

土木研究所資料

高炉スラグ粉末、フライアッシュの ASR抑制効果に関する調査

昭和60年11月

建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright © (1 9 8 5) 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，土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

高炉スラグ粉末、フライアッシュの ASR抑制効果に関する調査

コンクリート研究室 小林 茂 敏
石井 良 美

要 旨

九州で産出されるASRの性質を有する輝石安山岩を例にして、フライアッシュ、高炉スラグ粉末のASR抑制効果を調査した。その結果、モルタル及びコンクリートの双方においてフライアッシュ20～30%、高炉スラグ粉末50～60%のセメントとの置換によって十分な膨張抑制効果を有することや低アルカリセメントの使用によっても抑制できることが判明した。

キーワード：ASR、ポゾラン、膨張抑制

まえがき

近年、関西地方を中心にアルカリシリカ反応（ASR：Alkali Silica Reaction）の発生の報告が多くなってきた。

アルカリシリカ反応とはアルカリ骨材反応のひとつで、「アルカリイオン、水酸基イオンと、骨材中に含まれるある種のシリカとの間の化学反応によって生成されたアルカリシリカゲルが水分を吸収して膨張し、コンクリートを劣化に至らしめるもの」と一般にいられている。

調査が進むにつれて反応をする可能性のある骨材は少なくないことも明らかになってきたが、我国では年間8億tにもおよぶ骨材を使用しており、現在での骨材事情を考えるならば、アルカリ骨材反応をおこす骨材だからといって、すべて使用を避ける訳にもいかず無害化して使用することも考えなければならない。

アルカリシリカ反応による膨張は、低アルカリセメント（ $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} = 0.6\%$ 以下）の使用やフライアッシュ、高炉スラグ粉末を適量混入することにより抑制することが可能であるといわれているため、モルタル及びコンクリート供試体を用いてフライアッシュ、スラグ粉末による膨張抑制効果の試験を行った。

本報告書はアルカリシリカ反応で有害となる骨材を使用して、膨張抑制効果方法及びその効果について行った試験の結果をとりまとめたものである。

なお、X線回折試験及び顕微鏡観察は当研究所地質研究室、化学法は化学研究室で行っていただいた。モルタルバー、コンクリートバーの試験の実施に当っては（財）土木研究センターの助力を得た。関係者各位には厚く御礼申し上げます。

昭和60年11月

コンクリート研究室 室長 小林 茂 敏
石 井 良 美

目 次

ま え が き

1. 試 験 目 的	1
2. 試験項目及び試験方法	1
2.1 骨材の物理試験	1
2.2 骨材の化学的安定性試験	1
2.3 A S Rの膨張要因に関する試験	2
2.4 膨脹抑制に関する試験	3
3. 試験結果及び考察	7
3.1 骨材の物理試験	7
3.2 骨材の化学的安定性試験	7
3.3 A S Rの膨脹要因に関する試験	10
3.4 膨張抑制に関する試験	14
4. 混和材の使用に関する一考察	32
5. A S Rにおけるコンクリートとモルタルの膨脹量の関係	34
あ と が き	37

参 考 資 料

資-1 膨脹抑制に関するシリーズでのモルタルの経時膨脹量一覧	41
資-2 膨脹抑制に関するシリーズでのモルタルの経時重量一覧	49
資-3 膨脹抑制に関するシリーズでのコンクリートの経時膨脹量一覧	57
資-4 膨脹抑制に関するシリーズでのコンクリートの経時動弾性係数一覧	63

図 表 目 次

図- 2. 1	モルタルの練り混ぜ	2
図- 3. 1	反応性骨材の X 線回折パターン	8
図- 3. 2	アルカリ濃度低減試験をもとにした骨材の判定区分	9
図- 3. 3	ASTM C 227 によるモルタルバーの経時膨張	10
図- 3. 4	Na ₂ Oeq の違いによるモルタルバーの経時膨張	11
図- 3. 5	セメント中の Na ₂ Oeq とモルタルバーの膨張量の関係	12
図- 3. 6	反応性骨材におけるベシマム量 (経時膨張)	13
図- 3. 7	反応性骨材におけるベシマム量	13
図- 3. 8	アルカリ 3 水準におけるモルタルバーの経時膨張 (反応性骨材)	16
図- 3. 9	” (無反応性骨材)	16
図- 3. 1 0	フライアッシュの置換率とモルタルバーの膨張量の関係	17
図- 3. 1 1	フライアッシュを置換したモルタルの経時膨張 (Na ₂ Oeq = 1.0 %)	17
図- 3. 1 2	” (Na ₂ Oeq = 1.5 %)	18
図- 3. 1 3	” (Na ₂ Oeq = 2.0 %)	18
図- 3. 1 4	スラグ粉末の置換率とモルタルバーの膨張量の関係	19
図- 3. 1 5	スラグ粉末を置換したモルタルの経時膨張 (Na ₂ Oeq = 1.0 %)	19
図- 3. 1 6	” (Na ₂ Oeq = 1.5 %)	20
図- 3. 1 7	” (Na ₂ Oeq = 2.0 %)	20
図- 3. 1 8	混和材の置換率と膨張減少率の関係	21
図- 3. 1 9	Na ₂ Oeq 量とモルタルの膨張量 (その 1) (その 2)	22
図- 3. 2 0	アルカリ 3 水準におけるコンクリートの経時膨張 (反応性骨材)	25
図- 3. 2 1	” (無反応性骨材)	25
図- 3. 2 2	コンクリートの膨張量と動弾性係数比の関係	26
図- 3. 2 3	フライアッシュ置換率とコンクリートの膨張量の関係	26
図- 3. 2 4	フライアッシュを置換したコンクリートの経時膨張 (Na ₂ Oeq = 1.0 %)	27
図- 3. 2 5	” (Na ₂ Oeq = 1.5 %)	27
図- 3. 2 6	” (Na ₂ Oeq = 2.0 %)	28
図- 3. 2 7	スラグ粉末置換率とコンクリートの膨張量の関係	28
図- 3. 2 8	スラグ粉末置換におけるコンクリートの経時膨張 (Na ₂ Oeq = 1.0 %)	29
図- 3. 2 9	” (Na ₂ Oeq = 1.5 %)	29
図- 3. 3 0	” (Na ₂ Oeq = 2.0 %)	30
図- 3. 3 1	ひびわれ状況図	31

図－ 3.3 2	ひびわれ状況図	31
図－ 4.1	A / F (A / S) とモルタルの膨張量の関係	32
図－ 4.2	セメントのアルカリ量の違いによる A / F (A / S) と混和材の置換率との関係	33
図－ 5.1	コンクリートとモルタルの膨張量の関係	35
図－ 5.2	モルタルとコンクリートの経時膨張	35
図－ 5.3	モルタルとコンクリートの $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ が同じケースでの経時膨張	36
表－ 2.1	セメントの化学分析及び物理試験結果	3
表－ 2.2	セメントの化学分析及び物理試験結果	3
表－ 2.3	フライアッシュの化学分析及び物理試験結果	4
表－ 2.4	高炉スラグ粉末の物理試験及び化学分析結果	4
表－ 2.5	モルタルバーでの試験組合せ	5
表－ 2.6	コンクリートでの試験組合せ	6
表－ 3.1	骨材の物理試験結果	7
表－ 3.2	ASTM C 289 による溶解シリカ量とアルカリ濃度減少量	9
表－ 3.3	コンクリートの配合	24

1. 試験目的

九州で産出される A S R (アルカリシリカ反応) の性質を有する輝石安山岩を例にして、高炉スラグ、フライアッシュの A S R 抑制効果を知ることが目的とした。

2. 試験項目及び試験方法

2.1 骨材の物理試験

骨材試料について以下の試験を実施した。

- (1) 粗骨材の比重及び吸水率試験 (J I S A 1110)
- (2) 骨材の単位容積重量及び実積率試験 (J I S A 1104)
- (3) 骨材の硫酸ナトリウムによる安定性試験 (J I S A 1122)
- (4) ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験 (J I S A 1121)
- (5) 骨材の洗い試験 (J I S A 1103)
- (6) 細骨材の比重および吸水率試験 (J I S A 1109)
- (7) 骨材のふるい分け試験 (J I S A 1102)
- (8) 細骨材の有機不純物試験 (J I S A 1105)

2.2 骨材の化学的安定性に関する試験

当該試料 (砕石) について粉末 X 線回折試験、顕微鏡観察、ASTM C 289 (化学法) 及び ASTM C 227 (モルタルバー法) を実施した。

(1) 粉末 X 線回折試験

試料の砕石を粉末にして X 線回折法で骨材の鉱物組成を調べた。

試料は数 mm 以下の粒子に破碎した後、めのう乳鉢で粉碎した。X 線回折条件は以下に示す通りである。

管	球 : Cu	走査範囲	: $2\theta = 2^\circ \sim 40^\circ$
フィルター	: Ni	走査速度	: $2^\circ/\text{min}$
電	圧 : 40 kv	記録紙速度	: $10\text{ mm}/\text{min}$
電	流 : 20 mA		

従来から有害な鉱物とされているクリストバライトの同定は、クリストバライトの最強のピークの位置 (21.98°) と長石の位置 (22.04°) と近接しているため困難である。そこでここでは長石の 22.04° と 23.84° の各々のピークの比が 80 : 58 であるため、この比以上に 22.04° のピーク強度があるときにはクリストバライトが含まれている可能性があると判断した。

(2) 顕微鏡観察

試料の顕微鏡観察を行った。試料を厚さ $20\ \mu$ 程度の薄片（プレバート）とし、鏡下では単ニコルと直交ニコルで観察した。

(3) 化学法

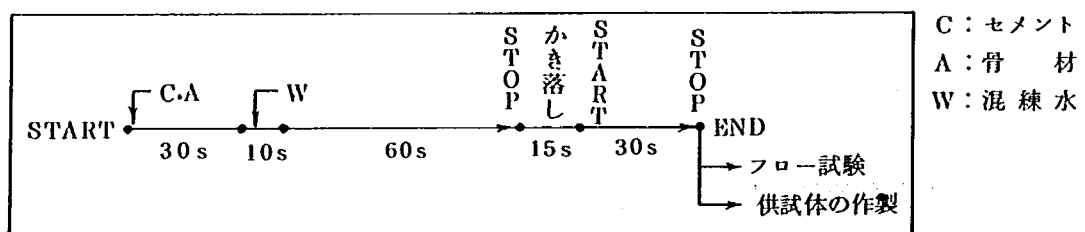
ASTM C 289 「骨材の潜在反応性試験方法」に準じ、骨材の反応性を確認した。

(4) モルタルバー法

セメント中のアルカリと骨材中のシリカとの化学反応に起因する膨脹を ASTM C 227 「セメント－骨材の潜在性アルカリ反応試験方法」に準じて試験を行った。

モルタルの配合は、重量比でセメント 1 に対して骨材 2.25 とし、1 バッチでの各々の重量は 600 g, 1,350 g とした。水量はモルタルのフロー値が 180～190 となるように決定し、モルタルの練り混ぜは図－2.1 に示すタイムスケールで行った。

モルタルバーの供試体寸法は、 $4 \times 4 \times 16\text{ cm}$ とし 24 時間湿潤養生した後 38°C の恒温箱で貯蔵した。その後、所定の材令に達したときダイヤルゲージ式コンパレータを用いて長さの変化を測定した。



図－2.1

2.3 ASRの膨脹要因に関する試験

ASRによる膨脹はセメントのアルカリ量や温度、骨材混入率（ベシマム量）等によって影響をうける。よって膨脹要因の把握をするために以下の項目についてモルタルバーにより試験を実施した。

(1) セメントのアルカリ量

表－2.1 に使用したセメントの試験成績表を示す。セメントのアルカリ量の範囲は表に示したとおり $\text{Na}_2\text{Oeq} = 0.32 \sim 1.03\%$ である。

試験の方法については 2.2 (4) モルタルバー法を参照。

(2) ベシマム量

ベシマム量については反応性骨材を無反応骨材に重量比で 10 % 間隔で置換え 0～100% の範囲で行った。ここで使用したセメントは表－2.1 で示した C 1 である。

試験の方法については 2.2 (4) モルタルバー法を参照。

表- 2.1 セメントの化学分析及び物理試験結果

(a) 化 学 分 析

項目 名柄	igLoss (%)	in sol (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	R ₂ O (%)
C 1	0.60	0.10	22.3	5.10	3.00	63.20	1.70	1.90	0.54	0.74	1.03
C 2	0.60	—	—	—	—	—	1.00	2.10	0.42	0.73	0.90
C 3	0.60	—	—	—	—	—	1.50	2.30	0.29	0.72	0.76
C 4	0.65	—	—	—	—	—	2.15	2.15	0.24	0.47	0.54
C 5	0.70	0.10	21.4	5.90	2.80	63.50	2.80	2.00	0.18	0.22	0.32

(* : C 2, C 4 の各値は等重量比例配分で求めた値)

(b) 物 理 試 験

項目 名柄	比 重	粉 末 度		凝 結			安定性	圧 縮 強 さ (Kgf/cm ²)		
		比表面積 (cm ² /g)	88 μ (%)	水 量 (%)	始 発 (h-m)	終 結 (h-m)		3 日	7 日	28日
C 5	3.15	3200	0.9	27.2	2-05	3-00	良	156	255	430
C 3	3.12	3140	0.4	27.4	2-20	3-50	良	152	240	392
C 1	3.15	3430	0.8	27.8	2-30	3-28	良	135	230	378

2.4 膨脹抑制に関する試験

アルカリシリカ反応による膨脹をフライアッシュ、高炉スラグ粉末を使用して抑制し、その効果をモルタル及びコンクリートで確認した。

(I) 使用材料

a) セメント

使用したセメントは普通ポルトランドセメントで Na₂O : 0.53%, K₂O : 0.61%, R₂O : 0.93% である。表- 2.2 にセメントの試験成績表を示す。

表- 2.2 セメントの化学分析及び物理試験結果

区 分	比 重	比表面積 (cm ² /g)	凝 結		安 定 性	フ ロー 値 (mm)	曲げ強さ (Kgf/cm ²)		圧縮強さ (Kgf/cm ²)	
			始 発	終 結			7 日	28日	7 日	28日
普 通	3.15	3380	2-51	3-59	良	264	51	68	256	407
区 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	insol	igloss
普 通	21.5	5.2	3.1	64.9	1.4	2.1	0.53	0.61	0.2	0.6

b) フライアッシュ

フライアッシュは九電産業㈱の製品であり、試験成績表は表－2.3に示す。 Na_2O 、 K_2O の含有量は各々 2.28 %、1.45 %であった。

表－2.3 フライアッシュの化学分析及び物理試験結果

化 学 分 析 (%)

湿 分	ig・loss	SiO_2	Na_2O	K_2O	R_2O^*
0.2	1.5	49.1	2.28	1.45	3.23

*) $\text{R}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + 0.658 \cdot \text{K}_2\text{O}$

物 理 試 験

比 重	粉 末 度		単位水量比 (%)	圧縮強度比(%)	
	ボロシチー	比表面積 (cm^2/g)		28日	91日
2.35	0.470	3,440	96	84	—

c) 高炉スラグ粉末

高炉スラグ粉末は新日鉄㈱の製品であり、試験成績表は表－2.4に示す。 Na_2O 、 K_2O の含有量は各々 0.25 %、0.36 %であった。

表－2.4 高炉スラグ粉末の物理試験及び化学分析結果

比 重	比表面積 (cm^2/g)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Total	S	Na_2O	K_2O
2.90	3,750	34.1	15.1	0.6	42.1	5.2	98.0	0.9	0.25	0.36

d) 骨 材

骨材は前述九州産の反応性のもの以外に比較用として細骨材には富士川産川砂、粗骨材には笠間産砕石を用いた。これらの物理試験結果は表－3.1に示すとうりである。(7ページ参照)

(2) モルタルによる試験

表－2.5に示す試験条件について、ASTM C 227 モルタルバー法に準じた方法により試験を行った。試験条件は、①フライアッシュ、高炉スラグ粉末のアルカリシリカ反応による膨脹の抑制効果、②高アルカリ条件下での膨脹抑制効果、③アルカリ量とフライアッシュ、高炉スラグ粉末の置換量がモルタルの膨脹量に与える影響の関係を把握できるように設定した。

試験はモルタルバー法に準じたが供試体は $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ とし、1配合につき3本とした。この時の配合は重量比でセメント1に対して骨材2.25としフライアッシュ及び高炉スラグ粉末はセメント重量の内割りとして使用した。またアルカリの添加は $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{ K}_2\text{O}$ で計算される

R_2O を8.219N-NaOH水溶液を用いてセメントの0.5, 1.0 wt%と添加した。従って, 各シリーズの Na_2O_{eq} は0.93%, 1.43%, 1.93%となるが, 本文では以下便宜的に各々のアルカリ量を1.0%, 1.5%, 2.0%として用いる。

表-2.5 モルタルバーでの試験組合せ

No		Na ₂ Oeq 量 (C×wt%)			セメントの置換率 (F/C+F・100, S/C+S・100:%)										骨 材
		1.0	1.5	2.0	0	フライアッシュ				高炉スラグ粉末					
						10	20	25	30	30	40	50	60		
1	A-1.0- 0	○			○									反応性 骨 材	
2	A-1.5- 0		○												
3	A-2.0- 0			○											
4	A-1.0-F10	○			○										
5	A-1.5-F10		○												
6	A-2.0-F10			○											
7	A-1.0-F20	○			○										
8	A-1.5-F20		○												
9	A-2.0-F20			○											
10	A-1.0-F25	○			○										
11	A-1.5-F25		○												
12	A-2.0-F25			○											
13	A-1.0-F30	○			○										
14	A-1.5-F30		○												
15	A-2.0-F30			○											
16	A-1.0-S30	○			○										
17	A-1.5-S30		○												
18	A-2.0-S30			○											
19	A-1.0-S40	○			○										
20	A-1.5-S40		○												
21	A-2.0-S40			○											
22	A-1.0-S50	○			○										
23	A-1.5-S50		○												
24	A-2.0-S50			○											
25	A-1.0-S60	○			○										
26	A-1.5-S60		○												
27	A-2.0-S60			○											
28	B-1.0- 0	○			○								富士川 産川砂		
29	B-1.5- 0		○												
30	B-2.0- 0			○											

(3) コンクリートによる試験

表-2.6 に示す試験条件について以下の示す配合条件によりコンクリートを作製した。

水セメント比 (W/C) : 55%

スランブ : 8 ± 1 cm

アルカリ量 (Na₂Oeq) : 1.0% (0.93), 1.5% (1.43), 2.0% (1.93)

() は正確な値

アルカリ量はモルタル同様に NaOH 水溶液を添加して Na₂Oeq 量を調整した。

なお、当初空気量 4.5 ~ 5% を確保した AE コンクリートの計画であったが、NaOH 水溶液の添加により、試験練りの段階で空気量が確保できないためプレーンコンクリートとした。

上記配合条件の決定したコンクリートについて 10 × 10 × 40 cm の供試体を作製した。供試体は脱型した後材令 28 日まで水中養生を行った。材令が 28 日に達したならば供試体を取り出して諸測定を行い、その後 38℃ に保られた恒温室内で湿気箱に立てて入れ貯蔵した。

それ以後の測定は同様に材令 8, 10, 13 週, 4, 5, 6 ケ月と行った。

表-2.6 コンクリートでの試験組合せ

No		Na ₂ Oeq 量 (C×wt%)			セメントの置換率 (F(S)/C+F(S)×100)							使用骨材	
		1.0	1.5	2.0	0	フライアッシュ			高炉スラグ粉末			粗骨材	細骨材
						10	20	30	30	50	60		
1	A-1.0- C	○			○							反応性 砕 石	反応性 砕 砂
2	A-1.5- C		○										
3	A-2.0- C			○									
4	A-1.0-F10	○			○	○							
5	A-1.5-F10		○										
6	A-2.0-F10			○									
7	A-1.0-F20	○			○		○						
8	A-1.5-F20		○										
9	A-2.0-F20			○									
10	A-1.0-F30	○			○			○					
11	A-1.5-F30		○										
12	A-2.0-F30			○									
13	A-1.0-S30	○			○				○				
14	A-1.5-S30		○										
15	A-2.0-S30			○									
16	A-1.0-S50	○			○					○			
17	A-1.5-S50		○										
18	A-2.0-S50			○									
19	A-1.0-S60	○			○						○		
20	A-1.5-S60		○										
21	A-2.0-S60			○									
22	B-1.0- C	○			○							笠間産 砕 石	富士川 産川砂
23	B-1.5- C		○										
24	B-2.0- C			○									

3. 試験結果及び考察

3.1 骨材の物理試験

表－3.1 に試料骨材の物理試験結果を示す。粗骨材では土木学会ダムコンクリート標準示方書の規格値を満足していない項目はないが、すりへり減量が36.2%と多少大きな値となっている。細骨材では吸水率が3.59%、洗い損失重量が8.6%と規格値よりわずかながら大きい。

表－3.1 骨材の物理試験結果

	比 重		吸 水 率 (%)	安 定 性 損失重量 (%)	すりへり 減 量 (%)	洗 い 損失重量 (%)	単 位 容積重量 (Kg/ℓ)	実 積 率 (%)	有 機 物 不 純 物	F. M.
	絶 乾	表 乾								
粗 骨 材	2.70	2.73	1.54	4.1	36.2	0.7	1.60	59.4	—	6.93
細 骨 材	2.59	2.66	3.59	9.5	—	8.6	1.86	71.9	標準色より 淡い	2.95
規格値(粗)	2.5以上 (2.6以上)		3%以下	12%以下 (#)	40%以下 (#)	1%以下 (#)	—	55%以上	—	
規格値(細)	2.5以上		3%以下	10%以下 (#)	—	7%以下 (#)	—	53%以上		

注) 規格値上段はJIS A 5005「コンクリート用碎石」、下段()内の数値は土木学会ダムコンクリート標準示方書の各々の規格値である。また、細骨材規格値上段はJIS A 5004「コンクリート用砕砂」である。

3.2 骨材の化学的安定性試験

(1) 粉末X線回折試験

図－3.1 に試料のX線回折図を示す。同定された鉱物は高温型斜長石(High Albite)、斜方輝石(Opx)、石英(Quartz)であり、各々の構成している量は高温型斜長石>斜方輝石>石英の順である。X線回折をした試料にはクリストバライトの存在は認められなかった。

(2) 顕微鏡観察

写真－3.1 に反応性骨材試料の顕微鏡写真を示す。鏡下での特徴は斜長石、普通輝石、不透明鉱物からなる結晶質な石基の中に、多量の斜長石と普通輝石の班晶が存在する。普通輝石安山岩である。

X線回折試験結果でも述べたとおり有害と言われているクリストバライト等が顕微鏡観察でも認められなかった。ただし、現在までに有害な鉱物がすべて解明されているわけでもなくX線回折試験及び顕微鏡観察では今知られている有害な鉱物が認められなかったという結果だけで無害であるとは断定できない。

普通輝石安山岩

Target Cu
 Volt. Curr. 40Kv 20mA
 Time Constant 2000cps
 Scanning speed 2sec
 Chart speed 2°/min
 Slit 10mm/min

