

12 石灰石骨材

12.1 コンクリートの各種特性に及ぼす影響

F-46	石灰石骨材コンクリートに関する研究	1992年
RCPCP	完全リサイクルコンクリートの実用化に関する研究	1998年

F-46では、石灰石をコンクリート用骨材として用いたときのフレッシュコンクリートの性質、および硬化コンクリートの特性（圧縮強度，引張強度，弾性係数，乾燥収縮率，凍結融解に対する抵抗性，中性化および熱膨張係数）を確認した。また，粗骨材に付着する石灰石粉の量的影響についても検討を行い報告している。

{	【試験条件】	・セメントの種類		N：普通ポルトランドセメント
		・スランプ		18.0 ± 1.5cm
		・空気量		4%
	【要因】	・粗骨材の種類	4種類	A：隠微晶質石灰石 B：微晶質石灰石 C：ドロマイト質石灰石 N：硬質砂岩
		・細骨材の種類	2種類	S：硬質砂岩砕砂 L：石灰石砕砂
		・石粉量	3水準	0%，2%，4%
		・水セメント比		50%，60%，70%
		・養生条件	2水準	標準養生（水中），気中養生（20℃，65%RH）

RCPCPでは、石灰石をコンクリート用骨材として用いたときの耐火性状や、石灰石砕砂中の微粉がコンクリートの性状に及ぼす影響について報告している。

{	【試験条件】	・セメントの種類		N：普通ポルトランドセメント
		・スランプ		18.0 ± 1.5cm
		・空気量		4.5 ± 0.5%
		・養生条件		材齢 28 日まで封緘養生
	【要因】	・骨材の種類	2種類	石灰石，砂岩
		・微粉量	3水準	8%，11%，14%
		・水セメント比		40%，50%，60%

12.1.1 単位水量

図 12.1 に骨材の種類と単位水量の関係を示す。単位水量は石灰石骨材を用いると少なくすることができる。図 12.2 に石灰石砕砂および砂岩砕砂の微粉量と単位水量の関係を示す。図 12.3 に石灰石砕砂の微粉量と単位水量一定におけるスランプおよび空気量の関係を示す。同一スランプを得るために必要な単位水量は、微粉量が多くなってもほぼ同等であった。単位水量一定の場合、スランプ、空気量ともに微粉量が多くなると小さくなった。

