

超速硬性

デンカスーパーセメント

技術資料

デンカ株式会社

目 次

1.	はじめに	1
2.	デンカスーパーセメントの特徴と主な用途	1
3.	デンカスーパーセメントの性質	2
4.	デンカスーパーセメントコンクリート	4
4-1	スーパーセメントコンクリートの配合（調合）設計	4
4-2	配合（調合）設計用データ	5
4-3	スーパーセメントコンクリートの物性	10
5.	デンカスーパーセメントモルタルの物性	15

1. はじめに

デンカスーパーセメントは当社が開発したセメント用混和材の多年にわたる技術と実績をふまえて生み出した超速硬性セメントです。スーパーセメントの開発にあたっては、物性上の特徴である短期の強度発現性はもとより安定した可使用時間の確保、下地コンクリートとの付着性、打設後の硬化体の耐久性などに優れ、安心して御使用いただける品質としました。

2. デンカスーパーセメントの特徴と用途

- 1) 作業時間（可使用時間）は約30分採れます。
- 2) 2～3時間で実用強度が得られます。配合によって24～30N/mm²の実用強度を発現します。
- 3) ポルトランドセメントと同様、長期に亘り安定した強度増進を示します。低温でも短時間で実用強度を発現します。
- 4) 従来の超速硬セメントにくらべ、スランプロスが少なく作業性に優れています。
- 5) 凝結調節剤は不要です。従来の超速硬セメントのようにセッターを用いて、作業時間を調節する手間がなく、簡単に使用できます。
- 6) ひびわれ抵抗性がアップしました。従来の超速硬セメントは、一般に実施工において“ひびわれ”の発生が問題となっておりますが、本製品はその悩みを解消しました。
- 7) ブリージングがなく、硬化後の収縮性が小さいため、鉄筋との付着および旧コンクリートとの密着性に優れています。
- 8) 《スーパーセメント》は、汎用品である「タイプS-5」と床版上面増厚工事などに使用する「タイプS-30」の2種類があり、広範な現場の要求に応じられます。
- 9) 硬化後の色合いが、普通コンクリートと同系色であり、補修個所の色合に違和感がありません。

デンカスーパーセメントは以上のような特徴を生かし、多方面で活用できます。

- a) 道路・橋梁・鉄道・滑走路・港湾等の緊急コンクリート・モルタル工事
- b) コンクリート床版上面増厚工事
- c) 機械基礎等の構築・修理
- d) コンクリート欠損部等補修工事
- e) 寒中コンクリート 他

3. デンカスーパーセメントの性質

デンカスーパーセメントの物理化学的性質につき、普通ポルトランドセメントと比較し、表-1に示します。デンカスーパーセメントは、ポルトランドセメントをベースとして超速硬化性を付与するための急硬性混和材（ CaO 、 SO_3 、 Al_2O_3 を主成分とする微粉末）と凝結硬化時間を調整するための特殊薬剤を配合してあります。

表-1 デンカスーパーセメントの物理化学的性質（代表値）

	組 成 (%wt)										物性値	
	Ig-loss.	In sol.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	TiO_2	Total	ブレン値 (cm^3/g)	真比重
デンカスーパーセメント S-5タイプ	2.2	0.4	15.4	9.1	2.1	58.9	0.6	9.5	0.5	99.99	4710	3.02
デンカスーパーセメント S-30タイプ	2.2	0.3	15.5	9.4	2.1	58.0	0.6	10.0	0.5	99.81	4730	3.02
デンカ普通 ポルトランド セメント	0.9	0.1	22.3	5.3	3.2	64.1	1.0	1.9	0.1	98.9	3250	3.16

1) スーパーセメントの水和硬化と長期安定性

スーパーセメントの水和は以下のように進行し、耐久性に富む硬化体を形成します。セメント鉱物は水と接した直後から水和を開始しますが、ポルトランド系セメントはいずれも接水から数時間は硬化にいたる水和反応に入らず、このため長い作業時間をとる事ができます。一方急硬性混和材を配合したセメントは、この急硬性混和材の水和が急激なため接水直後から水和を開始します。スーパーセメントに配合されている特殊薬剤は、この急激な水和反応を接水後からある時間抑制し、作業可能としその後急激な硬化を起こすよう調整するために配合されています。

スーパーセメントの水和は、まず急硬性混和材と一部ベースセメントをまきこんで開始します。初期に形成される水和物は、ポルトランド系セメントでもごく少量見られるカルシウムサルフォアルミネート水和物；エトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) であり、この水和物が急速かつ多量に生成する事により、硬化から初期強度の増進までが急激に進みます。エトリンガイトは1分子あたり32分子という多量の水をとりこみ空隙に向け結晶生長するため実質的な水セメント比の低減・空隙の充填さらにエトリンガイト（針状結晶）のからみ合いにより早期に高い強度が発現します。このようなアルミネート

系の水和にひきつづき、セメント主構成鉱物であるカルシウムシリケート系；アリットの水和さらにはベリットの水和へとひきつがれていきます。カルシウムシリケートの水和により、水和物として、C-S-Hゲル及び水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) が生成されます。

このようにして、スーパーセメント硬化体は主な水和物として、カルシウムサルフォアルミネート水和物 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ 、 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) カルシウムシリケート水和物 (C-S-Hゲル) 及び水酸化カルシウムを含有します。これらはいずれもポルトランドセメントの水和により生じるものと同じであり、長期にわたり安定であります。

スーパーセメント硬化体を形成する水和物は各々安定なものでありますが、さらにこれらの量的なバランス、生成速度なども硬化体の安定性に大きく影響します。たとえば、より早期に高強度を得るがために、急硬性成分を増量したり、カルシウムシリケート中でも水和の速いアリットを極端に増加させたりしますと、異常膨張によるクラックを生じたり多量の水酸化カルシウムの生成による耐久性の低下をきたしたりする事さえあります。