F : 長石
 Q : 石英
 Opx : 斜方輝石

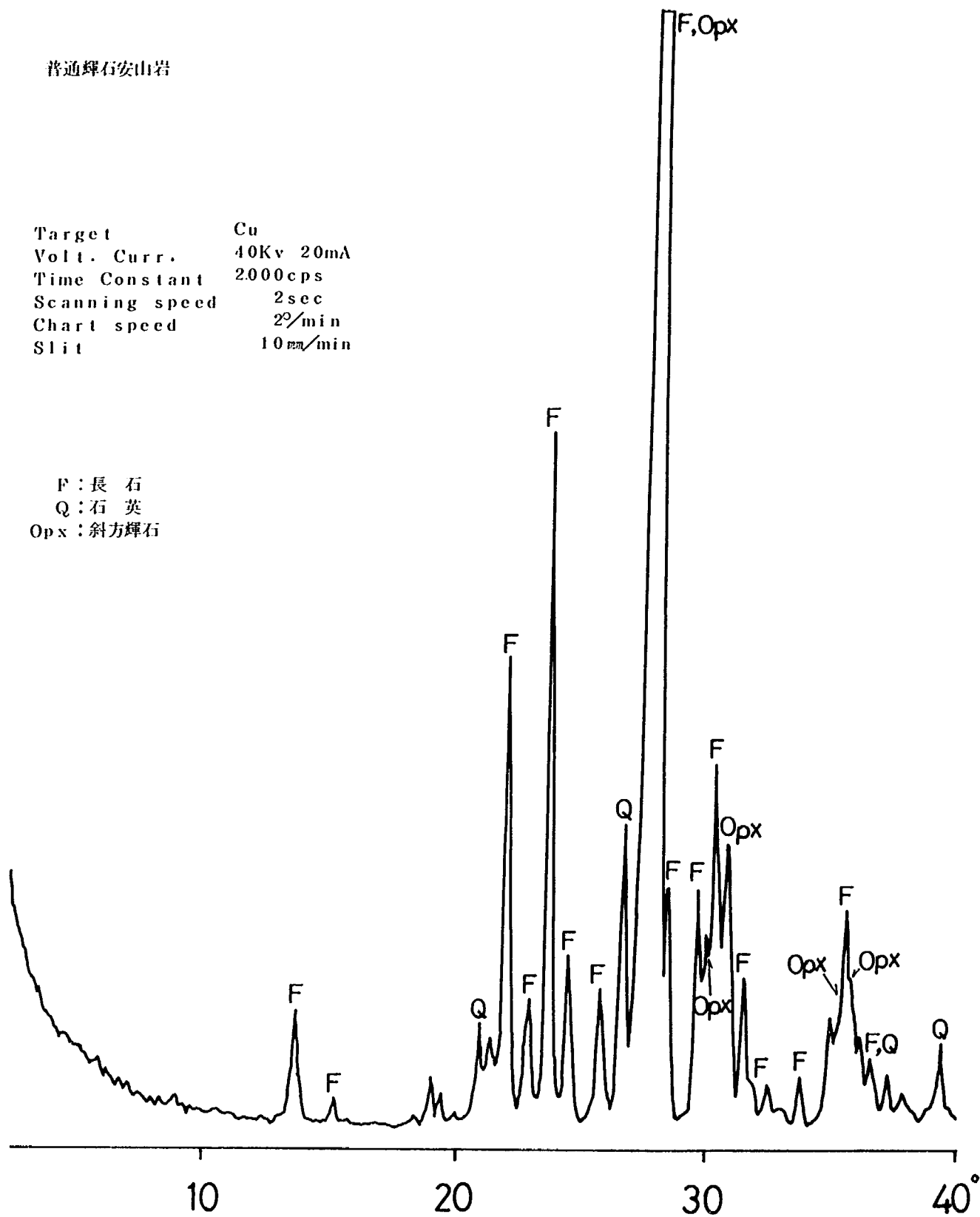
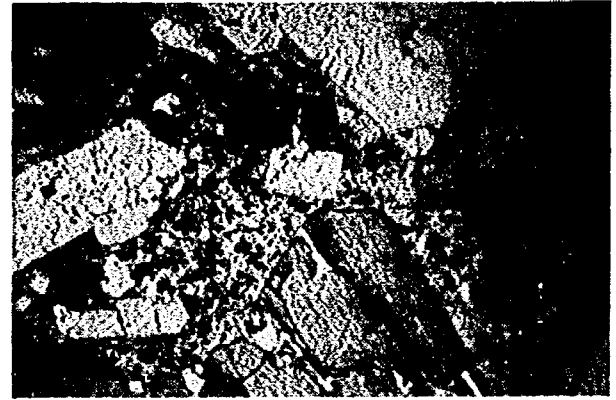


図- 3. 1 反応性骨材の X線回折パターン



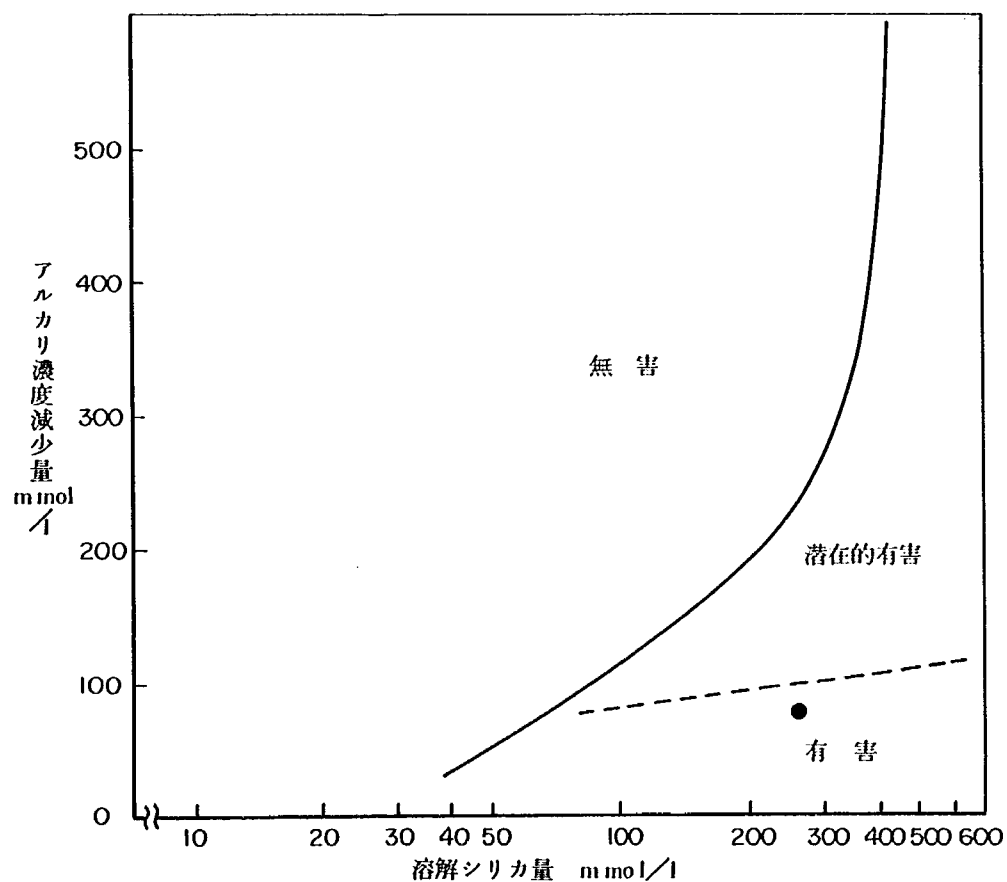
写真－3.1 顕微鏡写真

(3) 化学法

表－3.2，図－3.2に化学法の試験結果を示す。図－3.2はアルカリ濃度低減試験をもとにした骨材の判定区分であるが，反応性骨材試料はこの図の有害の域に位置する。

表－3.2 ASTM C 289による溶解シリカ量とアルカリ濃度減少量

試料	溶解シリカ量 ($S_c: \text{mmol/l}$)		アルカリ濃度減少量 ($R_c: \text{mmol/l}$)	
	測定値	平均値	測定値	平均値
A	266	267	79	81
	262		85	
	273		78	



図－3.2 アルカリ濃度低減試験をもとにした骨材の判定区分

(4) モルタルバー法

図-3.3にモルタルバー法の結果を示す。ここで用いたセメントは Na_2Oeq 量が1.03%と通常市販されているセメントの上限に位置するアルカリ量であるが反応性骨材を用いたモルタル供試体はASTMでの基準(0.1%/6ヶ月)をすべてに3ヶ月で越えており、6ヶ月では0.24%の膨脹を示している。

一方、無反応性骨材として用いた比較用の富士川産川砂は6ヶ月で0.06%の膨脹を示しているもののASTM基準以下にとどまっている。

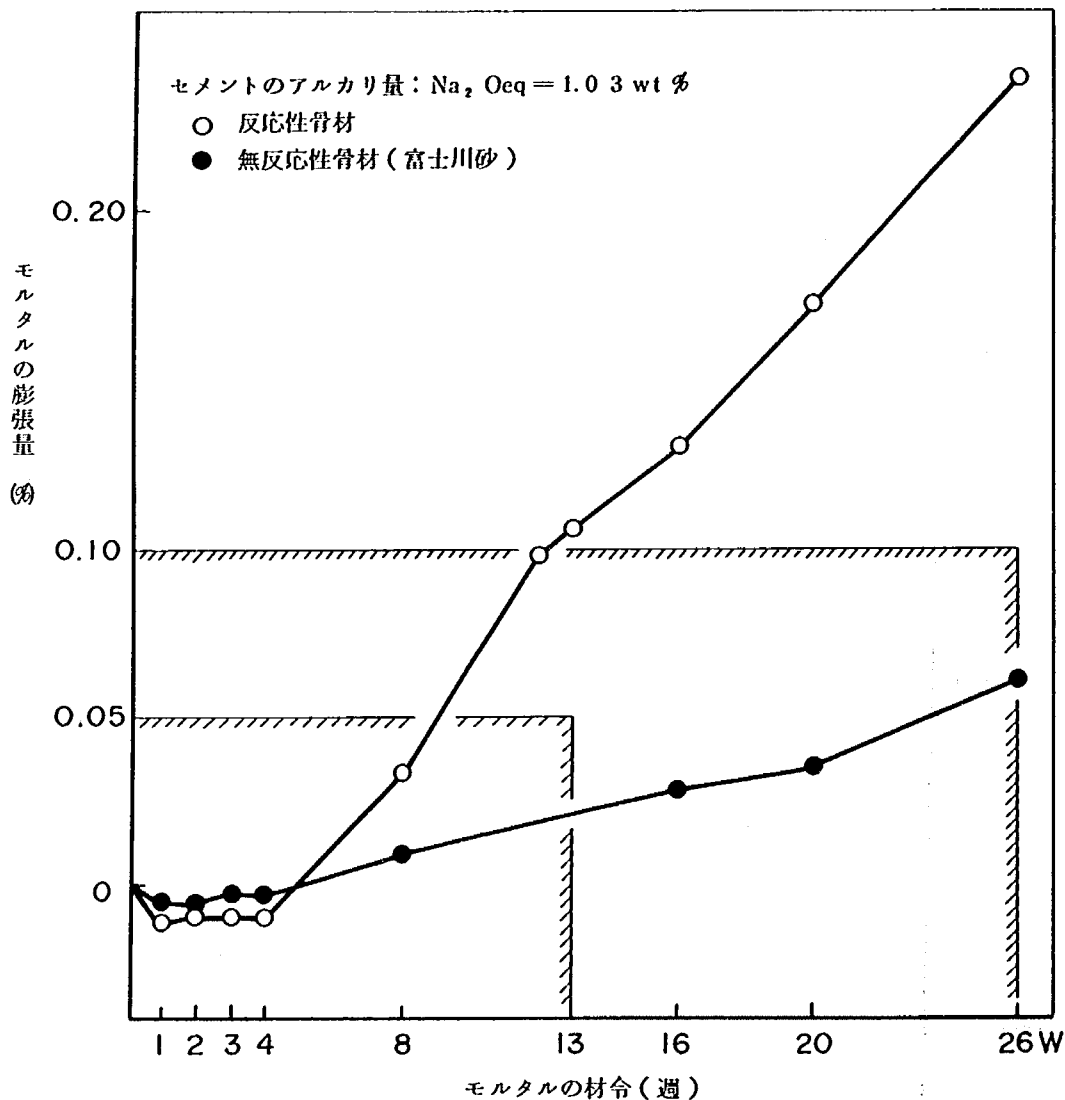


図-3.3 ASTM C 227によるモルタルバーの経時膨脹

3.3 ASRの膨脹要因に関する試験

(1) アルカリ量

セメントに含まれているアルカリ量 ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \cdot \text{K}_2\text{O}$) とモルタルの膨脹量の経時変化を図-3.4に示し、これらの材令6ヶ月における関係を図-3.5に示す。

アルカリシリカ反応による膨脹はセメントのアルカリ量が低いほど軽減され、本実験ではアルカリ量が 0.76 % 以下では材令 6 ヶ月の供試体の膨脹は 0.1 % 以下となる。また、アルカリ量が 0.76 % 以下 (0.76, 0.54, 0.32) と 0.9 % 以下 (0.9, 1.03 %) との経時膨脹曲線に違いがみられ、前者は初期の膨脹量も少なく材令 20 週を経過した後は膨脹量の増大はあまり認められず平衡状態に近い。

なお、アルカリ量 0.76 % の場合、モルタル 1 m³ 中に含まれる Na₂Oeq 量を計算すると 4 ~ 5 kg に相当する。

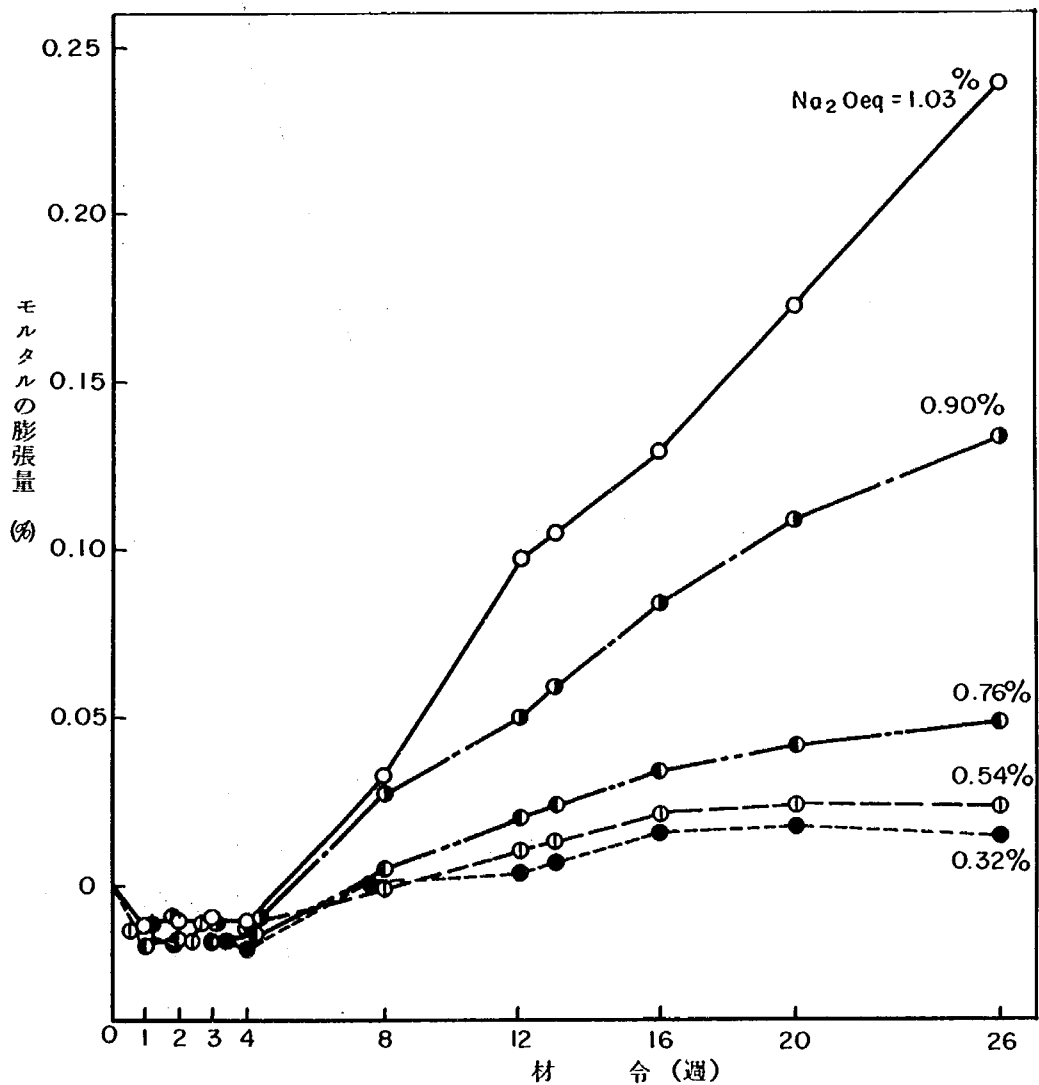


図- 3.4 Na₂Oeq の違いによるモルタルバーの経時膨脹

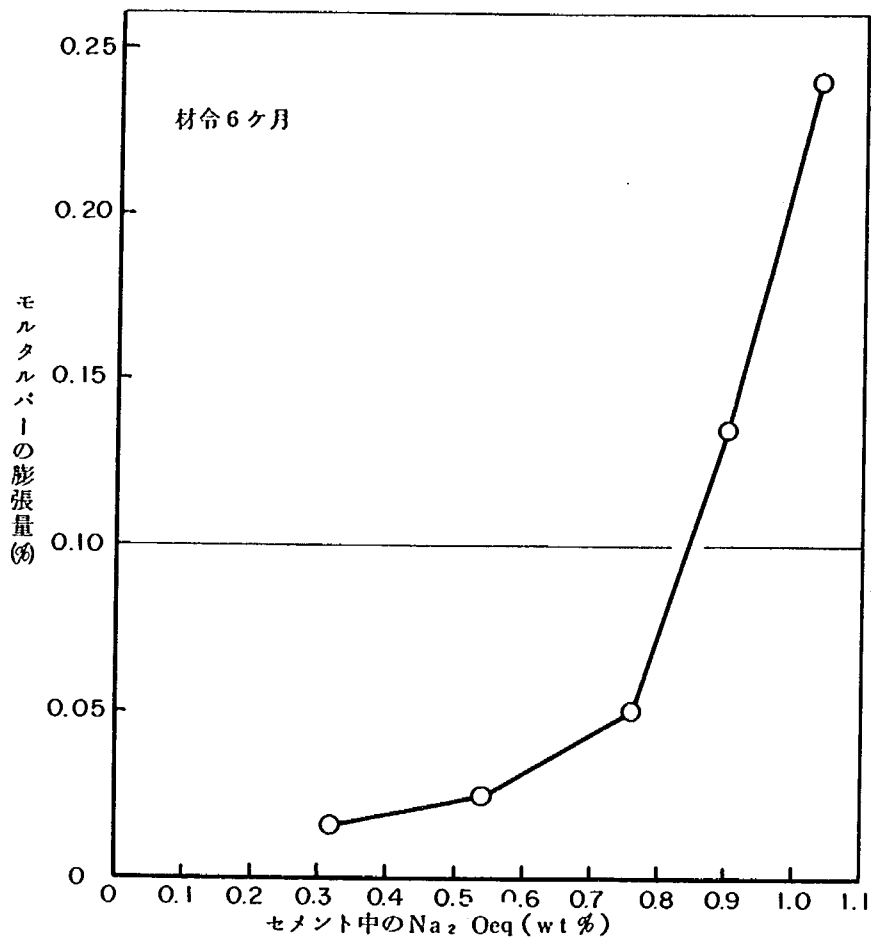


図-3.5 セメント中のNa₂Oeqとモルタルバーの膨張量の関係

(2) ベシムム量

反応性骨材と無反応骨材の混合割合と材令6ヶ月における膨張量の関係図-3.6, 3.7に示す。アルカリシリカ反応における無反応骨材との混合割合は、ある混合量で膨張量が最大となり、これより混合量が多くとも少なくとも膨張量が小さくなる現象の、この膨張量が最大となる混合量を“ベシムム”と呼んでいる。図-3.6, 3.7はそのベシムム量を調査すべく行われた結果であるが、明瞭なベシムム量は確認されず混合率が増加すればするほどモルタルバーも増加する結果となっており、この傾向は材令によっても同じ傾向を示している。

また、若材令の時点では混合率が多くなれば膨張量も増大するのがよくわかるが、材令6ヶ月では混合率が50%以上になると膨張量の差はあまり認められない。

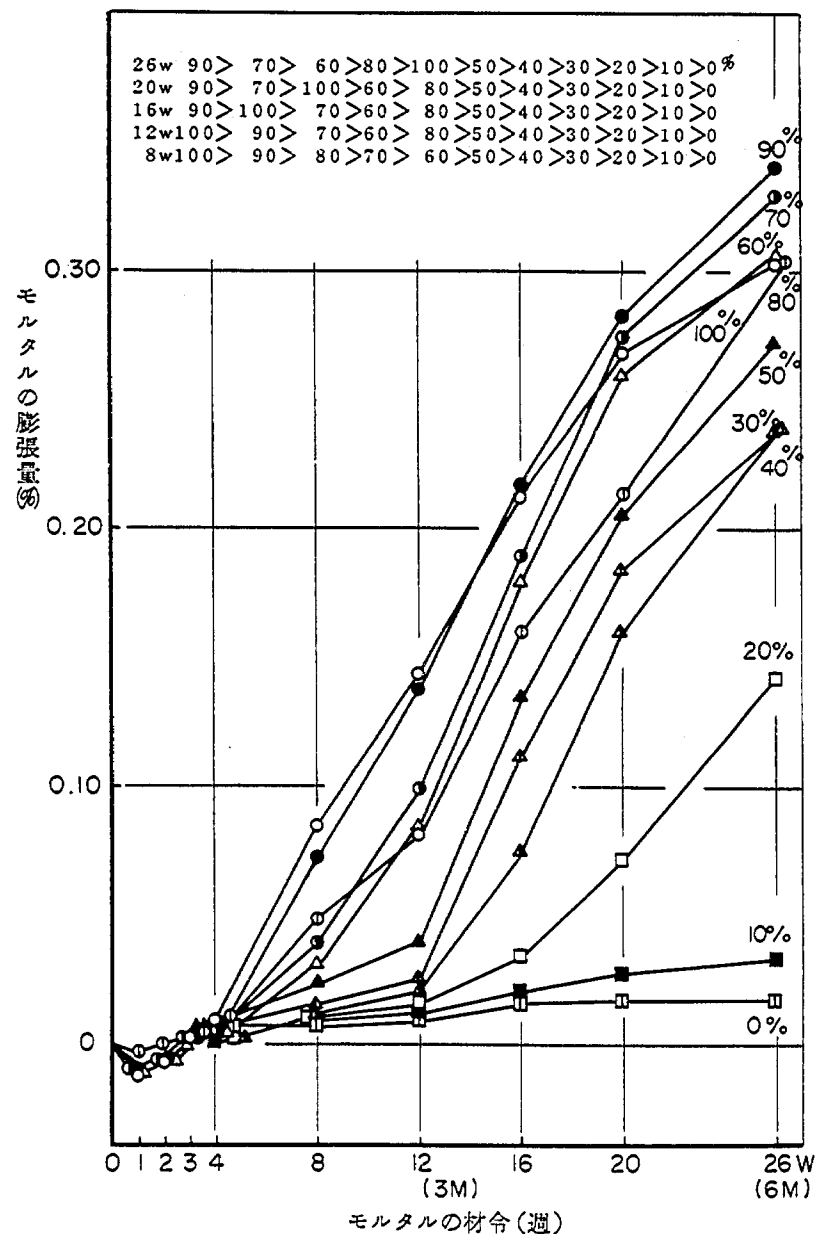


図-3.6 反応性骨材におけるベシムム量(経時膨張)

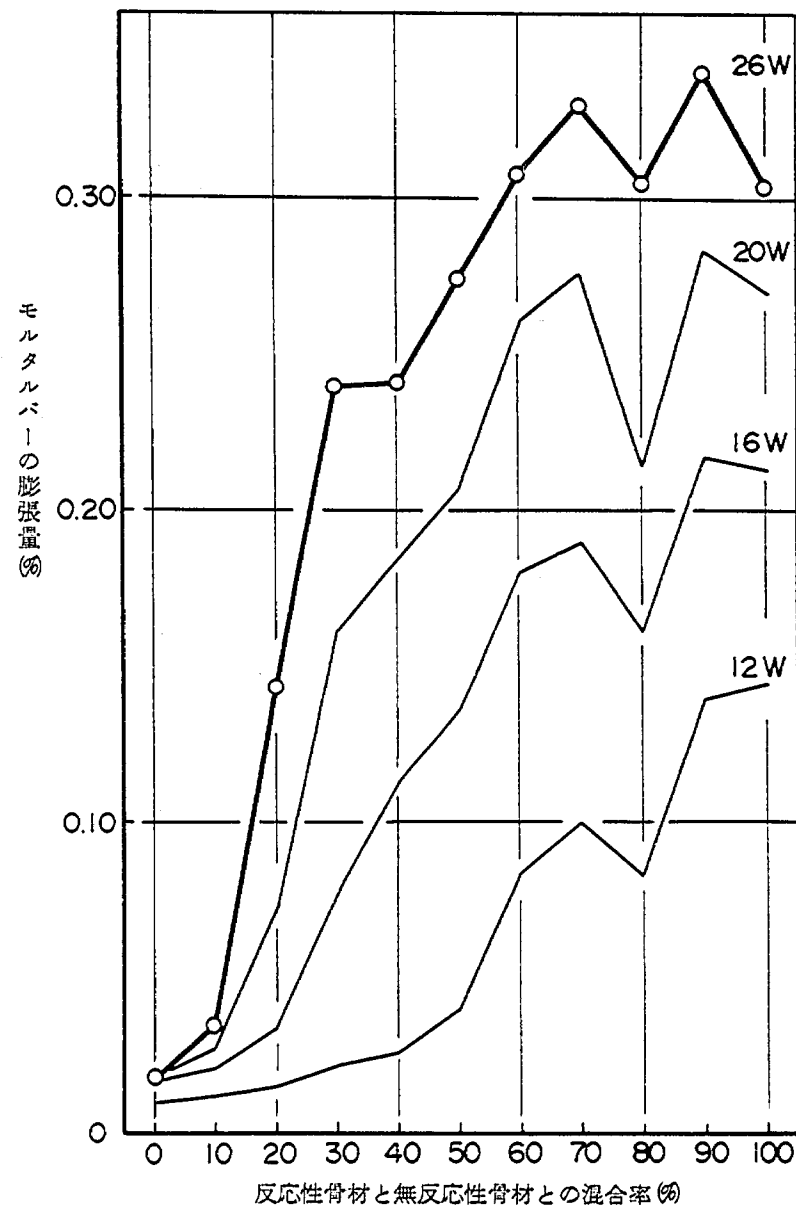


図-3.7 反応性骨材におけるベシムム量

3.4 膨脹抑制に関する試験

(I) モルタルによる試験

図-3.8, 3.9にこのシリーズでベースとなっている各 Na_2Oeq でのモルタルバーの経時膨脹曲線を示す。

フライアッシュや高炉スラグ粉末を置換していないモルタルは $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5, 2.0\%$ のいずれにおいても材令にほぼ比例して膨脹しており、 Na_2Oeq が高くなるにつれ早期に大きな膨脹量を示した、6ヶ月時点での膨脹量も $3,000\mu$ 以上と大きい。一方、無反応骨材として使用した富士川産川砂は $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5, 2.0\%$ のモルタルで $1,000\mu$ (0.1%)以上の膨脹を示した。