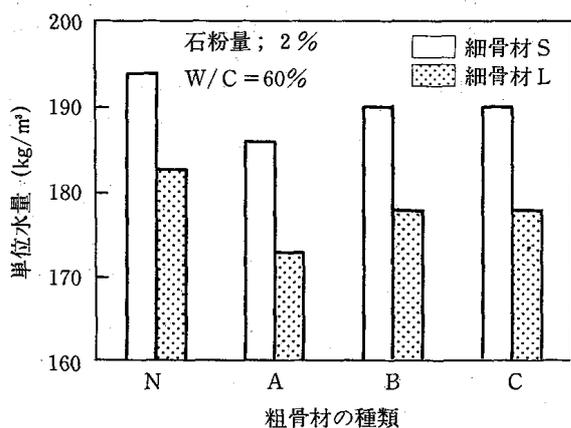


図 12.1 骨材の種類と単位水量

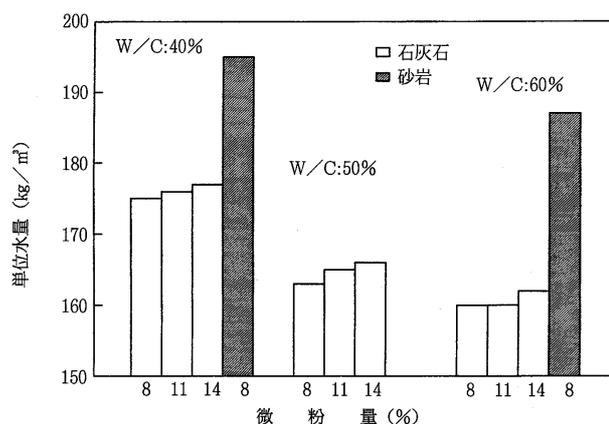


図 12.2 石灰石砕砂および砂岩砕砂の微粉量と単位水量

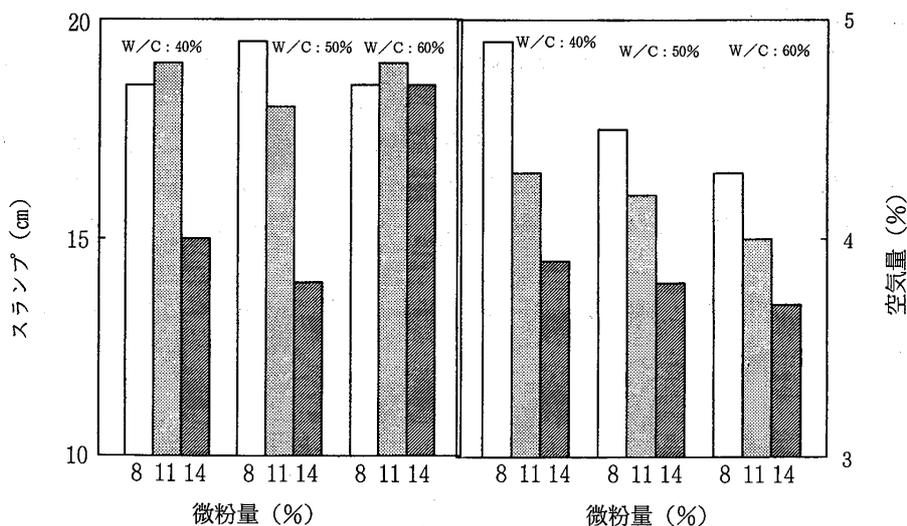


図 12.3 石灰石砕砂の微粉量と単位水量一定におけるスランプおよび空気量

12.1.2 ブリーディング率

{ 【試験条件】 JIS A 1123「コンクリートのブリーディング試験方法」準拠

図 12.4 に骨材の種類とブリーディング率の関係を示す。ブリーディング率は石粉量の増加により減少する。図 12.5 に石灰石砕砂の微粉量とブリーディング率を示す。微粉量が多くなると細骨材率が小さくなるためにブリーディング率は多くなった。

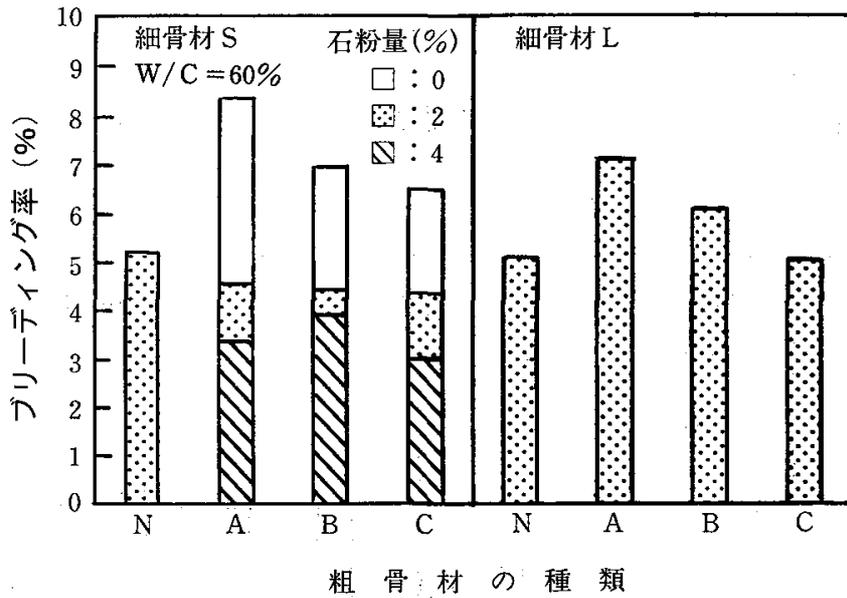


図 12.4 骨材の種類とブリーディング率

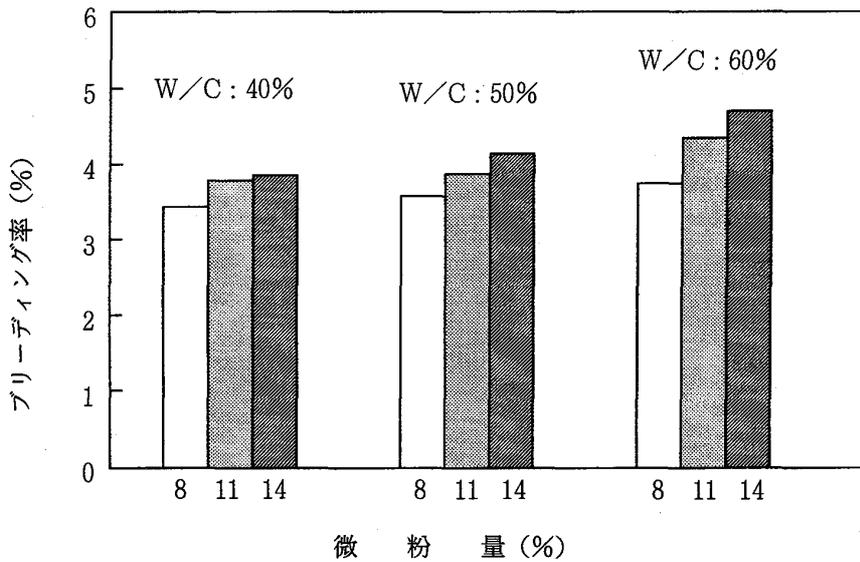


図 12.5 石灰石砕砂の微粉量とブリーディング率

12.1.3 凝結時間

【試験条件】 ASTM C 403 「Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance」 準拠
 JIS A 6204 コンクリート用化学混和剤 付属書

図 12.6 に骨材の種類が凝結の時間に及ぼす影響を示す。細骨材の種類による凝結時間はほとんど差はない。粗骨材の違いを比較すると、粗骨材 N は他の骨材よりもわずかに長い傾向にある。図 12.7 に石粉量と凝結時間の関係を示す。石粉量が多くなると凝結時間が短くなる傾向にある。図 12.8 に石灰石砕砂の微粉量と凝結時間を示す。微粉量による凝結時間への影響は認められなかった。

