9, 1.0	4.4	3.2	14.9	A
1:00	0.4, 0.3	7.6	2.6	15.4	A
2:00	0.1, 0.1	13.2	2.7	15.8	B
3:00	0.3, 0	(23)	2.7	15.6	B
4:00	0, 0	(22)	2.7	16.2	C
5:00	0.1, 0	(40)	2.5	15.9	C

G'配合 細骨材：Ⅰ 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	ペースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	7.7, 6.7	2.6	3.6	14.2	A
1:00	3.7, 3.0	3.1	3.5	14.8	A
2:00	1.7, 0.6	3.3	3.5	15.9	A～B
3:00	0, 0.3	5.6	2.9	15.3	B
4:00	0.3, 0.2	6.5	3.2	15.8	C
5:00	0.6, 0.7	6.1	2.9	15.6	C
6:00	0, 0	6.2	2.9	16.3	C
7:00	0	17.5	2.9	16.5	D

G'配合 細骨材：Ⅰ 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	ペースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	10.5, 9.8	2.0	3.5	14.9	A
1:00	5.5, 6.0	2.2	3.1	15.1	A
2:00	3.4, 2.8	2.4	3.1	15.5	A
3:00	0.5, 1.5	4.1	3.2	15.9	B
4:00	0.2, 0.7	4.5	3.2	15.5	C
5:00	1.1, 0.5	4.0	2.9	15.7	C
6:00	0, 0	9.5	2.9	15.7	C
7:00	0	25.0	2.9	15.8	C～D

G配合 細骨材：Ⅱ 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	ペースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	2.5, 1.8	2.7	5.4	15.0	A
1:00	0.2, 0.6	6.2	3.8	15.3	B
2:00	0, 0	(180)	2.1	17.5	C～D
3:00					D

G配合 細骨材：Ⅱ 超遅延剤＝0.2%					
経過時間	スランブ	ペースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	5.0, 4.6	1.5	5.8	14.7	A
1:00	3.2, 2.8	3.0	4.9	15.1	A
2:00	2.8, 2.7	2.7	4.9	15.4	A
3:00	2.1, 1.2	3.4	4.6	15.9	A～B
4:00	0.1, 0	(70)	2.3	16.4	C
5:00					D

G配合 細骨材：Ⅱ 超遅延剤＝0.3%					
経過時間	スランブ	ペースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	5.0, 5.3	2.0	5.5	15.1	A
1:00	3.3, 4.2	2.0	4.7	15.7	A
2:00	4.2, 4.3	1.9	5.1	16.1	A
3:00	2.9, 3.5	2.3	4.7	16.1	A
4:00	3.6, 3.1	3.0	4.7	16.1	A
5:00	2.0, 2.5	3.5	4.6	16.9	A
6:00	0.7, 0.7	10.0	3.6	16.3	B
7:00	0.1, 0	(60)	2.5	16.3	C

付表-4 有スランブコンクリートの凝結特性試験結果

G配合 細骨材：Ⅲ 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	ハースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	6.1, 6.3	2.6	5.3	13.5	A
1:00	0.8, 2.0	3.6	4.2	14.0	A
2:00	0.5, 0.6	5.0	3.7	14.9	B～C
3:00	0, 0	12.5	3.1	14.6	C
4:00	0	(55)	1.8	15.9	C～D

G配合 細骨材：Ⅲ 超遅延剤＝0.1%					
経過時間	スランブ	ハースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	2.5, 2.7	3.5	5.6	14.4	A
1:00	3.2, 1.5	2.4	4.4	14.9	A
2:00	1.5, 1.7	3.0	3.9	14.8	A
3:00	0.1, 0.2	4.9	3.8	14.8	A
4:00	0, 0	(21)	2.5	14.9	C
5:00	0	(50)	2.2	15.3	D

G配合 細骨材：Ⅲ 超遅延剤＝0.2%					
経過時間	スランブ	ハースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	3.6, 4.8	2.0	5.2	13.9	A
1:00	2.2, 2.4	2.7	4.0	14.6	A
2:00	1.9, 3.5	3.5	4.0	14.9	A
3:00	2.6, 2.4	2.4	4.2	15.1	A
4:00	1.6, 1.6	4.1	3.6	15.2	A
5:00	1.1, 0.8	5.0	3.6	14.7	A
6:00	0.1, 0.1	8.8	3.0	15.4	C
7:00	0	(55)	2.0	15.7	D