図-3.10, 3.14に各アルカリ量におけるフライアッシュ、スラグ粉末の置換率と膨脹量の関係を示す。

フライアッシュを置換したモルタルバーは、 $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.0\%$ の場合フライアッシュのすべての置換率において過大な膨脹は示していない。 $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5\%$ のシリーズの場合では、フライアッシュ10%の置換では十分な膨脹抑制効果を示していない。また、 $\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$ のシリーズでは十分な膨脹抑制効果を示すフライアッシュの置換量は25%以上となる。

スラグ粉末を置換したモルタルでは、その置換率も多いのも伴ってか $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.0\%$ のモルタルは、すべての置換率においては膨脹は抑制されている。 $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5\%$ のモルタルは40%以上、 $\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$ のモルタルでも40%以上のスラグ粉末の置換が膨脹を抑制するのに必要である。

図-3.11, 3.12, 3.13にフライアッシュ置換におけるモルタルバーの経時膨脹量を示し、図-3.15, 3.16, 3.17に高炉スラグ粉末におけるモルタルバーの経時膨脹量を示す。

図-3.18はフライアッシュ、高炉スラグ粉末を置換していない(置換率0%)モルタルの材令6ヶ月における膨脹量を100とした時の各々での置換率の抑制効果を百分率で表わしたものである。図中+はASTM C 441での規準値(ASTMではバレックスガラスで作ったモルタルをセメント-混和材の組合わせで生じる膨脹量減少率: Re)を示している。フライアッシュの抑制効果は、10%の置換だけですでに1/2以下の膨脹量となり、25%の置換で1/5以下となる。スラグ粉末では、30%の置換で1/4以下の膨脹量となるが、その効果はフライアッシュに比べ劣るものである。すなわち、フライアッシュは高炉スラグ粉末に比べ少ない量で同じ膨脹抑制効果を有し、また高アルカリの悪条件下においてもASTMの基準値以下の減少率を有する。ただしコンクリートへのフライアッシュの最大混合量は25%程度、高炉スラグは50%程度であるため実用上ではどちらが有利ともいえない。

ボゾランを使用してのアルカリシリカ反応の抑制効果については次のような理由であるとの説もあるが、いまだ確かな抑制機構は解明されていない。

(II) ボゾランをセメントと置換することによるアルカリ量の減少

- (2) セメント硬化対が密実となることによるアルカリイオンの移動の抑制
- (3) ポズラン自身が有しているアルカリイオンの吸着の効果
- (4) ASRに必要といわれている $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の減少の効果

図-3.19は各シリーズでの1バッチ中での $\text{Na}_2\text{Oeq}(\text{g})$ と膨脹量の関係を示したものである。フライアッシュ、スラグ粉末を置換していないモルタルでは Na_2Oeq の減少にほぼ比例して膨脹量も減少する。フライアッシュ、スラグ粉末を置換したモルタルでは膨脹量は混和材で置換えられて Na_2Oeq が減る以上に膨脹量が減るようである。例えば、フライアッシュ10%の置換で減少する Na_2Oeq 量は1.2gであるが減少する膨脹量は2,600 μ にもおよぶ。 Na_2Oeq だけが1g減るときに膨脹量の減少は350 μ 程度であるので6.4倍も抑制効果を有することとなる。いいかえれば、置換による膨脹抑制は単にアルカリ量を減少させるだけではなく、それ以上に他の要因で膨脹を抑制しているものと考えられる。

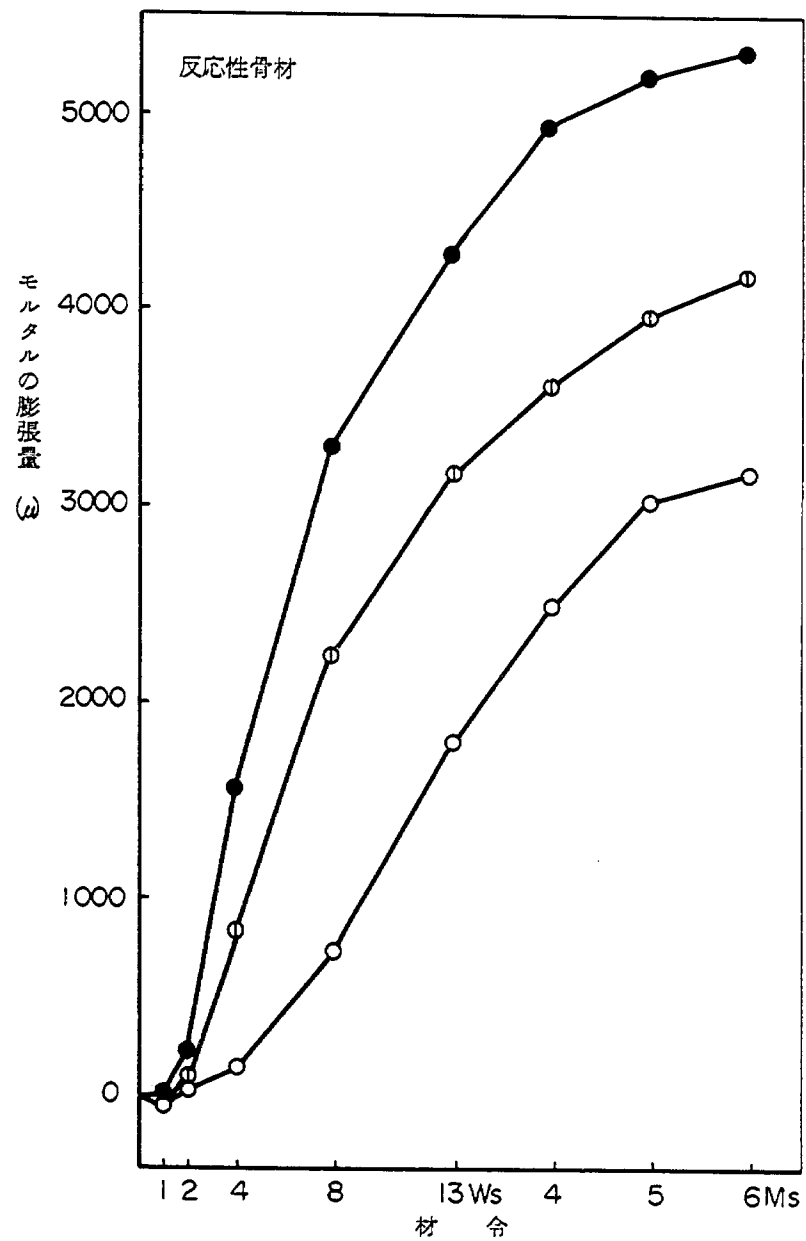


図-3.8 アルカリ3水準におけるモルタルバーの経時膨張

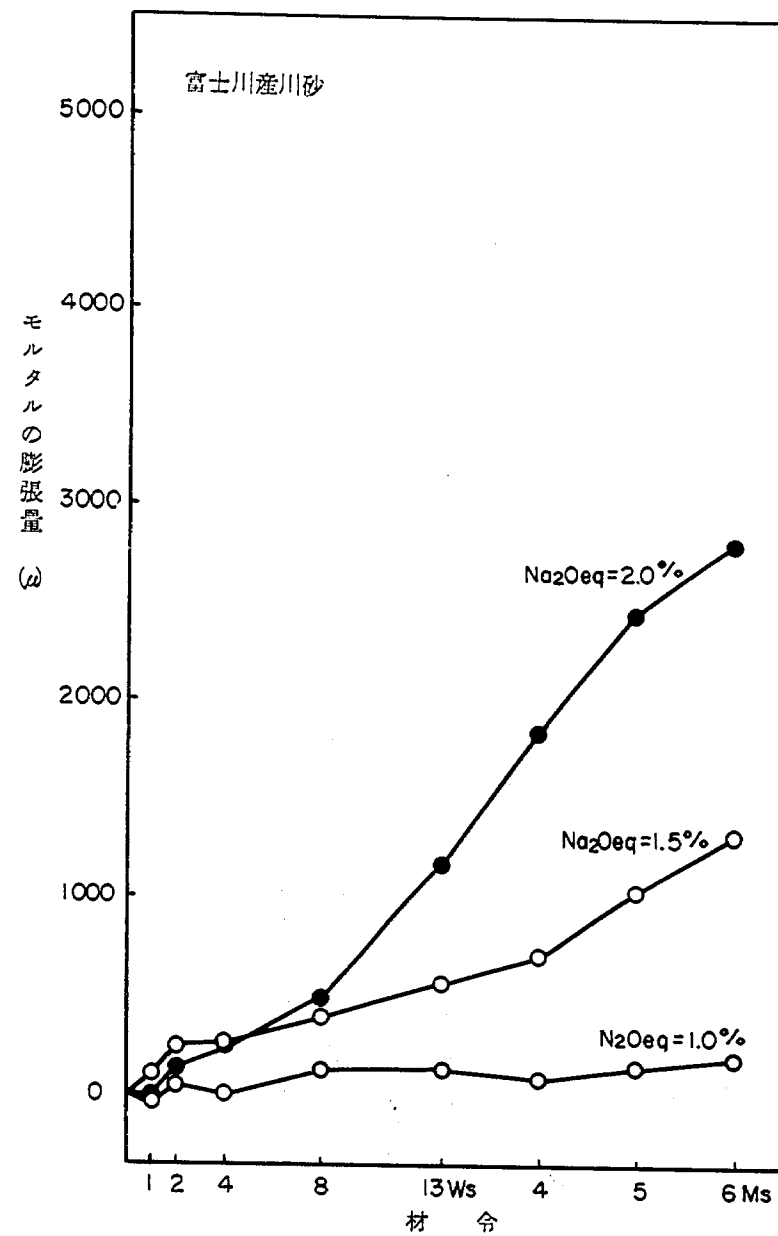


図-3.9 アルカリ3水準におけるモルタルバーの経時膨張

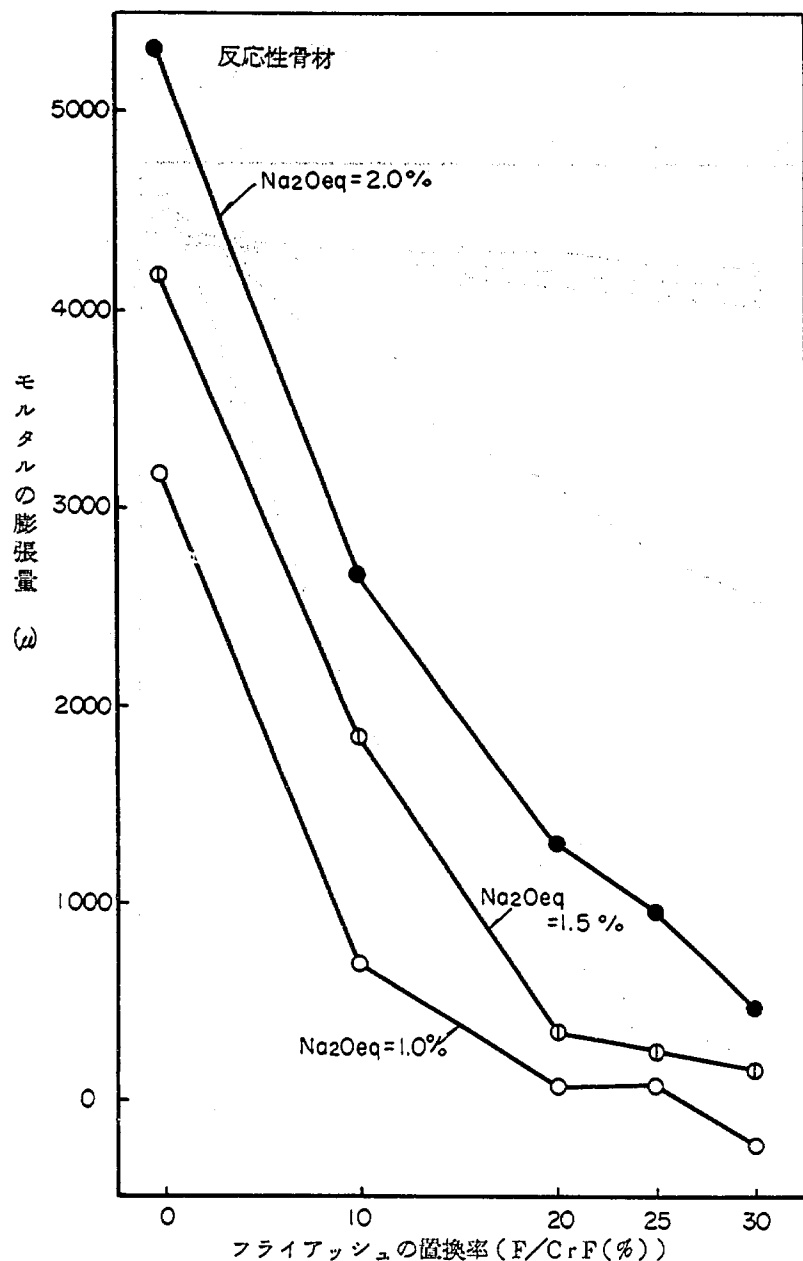


図-3.10 フライアッシュの置換率とモルタルの膨張量の関係

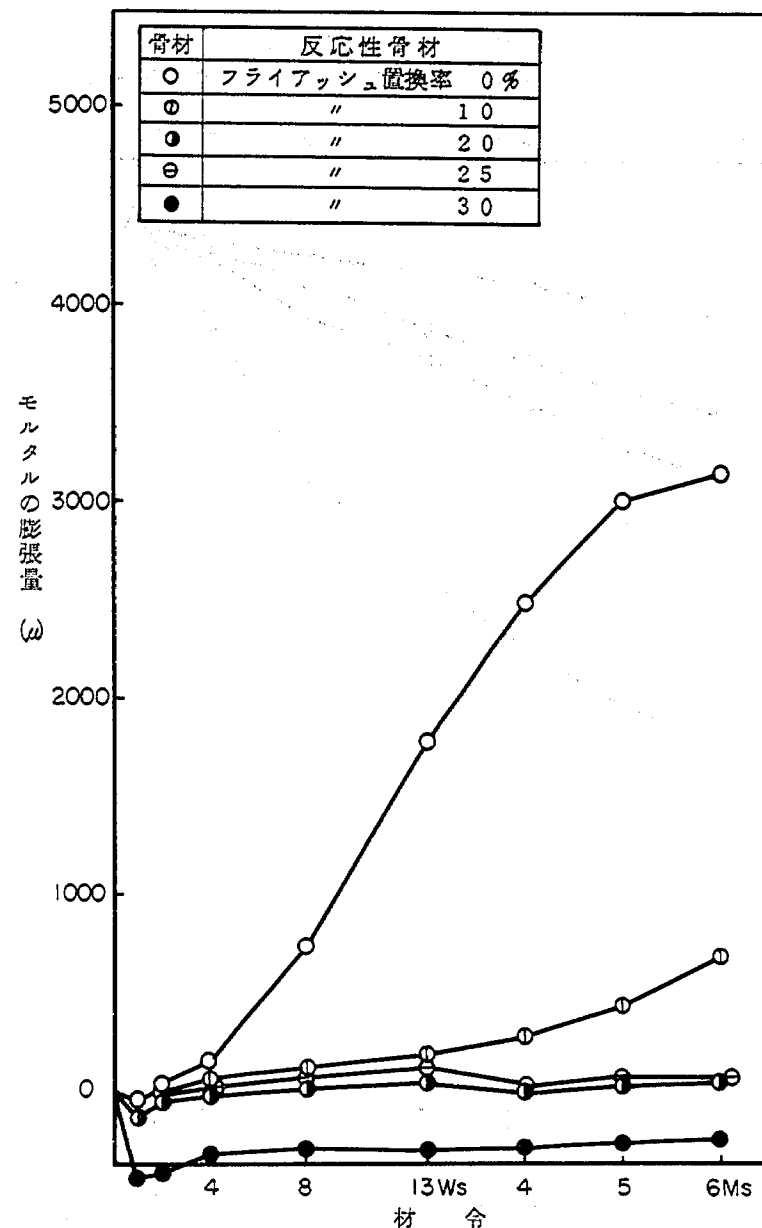


図-3.11 フライアッシュを置換したモルタルの経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.0\%$)

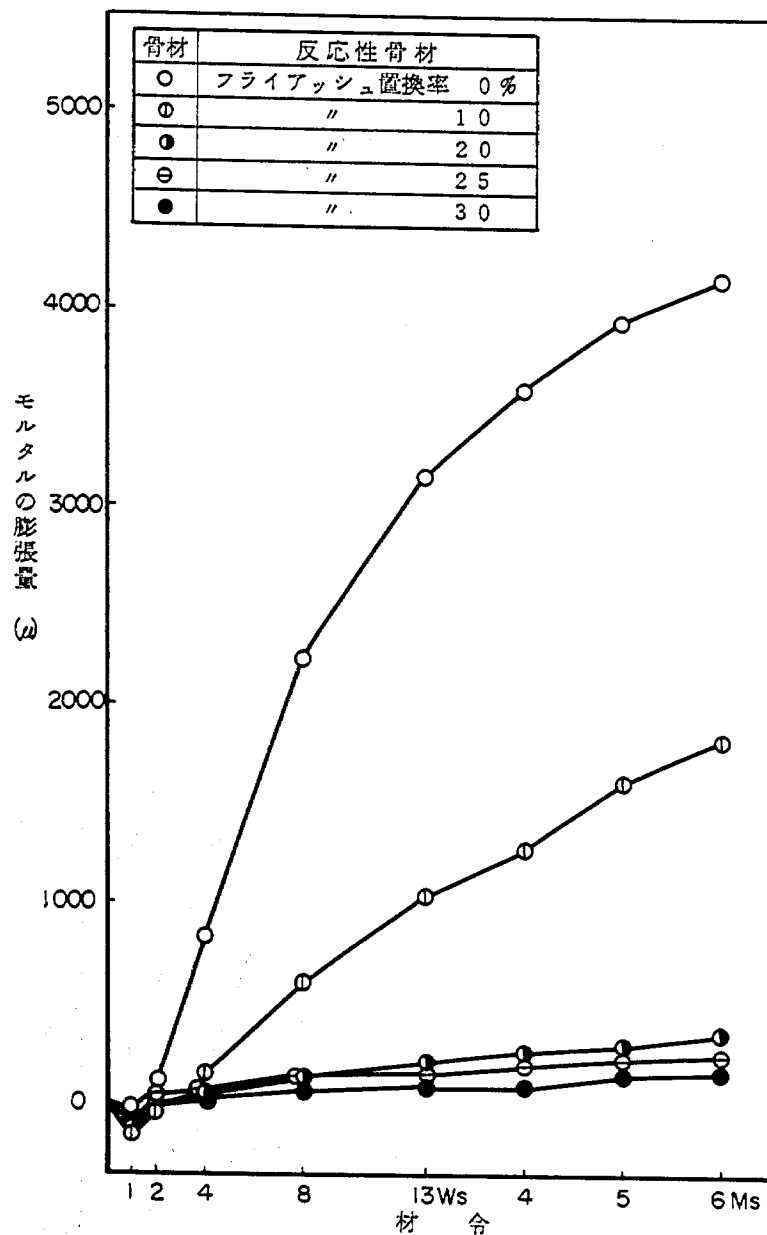


図-3.12 フライアッシュを置換したモルタルの経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5\%$)

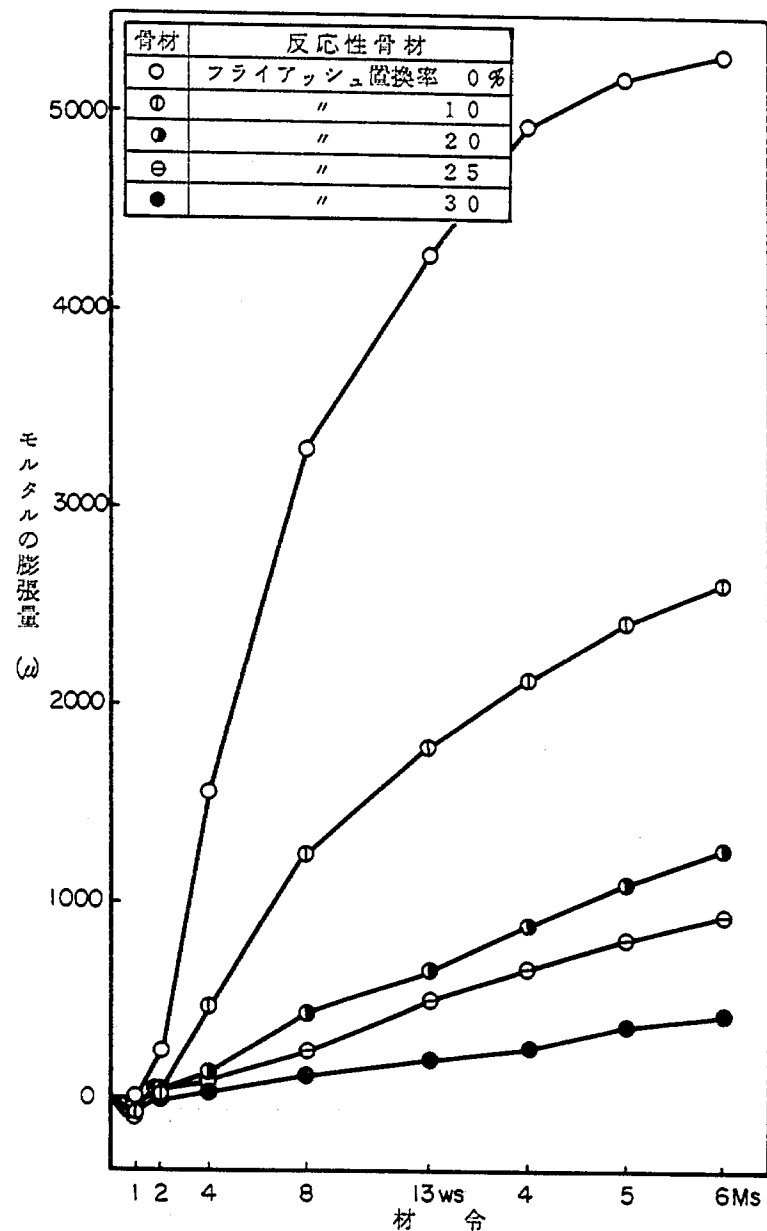


図-3.13 フライアッシュを置換したモルタルの経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$)