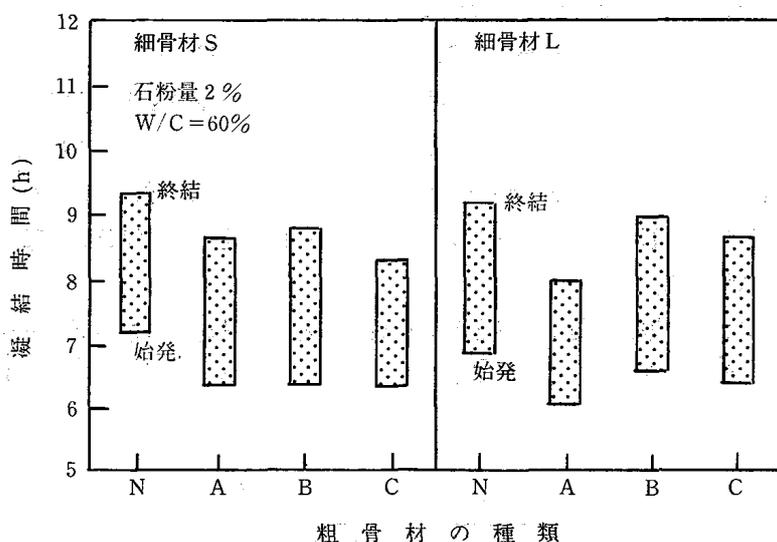


図 12.6 骨材の種類と凝結時間

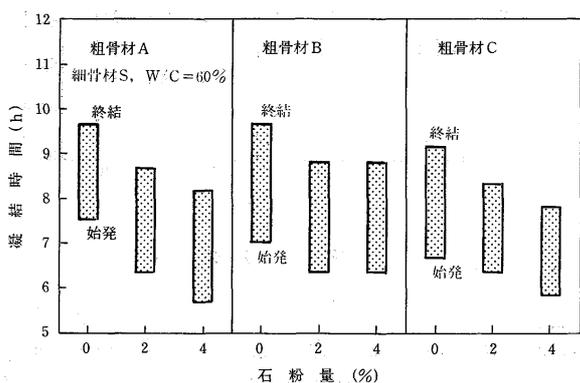


図 12.7 石粉量と凝結時間

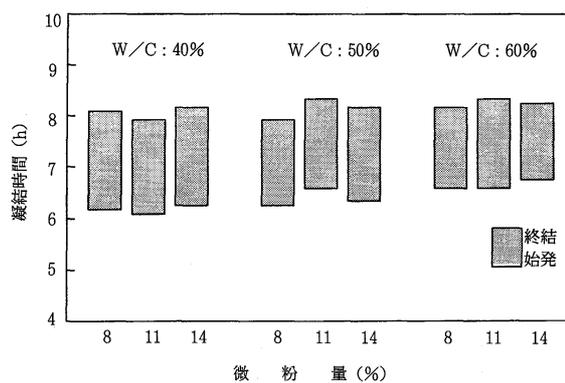


図 12.8 石灰石砕砂の微粉量と凝結時間

12.1.4 圧縮強度

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠

図 12.9 に材齢と圧縮強度の関係を、図 12.10 に粗骨材の石粉量と圧縮強度の関係を示す。圧縮強度は、水中養生の場合、石灰石骨材を用いると7日強度は高くなる傾向が認められた。28日以降の強度発現は岩種により異なり、ドロマイト質石灰石は長期強度の発現性が大きいことがわかった。