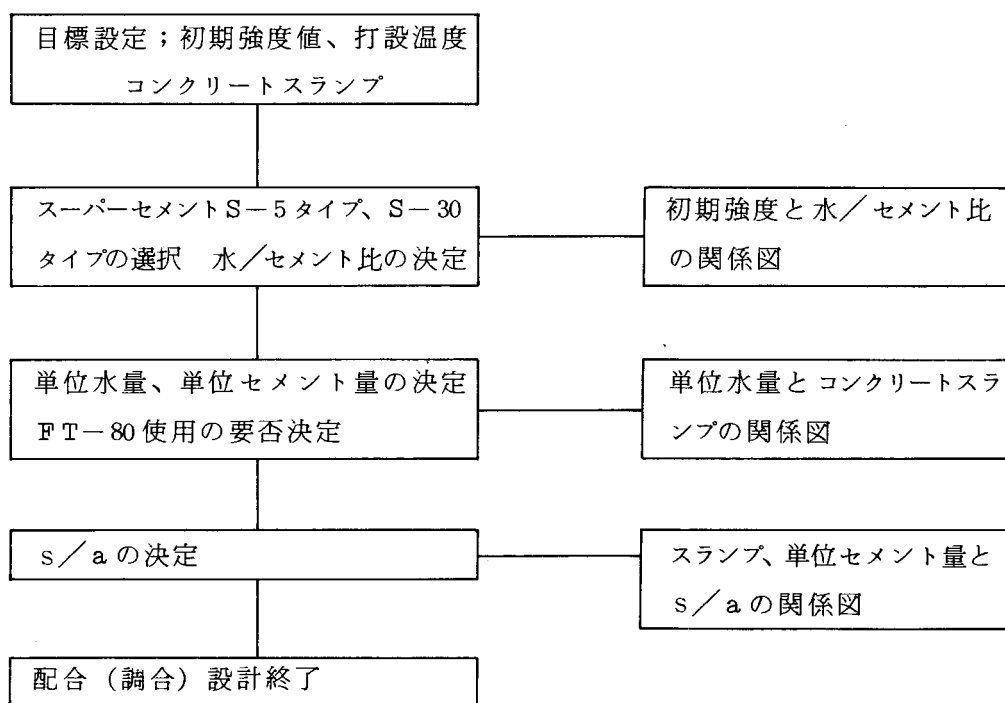
スーパーセメントはこれらを充分考慮し、厳しく管理し製造しています。

4. デンカスーパーセメントコンクリート

スーパーセメントが使用される目的はその超速硬性にあるため、物性面ではとりわけ初期の強度が重要となります。このためスーパーセメントコンクリートの配合（調合）においては、短時間強度（3時間、6時間）を基準として設計します。

4-1 スーパーセメントコンクリートの配合（調合）設計

配合（調合）設計を行なう場合の概略フローを以下に示します。



注) 以上の基本にもとづいて配合（調合）設計をしますが、骨材の品質が変わることにより以降に示す参考データの値とは若干異なることもありますので、かならず試験練りを行ない現場配合を決定して下さい。

4-2 配合（調合）設計用データ例

以下に示しますコンクリートデータは、すべて下記の条件で試験した結果です。

・使用材料

超速硬性セメント；電気化学工業社製 デンカスーパーセメント「S-5」又は「S-30」

高性能減水剤 ；電気化学工業社製 デンカFT-80

細骨材 ；姫川産川砂 60% 砕砂 40% 比重 2.58 F.M. 2.7

粗骨材 ；姫川産川砂利 60% 碎石 40% 比重 2.63 F.M. 6.95

水 ；水道水

・コンクリート試験方法

ミキサ ；パン型強制練りミキサー

混練方法 ；砂、砂利、水を混ぜた後にセメントを投入し2分間本練り。

・試験方法

スランブ ；JIS A 1101 に準ずる。

空気量 ；JIS A 1128 に準ずる。

ゲル化時間 ；温度上昇による判定（練り上がり温度より1℃上昇時）

硬化時間 ；温度上昇による判定（練り上がり温度より4℃上昇時）

圧縮強度 ；JIS A 1108 に準ずる。

曲げ強度 ；JIS A 1106 に準ずる。

引っ張り強度 ；JIS A 1113 に準ずる。

静弾性係数 ；ASTM C 469-65 に準ずる。

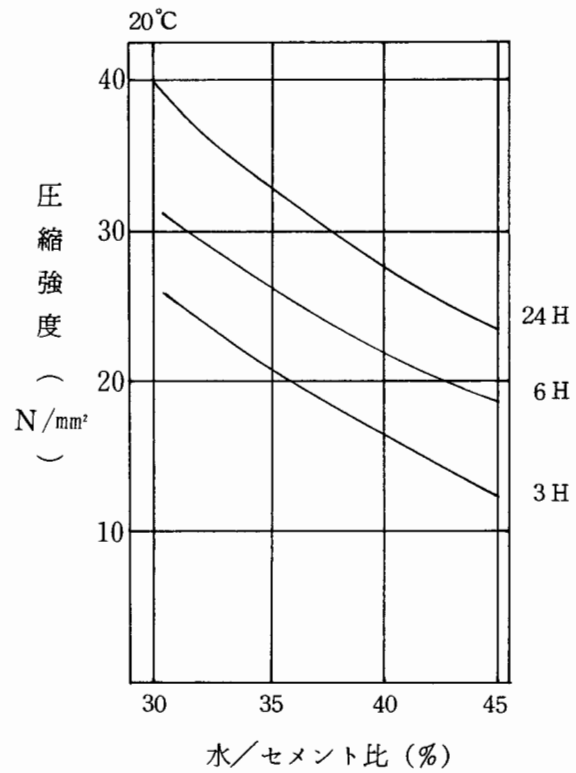
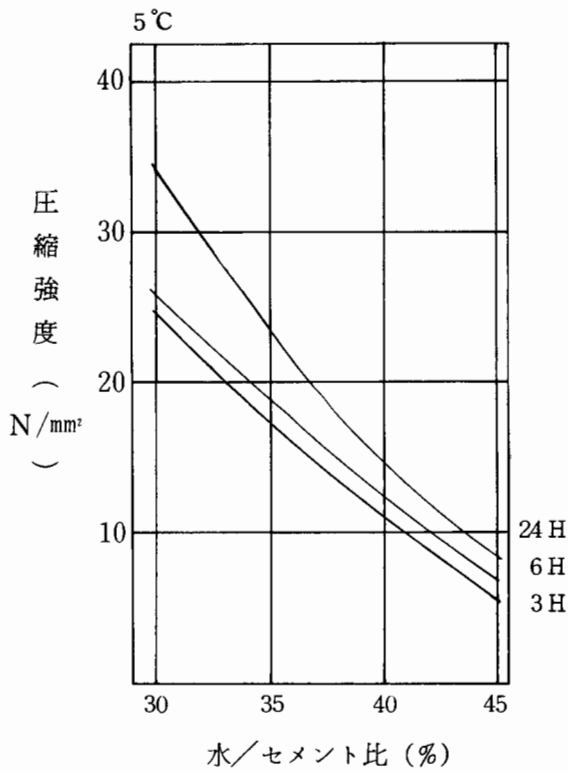
鉄筋付着強度 ；日本コンクリート工学協会試験方法に準ずる。