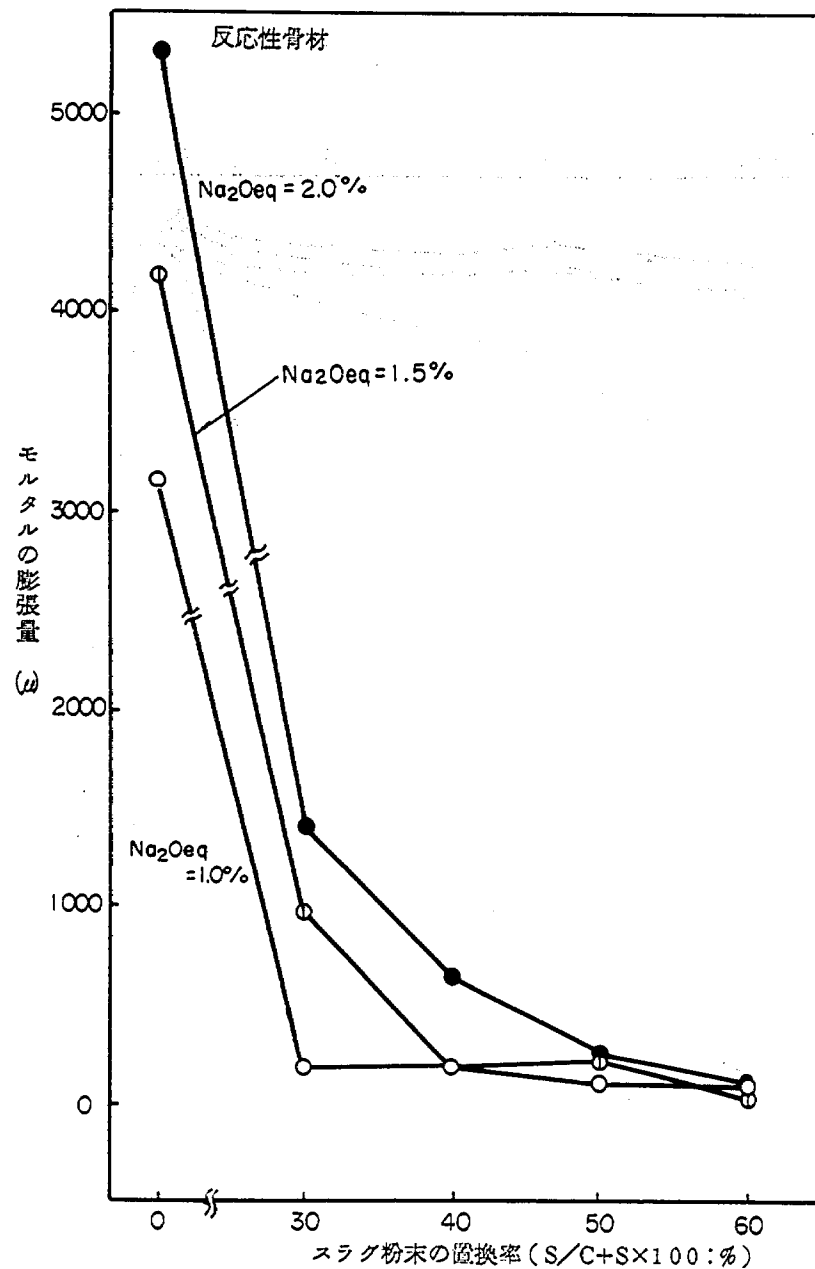


図-3.1.4 スラグ粉末の置換率とモルタルの膨張量の関係

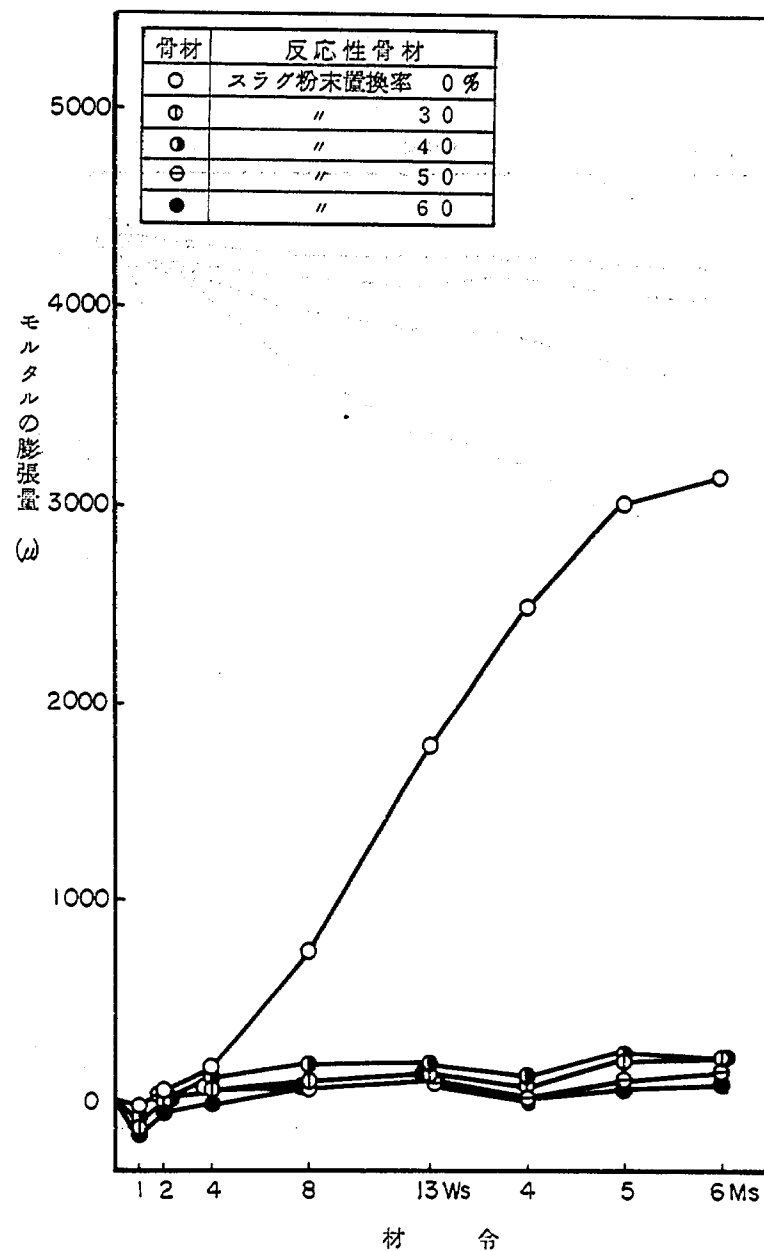


図-3.1.5 スラグ粉末を置換したモルタルの経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.0\%$)

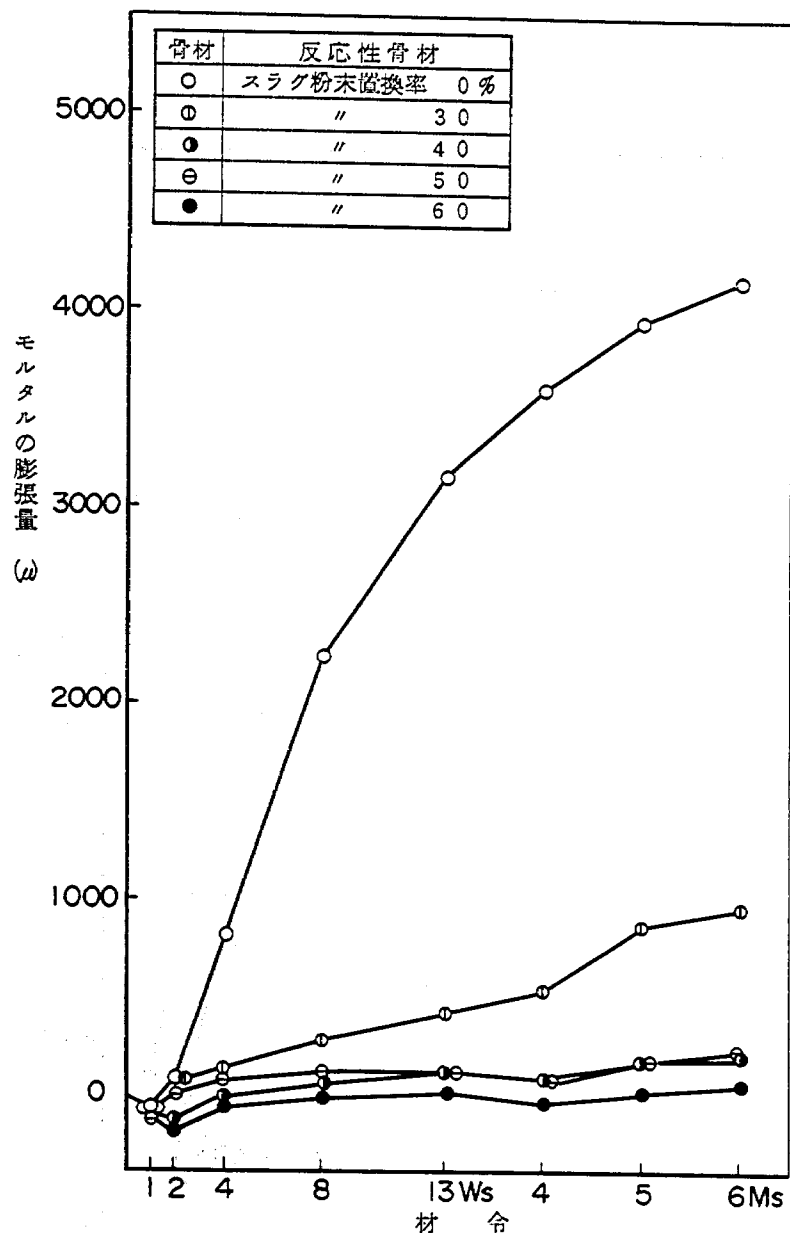


図-3.16 スラグ粉末を置換したモルタルの
経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5\%$)

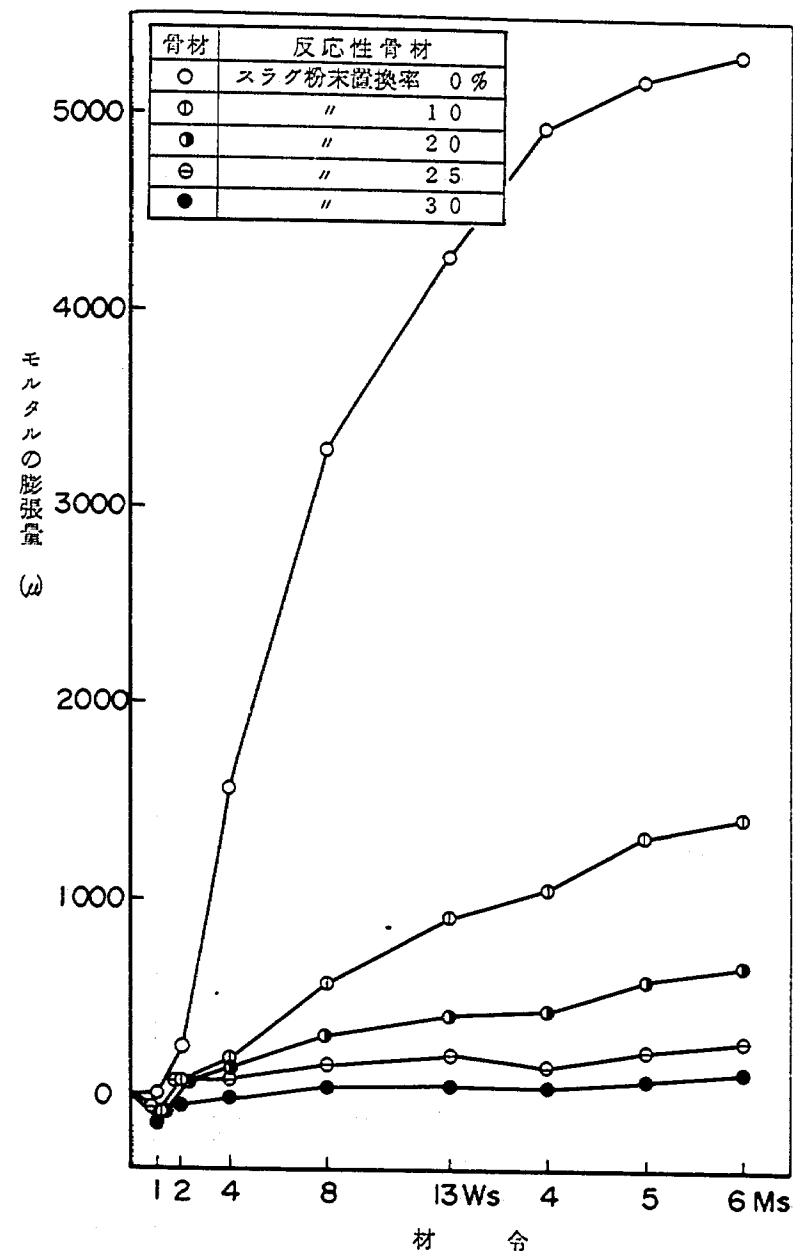


図-3.17 スラグ粉末を置換したモルタルの
経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$)

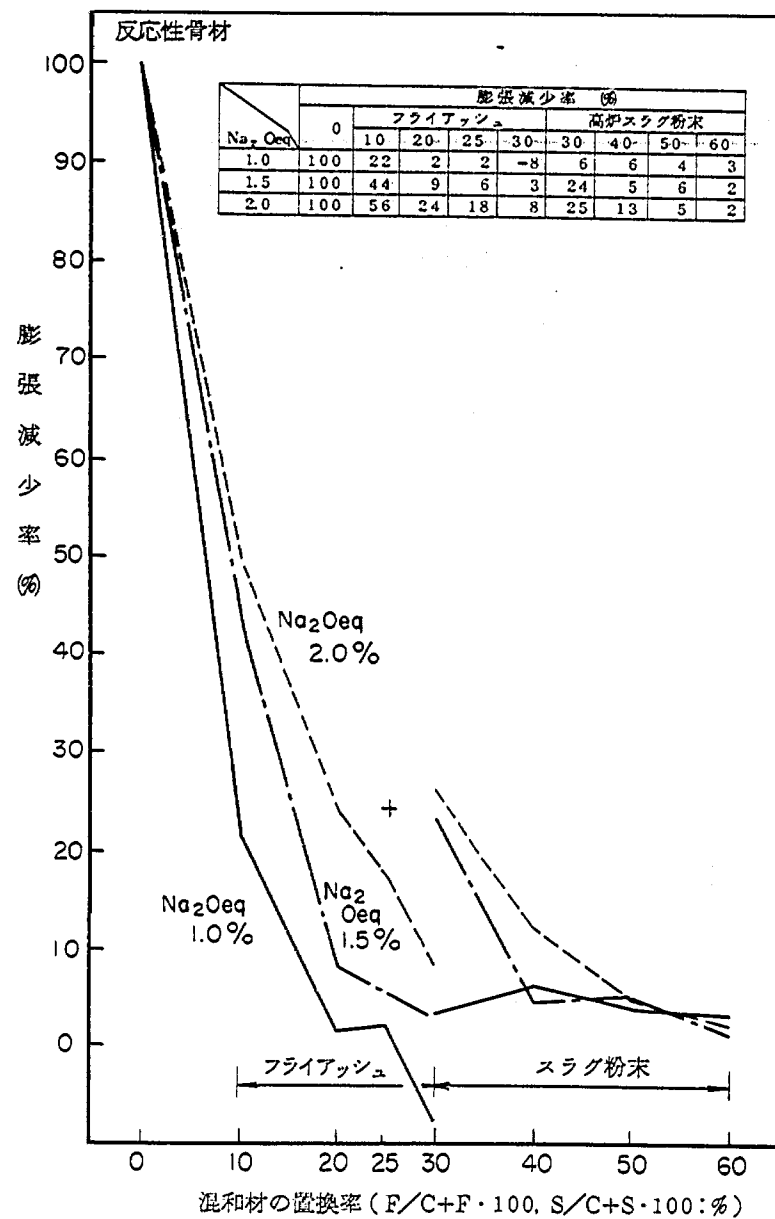


図- 3.1 8 混和材の置換率と膨張減少率の関係

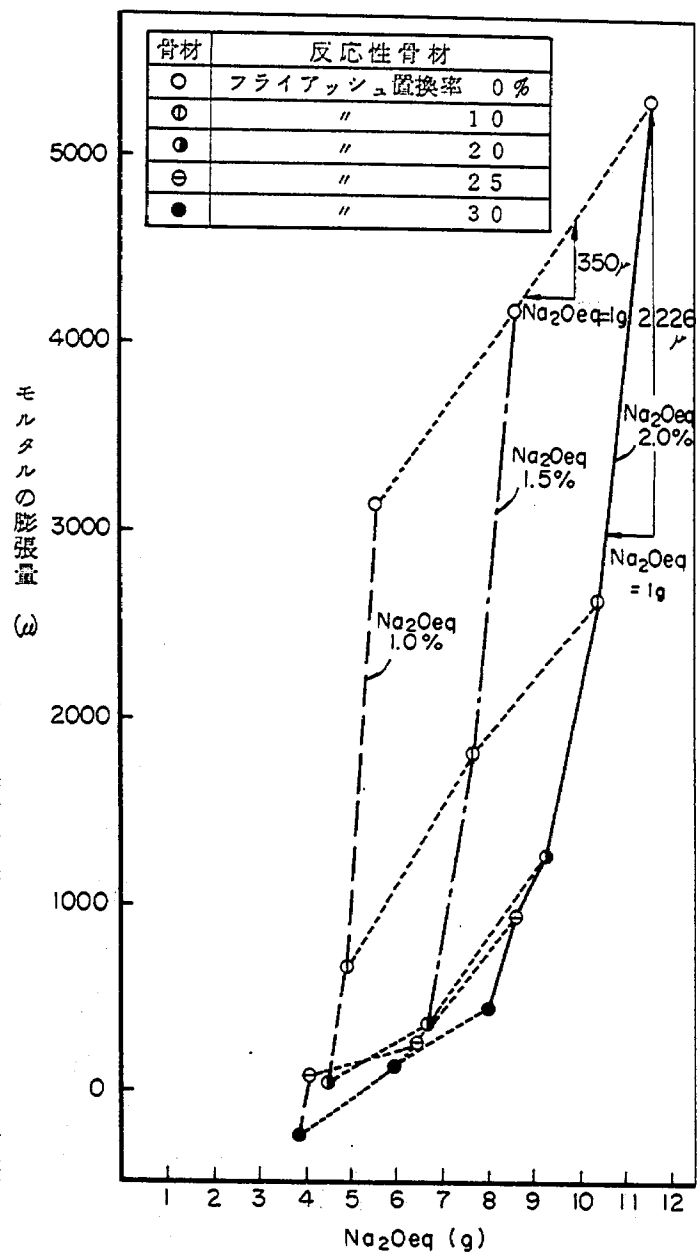


図- 3.1 9 Na_2Oeq 量とモルタルの膨張量
(その 1)

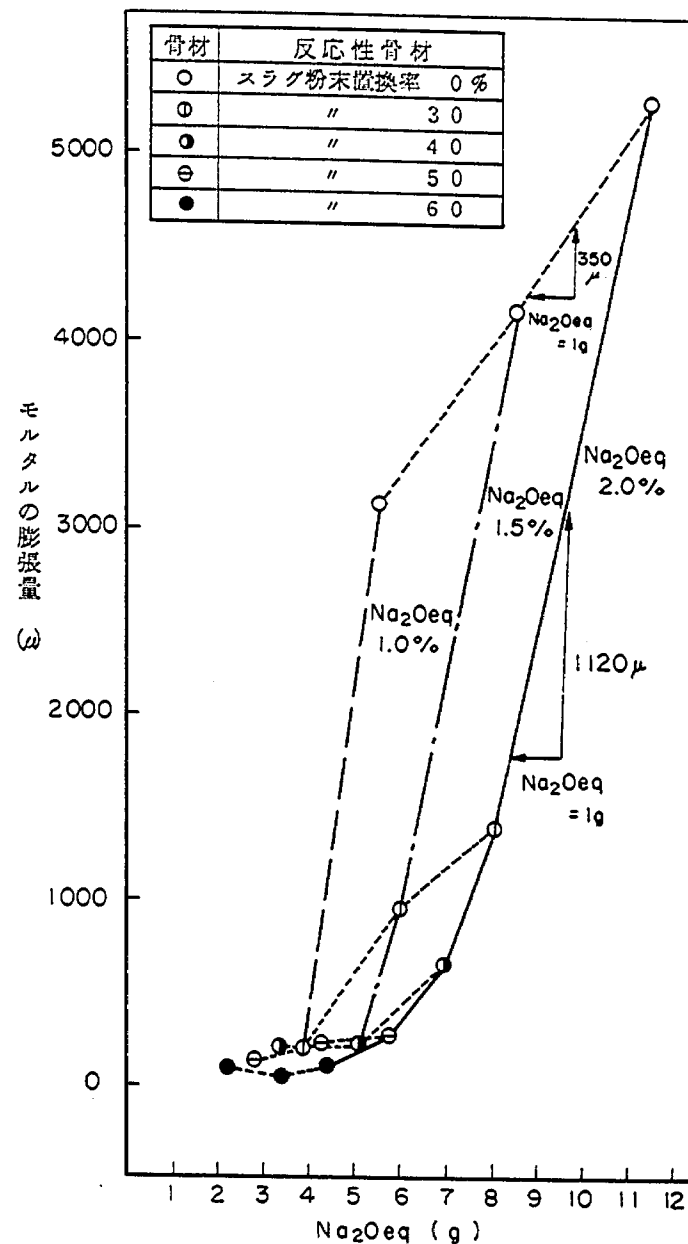


図- 3.1 9 Na_2Oeq 量とモルタルの膨張量の
関係 (その 2)

(2) コンクリートによる試験

図-3.20, 3.21にこのシリーズのベースとなる Na_2Oeq の違いによるコンクリートの経時膨脹量を示す。

反応性骨材を用いたコンクリートでは $\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$ のものが材令10週から過大な膨脹をはじめ、6ヶ月の時点では $3,000\mu$ 近くに達している。ひびわれは材令10週から徐々にあらわれ、現在に至っている(図-3.31ひびわれ状況図参照)。

笠間産骨材を用いたコンクリートでは $\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$ のものが膨脹を示した。その膨脹量は反応性骨材を使用したコンクリートに2ヶ月近く遅れた材令4ヶ月から膨脹しはじめ現在に至っている。

図-3.22に上記コンクリートの膨脹量と動弾性係数比の関係を示す。現在のところ両者とも同じ傾向を示している。この図からでは $1,000\mu$ 以上の膨脹を示さないとひびわれが確認できないが、その時点での動弾性係数比は85%程度になっており、動弾性係数の変化も反応の進行と関係していることを示している。

図-3.23, 3.27に各アルカリ量におけるフライアッシュ、スラグ粉末の置換率と膨脹量の関係を示す。また、フライアッシュを置換したコンクリートの経時膨脹を図-3.24, 3.25, 3.26に示し、スラグ粉末を置換したコンクリートの経時膨脹を図-3.28, 3.29, 3.30に示す。

フライアッシュ、スラグ粉末を置換したコンクリートではすべてのアルカリ量で膨脹を示していない。また、混和材を置換していないコンクリートも $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5\%$, 1.0% の2ケースでは膨脹を示していない。

当初計画ではAEコンクリートであったがNaOH水溶液添加のため空気量が調整できないためブレンコンクリートで試験を行ったが、 $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.0\%$ 及び 1.5% の2水準については、反応性骨材、無反応性骨材の各々についてコンクリート供試体を作製し、同様に試験を行っている。材令6ヶ月での現在、膨脹や動弾性係数の低下は認められていない。もともと、AEコンクリートは、その空気量のため膨脹を抑制する効果を有するといわれている。但し、現在のところブレンコンクリートでも挙動を示していないためその効果は不明である。

表- 3.3 コンクリートの配合

No	混和材の置換率 (F/C+F×100)		Na ₂ O (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)						スランプ (cm)	空 気 量 (%)	コンクリ ート温度 (℃)	使用骨 材		備 考	
					W	C	S	G	混 和 材	NaOH*				粗骨材	細骨材		
1	0		1.0	50	200	364	918	908	0	0	8.0	2.4	21.5	反応性 骨 材	反応性 骨 材	ブ レ ー ン コ ン ク リ ー ト	
2			1.5	46	192	349	860	1,000	0	6.84	8.5	2.8	21.0				
3			2.0	46	188	342	869	1,008	0	13.41	9.0	3.5	21.0				
4	フ ラ イ ア ッ シ ュ	10	1.0	50	200	328	912	902	36	0	9.0	1.4	20.0				
5			1.5	46	187	306	866	1,005	34	6.0	9.0	1.4	20.5				
6			2.0	46	180	294	880	1,022	33	11.53	8.0	1.8	21.0				
7		20	1.0	50	194	282	921	911	71	0	8.5	1.1	21.0				
8			1.5	46	182	265	871	1,011	66	5.25	9.0	1.2	20.0				
9			2.0	46	178	259	880	1,022	65	10.16	8.5	1.2	20.0				
10		30	1.0	50	190	241	926	913	104	0	8.5	1.0	21.0				
11			1.5	46	180	229	871	1,014	98	4.49	7.5	1.0	20.8				
12			2.0	46	174	221	882	1,027	95	8.67	7.5	1.2	20.6				
13		高 炉 ス ラ グ 粉 末	30	1.0	50	198	252	918	908	108	0	8.0	2.5				22.0
14				1.5	46	194	247	825	989	106	4.84	9.0	2.3				21.0
15				2.0	46	190	241	860	1,000	104	9.45	7.5	2.6				21.0
16	50		1.0	50	198	180	915	905	180	0	9.0	2.2	21.0				
17			1.5	46	192	174	855	992	175	3.41	8.0	2.0	20.6				
18			2.0	46	189	172	860	1,000	172	6.75	7.5	2.2	20.2				
19	60		1.0	50	195	141	921	911	213	0	8.5	2.0	21.0				
20			1.5	46	191	139	855	992	208	2.73	7.0	2.2	21.0				
21			2.0	46	188	137	866	1,000	205	5.37	7.5	2.3	21.0				
22	0		1.0	48	184	335	882	964	0	0	7.0	1.8	22.5	笠間産 砕 石	富士川 産川砂	A E コ ン ク リ ー ト	
23			1.5	45	180	327	834	1,031	0	6.41	7.5	1.8	22.0				
24			2.0	45	177	322	840	1,036	0	12.63	8.0	2.0	21.0				
25	0		1.0	47	182	331	855	951	0	0 (C×0.025)	(10.5) (9.2) 7.5	(8.3) (6.3) 6.3		反応性 骨 材	反応性 骨 材		
26	0		1.5	47	176	320	866	967	0	6.35 (C×0.013)	(7.5) 5.2	(7.2) 5.7	20.5				
27	0		1.0	45	174	316	803	993	0	0 (C×0.018)	6.1	4.0		笠間産 砕 石	富士川 産川砂		
28	0		1.5	45	177	322	797	985	0	6.89 (C×0.018)	15.5	7.0	21.5				