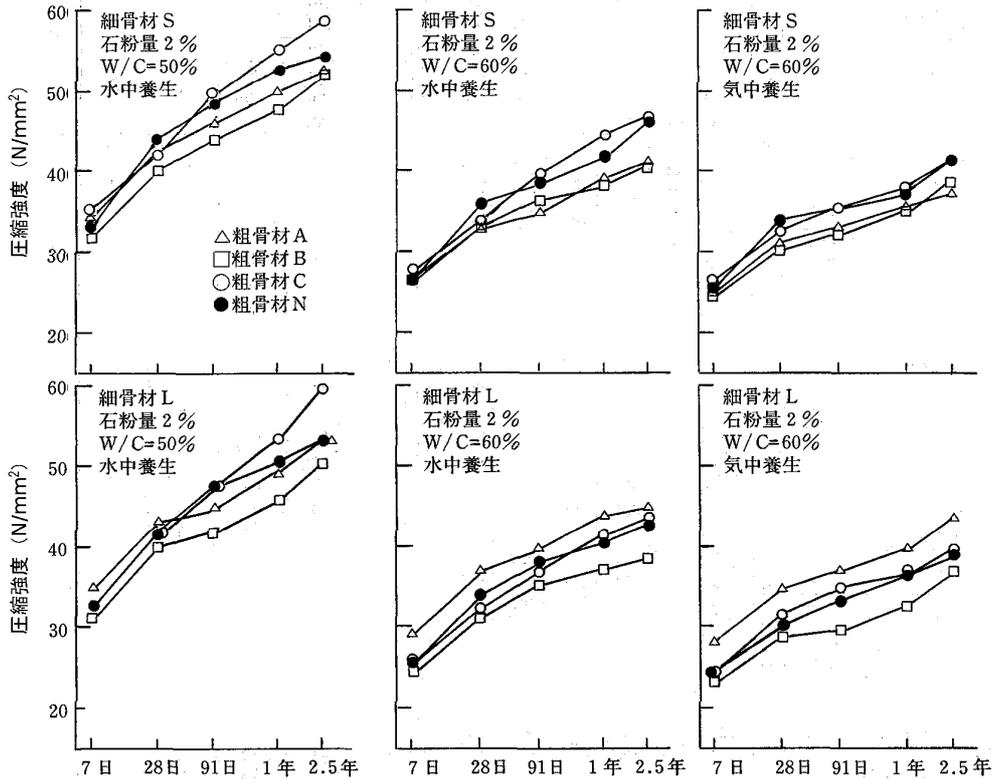


図 12.9 材齢と圧縮強度

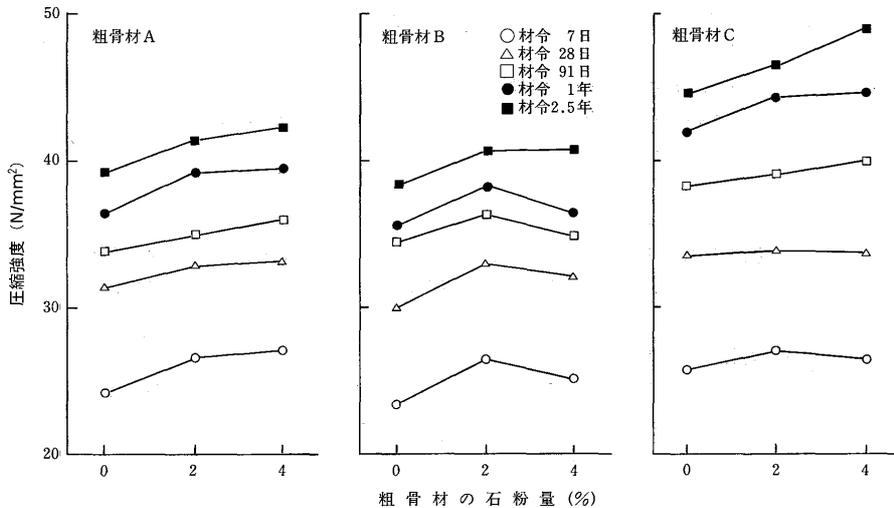


図 12.10 粗骨材の石粉量と圧縮強度

12.1.5 弾性係数

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠
 最大応力の 1/3 での応力とひずみより割線弾性係数を算出

図 12.11 に材齢と静弾性係数の関係を、図 12.12 に粗骨材の石粉量と静弾性係数の関係を示す。
 弾性係数は、岩質による差は少し認められるが、初期材齢では砂岩骨材にくらべ高い傾向を示す。