膨張収縮率 ；JIS A 6202 に準ずる。

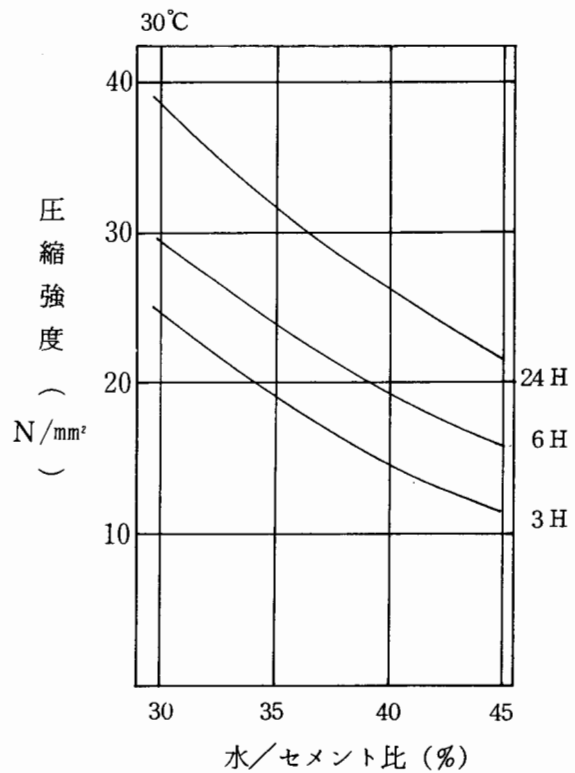
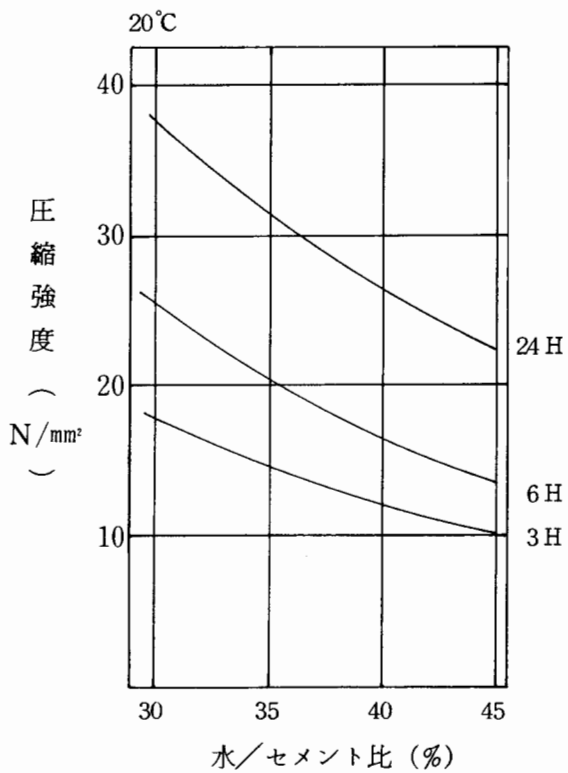
凍結融解抵抗性；ASTM (C666-77) 水中凍結水中融解法

A) スーパーセメントコンクリートの初期強度と水/セメント比の関係 (スランブ値 $8 \pm 2.5 \text{ cm}$)