G配合 細骨材：Ⅳ 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	ハースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	5.7, 4.2	2.3	5.7	15.1	A
1:00	2.5, 2.5	2.5	5.2	15.6	A
2:00	0.3, 0.3	6.4	3.8	15.8	B
3:00	0, 0	(60)	2.6	16.5	C
4:00					D

G配合 細骨材：Ⅳ 超遅延剤＝0.1%					
経過時間	スランブ	ハースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	4.0, 4.5	2.7	5.4	15.4	A
1:00	2.7, 3.1	2.2	4.9	15.2	A
2:00	3.2, 1.9	3.0	4.5	15.7	A
3:00	0.5, 0.8	5.5	3.9	16.0	A～B
4:00	0.5, 0.2	9.6	4.0	15.4	B～C
5:00	0, 0	(70)	3.0	16.2	C～D

G配合 細骨材：Ⅳ 超遅延剤＝0.2%					
経過時間	スランブ	ハースト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	5.3, 4.6	2.0	6.2	15.1	A
1:00	4.0, 4.0	2.5	5.2	15.2	A
2:00	2.7, 2.7	2.2	5.4	15.3	A
3:00	2.5, 2.8	3.4	4.8	15.4	A
4:00	2.6, 1.7	2.6	4.7	15.1	A
5:00	1.9, 1.8	4.1	4.5	15.4	A
6:00	1.4, 1.5	5.1	4.2	15.5	A～B
7:00	1.0, 1.0	5.7	3.8	14.9	B
8:00	0.4, 0.4	12.0	3.7	15.3	C
9:00	0, 0	(80)	2.5	15.0	C～D

付表-4 有スランブコンクリートの凝結特性試験結果

G配合 細骨材：V 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	↑-スト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	4.5, 3.2	2.8	5.5	14.8	A
1:00	2.0, 1.2	3.9	4.8	15.2	A
2:00	1.4, 0.9	3.9	4.5	16.7	B
3:00	0, 0.1	9.1	4.1	15.9	B
4:00	0, 0	(28)	3.0	16.1	C
5:00		(60)	3.0	16.8	C～D

G配合 細骨材：V 超遅延剤＝0.1%					
経過時間	スランブ	↑-スト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	4.6, 6.0	2.4	5.6	13.9	A
1:00	3.9, 3.8	2.8	5.2	15.4	A
2:00	2.4, 2.3	3.0	4.6	15.5	A
3:00	1.9, 2.0	3.1	4.6	15.4	A
4:00	1.2, 1.1	5.6	4.5	15.6	B
5:00	0.2, 0.1	8.5	4.3	16.0	C
6:00	0, 0	(50)	4.2	16.2	C～D

A配合 細骨材：I 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	↑-スト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	5.8, 6.0	2.1	4.0	14.0	A
1:00	2.0, 2.5	3.0	3.4	14.6	A
2:00	0.1, 0.2	6.6	2.9	15.4	B
3:00	0.4, 0.6	6.6	2.9	15.8	B
4:00	0.1, 0.1	14.3	2.9	15.8	B
5:00	0.1, 0.1	11.5	2.8	15.9	B～C
6:00	0, 0	(19)	2.9	16.0	B～C
7:00	0, 0	21.0	2.7	15.4	C

A配合 細骨材：II 超遅延剤＝0%					
経過時間	スランブ	↑-スト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	4.8, 2.9	3.0	4.7	15.1	A
1:00	1.0, 0.8	5.0	3.8	14.8	A～B
2:00	0, 0	(60)	2.5	16.0	C
3:00					D

A配合 細骨材：II 超遅延剤＝0.1%					
経過時間	スランブ	↑-スト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	7.0, 5.9	2.4	5.5	14.8	A
1:00	3.6, 3.9	2.6	4.9	15.4	A
2:00	1.7, 2.2	3.8	4.4	15.2	A
3:00	0.8, 1.2	5.1	3.9	15.6	B
4:00	0, 0	(50)	3.2	16.0	C
5:00	0, 0	(150)	2.8	16.4	D