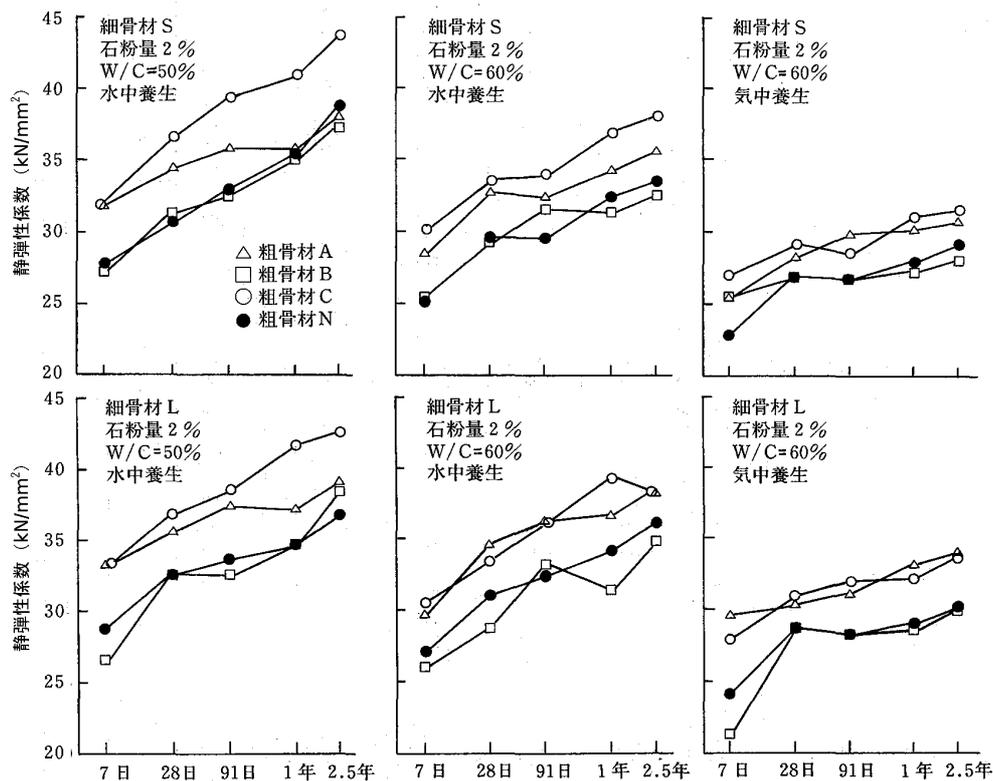


図 12.11 材齢と静弾性係数

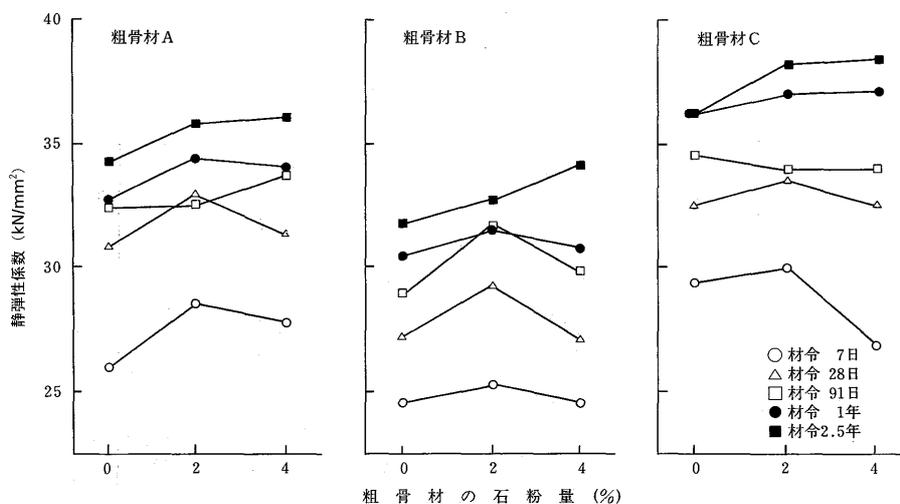


図 12.12 粗骨材の石粉量と静弾性係数

12.1.6 乾燥収縮

【試験条件】 JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」準拠

図 12.13 に粗骨材の種類と乾燥収縮率の関係を、図 12.14 に細骨材の種類と乾燥収縮率の関係を、図 12.15 に石粉量と乾燥収縮率の関係を示す。乾燥収縮率は、石灰石骨材を用いると著しく減少し、特に細・粗骨材に石灰石骨材を用いると砂岩骨材にくらべ約 40% も減少する。