- スーパーセメント S-5 タイプ

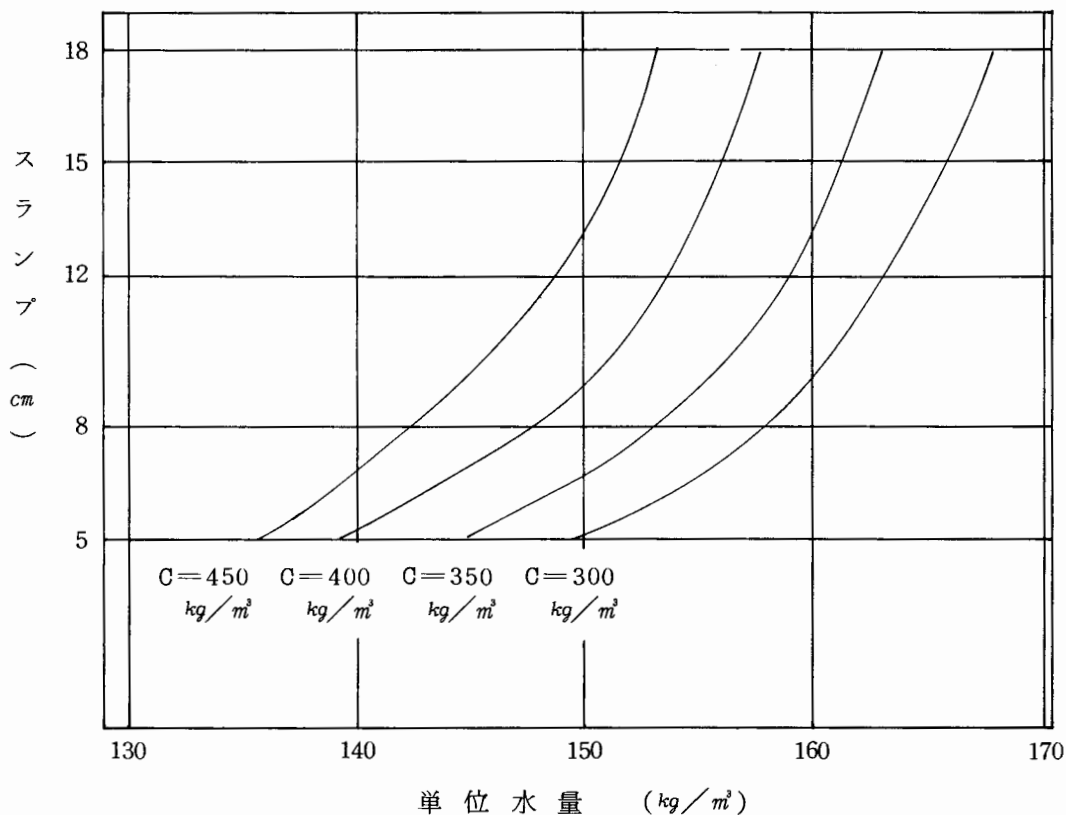


- スーパーセメント S-30 タイプ

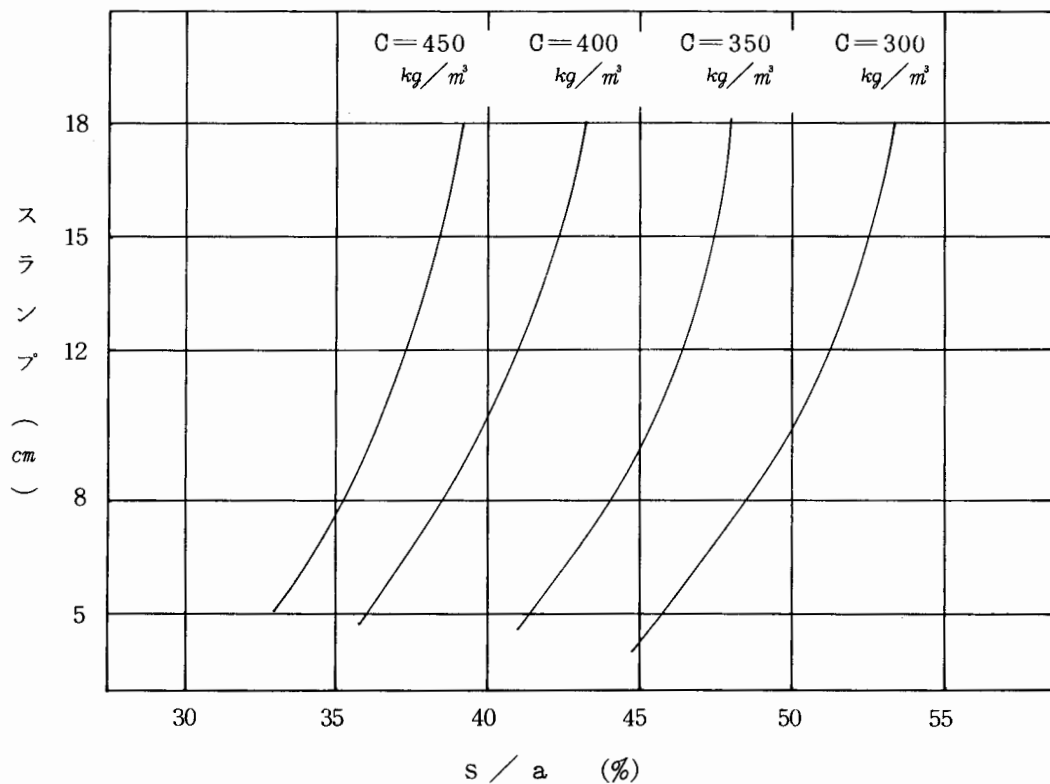


※ C = 450kg/m³の配合は、減水剤 FT-80を C × 2%混入してありますが、FT-80は水セメント比に含まれません。

B) スーパーセメントコンクリートの単位水量とスランブの関係



C) スランブ、単位セメント量と最適 s/a の関係



D) スーパーセメントコンクリート配合（調合）設計例

以上の配合（調合）設計フロー、及びデータをもとにスーパーセメントコンクリートの配合を決定します。以下に3例をあげますので参考として下さい。

目標値	打設温度 ; 5℃ 3時間強度 ; 24 N/mm ² スランプ ; 8cm	打設温度 ; 20℃ 3時間強度 ; 24 N/mm ² スランプ ; 8cm	打設温度 ; 30℃ 3時間強度 ; 24 N/mm ² スランプ ; 8cm
スーパーセメントタイプ決定 水/セメント比決定 (4-2 A) より)	S-5タイプ W/C=32%	S-5タイプ W/C=31%	S-30タイプ W/C=31%
単位水量決定 単位セメント量決定 FT-80 要否、量 (4-2 B) より)	144 kg/m ³ 450 kg/m ³ 要、9 kg/m ³	140 kg/m ³ 450 kg/m ³ 要、9 kg/m ³	140 kg/m ³ 450 kg/m ³ 要、9 kg/m ³
最適 s/a の選定 (4-2 C) より)	36%	36%	36%

E) スーパーセメントコンクリートの代表的配合例

以上が配合決定の基本的な方法ですが、実際に御使用いただくときには次に示す表中より配合選定するのが便利です。

代表的配合例 ; 5~20℃ スーパーセメント S-5 コンクリート

No	目標値 温度-s1-3時間強度 (N/mm ²)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				スーパー セメント	水	S	G	FT-80
1	5-8-7	45	45	350	158	810	1007	—
2	5-8-15	38	40	400	152	719	1009	—
3	5-8-24	32	36	450	144	639	1158	9
4	20-8-8	53	50	300	159	919	937	—
5	20-8-13	44	45	350	154	813	1015	—
6	20-8-18	37	40	400	148	723	1105	—
7	20-8-21	33	34	400	132	628	1244	8
8	20-8-24	31	36	450	140	643	1165	9

代表的配合例； 20～30℃ スーパーセメント S-30 コンクリート

No	目標値 温度-s1-3時間強度 (N/mm ²)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
				スーパー セメント	水	G	S	FT-80
9	20-8-5	53	50	300	159	937	919	—
10	20-8-9	44	45	350	154	1015	813	—
11	20-8-14	37	40	400	148	1105	723	—
12	30-8-7	53	50	300	159	937	919	—
13	30-8-12	41	45	350	144	1029	826	—
14	30-8-16	37	40	400	148	1105	723	—
15	30-8-21	33	34	400	132	1244	628	8
16	30-8-24	31	36	450	140	1165	643	9

F) 条件の異なる場合の調整方法 (C=450kg/m³、FT-80 C×2%)

条件の変化	数 値 の 調 整	
	細骨材率	単位水量
細骨材のFM0.1%の増減に対し	±0.5%	———
スランプ1cmの増減に対し	———	±1.5kg

※ 細骨材率、水セメント比は、ミキサーの種類によっても変化しますので注意して下さい。

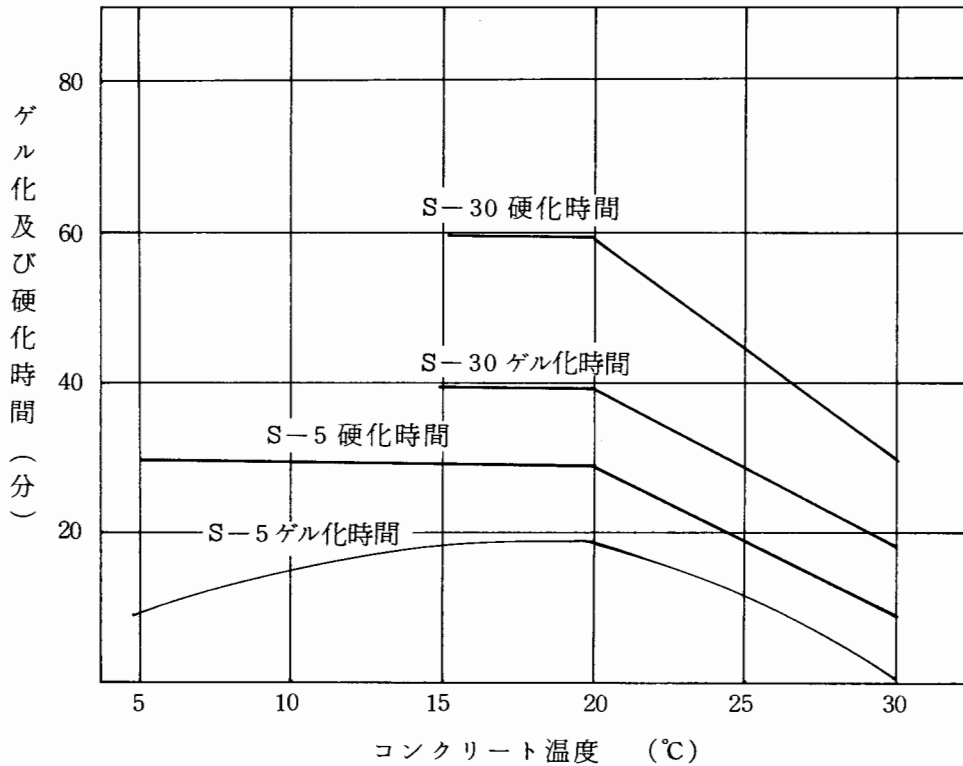
例えば傾胴ミキサーやコンクリートモービル車等で練り混ぜた場合細骨材率は3～4%、水セメント比は1～3%上昇します。