A配合 細骨材：II 超遅延剤＝0.2%					
経過時間	スランブ	↑-スト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	6.0, 5.9	2.1	5.4	14.5	A
1:00	3.3, 4.5	3.1	4.7	15.4	A
2:00	3.8, 2.5	2.3	4.2	15.5	A
3:00	1.5, 2.0	3.5	4.2	15.4	A
4:00	2.5, 3.7	5.3	3.8	15.7	A
5:00	3.7, 3.3	3.8	4.0	15.8	A
6:00	2.2, 3.3	3.5	4.4	15.6	A
7:00	2.0			16.0	A
8:00	0.4, 0.4	13.0	2.4	16.9	B

A配合 細骨材：II 超遅延剤＝0.3%					
経過時間	スランブ	↑-スト 上昇時間*	空気量	コンクリート 温度	※ コンクリートの状態
(h)	(cm)	(秒)	(%)	(℃)	
0:00	6.0, 6.0	2.5	5.3	15.4	A
1:00	6.5, 4.3	2.5	4.9	15.5	A
2:00	5.0, 4.6	2.2	4.3	15.9	A
3:00	5.2, 4.1	2.5	4.4	16.1	A
4:00	3.1, 2.9	2.7	4.2	15.7	A
6:00	3.5, 2.1	2.9	4.1	15.3	A
8:00	1.0, 1.4	5.3	3.5	15.8	A
10:0	1.6, 2.4	6.4	3.1	15.8	A～B
11:0	1.0	15.0	2.5	15.6	B

付表-5 RCD用コンクリートの強度発現試験結果

R配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 0 %			R配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 1 %			R配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 2 %			R配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 3 %		
材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
7	2.422	80.75	30	2.412	111.78	157	2.431	168.97	161	2.427	88.30
14	2.426	97.96	42	2.423	131.63	161	2.444	231.21	168	2.420	80.70
29	2.423	111.52	56	2.425	156.96	〃	2.415	216.31	182	2.427	47.63
56	2.424	152.80	70	2.433	178.17	168	2.440	247.15	196	2.415	127.24
91	2.435	184.48	91	2.411	220.23	182	2.423	240.99	210	2.419	101.58
133	2.448	218.15	133	2.412	231.54	210	2.441	278.78	224	2.356	114.20
182	2.436	260.63	182	2.416	279.75	238	2.432	296.72	238	2.413	87.26
238	2.428	272.39	238	2.416	323.25	273	2.433	328.43	273	2.423	87.95
367	2.422	332.18	363	2.417	345.76	366	2.431	356.41	366	2.411	209.40
546	2.422	330.75	546	2.400	362.17	546	2.392	333.28	546	2.386	305.91
728	2.438	374.38	728	2.426	411.95	728	2.439	419.89	728	2.434	368.88
910			910			910			910		
1092			1092			1092			1092		

R配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 0 %			R配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 1 %			R配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 2 %			R配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 3 %		
材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
7	2.348	73.94	7	2.370	74.58	14	2.334	50.22	42	2.334	74.03
15	2.334	87.82	15	2.374	95.65	28	2.349	89.92	56	2.345	114.31
28	2.367	118.67	28	2.352	106.10	42	2.361	107.31	70	2.340	142.79
56	2.360	137.98	56	2.371	142.21	56	2.364	126.93	91	2.339	177.62
91	2.368	190.01	91	2.370	165.01	91	2.352	145.63	133	2.356	209.80
133	2.367	220.12	133	2.384	208.25	133	2.364	184.44	182	2.356	261.38
182	2.388	272.55	182	2.363	235.77	182	2.361	220.40	238	2.352	329.47
238	2.382	336.59	238	2.365	324.17	238	2.353	280.30	363	2.343	415.09
365	2.378	401.79	365	2.364	382.03	364	2.357	378.02	546	2.354	420.20
546	2.341	398.12	546	2.346	388.04	546	2.334	385.80	728	2.341	481.30
728	2.342	451.21	728	2.349	455.10	728	2.382	449.40	910		
910			910			910			1092		
1092			1092			1092					