*) NaOHは8.219N-NaOH水溶液での単位量(L/m³)。また()内の数値はAE剤添加量(%)。
スランプ、空気量での()内の数値は繰り返し前での各々の値。

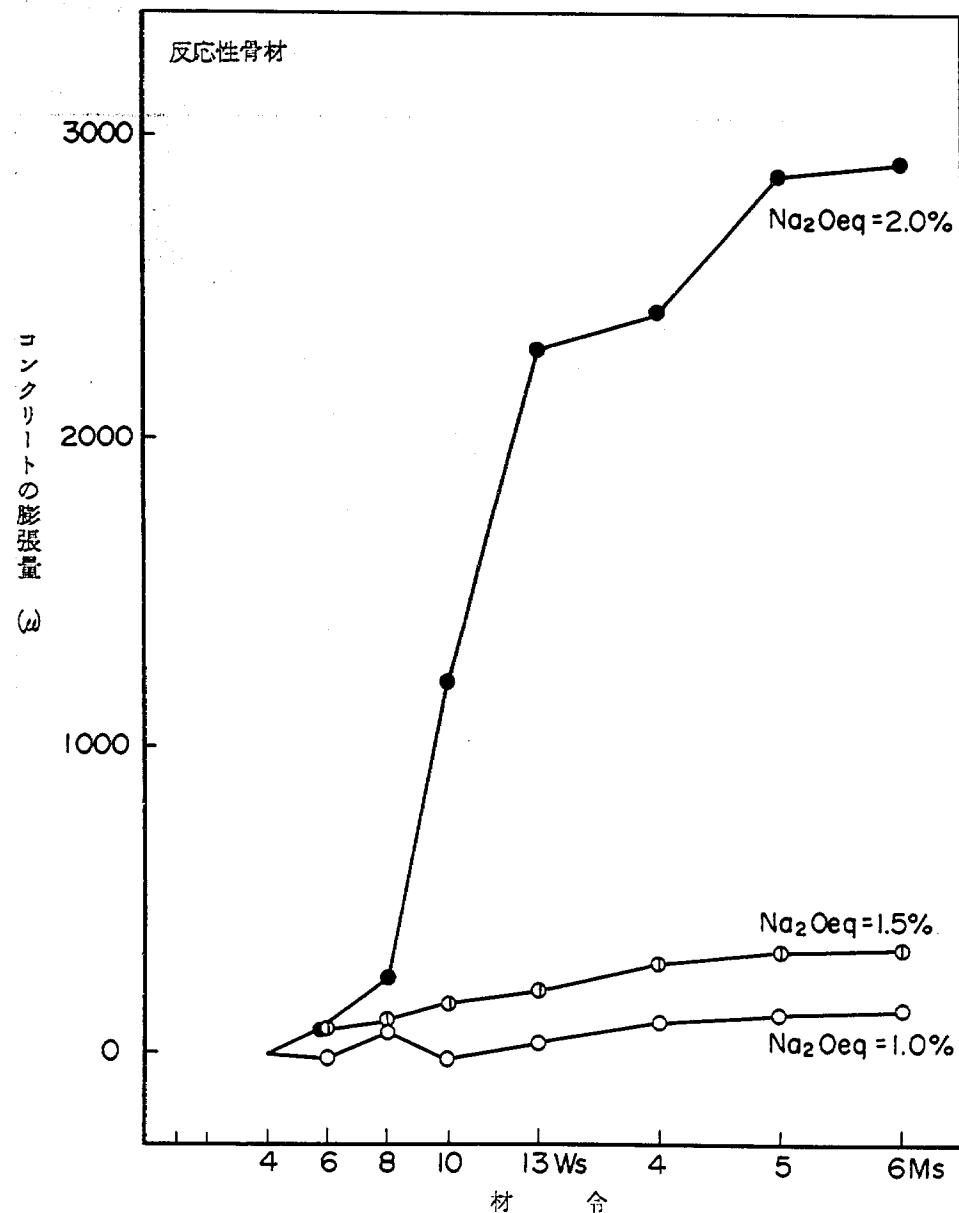


図-3.20 アルカリ3水準におけるコンクリートの経時膨張

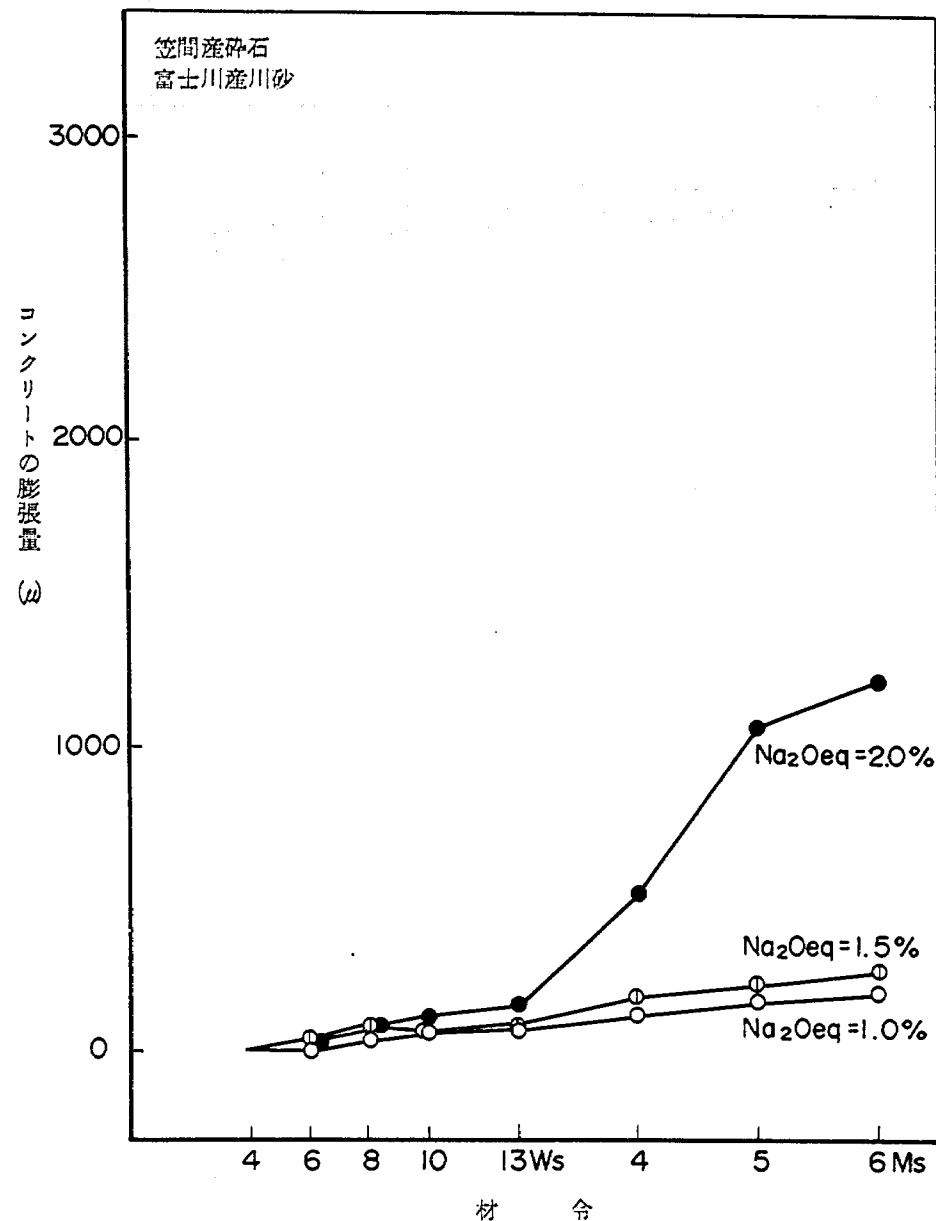


図-3.21 アルカリ3水準におけるコンクリートの経時膨張

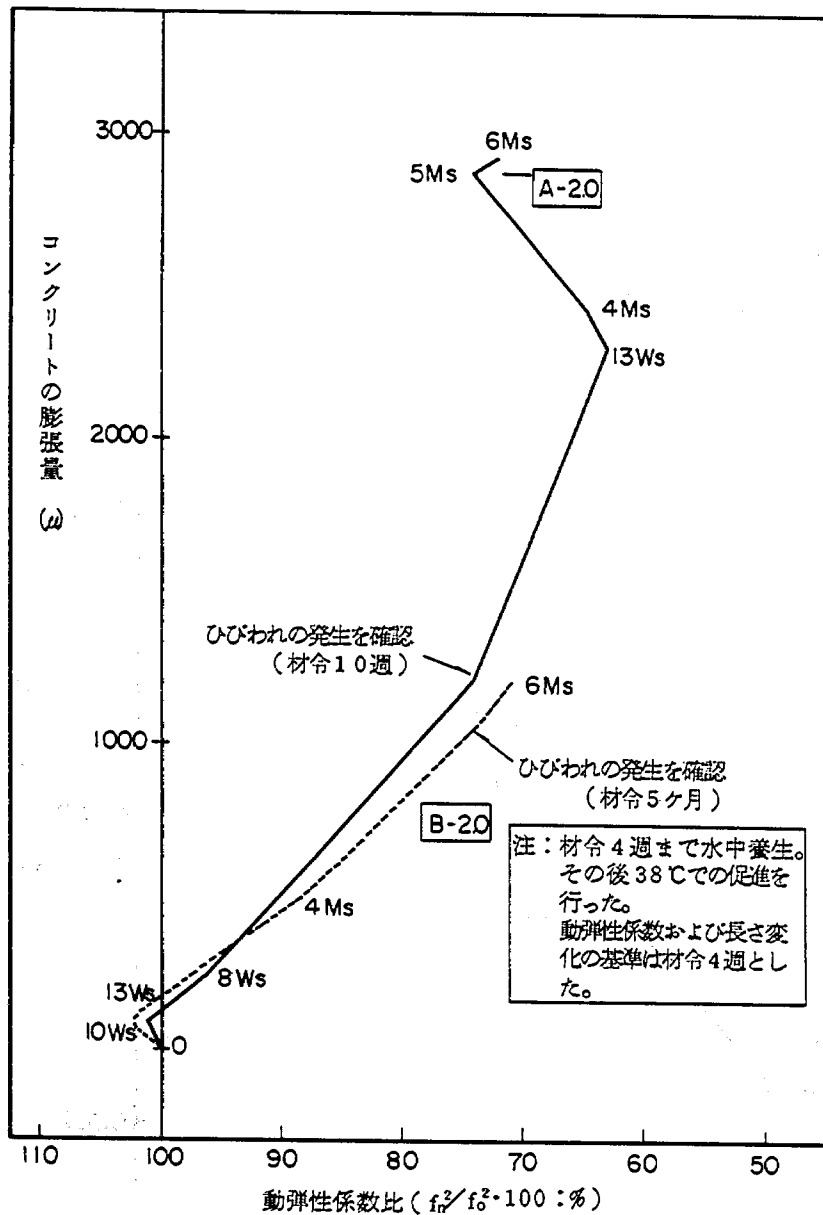


図-3.22 コンクリートの膨張量と動弾性係数比の関係

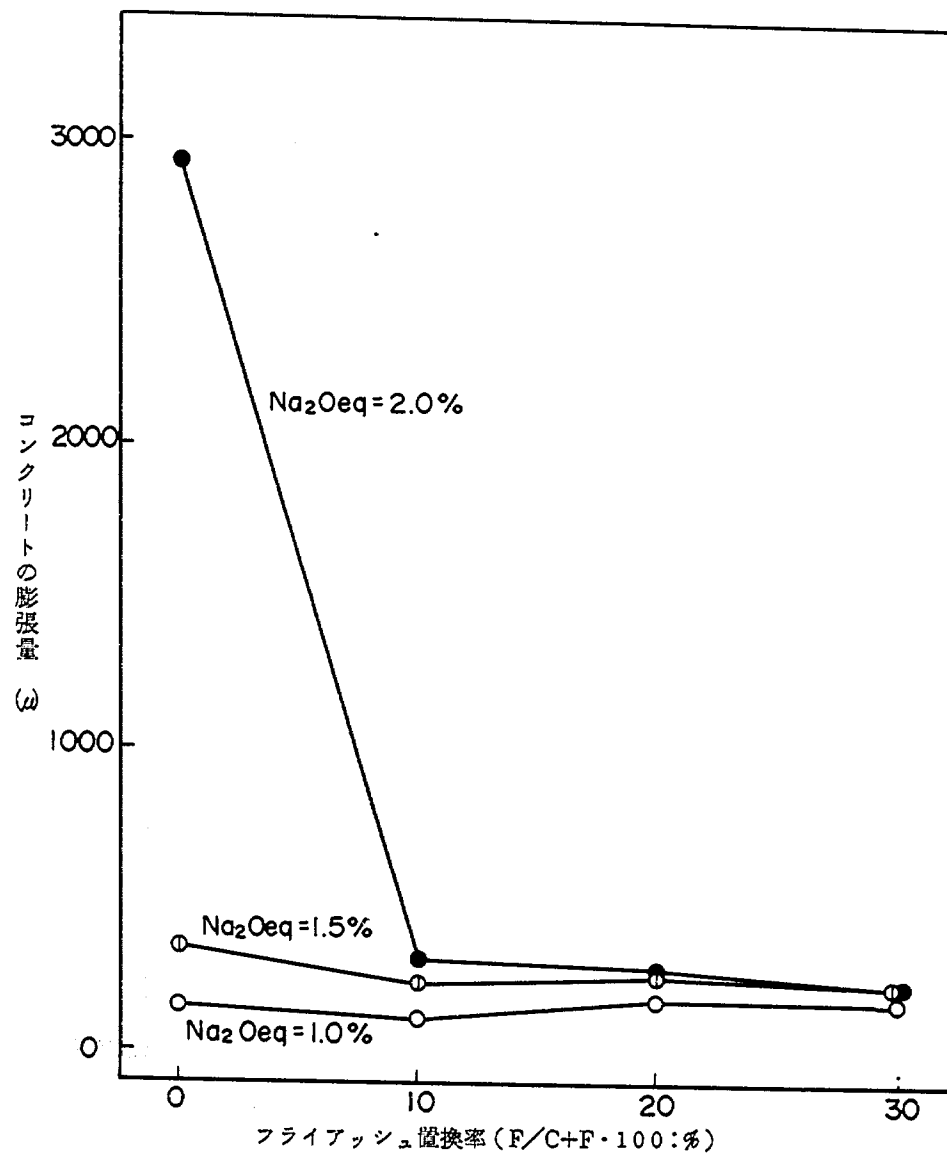


図-3.23 フライアッシュ置換率とコンクリートの膨張量の関係

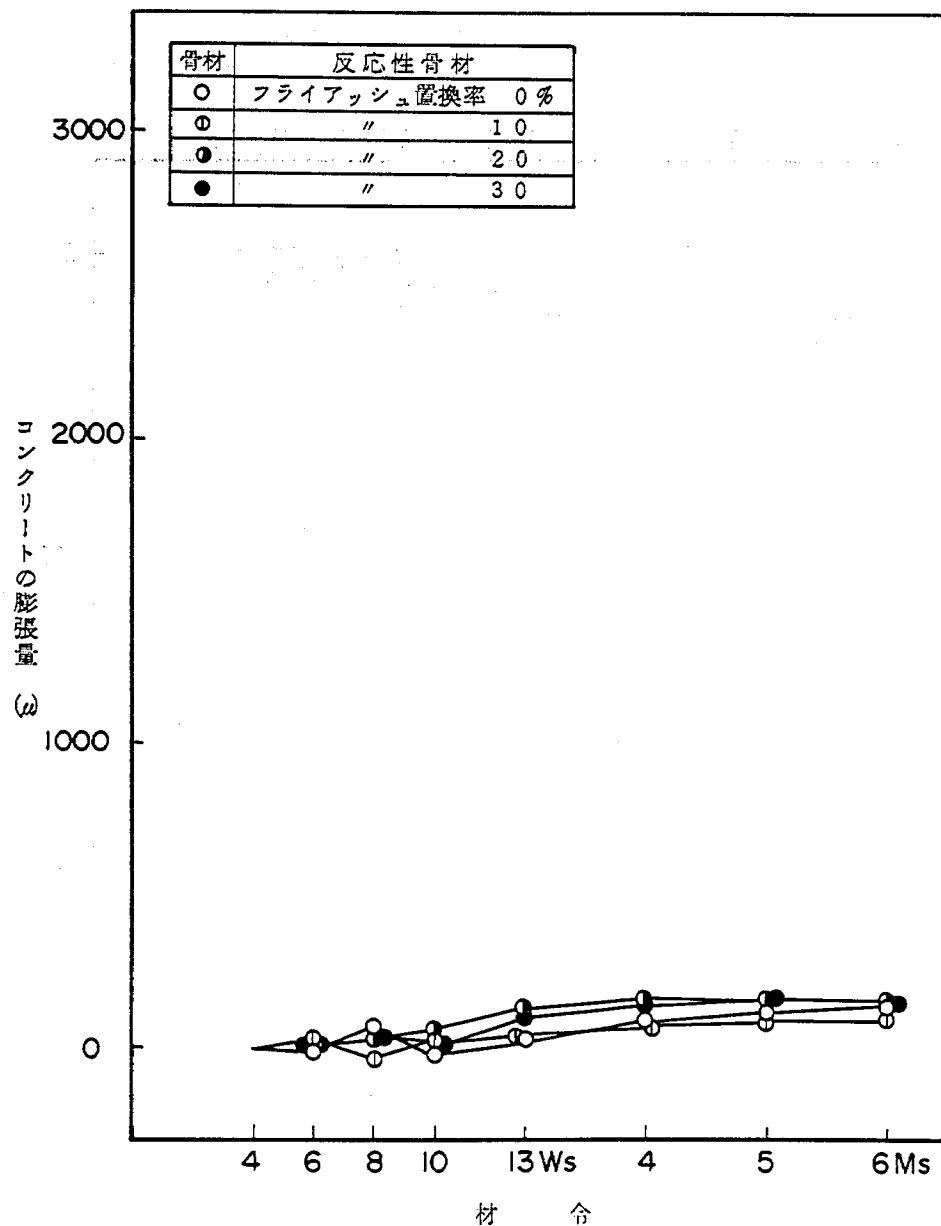


図-3.24 フライアッシュを置換したコンクリートの経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.0\%$)

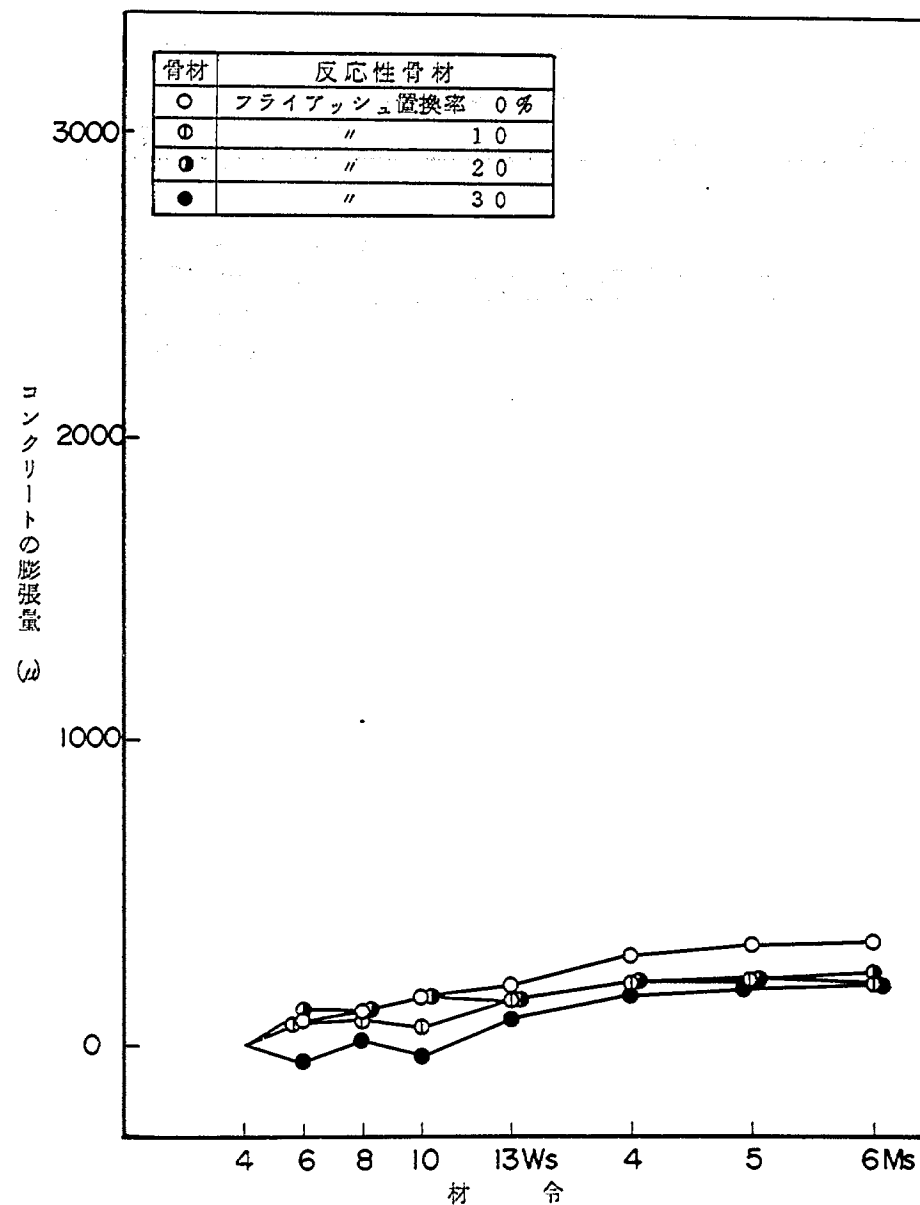


図-3.25 フライアッシュを置換したコンクリートの経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5\%$)

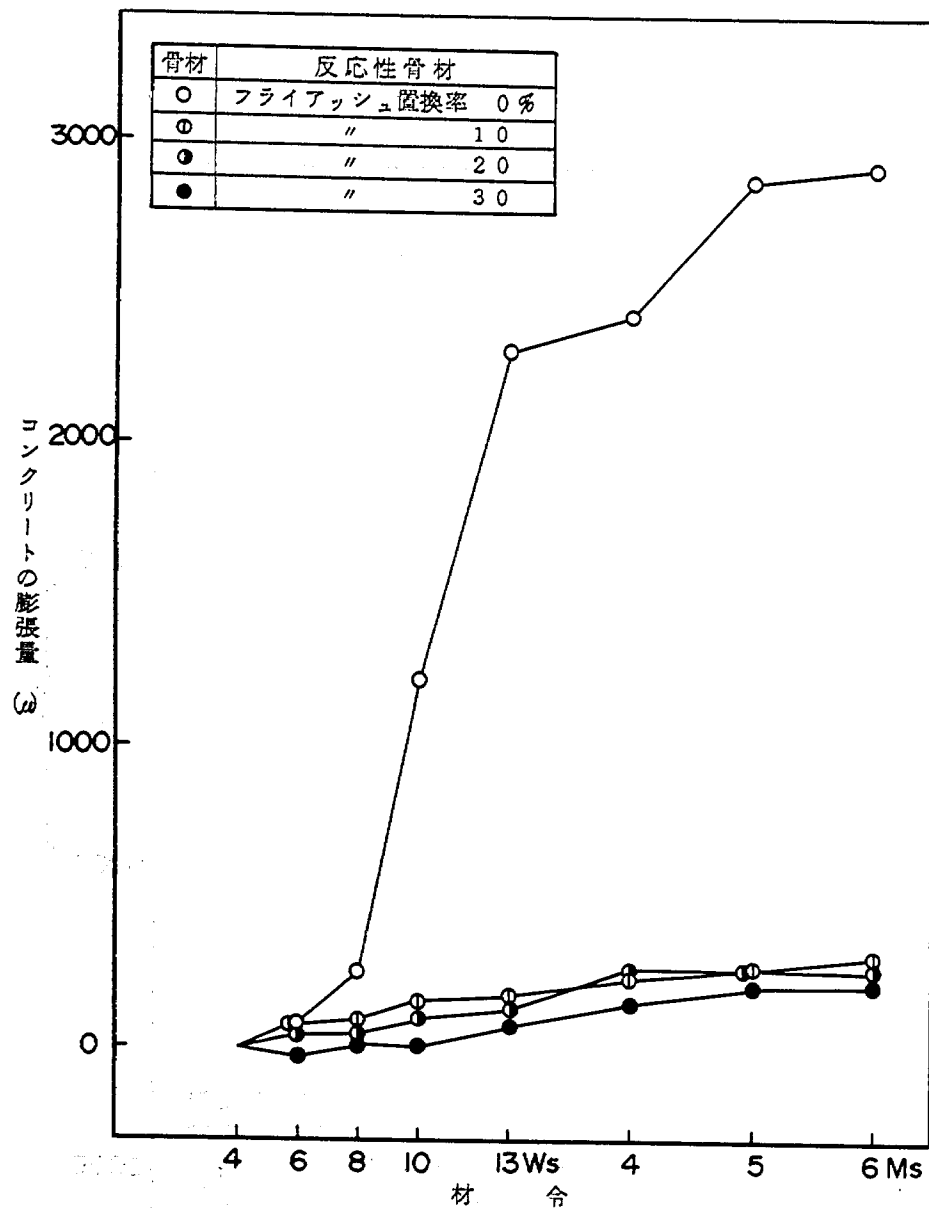


図-3.26 フライアッシュを置換したコンクリートの経時膨張 ($\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$)