4-3 スーパーセメントコンクリートの物性

以下、代表的配合のいくつかの例でスーパーセメントコンクリートの物性を示します。

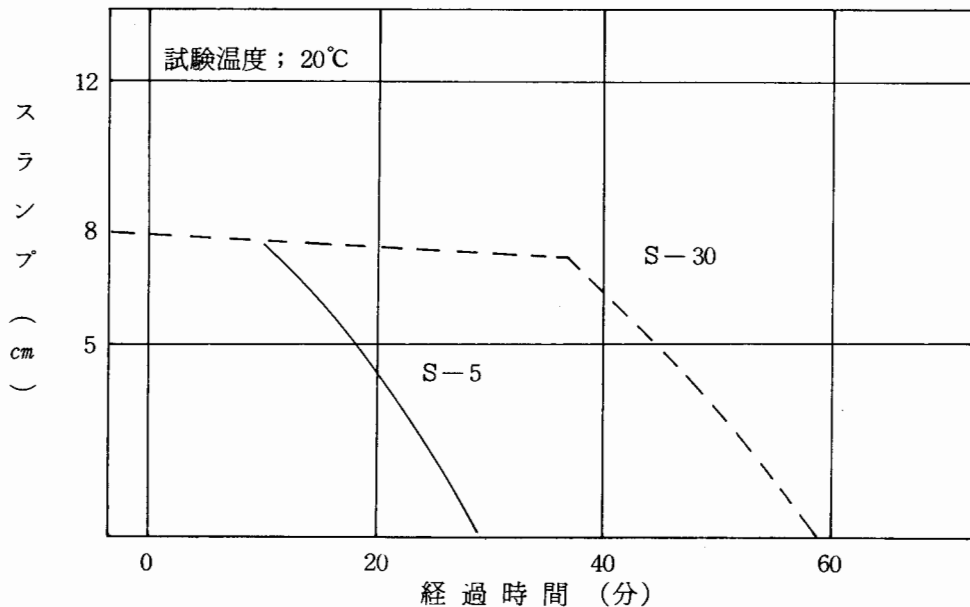
A) まだ硬化しないコンクリートの物性

1 可使時間、硬化時間の温度依存性



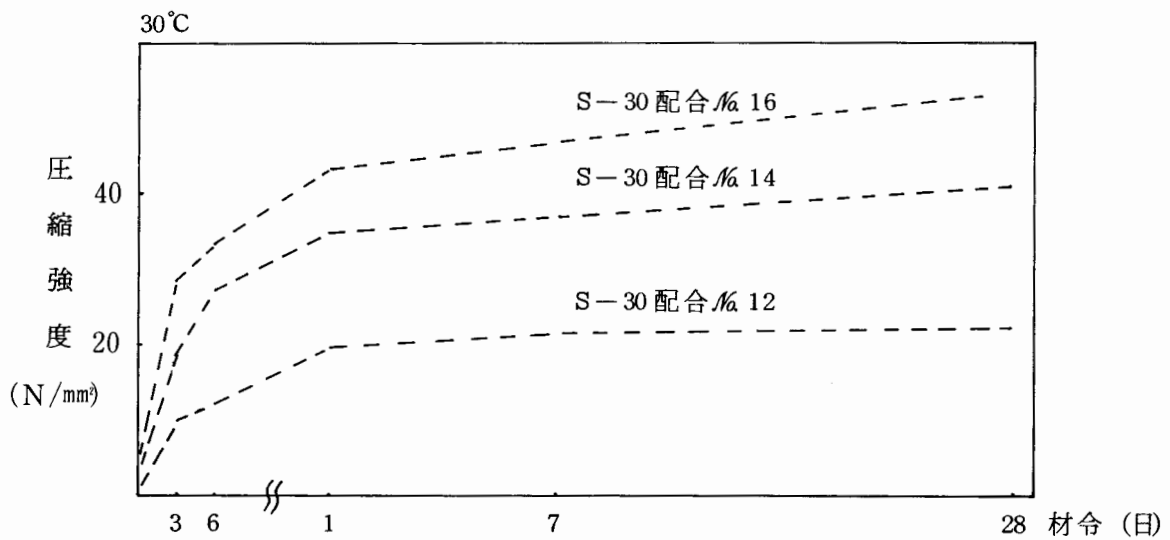
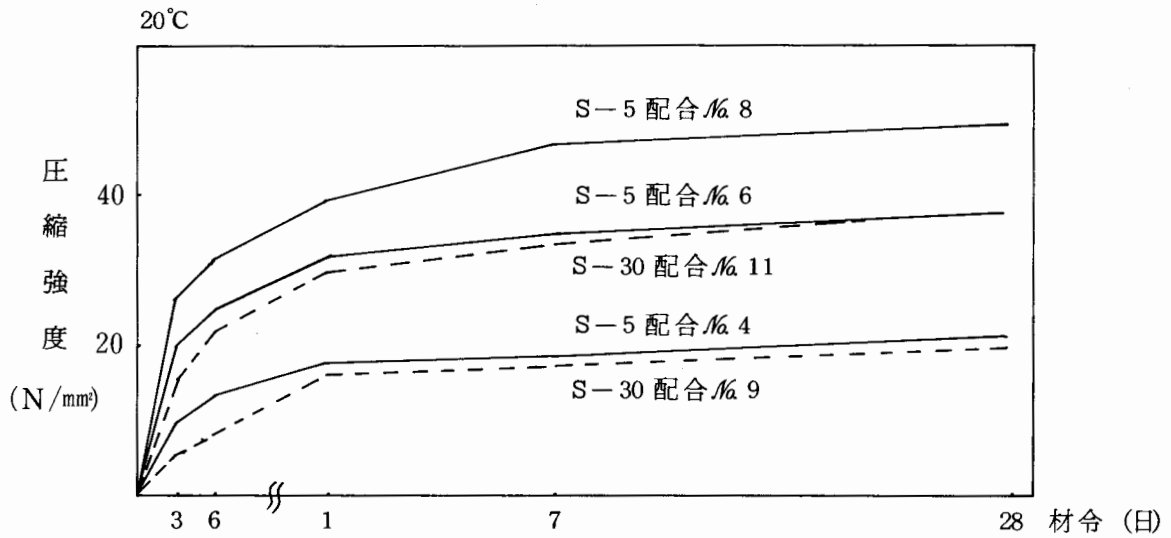
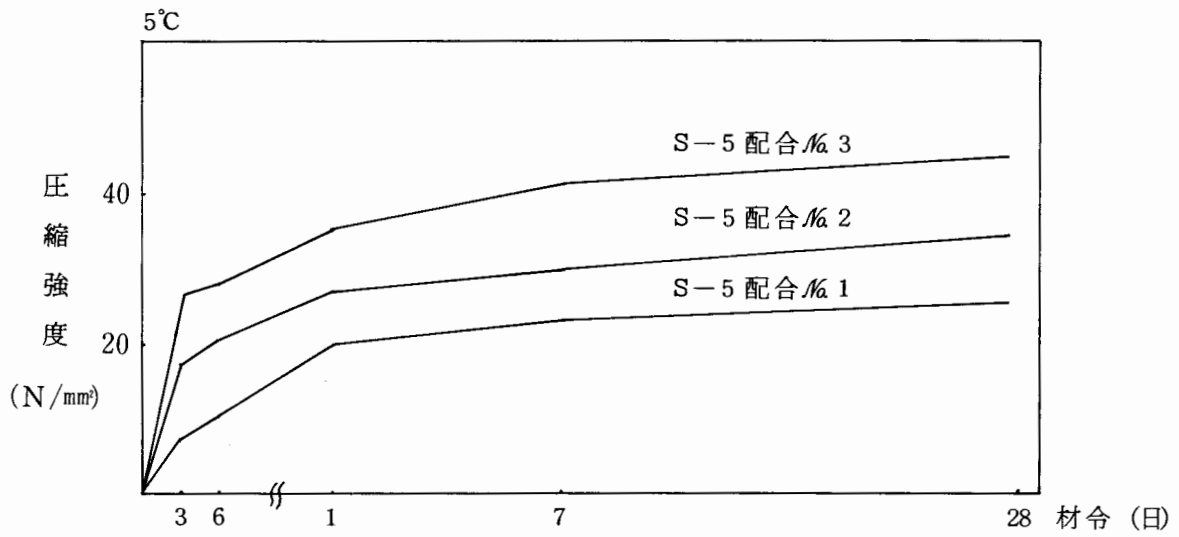
2 流動性の経時変化