R配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 0.3 %			R配合 細骨材Ⅳ 超遅延剤 0 %			R配合 細骨材Ⅳ 超遅延剤 2 %		
材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
7	2.364	88.93	7	2.413	74.64	28	2.396	30.09
14	2.322	88.40	15	2.431	88.56	42	2.415	60.22
28	2.339	110.81	28	2.441	100.90	56	2.434	96.59
56	2.372	150.02	56	2.438	133.35	70	2.435	115.83
91	2.372	190.83	91	2.434	159.37	91	2.426	170.78
133	2.386	228.22	133	2.438	179.83	133	2.429	184.92
182	2.415	271.14	182	2.457	208.82	182	2.433	246.84
238	2.385	263.07	238	2.443	224.24	238	2.434	268.80
363	2.366	404.05	365	2.442	262.58	364	2.431	320.50
546	2.347	433.70	546	2.426	276.39	546	2.383	328.13
728	2.358	460.74	728	2.438	302.19	728	2.437	380.92
910			910			910		
1092			1092			1092		

付表-6 有スランブコンクリートの強度発現試験結果

G配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 0 %			G配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 1 %			G配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 2 %			G配合 細骨材Ⅰ 超遅延剤 3 %		
材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
7	2.346	129.96	21	2.371	79.29	56	2.364	9.46	133	2.197	7.78
14	2.371	163.11	27	2.349	182.13	91	2.401	73.11	147	2.323	6.75
27	2.391	228.11	35	2.357	222.68	133	2.393	315.29	182	2.348	102.49
42	2.380	273.12	42	2.400	258.64	182	2.358	278.80	231	2.357	290.90
56	2.364	279.17	56	2.363	309.07	217	2.344	357.04	273	2.342	274.99
91	2.372	373.73	91	2.383	396.69	245	2.349	421.03	315	2.338	318.04
133	2.341	390.97	133	2.315	415.79	273	2.356	431.76	364	2.361	356.61
182	2.356	396.46	182	2.368	420.46	315	2.362	373.30	406	2.354	388.35
273	2.406	417.00	273	2.380	428.67	364	2.366	418.75	455		
364	2.381	436.87	364	2.372	475.36	406	2.364	410.56	497		
546			546			455			546		
728			728			546			637		
910			910			728			728		
1092			1092			910			910		
						1092			1092		

G配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 0 %			G配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 1 %			G配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 2 %			G配合 細骨材Ⅱ 超遅延剤 3 %		
材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
7	2.264	92.19	7	2.269	81.76	21	2.250	75.51	35	2.297	29.25
14	2.271	129.30	14	2.243	119.16	28	2.236	138.45	42	2.266	122.96
28	2.282	179.42	28	2.268	178.92	35	2.263	171.58	49	2.281	172.44
42	2.301	226.41	42	2.245	218.00	42	2.261	189.32	56	2.280	152.89
56	2.273	254.65	56	2.275	195.09	56	2.264	263.62	68	2.310	253.61
91	2.272	293.43	91	2.246	267.16	91	2.257	308.87	77	2.307	273.34
133	2.261	299.98	133	2.237	330.29	133	2.251	349.45	91	2.263	301.02
182	2.253	329.44	182	2.253	346.76	182	2.261	366.36	133	2.254	340.41
273	2.279	336.81	273	2.268	349.42	273	2.264	418.46	182	2.258	383.01
364	2.296	366.70	364	2.257	365.96	364	2.259	430.64	273	2.288	427.53
546			546			546			364	2.273	358.71
728			728			728			546		
910			910			910			728		
1092			1092			1092			910		
									1092		

G配合 細骨材Ⅳ 超遅延剤 0 %			G配合 細骨材Ⅳ 超遅延剤 2 %		
材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	材令 (日)	密 度 (t/m ³)	圧縮強度 (kgf/cm ²)
7	2.379	91.03	22	2.395	6.40
14	2.371	126.53	28	2.396	108.88
28	2.377	176.41	35	2.386	148.97
42	2.382	216.31	42	2.397	180.06
56	2.385	241.79	56	2.361	219.12
91	2.358	284.62	91	2.377	303.55
133	2.334	294.65	133	2.418	310.52
182	2.332	316.34	182	2.376	349.25
273	2.376	342.70	273	2.389	360.04
364	2.368	324.83	364	2.394	364.28
546			546		
728			728		
910			910		
1092			1092		