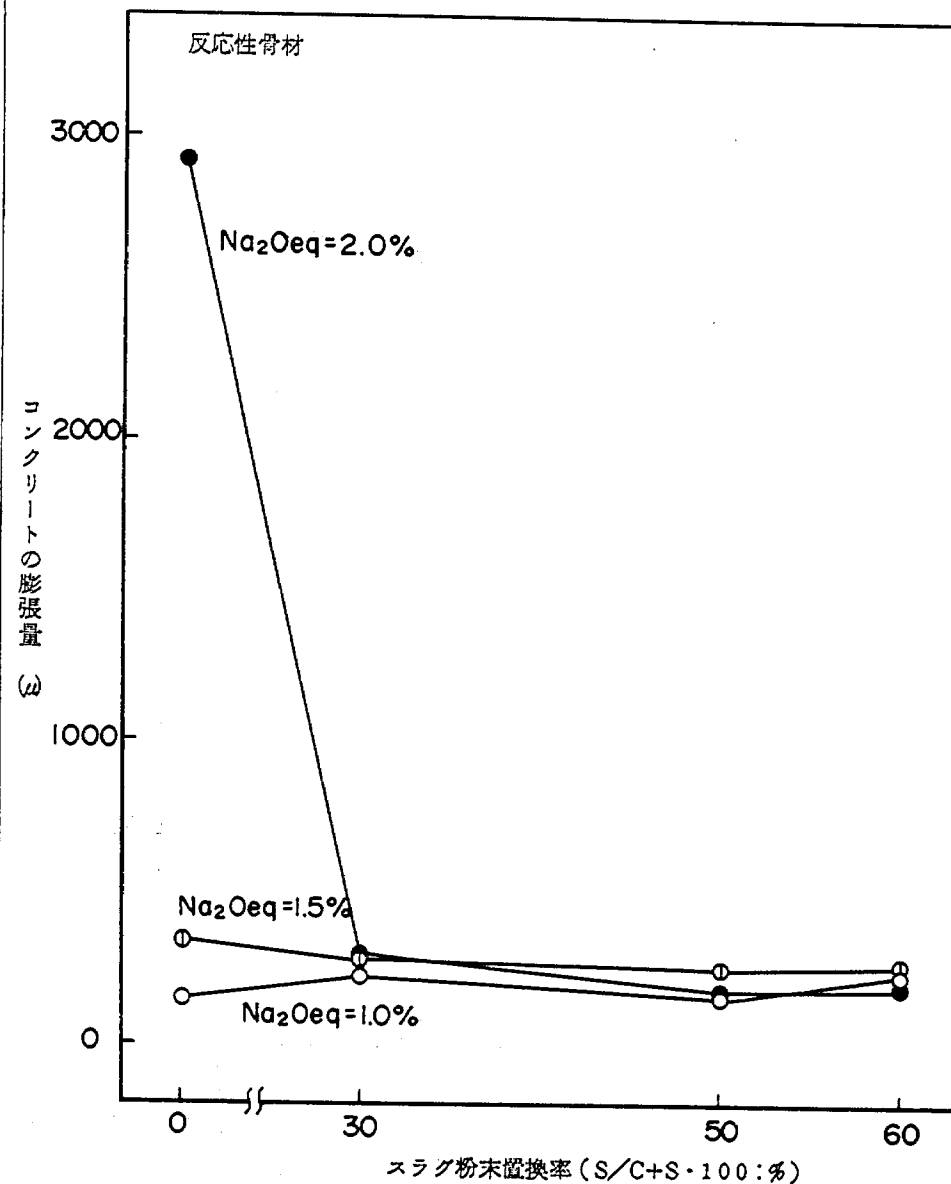


図-3.27 スラグ粉末置換率とコンクリートの膨張量の関係

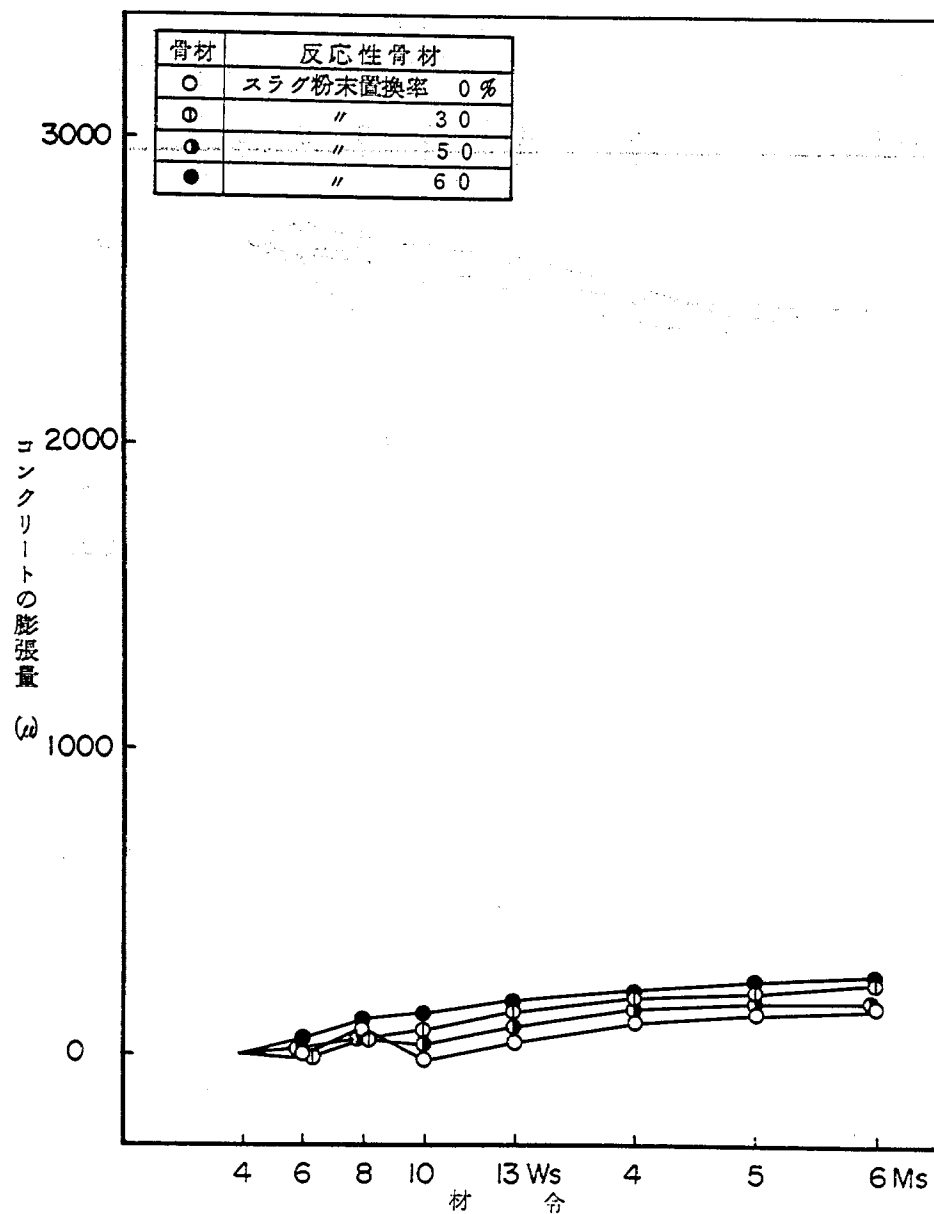


図-3.28 スラグ粉末置換におけるコンクリートの経時膨張
($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.0\%$)

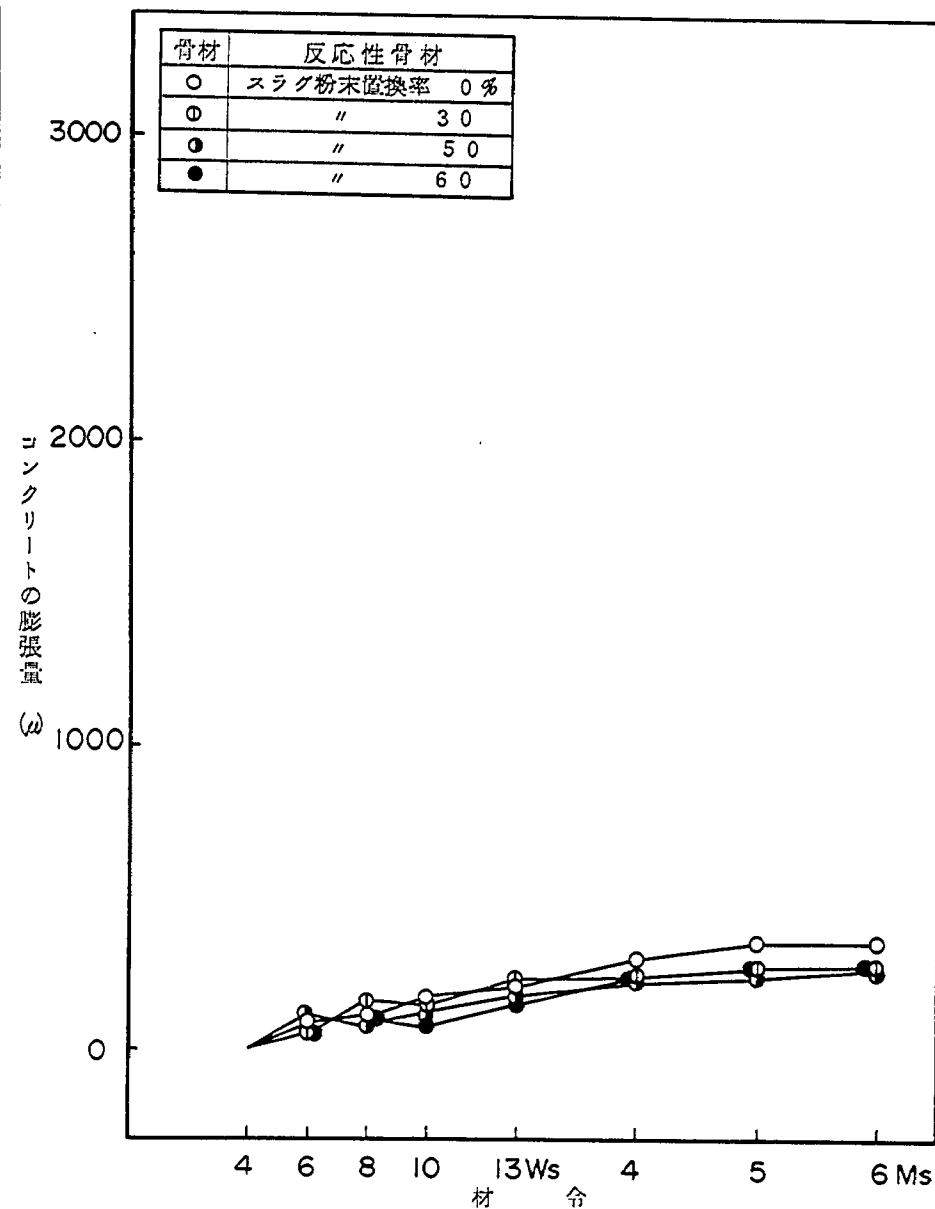


図-3.29 スラグ粉末置換におけるコンクリートの経時膨張
($\text{Na}_2\text{Oeq} = 1.5\%$)

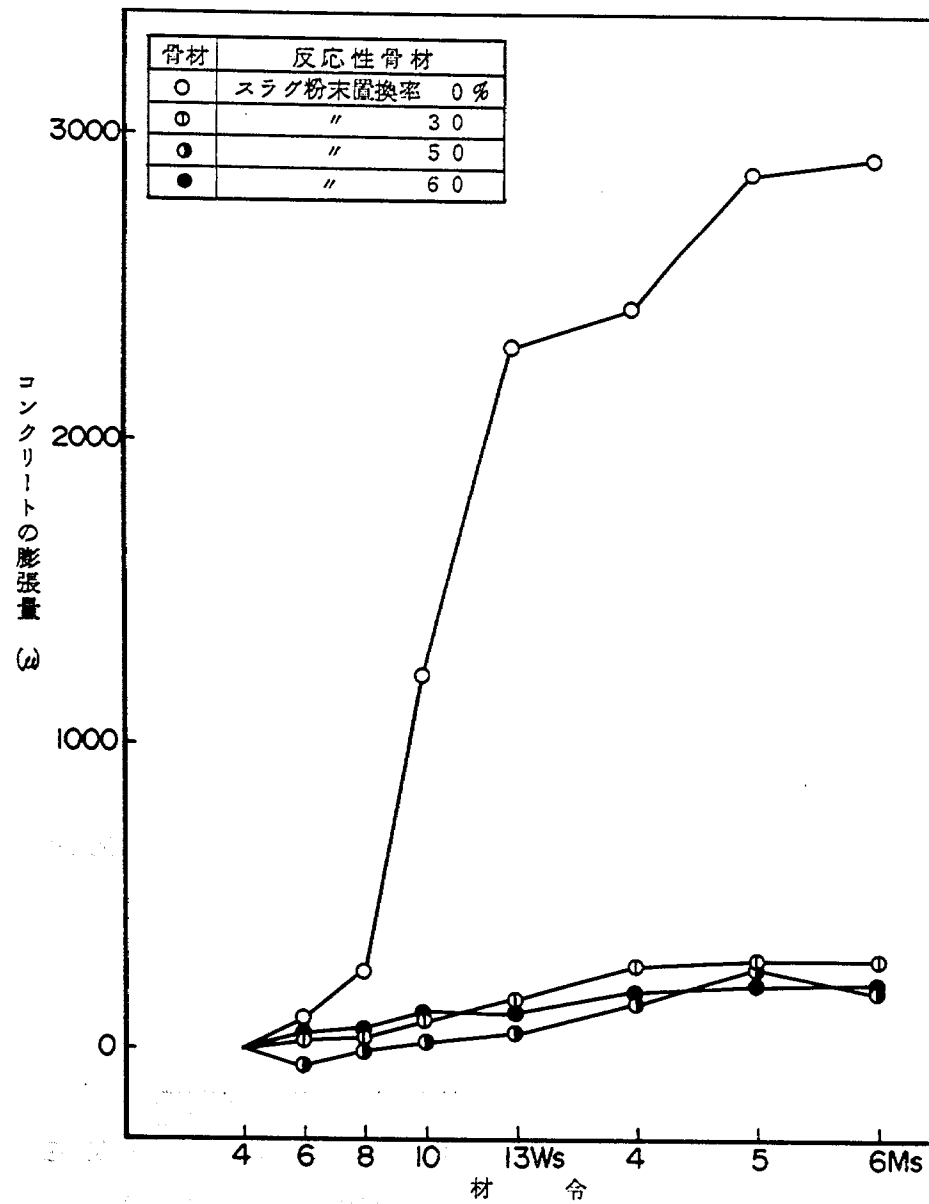


図-3.30 スラグ粉末置換におけるコンクリートの経時膨張
($\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} = 2.0\%$)

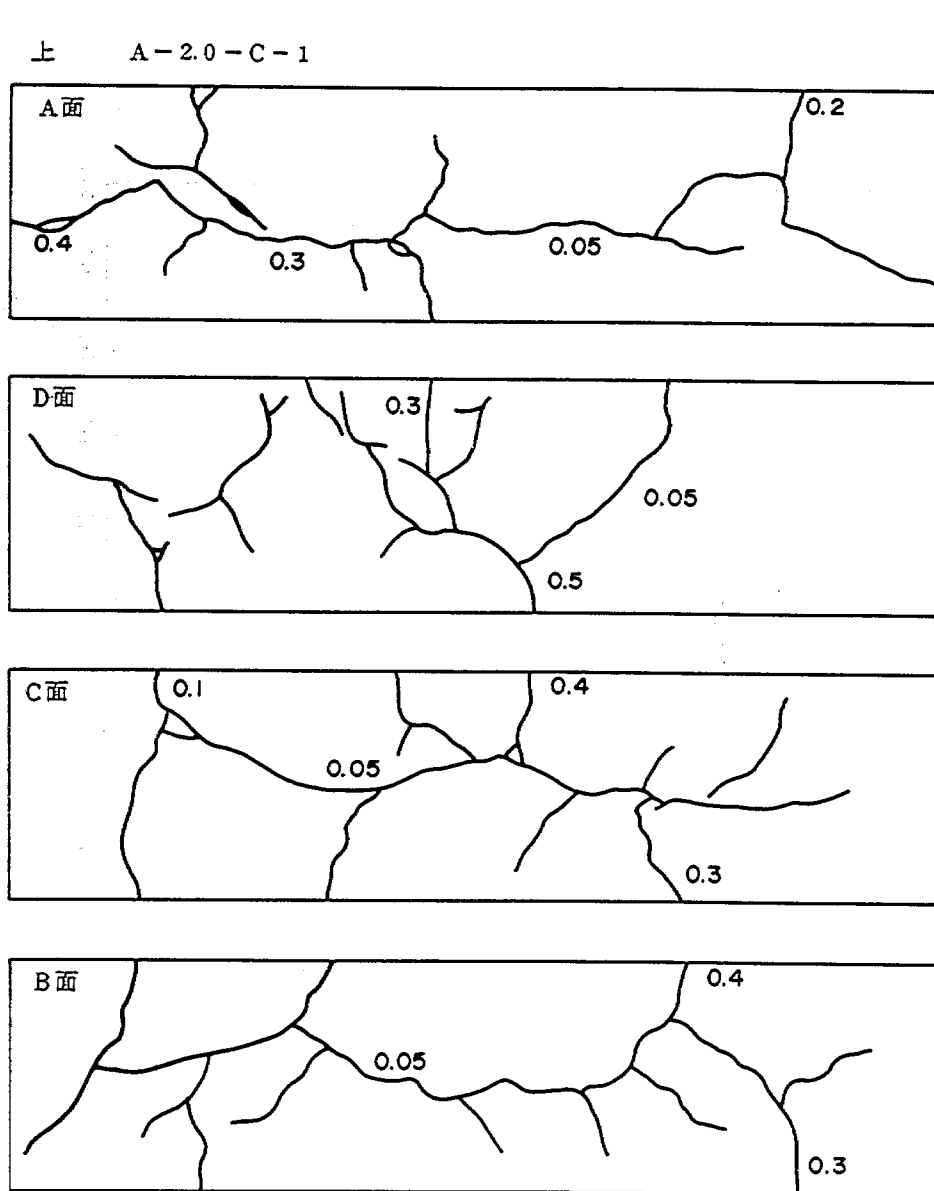


図-3.3.1 ひびわれ状況図(反応性骨材)

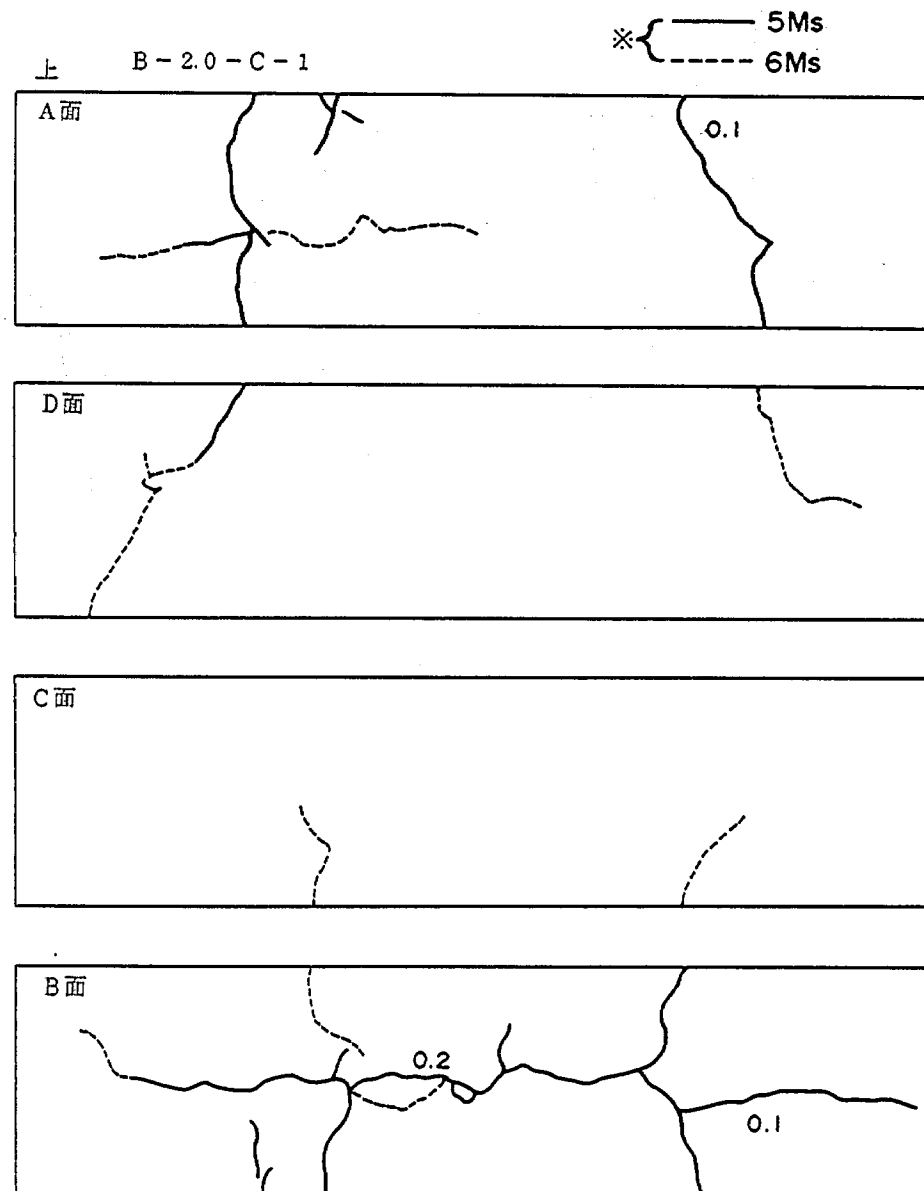


図-3.3.2 ひびわれ状況図(笠間碎石, 富士川産川砂)

4. 混和材の使用に関する一考察

混和材が A S R に及ぼす影響は先に述べたとうりであるが、それはアルカリ量の大小によって膨脹が抑制される混和材の量は違ってくるというものだった。そこでその関係を求めるため、ここでは混和材量あたりのアルカリ量 (A/F もしくは A/S) と膨脹量の関係を求めてみた (図-4.1)。

図-4.1 によれば、フライアッシュでは $A/F=8.1\%$ 以下でモルタルの膨脹量は ASTM の基準である $1000\mu/6$ 月以下となる。スラグ粉末では $A/S=3.7\%$ である。ここに膨脹量が $1,000\mu$ 以下となる A/F , A/S をそれぞれ限界 A/F 値, 限界 A/S 値と呼ぶこととする。

図-4.2 はセメントのアルカリ量の違いによる A/F , A/S と混和材の置換量の関係を示したものである。図中には図-4.1 で示された限界 A/F 値, A/S 値を示した。

これによれば、セメントの $Na_2 O_{eq}=1.0\%$ の場合モルタルの膨脹量をフライアッシュを用いて $1,000\mu$ 以下にするには 11% 以上の置換が必要となり、スラグ粉末では 21% 以上の置換が必要となる。しかし、この限界 A/F 値及び限界 A/S 値は最小二乗法で求めた数値であり、各々にバラツキがあるため、実際には破線の数値まで下げるべきであろう。