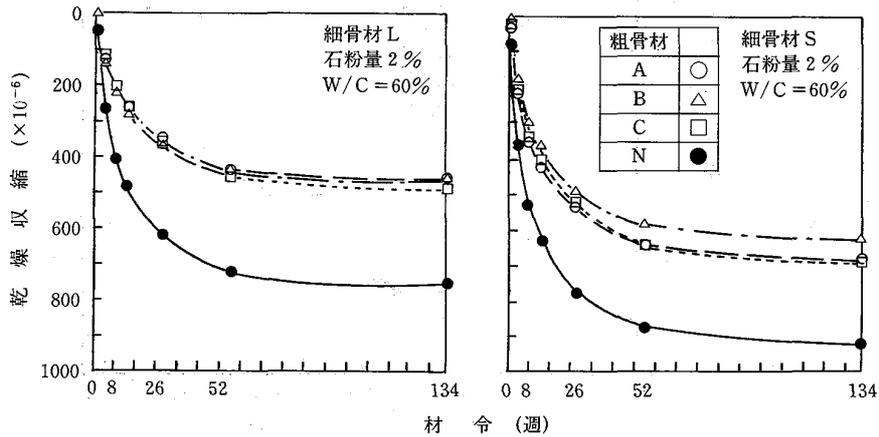


図 12.13 粗骨材の種類と乾燥収縮率

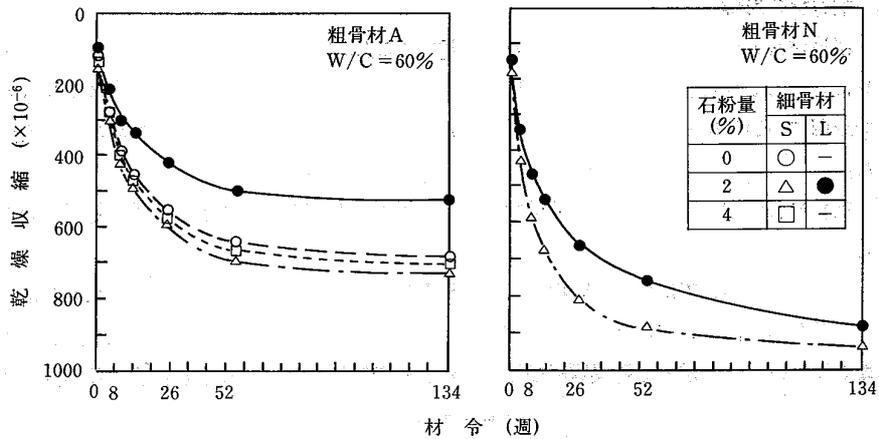


図 12.14 細骨材の種類および石粉量と乾燥収縮率

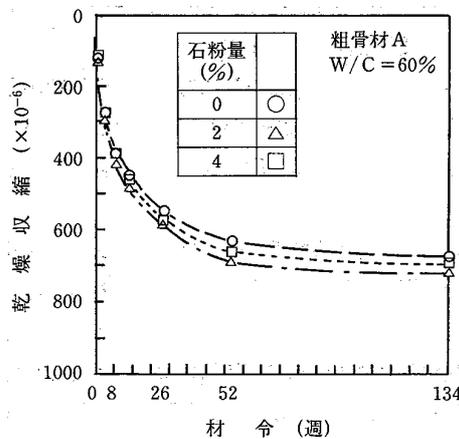


図 12.15 石粉量と乾燥収縮率

12.1.7 促進中性化深さ

- 【試験条件】 ・養生条件 脱型後材齢 7 日まで標準養生 (水中), その後
材齢 28 日まで 20 65%RH で気中養生
- ・促進中性化条件 温度 20 , 湿度 65%RH , CO₂ 濃度 10%

図 12.16 に促進中性化試験による, 粗骨材の種類とコンクリートの中性化深さとの関係を示す。中性化は通常の砂岩骨材のコンクリートと同程度である。

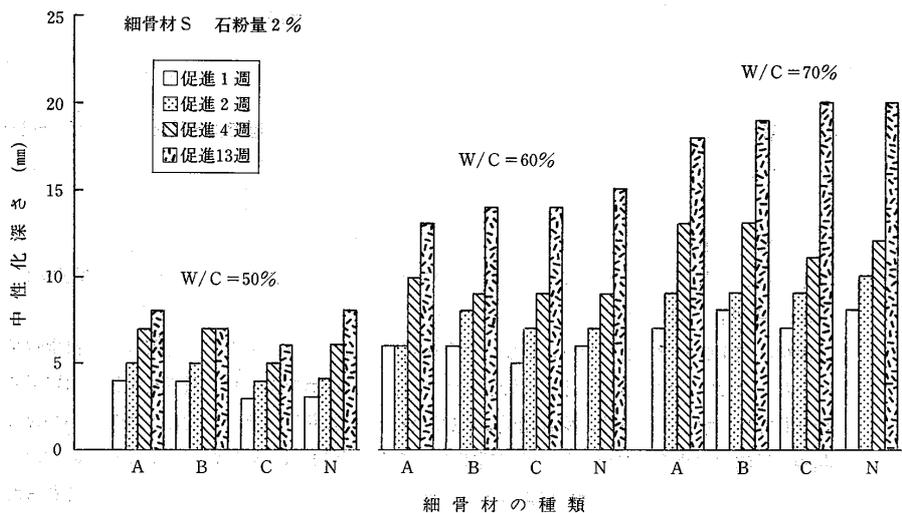


図 12.16 粗骨材の種類とコンクリートの中性化深さ (促進試験)

12.1.8 凍結融解抵抗性

- 【試験条件】 JIS A 6204 「コンクリート用化学混和剤」
附属書 2 コンクリートの凍結融解試験方法に準拠
- ・凍結融解サイクル数 300 回

図 12.17 に粗骨材と耐久性指数の関係を示す。凍結融解に対する抵抗性は, 石灰石の岩質により異なるが, ドロマイト質石灰石ではやや劣る傾向が認められた。しかし, 空気量を 1% 程度増加させることによって耐久性を砂岩骨材コンクリートと同程度とすることができる。

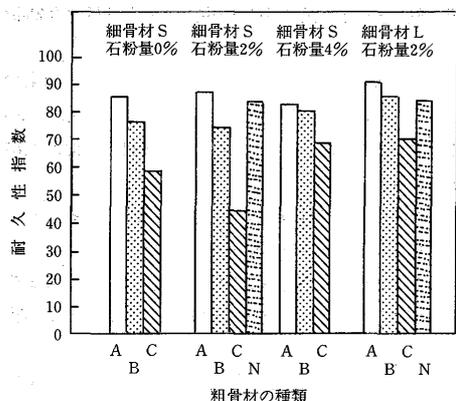


図 12.17 粗骨材の種類と耐久性指数

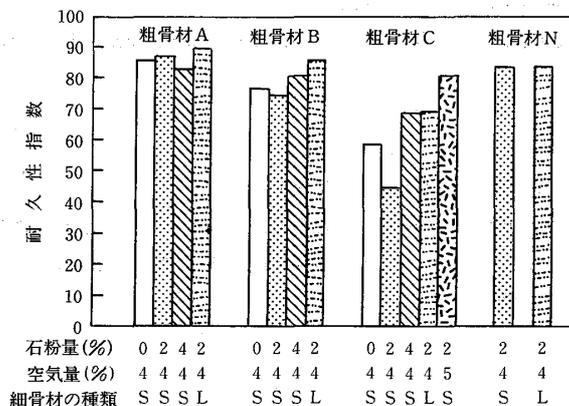


図 12.18 細骨材の種類と耐久性指数

12.1.9 熱膨張係数

【試験条件】 ワイヤーストレインゲージにより 20 と 80 におけるひずみを測定

図 12.19 に粗骨材の種類とコンクリートの熱膨張係数との関係を、図 12.20 に細骨材の種類とコンクリートの熱膨張係数との関係を示す。熱膨張係数は、石灰石の岩質により異なるが、概ね砂岩骨材コンクリートのそれより約 10~20% 小さくなる。