デンカスーパーセメントコンクリートは、「ゲル化」開始まで良好な作業性を維持します。

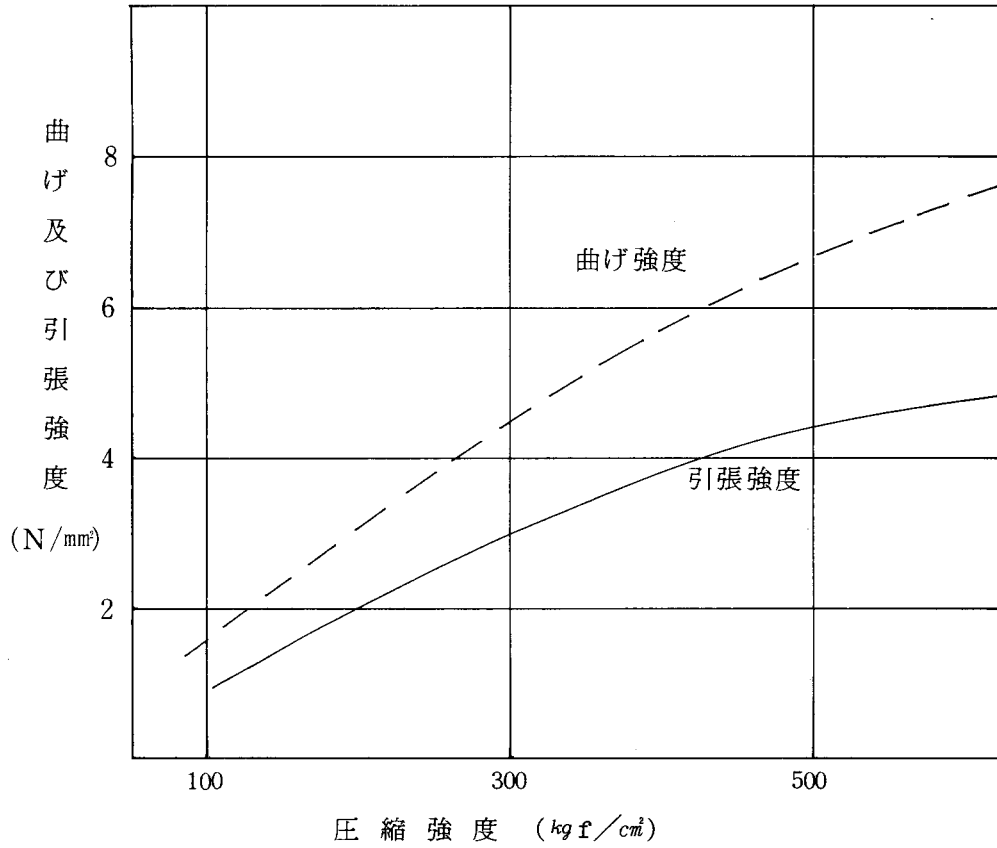


B) 硬化コンクリートの物性

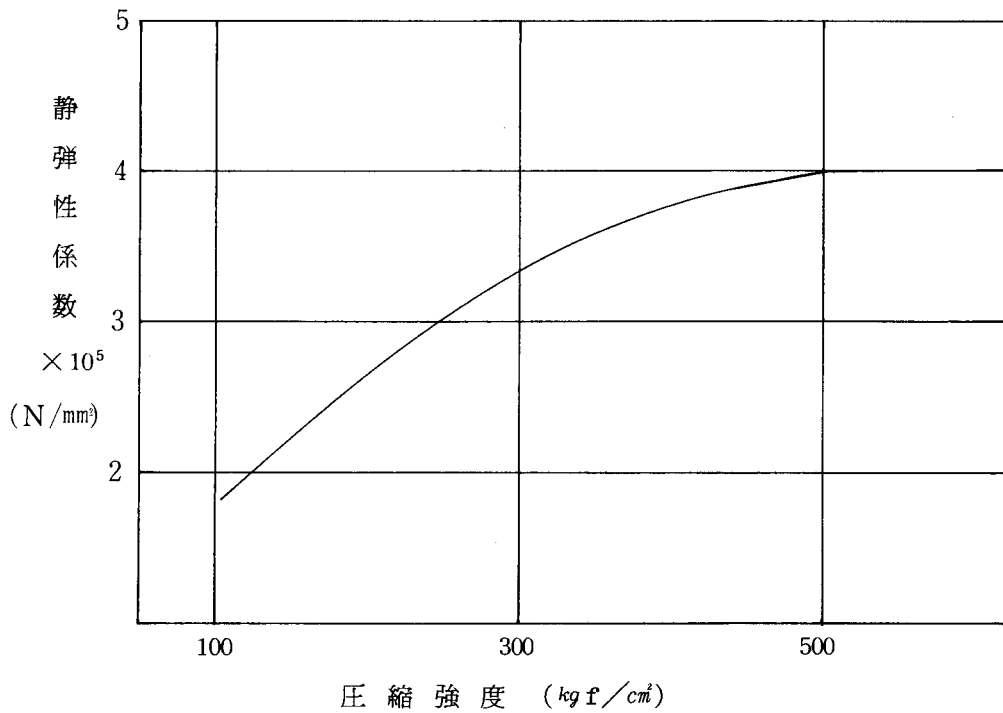
1 代表的配合の材令と圧縮強度の関係



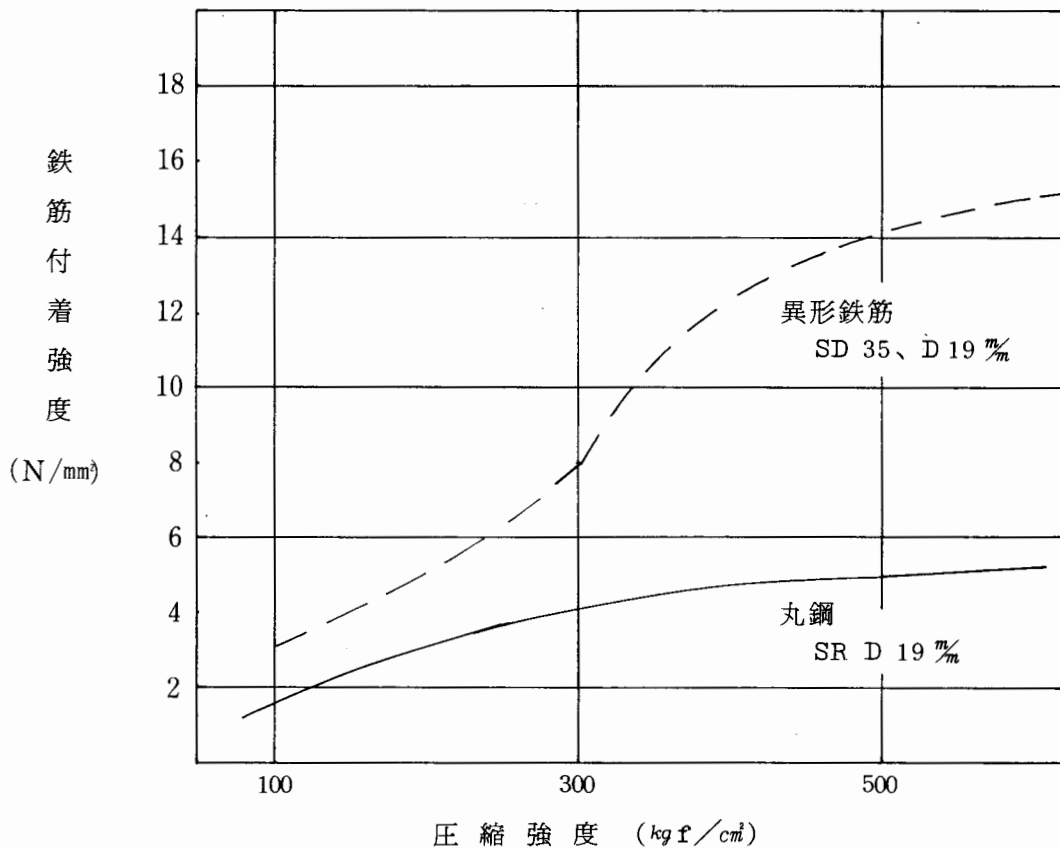
2 圧縮強度と曲げ強度、引っ張り強度の関係



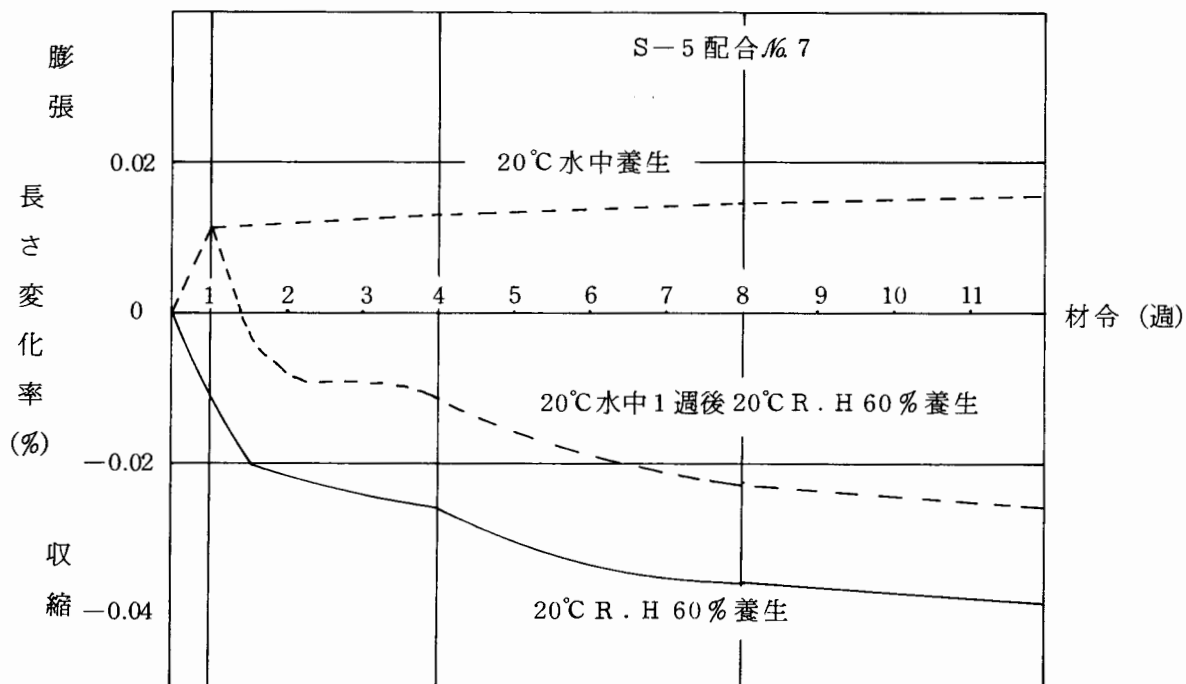
3 圧縮強度と静弾性係数の関係



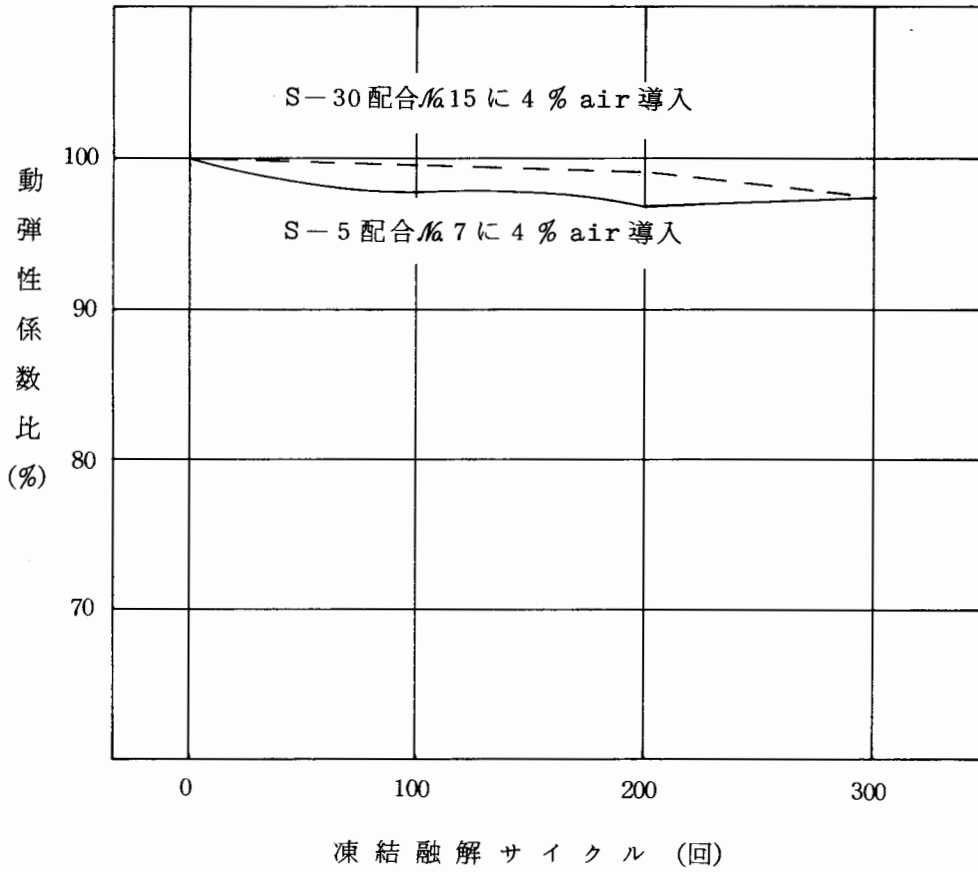
4 鉄筋付着強度



5 長さ変化



6 凍結融解抵抗性



5. デンカスーパーセメントモルタルの物性

デンカスーパーセメントは小規模の補修工事などの場合、モルタルとして御使用下さい。モルタルでの使用においてもコンクリート同様、作業時間に制限がありますので、施工では充分ゆとりのある体制とする必要があります。

尚、スーパーセメントにはグラウト性を付与してありませんので、急硬性グラウトの用途では、デンカハイプレタスコン・ハイタスコンセメントを御使用下さい。

モルタル物性

以下に示しますモルタル物性データは、すべて下記の条件で試験した結果です。

・使用材料

超速硬セメント ; 電気化学工業社製デンカスーパーセメント S-5タイプ又はS-30タイプ

砂 ; 姫川産川砂 60% 砕砂 40% 比重 2.58 F.M. 2.7

水 ; 水道水

・モルタル試験方法

ミキサ ; JIS R 5201 に規定されているホバート型ミキサ

混練方法 ; 規定量の砂と水を15秒混練後、セメント投入しその後高速回転にて90秒混練

・試験方法

モルタルフロー ; JIS R 5201 に準ずる。

ゲル化時間 ; 温度上昇により判定。(練り上がり温度より 1℃上昇)