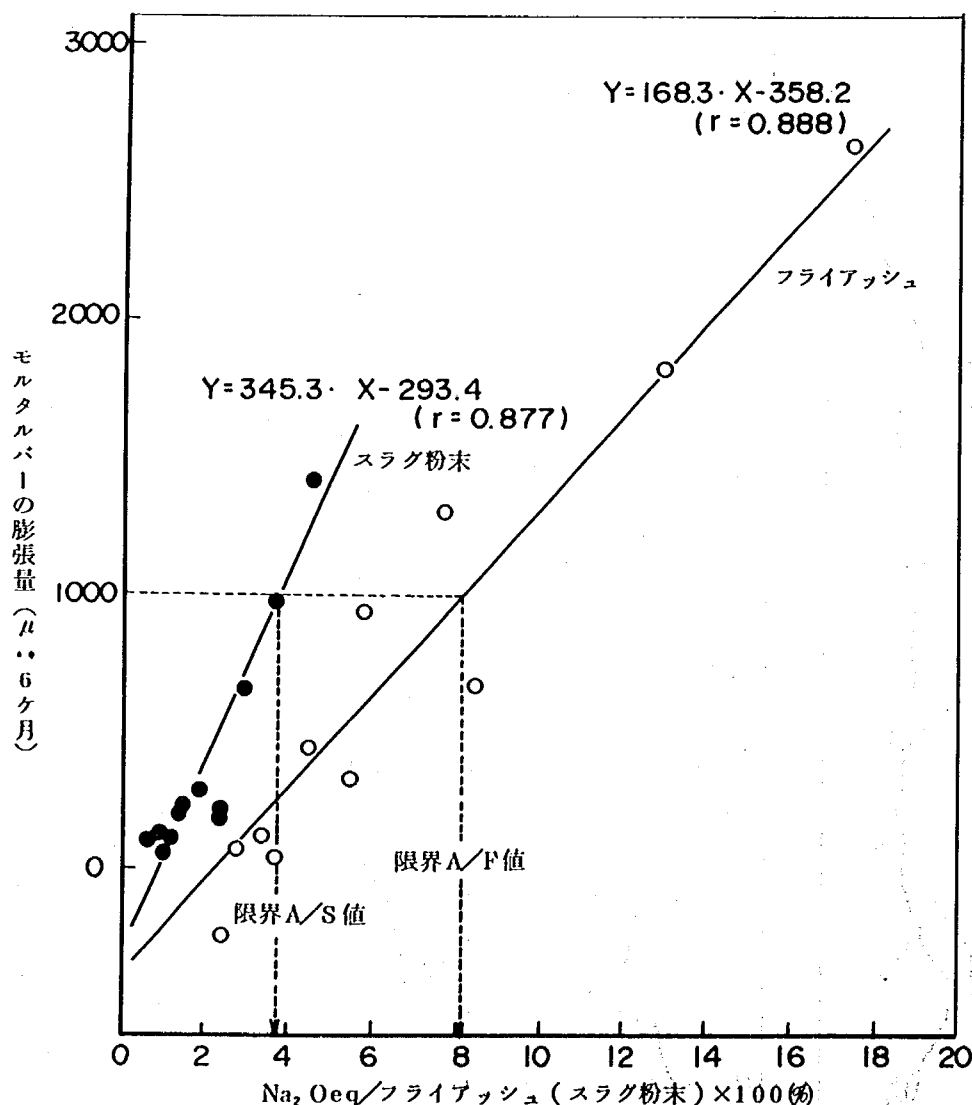


図-4.1 A/F (A/S) とモルタルの膨脹量の関係

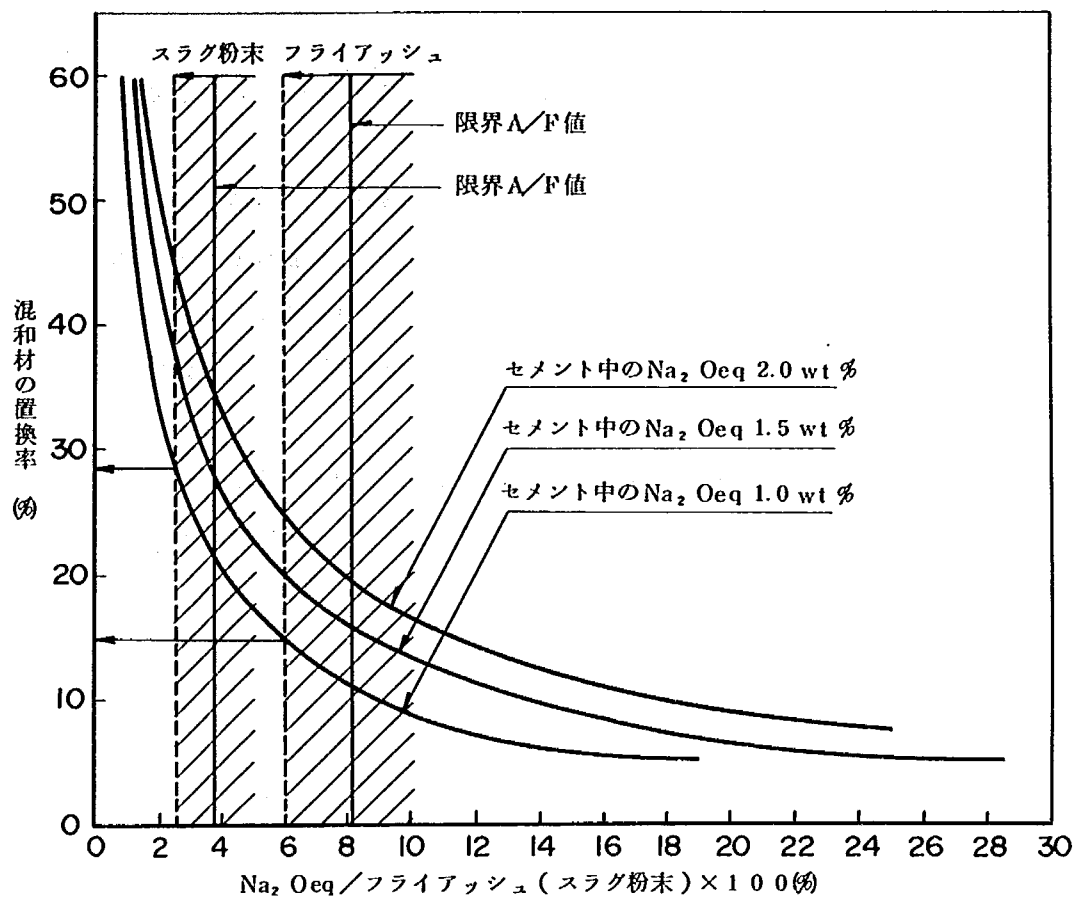


図-4.2 セメントのアルカリ量の違いによるA/F (A/S)と混和材の置換率との関係

5. ASRにおけるモルタルとコンクリートの膨脹量の関係

材令6ヶ月でのモルタルの膨脹量とコンクリートの膨脹量の関係を図-5.1に示す。

コンクリートの膨脹量は大きくともモルタルの膨脹量の $1/2$ くらいであることがわかり、ほとんどはそれ以下である。

図-5.2はモルタルおよびコンクリートがともに膨脹したA-2.0, B-2.0の2ケースについて、それぞれの膨脹を経時的に示したものである。

A-2.0, B-2.0のいずれにおいても、経時的にもコンクリートの膨脹量はモルタルの膨脹量の $1/2$ くらいであることがわかる。これは、コンクリートのアルカリ量がモルタルのアルカリ量の約 $1/2$ であるためと考えられる。そこで、これを確認するためにコンクリートとモルタルの双方で膨脹したケースで、またコンクリートとモルタルの Na_2Oeq 量がほぼ同じものを選んで図示したのが図-5.3である。

モルタルおよびコンクリートの双方で膨脹を示し、また反応性の骨材を使用したものは、よくにかよった経時の膨脹を示している。だが、 Na_2Oeq 量はほぼ同じだが、無反応の骨材ではモルタルで膨脹せず、コンクリートで膨脹を示した。

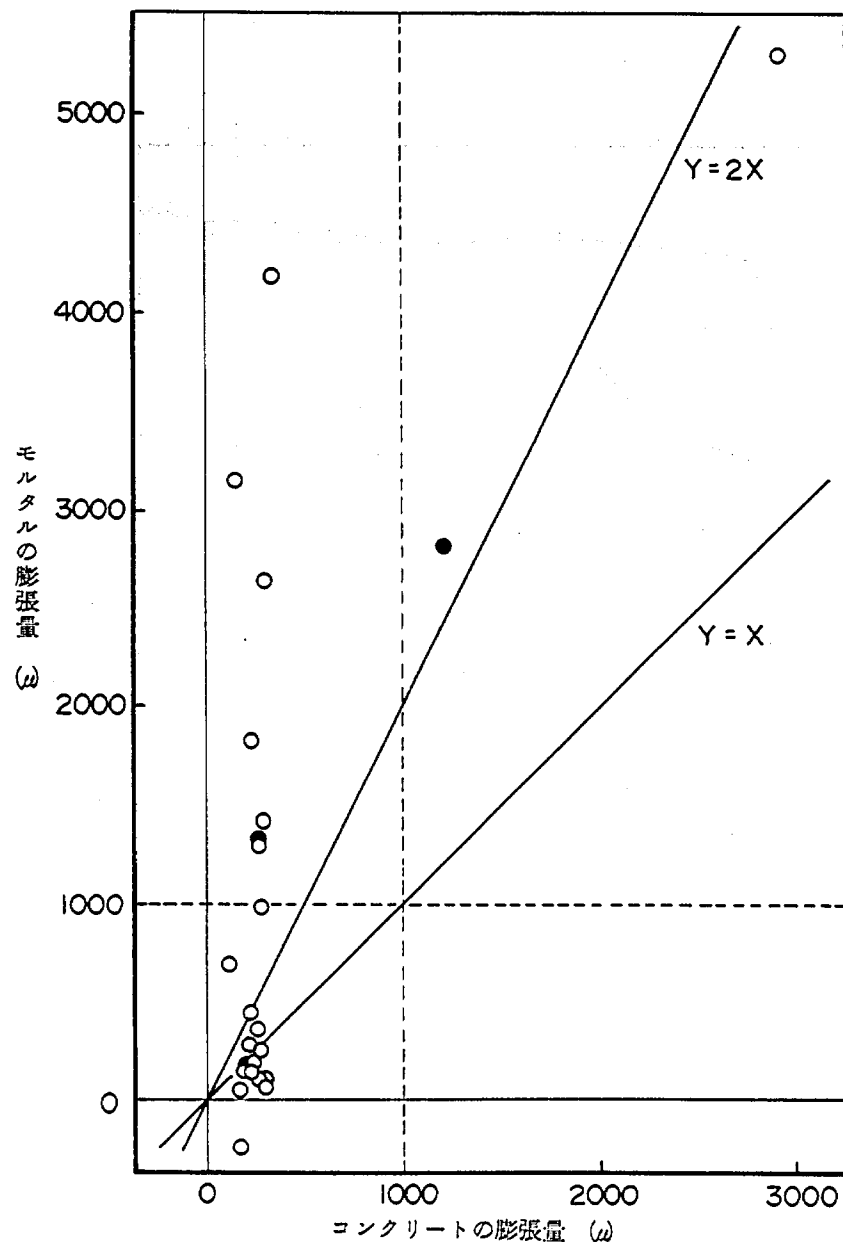


図-5.1 コンクリートとモルタルの膨張量の関係

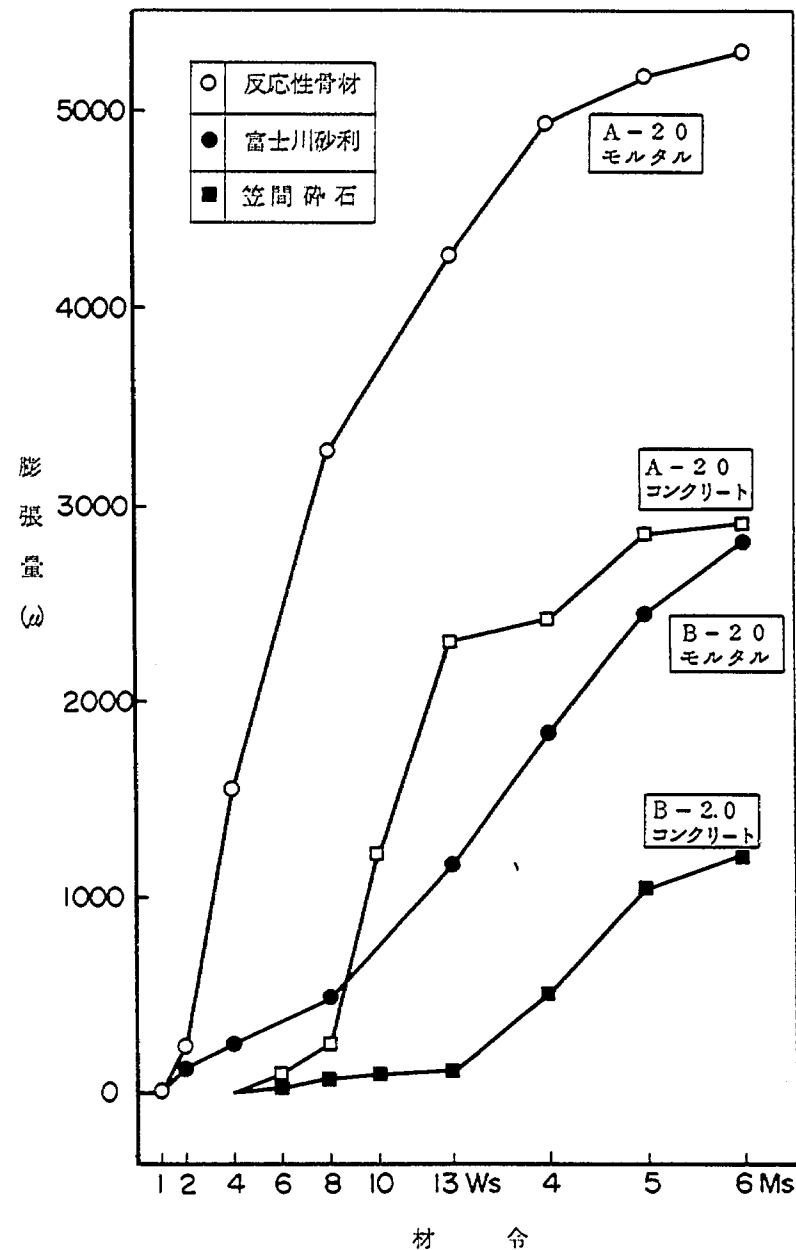


図-5.2 モルタルとコンクリートの経時膨張

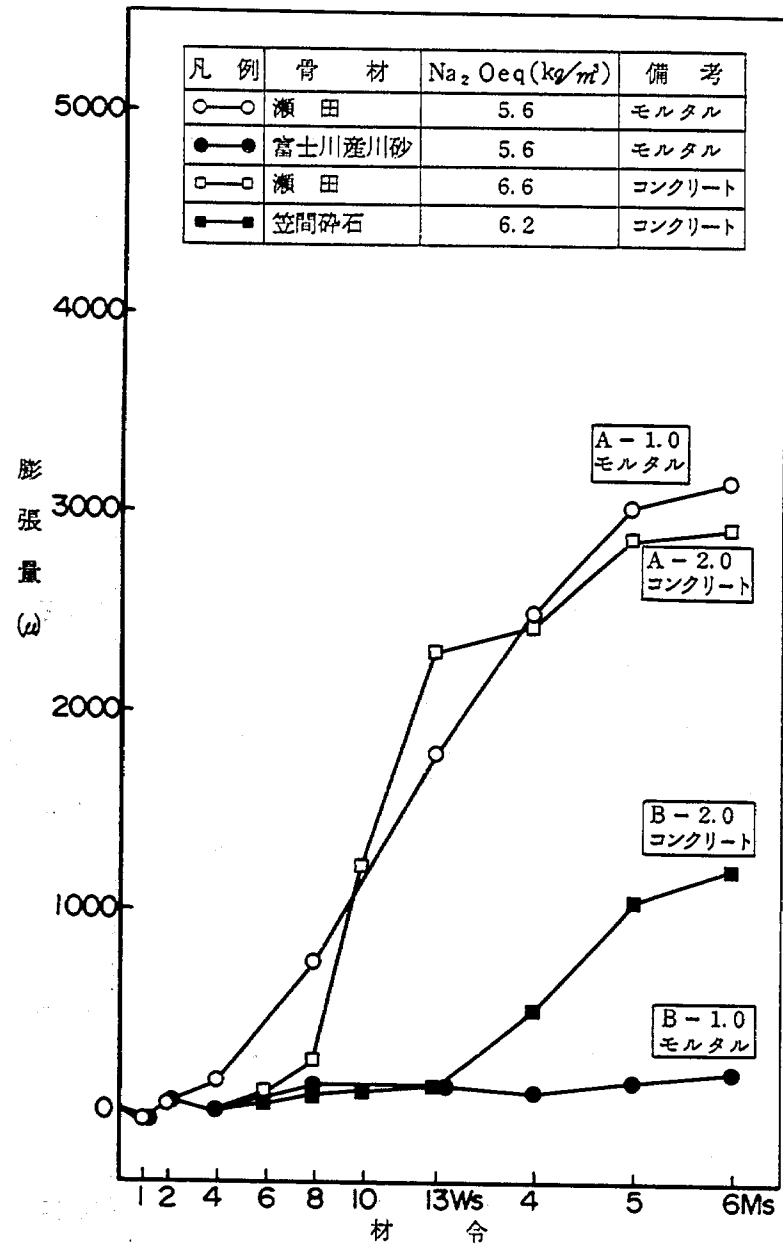


図-5.3 モルタルとコンクリートの Na_2Oeq が同じケースでの経時膨張

あ と が き

反応性骨材について、フライアッシュ・高炉スラグ粉末を用いて膨張抑制効果の試験を行い、その結果、本試験で利用した材料での範囲内で以下の事が明らかとなった。

- (1) 試験に用いた反応性骨材はセメントの $\text{Na}_2\text{Oeq} = 1\%$ で $2,000\mu$ 以上（材令 6 ヶ月）の膨脹を示すものであるが、 $\text{Na}_2\text{Oeq} = 0.76\%$ では 500μ の膨脹しか示さず、低アルカリセメント（ $\text{Na}_2\text{Oeq} = 0.6\%$ 以下）では 250μ まで膨脹量は減少した。
- (2) モルタルバー、コンクリート供試体のいずれの試験においてもフライアッシュ 30% の置換、あるいは高炉スラグ粉末 50% の置換で、たとえセメントの $\text{Na}_2\text{Oeq} = 2.0\%$ であっても膨脹は抑制されるという結果を示している。またセメントの Na_2Oeq が 1.0% であればこの位はフライアッシュで 20%、高炉スラグでは 30% の置換えでよい。
- (3) フライアッシュ、高炉スラグ粉末の置換率、セメントの Na_2Oeq 量及びモルタルの膨脹量の関係は Na_2Oeq / ボゾラン量とモルタルの膨脹量で示した場合比例関係で表わされる。すなわち、 Na_2Oeq / ボゾラン量の増はモルタルの膨脹量の増加につながる。
- (4) ここで用いた反応性骨材は、モルタルとコンクリートの Na_2Oeq 量を同じにすることによってほぼ同じ膨脹量を示し、通常のコンクリートの配合と A S T M でのモルタルバー法での配合で比較するとコンクリートの膨脹量はモルタルの膨脹量の約 1 / 2 以下である。
- (5) 促進試験期間がまだ 6 ヶ月であるのでさらに長期材令、あるいは材料を変えても同様な結果となるかどうかは今後の課題である。

——参考資料——

附錄

資-1 膨脹抑制に関するシリーズでのモルタルの経時膨脹量一覧

(μ)

		基準値		1 W_s		2 W_s		4 W_s		8 W_s		13 W_s		4 M_s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-0	1	1,192	0	1,181	-79	1,198	43	1,214	157	1,275	593	1,432	1,714	1,537	2,464
	2	1,222	0	1,215	-50	1,225	21	1,242	143	1,330	771	1,466	1,743	1,561	2,421
	3	1,217	0	1,216	-7	1,222	35	1,238	150	1,340	879	1,490	1,950	1,583	2,614
	平均		0		-45		33		150		748		1,802		2,500
A-1.5-0	1	1,417	0	1,396	-150	1,438	150	1,560	1,021	1,761	2,457	1,865	3,200	1,915	3,557
	2	1,300	0	1,305	-36	1,312	86	1,407	764	1,623	2,307	1,758	3,271	1,833	3,807
	3	1,275	0	1,256	-136	1,284	64	1,378	736	1,558	2,021	1,705	3,071	1,765	3,500
	平均		0		-83		100		840		2,252		3,181		3,621
A-2.0-0	1	1,741	0	1,747	43	1,771	214	1,948	1,479	2,194	3,236	2,304	4,021	2,423	4,871
	2	1,340	0	1,338	-14	1,359	146	1,566	1,614	1,811	3,364	1,965	4,464	2,051	5,079
	3	1,631	0	1,630	-7	1,661	214	1,854	1,593	2,091	3,286	2,243	4,371	2,317	4,900
	平均		0		7		188		1,562		3,295		4,285		4,950
A-1.0-F10	1	1,400	0	1,387	-93	1,390	-71	1,402	14	1,410	71	1,416	114	1,423	164
	2	1,273	0	1,262	-79	1,275	14	1,282	64	1,292	136	1,306	236	1,330	407
	3	1,276	0	1,274	-14	1,282	43	1,287	79	1,296	143	1,305	207	1,314	271
	平均		0		-62		-5		52		117		186		281

		5 M_s		6 M_s											
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-0	1	1,602	2,929	1,616	3,029										
	2	1,661	3,136	1,676	3,243										
	3	1,642	3,036	1,669	3,229										
	平均		3,034		3,167										
A-1.5-0	1	1,977	4,000	2,005	4,200										
	2	1,876	4,114	1,905	4,321										
	3	1,806	3,807	1,839	4,029										
	平均		3,974		4,183										
A-2.0-0	1	2,457	5,114	2,473	5,229										
	2	2,084	5,314	2,100	5,429										
	3	2,352	5,150	2,370	5,279										
	平均		5,193		5,312										
A-1.0-F10	1	1,433	236	1,447	336										
	2	1,371	700	1,435	1,157										
	3	1,329	379	1,355	564										
	平均		438		686										

		基 準 値		1 W _s		2 W _s		4 W _s		8 W _s		13 W _s		4 M _s	
		読 み	変 化 率	読 み	変 化 率	読 み	変 化 率	読 み	変 化 率	読 み	変 化 率	読 み	変 化 率	読 み	変 化 率
A-1.5-F20	1	973	0	950	-164	967	-43	979	43	990	121	1,002	207	1,009	257
	2	677	0	665	- 86	674	-21	684	50	695	129	705	200	715	271
	3	1,210	0	1,190	-143	1,205	-36	1,215	36	1,228	126	1,238	200	1,245	250
	平均		0		-131		-33		43		126		202		259
A-2.0-F20	1	1,384	0	1,382	- 14	1,392	57	1,406	157	1,443	421	1,480	686	1,513	921
	2	1,285	0	1,280	- 36	1,288	21	1,301	114	1,339	386	1,375	643	1,408	879
	3	1,617	0	1,615	- 14	1,626	64	1,637	143	1,692	536	1,710	664	1,744	907
	平均		0		- 21		47		138		448		664		902
A-1.0-F25	1	775	0	770	- 36	777	14	777	14	784	64	784	64	785	71
	2	1,222	0	1,210	- 86	1,222	0	1,227	36	1,237	107	1,253	221	1,238	114
	3	1,039	0	1,036	- 21	1,040	7	1,040	7	1,047	57	1,050	79	1,029	-71
	平均		0		- 48		7		19		76		121		38
A-1.5-F25	1	1,760	0	1,745	-107	1,755	36	1,766	43	1,775	107	1,776	114	1,784	171
	2	1,464	0	1,447	-121	1,460	29	1,470	43	1,478	100	1,483	136	1,489	179
	3	1,446	0	1,435	- 79	1,442	29	1,457	79	1,467	150	1,469	164	1,476	214
	平均		0		-102		31		55		119		138		188

[illegible]