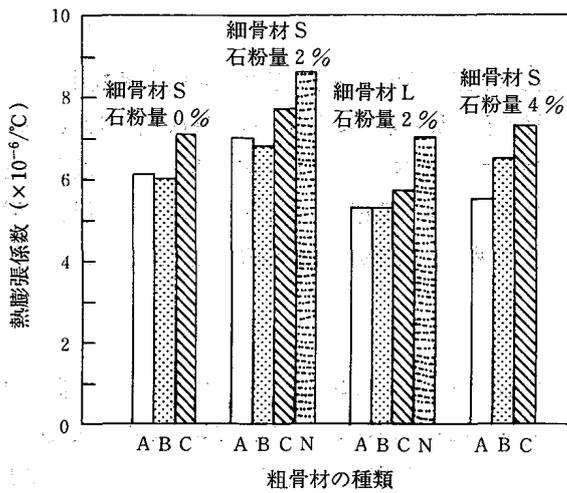


図 12.19 粗骨材の種類とコンクリートの熱膨張係数

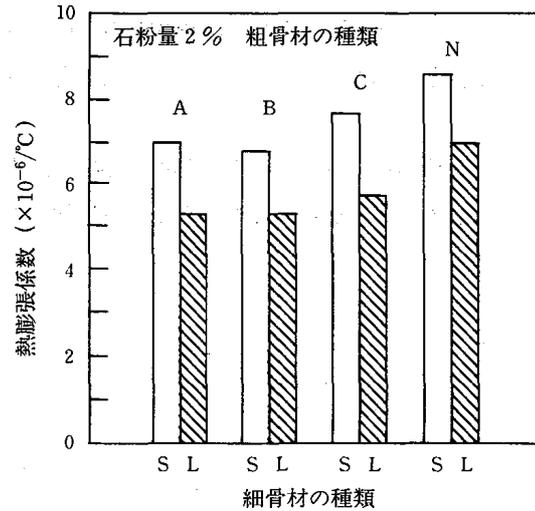


図 12.20 細骨材の種類とコンクリートの熱膨張係数

12.1.10 耐火性状

【試験条件】 JIS A 1304 建築構造部分の耐火試験方法 準拠

表 12.1 に、耐火試験前後の圧縮強度と静弾性係数および残存率を示す。耐火後の圧縮強度および静弾性係数の残存率は、砂岩骨材コンクリートに比べて石灰石骨材コンクリートの方が小さくなった。これは、石灰石骨材の脱炭酸の影響と考えられる。表面ひび割れは、水セメント比が小さい方が、また、石灰石骨材コンクリートの方が多かった。

表 12.1 耐火試験前後の圧縮強度，静弾性係数および残存率

種類	水セメント比 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)		残存率 (%)	静弾性係数 (kN/mm ²)		残存率 (%)
		試験前	試験後		試験前	試験後	
石灰石骨材コンクリート	40	55.8	8.3	14.9	28.3	1.1	3.8
	60	40.6	8.0	19.7	25.3	1.3	5.1
砂岩骨材コンクリート	40	58.7	13.4	22.8	21.8	1.6	7.2
	60	41.4	12.4	30.0	18.4	1.5	7.9

12.1.11 アルカリ炭酸塩岩反応

F-47	石灰石骨材のアルカリ炭酸塩岩反応に関する調査・研究	1994年
------	---------------------------	-------

F-47では、日本国内でコンクリート用骨材として使用されている石灰石のうち、主要な産地の石灰石についてアルカリ炭酸塩反応性を検討し報告している。

{	【試験条件】	CAN/CSA A23.2-14A「コンクリート角柱膨張試験方法」準拠		
		・水セメント比	57%	
		・単位セメント量	310kg/m ³	
		・空気量	2.0 ± 0.5%	
{	【要因】	・骨材の種類	15種類	国内産石灰石 14種類 カナダ Pittsburgh 産 1種類 (基準骨材) アルカリ炭酸塩反応が確認されている
		・アルカリ総量	2水準	3.1kg/m ³ , 5.5kg/m ³

使用骨材の化学分析結果を表 12.2 に、膨張試験の結果を図 12.21 に示す。カナダ Pittsburgh 産では著しい膨張が認められたが、日本の石灰石骨材の場合、その膨張率は最大でも 0.01% と小さく、有害な膨張を起こすと思われるものはなかった。また、今回の試料にはドロマイト質石灰石として分類されるのが 2 種類あるが、有害な膨張は認められない。カナダ産ドロマイト質石灰岩とは産状、組織等の岩石学的特徴の違いに起因していると考えられる。