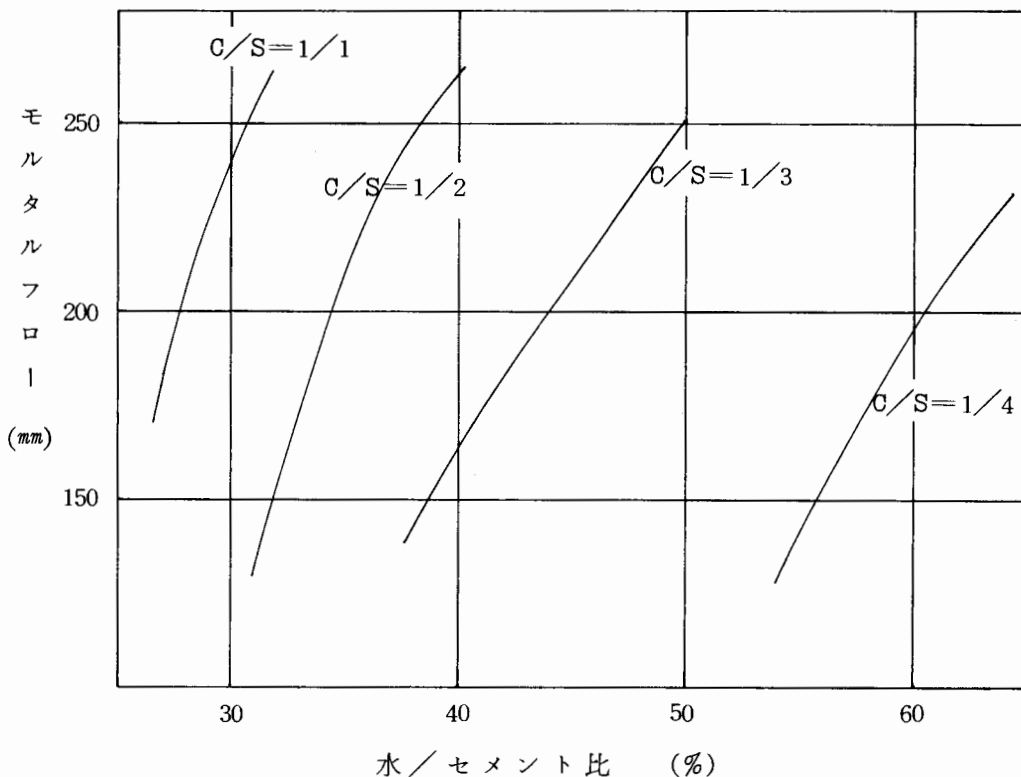
硬化時間 ; 温度上昇により判定。(練り上がり温度より 4℃上昇)

圧縮強度 ; JIS R 5201 に準ずる。

1) まだ硬化しないモルタルの性状

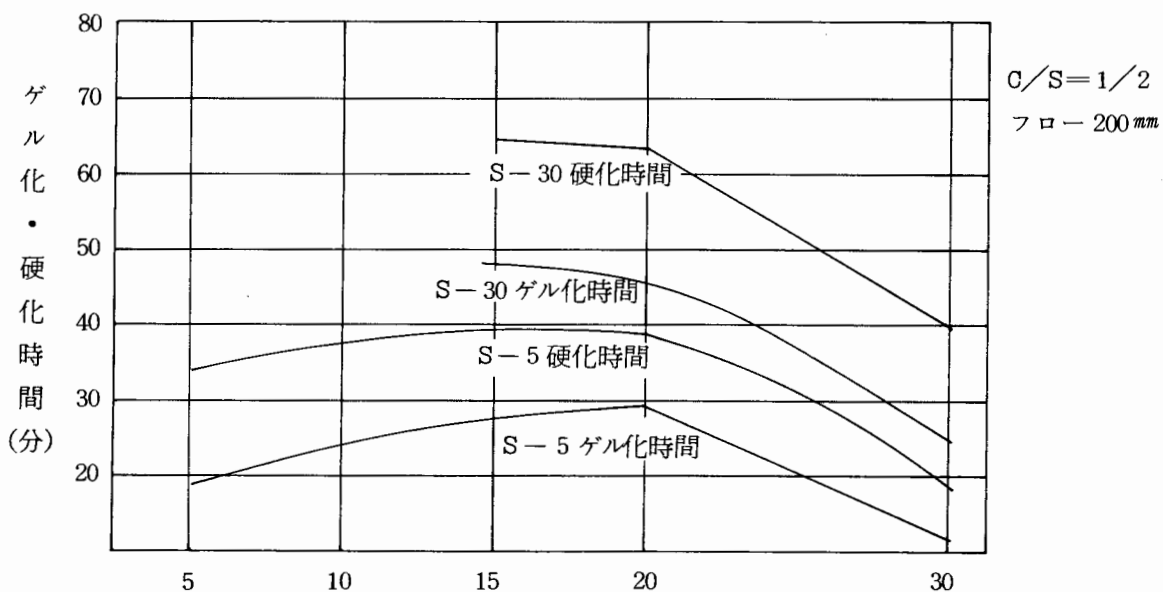
A. C/S、W/Cとモルタルフローの関係

20°C条件 (S-5及びS-30)



B. 可使時間・硬化時間の温度依存性

可使時間・硬化時間はW/Cの上昇にともない長くなります。



C/Sと圧縮強度

S-5タイプ

モルタルフロー値 200%

試験 温度	セメント 砂	水 セメント	H. T (分)		圧縮強度 (N/mm ²)				
			ゲル	硬化	3 H	6 H	24 H	7 D	28 D
5℃	1/1	0.30	25	35	34	40	47	58	63
	1/2	0.37	20	30	20	26	32	40	52
	1/3	0.48	18	25	9	13	24	28	37
	1/4	0.64	15	22	3	6	10	13	20
20℃	1/1	0.28	35	45	41	43	50	60	67
	1/2	0.34	25	35	26	30	44	50	57
	1/3	0.44	20	25	13	18	26	34	40
	1/4	0.60	10	15	6	9	10	20	31
30℃	1/1	0.28	20	25	41	45	51	62	70
	1/2	0.34	15	20	28	31	45	51	60
	1/3	0.44	10	15	13	18	27	36	42
	1/4	0.60	7	10	6	9	11	21	32

S-30タイプ

モルタルフロー値 200%

試験 温度	セメント 砂	水 セメント	H. T (分)		圧縮強度 (N/mm ²)				
			ゲル	硬化	3 H	6 H	24 H	7 D	28 D
20℃	1/2	0.35	55	70	15	23	35	41	54
	1/3	0.45	45	60	6	11	26	32	36
	1/4	0.61	30	40	3	6	11	18	25
30℃	1/2	0.35	30	35	27	30	43	50	58
	1/3	0.45	25	30	13	18	25	35	40
	1/4	0.61	20	25	6	8	13	21	26

○モルタル打設時の注意事項

スーパーセメントはコンクリートに合わせて配合(調合)設計されていますので、モルタルで打設する場合、以下の注意が必要です。

- ・水中に浸漬する場合や、屋外に暴露されるような打設物件では耐久性を考慮し、1:3モルタルで打設して下さい。
- ・C/S = 1/2よりセメント量の多い場合には、相当大きな膨張性を示しますので、打設物のハクリ、及び膨張ひび割れ発生に注意して下さい。