表 12.2 化学分析結果

鉾山名	化 学 成 分 (%)						
	ig. loss	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅
峯 朗	43.9	0.19	0.04	0.08	55.0	0.69	0.019
尻 屋	43.8	0.30	0.03	0.06	55.3	0.48	0.013
八 戸	43.8	0.12	0.02	0.13	55.3	0.38	0.026
長 岩	41.5	3.75	0.49	1.50	49.8	2.58	0.027
大 叶	43.9	2.06	0.14	0.26	43.4	9.80	0.201
武 甲	43.7	0.30	0.10	0.12	55.1	0.53	0.011
水 川	43.8	0.36	0.03	0.11	54.7	0.84	0.020
藤 原	43.6	0.53	0.16	0.15	54.9	0.50	0.016
阿 哲	43.8	0.21	0.04	0.06	55.2	0.35	0.022
伊 佐	43.8	0.07	0.02	0.07	55.5	0.31	0.018
関 の 山	43.9	0.09	0.08	0.09	55.3	0.55	0.023
津 久 見	43.9	0.14	0.03	0.06	55.3	0.54	0.030
鳥 形 山	43.8	0.12	0.04	0.15	55.6	0.25	0.020
安 和	43.9	0.14	0.04	0.09	54.5	1.17	0.020
Pittsburgh	42.0	6.07	0.94	1.44	37.9	11.18	0.014

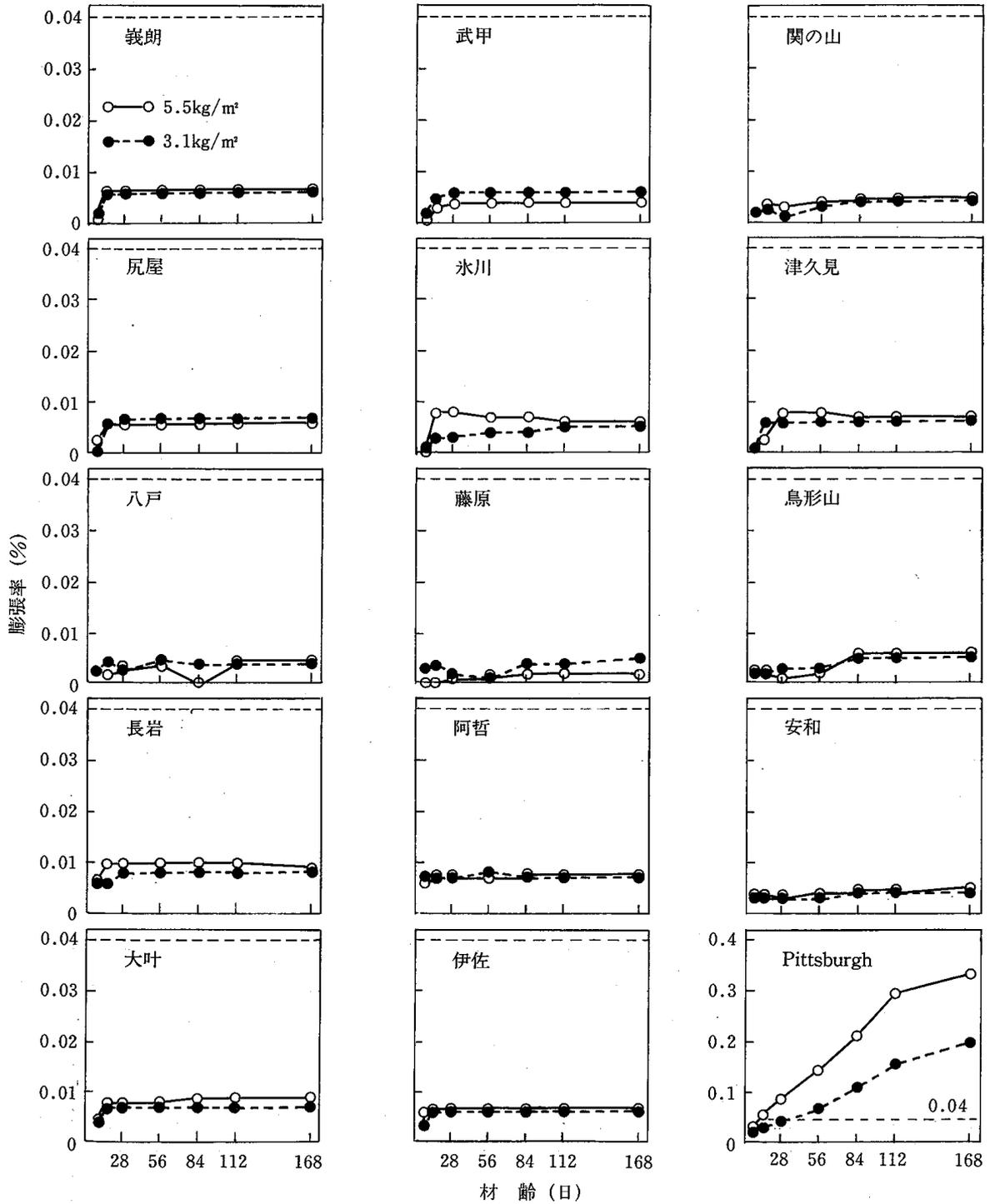


図 12.21 膨張率測定結果