		基準値		1 W _s		2 W _s		4 W _s		8 W _s		13 W _s		4 M _s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-F25	1	1.290	0	1.280	-71	1.291	7	1.307	121	1.324	243	1.355	464	1.376	614
	2	1.140	0	1.118	-157	1.127	93	1.141	7	1.167	193	1.206	471	1.230	643
	3	1.255	0	1.246	-64	1.264	64	1.280	179	1.300	321	1.338	593	1.363	771
	平均		0		-97		55		102		252		509		676
A-1.0-F30	1	1.001	0	979	-157	992	-64	1.008	-50	1.014	93	1.011	71	1.012	79
	2	1.377	0	1.288	-636	1.282	-679	1.293	-600	1.298	-564	1.299	-557	1.301	-543
	3	1.432	0	1.351	-579	1.360	-514	1.370	-443	1.373	-421	1.373	-421	1.383	-350
	平均		0		-457		-419		-364		-297		-302		-271
A-1.5-F30	1	1.574	0	1.554	-143	1.566	-57	1.572	14	1.575	7	1.578	29	1.578	29
	2	1.580	0	1.577	-21	1.580	0	1.585	36	1.590	71	1.593	93	1.593	93
	3	1.543	0	1.525	-129	1.540	-21	1.547	29	1.553	71	1.559	114	1.560	121
	平均		0		-98		-26		17		50		79		81
A-2.0-F30	1	572	0	567	-36	573	7	577	36	591	136	603	221	609	264
	2	983	0	971	-86	984	7	988	36	1.000	121	1.010	193	1.019	257
	3	773	0	763	-71	771	-14	781	57	795	157	805	229	816	307
	平均		0		-64		0		43		138		214		276

[illegible]

		基準値		1 W _s		2 W _s		4 W _s		8 W _s		13 W _s		4 M _s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-S50	1	1.472	0	1.460	-86	1.480	57	1.482	71	1.492	143	1.499	193	1.494	157
	2	1.452	0	1.449	-21	1.465	93	1.468	114	1.477	179	1.480	200	1.475	164
	3	1.714	0	1.707	-50	1.720	43	1.727	93	1.738	171	1.742	200	1.731	121
	平均		0		-52		64		93		164		198		147
A-1.0-S60	1	1.362	0	1.345	-121	1.362	0	1.369	50	1.379	121	1.385	164	1.382	143
	2	1.253	0	1.222	-221	1.233	-143	1.239	-100	1.260	50	1.266	93	1.238	-107
	3	1.445	0	1.426	-136	1.438	-50	1.442	-21	1.450	36	1.457	86	1.448	21
	平均		0		-159		-64		-24		69		114		19
A-1.5-S60	1	471	0	452	-136	446	-179	468	-21	474	21	477	43	470	-7
	2	496	0	484	-86	475	-150	495	-7	501	36	504	57	499	21
	3	909	0	829	-121	883	-186	899	-71	906	-21	907	-14	903	-43
	平均		0		-114		-172		-33		12		29		-10
A-2.0-S60	1	480	0	464	-114	483	21	490	71	500	143	501	150	503	164
	2	1,256	0	1,217	-279	1,228	-200	1,235	-150	1,242	-100	1,244	-86	1,241	-107
	3	1,546	0	1,538	-57	1,548	14	1,554	57	1,561	107	1,564	129	1,560	100
	平均		0		-150		-55		-7		50		64		52

[illegible]

[illegible][illegible]

資-2 膨脹抑制に関するシリーズでのモルタルの経時重量一覽

		基準値		1 W _s		2 W _s		4 W _s		8 W _s		13 W _s		4 M _s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-0	1	582.4	0	579.6	-0.48	585.8	0.53	588.0	0.96	588.9	1.12	591.5	1.56	592.9	1.80
	2	582.4	0	579.8	-0.45	584.6	0.38	585.2	0.48	590.0	1.30	590.4	1.37	591.8	1.61
	3	584.0	0	585.6	-0.24	588.2	0.27	589.2	0.89	592.5	1.46	593.9	1.70	594.4	1.78
	平均		0		-0.39		0.39		0.78		1.29		1.54		1.73
A-1.5-0	1	595.9	0	594.9	-0.17	598.3	0.40	602.1	1.04	605.4	1.59	606.3	1.75	607.6	1.96
	2	596.8	0	595.6	-0.20	599.0	0.37	601.4	0.77	606.0	1.54	607.7	1.83	609.5	2.13
	3	598.1	0	597.8	-0.05	599.5	0.23	602.0	0.65	606.6	1.42	608.3	1.71	610.2	2.02
	平均		0		-0.14		0.33		0.82		1.52		1.76		2.04
A-2.0-0	1	598.1	0	598.3	0.03	599.6	0.25	603.3	0.87	609.1	1.84	609.4	1.89	611.3	2.21
	2	597.4	0	598.8	0.23	599.7	0.39	604.0	1.10	608.3	1.82	609.7	2.06	611.2	2.31
	3	598.4	0	598.9	0.08	600.7	0.38	604.6	1.04	608.2	1.64	611.5	2.19	612.5	2.36
	平均		0		0.11		0.34		1.00		1.77		2.05		2.29
A-1.0-F10	1	599.8	0	596.5	-0.55	600.0	0.03	601.3	0.25	605.5	0.95	604.3	0.75	605.2	0.90
	2	602.1	0	598.8	-0.55	603.2	0.18	605.6	0.58	607.2	0.85	607.1	0.83	607.7	0.93
	3	601.6	0	600.5	-0.18	602.7	0.18	604.7	0.52	607.2	0.93	607.2	0.93	607.6	1.00
	平均		0		-0.43		0.13		0.45		0.91		0.84		0.94

		5 M _s		6 M _s											
A-1.0-0	1	593.4	1.89	593.5	1.91										
	2	593.5	1.91	593.2	1.85										
	3	593.5	1.63	595.5	1.97										
	平均		1.81		1.91										
A-1.5-0	1	608.0	2.03	608.4	2.10										
	2	610.0	2.21	611.2	2.41										
	3	610.8	2.12	611.7	2.27										
	平均		2.12		2.26										
A-2.0-0	1	611.7	2.27	612.5	2.41										
	2	611.8	2.41	612.3	2.49										
	3	612.9	2.42	613.8	2.57										
	平均		2.37		2.49										
A-1.0-F10	1	605.9	1.02	606.8	1.17										
	2	608.9	1.13	610.0	1.31										
	3	608.2	1.10	609.3	1.28										
	平均		1.08		1.25										

		基準値		1 W _s		2 W _s		4 W _s		8 W _s		13 W _s		4 M _s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-F10	1	600.9	0	599.7	-0.20	601.5	-0.10	603.0	0.35	605.2	0.72	606.7	0.97	607.5	-1.10
	2	597.9	0	595.8	-0.35	597.3	0.10	599.4	0.25	602.0	-0.69	603.5	0.94	603.8	0.99
	3	596.9	0	594.9	-0.34	596.5	0.07	599.2	0.39	602.0	0.85	602.7	0.97	603.1	1.04
	平均		0		-0.30		0.02		0.33		0.29		0.96		0.31
A-2.0-F10	1	589.5	0	590.4	0.15	591.8	0.39	593.4	0.66	596.5	1.19	597.5	1.36	598.6	1.54
	2	590.4	0	591.4	-0.17	592.3	0.17	594.0	0.61	597.3	1.17	597.8	1.25	599.5	1.54
	3	590.5	0	590.4	-0.02	592.3	0.30	594.3	0.64	597.1	1.12	597.9	1.25	599.4	1.51
	平均		0		-0.01		0.29		0.64		1.16		1.29		1.53
A-1.0-F20	1	598.9	0	599.0	0.02	601.9	0.50	602.6	0.62	604.0	0.85	604.8	0.99	604.9	1.00
	2	599.8	0	596.1	-0.62	601.6	0.30	602.3	0.42	604.3	0.75	604.6	0.80	604.3	0.75
	3	600.4	0	596.9	-0.58	601.5	0.18	601.9	0.25	603.9	0.58	604.4	0.67	604.3	0.65
	平均		0		-0.39		0.33		0.43		0.73		0.82		0.80
A-1.5-F20	1	601.2	0	599.9	-0.22	603.1	0.32	604.2	0.50	605.5	0.72	605.9	0.78	606.6	0.90
	2	599.8	0	598.5	-0.22	602.0	0.37	603.4	0.60	604.3	0.75	604.9	0.85	605.7	0.98
	3	602.0	0	600.7	-0.22	603.5	0.25	605.1	0.52	606.5	0.75	606.9	0.81	607.2	0.87
	平均		0		-0.22		0.31		0.54		0.74		0.81		0.92

[illegible]

		基準値		1 W _s		2 W _s		4 W _s		8 W _s		13 W _s		4 M _s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-F30	1	602.2	0	598.2	-0.66	601.1	-0.18	602.7	0.08	604.4	0.37	604.1	0.32	604.1	0.32
	2	600.3	0	600.2	-0.02	602.3	0.33	603.7	0.57	604.8	0.75	604.6	0.72	604.6	0.72
	3	600.3	0	599.4	-0.15	602.1	0.30	602.2	0.32	603.3	0.50	603.7	0.57	603.7	0.57
	平均		0		-0.28		0.15		0.32		0.54		0.54		0.54
A-1.5-F30	1	600.5	0	599.6	-0.15	602.0	0.25	602.4	0.32	603.9	0.57	603.9	0.57	604.5	0.67
	2	601.3	0	602.4	0.18	603.9	0.43	604.4	0.52	606.4	0.85	605.6	0.72	606.0	0.78
	3	598.5	0	599.4	0.15	600.8	0.38	601.2	0.45	602.4	0.65	602.6	0.69	603.1	0.77
	平均		0		0.06		0.35		0.43		0.69		0.66		0.74
A-2.0-F30	1	598.7	0	599.9	0.20	601.0	0.38	601.8	0.52	602.4	0.62	603.0	0.72	603.3	0.77
	2	599.6	0	600.0	0.07	601.7	0.35	602.1	0.42	602.8	0.53	603.4	0.63	603.6	0.67
	3	600.8	0	601.9	0.18	602.9	0.35	603.4	0.43	604.5	0.62	605.0	0.70	605.1	0.72
	平均		0		0.15		0.36		0.46		0.59		0.68		0.72
A-1.0-S30	1	593.8	0	589.3	0.76	592.6	-0.20	595.2	0.24	596.5	0.45	597.5	0.62	597.0	0.54
	2	595.0	0	590.7	-0.72	595.3	0.05	596.5	0.25	598.3	0.55	599.5	0.76	597.3	0.39
	3	595.4	0	591.7	-0.62	597.5	0.35	598.3	0.49	599.5	0.69	600.7	0.89	600.5	0.86
	平均		0		-0.19		0.07		0.33		0.56		0.76		0.60

[illegible]

		基準値		1 W_s		2 W_s		4 W_s		8 W_s		13 W_s		4 M_s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-S30	1	597.5	0	596.2	-0.22	600.3	0.47	601.7	0.70	602.0	0.75	603.6	1.02	604.3	1.14
	2	595.9	0	594.8	-0.18	598.9	0.50	600.0	0.69	600.5	0.77	601.9	1.01	603.1	1.21
	3	595.1	0	593.5	-0.27	597.7	0.44	598.6	0.59	599.8	0.79	601.2	1.03	602.0	1.16
	平均		0		-0.22		0.47		0.66		0.77		1.02		1.17
A-2.0-S30	1	595.9	0	595.7	-0.03	597.5	0.27	598.2	0.39	599.9	0.67	601.6	0.96	602.6	1.12
	2	594.3	0	594.3	0.00	596.6	0.39	597.5	0.54	599.1	0.81	601.3	1.18	601.9	1.28
	3	593.7	0	593.8	0.02	596.3	0.44	597.5	0.64	598.7	0.84	600.6	1.16	601.4	1.30
	平均		0		0.00		0.43		0.52		0.77		1.10		1.23
A-1.0-S40	1	594.9	0	590.6	-0.72	593.2	-0.29	595.4	0.08	597.0	0.35	598.7	0.64	598.4	0.59
	2	594.3	0	590.9	-0.57	593.8	-0.08	595.5	0.20	597.0	0.45	598.7	0.74	598.5	0.71
	3	593.9	0	592.0	-0.32	594.8	0.15	596.1	0.37	597.7	0.64	599.1	0.88	599.1	0.88
	平均		0		-0.54		-0.02		0.22		0.48		0.75		0.73
A-1.5-S40	1	592.8	0	595.0	0.37	596.7	0.66	597.8	0.84	598.2	0.91	599.2	1.08	599.4	1.11
	2	599.0	0	600.5	0.25	601.7	0.45	602.4	0.57	603.1	0.68	603.5	0.75	603.7	0.78
	3	600.9	0	603.4	0.42	603.5	0.43	604.7	0.62	605.3	0.73	606.0	0.85	606.0	0.85
	平均		0		0.35		0.51		0.68		0.77		0.89		0.91

[illegible]

		基準値		1 W_s		2 W_s		4 W_s		8 W_s		13 W_s		4 M_s	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-S40	1	594.5	0	594.0	-0.08	596.7	0.37	597.7	0.54	598.5	0.67	599.9	0.91	600.4	0.99
	2	594.2	0	593.5	-0.12	596.3	0.35	597.1	0.49	598.0	0.64	599.4	0.88	599.9	0.96
	3	592.3	0	591.7	-0.10	594.2	0.32	595.4	0.52	596.3	0.68	597.8	0.93	597.9	0.95
	平均		0		-0.10		0.35		0.52		0.66		0.91		0.97
A-1.0-S50	1	595.6	0	591.5	-0.69	595.0	-0.10	596.0	0.07	597.7	0.35	599.2	0.60	598.9	0.55
	2	593.5	0	590.0	-0.61	594.0	0.08	594.7	0.20	596.0	0.42	597.6	0.69	597.5	0.67
	3	594.0	0	590.4	-0.61	594.2	0.03	595.4	0.24	596.0	0.34	598.4	0.74	597.9	0.66
	平均		0		-0.64		0.00		0.17		0.37		0.68		0.63
A-1.5-S50	1	594.6	0	591.9	-0.45	595.3	0.12	596.2	0.27	597.9	0.55	598.3	0.62	598.2	0.61
	2	595.7	0	592.4	-0.55	596.0	0.05	597.1	0.24	598.2	0.42	598.6	0.49	598.8	0.52
	3	594.3	0	590.7	-0.61	594.6	0.05	596.3	0.34	597.2	0.49	597.9	0.61	597.9	0.61
	平均		0		-0.54		0.07		0.28		0.49		0.57		0.58
A-2.0-S50	1	595.1	0	593.9	-0.20	597.3	0.37	597.7	0.44	598.8	0.62	599.2	0.69	599.9	0.81
	2	595.4	0	594.2	-0.20	598.1	0.45	598.8	0.57	599.8	0.74	600.2	0.81	600.5	0.86
	3	593.9	0	593.3	-0.10	595.8	0.32	596.2	0.39	597.9	0.67	598.2	0.72	598.0	0.69
	平均		0		-0.17		0.38		0.47		0.68		0.74		0.79

[illegible]

[illegible][illegible]

資-3 膨脹抑制に関するシリーズでのコンクリートの経時膨脹量一覧

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率
A-1.0-C	1	294	—	294	0	292	-56	296	56	292	-56	296	56	297	83
	2	183	—	183	0	184	28	188	139	183	0	185	56		
	3	351	—	353	0	353	0	354	28	353	0	353	0		
	平均		—		0		-9		74		-19		37		—
A-1.5-C	1	373	—	374	0	378	111	378	111	380	167	380	167	382	222
	2	272	—	274	0	276	56	278	111	280	167	280	167		
	3	100	—	101	0	104	83	105	111	107	167	111	278		
	平均		—		0		83		111		167		204		—
A-2.0-C	1	303	—	304	0	308	111	316	333	356	1,444	394	2,500	408	2,889
	2	489	—	491	0	494	83	499	222	536	1,250	574	2,306		
	3	243	—	243	0	246	83	250	194	278	972	320	2,139		
	平均		—		0		93		250		1,222		2,315		—
A-1.0-F10	1	392	—	391	0	391	0	391	0	392	28	393	56	393	56
	2	557	—	562	0	558	-111	558	-111	563	28	562	0		
	3	475	—	469	0	473	111	470	28	470	28	472	83		
	平均		—		0		31		-28		28		46		—

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率
A-1.0-C	1	298	111	298	111	299	139								
	2	87	111	188	139	188	139								
	3	356	83	358	139	359	167								
	平均		102		130		148								
A-1.5-C	1	384	278	386	333	387	361								
	2	283	250	285	306	285	306								
	3	114	361	115	389	115	389								
	平均		296		343		352								
A-2.0-C	1	415	3,083	419	3,194	420	3,222								
	2	561	1,944	596	2,917	598	2,972								
	3	325	2,278	334	2,528	336	2,583								
	平均		2,435		2,880		2,926								
A-1.0-F10	1	395	111	396	139	396	139								
	2	563	28	563	28	563	28								
	3	474	139	475	167	475	167								
	平均		93		111		111								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-F10	1	260	-	262	0	265	83	266	111	266	111	269	194	271	250
	2	462	-	464	0	466	56	467	83	467	83	471	194		
	3	83	-	88	0	91	83	91	83	88	0	91	83		
	平均		-		0		74		93		65		158		-
A-2.0-F10	1	131	-	131	0	134	83	135	111	136	139	137	167	140	250
	2	-19	-	-18	0	-14	111	-14	111	-11	194	-10	222		
	3	288	-	289	0	290	28	292	83	294	139	294	139		
	平均		-		0		74		102		157		176		-
A-1.0-F20	1	32	-	25	0	25	0	27	56	27	56	30	139	30	139
	2	185	-	183	0	185	56	185	56	186	83	191	139		
	3	335	-	326	0	326	0	327	28	328	56	331	139		
	平均		-		0		19		46		65		139		-
A-1.5-F20	1	366	-	363	0	374	305	370	194	371	222	370	194	372	250
	2	303	-	304	0	305	28	307	83	310	167	310	167		
	3	424	-	426	0	427	28	429	83	430	111	430	111		
	平均		-		0		120		120		167		157		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-F10	1	272	278	273	306	273	306								
	2	473	250	473	250	473	250								
	3	93	139	93	139	93	139								
	平均		222		232		232								
A-2.0-F10	1	141	278	142	306	142	306								
	2	-8	278	-6	333	-4	389								
	3	295	167	295	167	297	222								
	平均		241		269		306								
A-1.0-F20	1	31	167	31	167	31	167								
	2	191	222	191	222	191	222								
	3	331	139	331	139	331	139								
	平均		176		176		176								
A-1.5-F20	1	373	278	374	306	375	333								
	2	313	250	313	250	313	220								
	3	432	167	432	167	433	194								
	平均		232		241		259								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-F20	1	340	-	344	0	346	56	346	56	348	111	349	139	351	194
	2	324	-	327	0	329	56	329	56	331	111	331	111		
	3	416	-	419	0	420	28	421	56	422	83	425	167		
	平均		-		0		46		56		102		130		
A-1.0-F30	1	310	-	289	0	290	28	291	56	290	28	292	83	295	167
	2	298	-	291	0	290	-28	292	28	292	28	295	111		
	3	200	-	218	0	219	28	219	28	219	28	223	139		
	平均		-		0		9		37		28		111		
A-1.5-F30	1	334	-	343	0	337	-167	338	-139	337	-167	341	-56	342	-28
	2	148	-	159	0	159	0	164	139	160	28	165	167		
	3	44	-	52	0	52	0	54	56	54	56	59	194		
	平均		-		0		-56		19		-28		102		
A-2.0-F30	1	212	-	205	0	204	-28	204	-28	205	0	207	56	208	83
	2	308	-	313	0	312	-28	314	28	313	0	316	83		
	3	313	-	318	0	318	0	320	56	319	28	322	111		
	平均		-		0		-19		19		9		83		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-F20	1	354	278	354	278	354	278								
	2	335	222	335	222	336	250								
	3	429	278	430	306	429	278								
	平均		259		269		269								
A-1.0-F30	1	295	167	296	194	296	194								
	2	296	139	297	167	297	167								
	3	224	167	224	167	224	139								
	平均		158		176		167								
A-1.5-F30	1	344	28	345	56	345	56								
	2	168	250	169	278	169	278								
	3	62	278	63	306	64	333								
	平均		185		213		222								
A-2.0-F30	1	208	83	212	194	213	222								
	2	320	194	321	222	321	222								
	3	325	194	326	222	326	222								
	平均		157		213		222								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-S30	1	328	-	333	0	332	-28	336	83	337	111	342	250	343	278
	2	321	-	309	0	310	28	311	56	311	56	313	111		
	3	326	-	332	0	331	-28	332	0	334	56	334	56		
	平均		-		0		-9		46		74		139		
A-1.5-S30	1	250	-	253	0	255	56	259	167	257	111	260	194	261	222
	2	248	-	250	0	251	28	255	139	254	111	260	278		
	3	193	-	197	0	200	83	204	194	205	222	205	222		
	平均		-		0		56		167		148		232		
A-2.0-S30	1	438	-	445	0	444	-28	445	0	446	28	448	83	451	167
	2	63	-	74	0	75	28	73	-28	76	56	81	194		
	3	173	-	178	0	180	56	182	111	185	194	185	194		
	平均		-		0		19		28		92		157		
A-1.0-S50	1	237	-	240	0	240	0	242	56	241	28	243	83	244	111
	2	379	-	387	0	387	0	388	28	388	28	390	83		
	3	318	-	325	0	326	28	327	56	327	56	329	111		
	平均		-		0		9		46		37		93		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
A-1.0-S30	1	343	278	345	333	346	361								
	2	315	167	315	167	317	222								
	3	336	111	336	111	336	111								
	平均		185		204		231								
A-1.5-S30	1	262	250	262	250	262	250								
	2	261	278	261	306	261	306								
	3	205	222	206	250	207	278								
	平均		250		269		278								
A-2.0-S30	1	451	167	452	194	452	194								
	2	84	278	84	278	84	278								
	3	191	361	192	389	192	389								
	平均		269		287		287								
A-1.0-S50	1	245	139	246	167	246	167								
	2	392	139	393	167	393	167								
	3	332	194	332	194	332	194								
	平均		157		176		176								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-S50	1	28	-	31	0	34	83	35	111	36	139	38	194	39	222
	2	92	-	94	0	98	111	96	56	99	139	100	167		
	3	125	-	122	0	127	139	125	83	126	111	129	194		
	平均		-		0		111		83		130		185		
A-2.0-S50	1	184	-	190	0	191	28	192	56	193	83	194	111	198	222
	2	80	-	84	0	83	-28	84	0	88	111	89	139		
	3	364	-	377	0	371	-167	374	-83	372	-139	374	-83		
	平均		-		0		-56		-9		19		56		
A-1.0-S60	1	351	-	359	0	360	28	362	83	363	111	363	111	363	111
	2	459	-	463	0	465	56	466	83	466	83	470	194		
	3	428	-	432	0	435	83	439	194	440	222	440	222		
	平均		-		0		56		120		139		176		
A-1.5-S60	1	369	-	379	0	381	56	384	139	381	56	384	139	386	194
	2	164	-	162	0	164	56	165	83	165	83	170	222		
	3	273	-	278	0	280	56	281	83	282	111	282	111		
	平均		-		0		56		102		83		157		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-S50	1	39	222	40	250	41	278								
	2	103	250	103	250	104	278								
	3	130	222	131	250	131	250								
	平均		231		250		269								
A-2.0-S50	1	199	250	199	250	199	250								
	2	92	222	94	278	94	278								
	3	376	-28	377	0	378	28								
	平均		148		264		185								
A-1.0-S60	1	365	167	366	194	366	194								
	2	470	194	472	250	472	278								
	3	441	250	442	278	442	278								
	平均		204		241		250								
A-1.5-S60	1	387	222	388	250	388	250								
	2	172	278	174	333	175	361								
	3	286	222	286	222	286	222								
	平均		240		268		278								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-S60	1	329	-	324	0	325	28	327	83	328	111	329	139	330	167
	2	374	-	374	0	374	0	376	56	377	83	377	83		
	3	287	-	292	0	295	83	294	56	297	139	297	139		
	平均		-		0		37		65		111		120		
B-1.0-C	1	271	-	276	0	276	0	277	28	280	111	280	111	280	111
	2	312	-	315	0	315	0	316	28	317	56	317	56		
	3	59	-	60	0	60	0	61	28	60	0	61	28		
	平均		-		0		0		28		56		65		
B-1.5-C	1	359	-	362	0	363	28	365	83	364	56	365	83	368	167
	2	491	-	493	0	494	28	496	83	496	83	496	83		
	3	349	-	350	0	351	28	353	83	352	56	353	83		
	平均		-		0		28		83		65		83		
B-2.0-C	1	400	-	403	0	404	28	406	83	407	111	408	139	413	278
	2	379	-	376	0	377	28	378	56	379	83	380	111		
	3	68	-	67	0	68	28	70	83	72	139	73	167		
	平均		-		0		28		74		111		139		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-S60	1	332	222	333	250	333	250								
	2	380	167	381	194	381	194								
	3	298	167	299	194	299	194								
	平均		185		213		213								
B-1.0-C	1	281	139	282	167	282	167								
	2	320	139	321	167	321	167								
	3	63	83	65	139	68	222								
	平均		120		158		185								
B-1.5-C	1	368	167	370	222	372	278								
	2	500	194	501	222	502	250								
	3	356	167	357	194	359	250								
	平均		176		213		259								
B-2.0-C	1	421	500	437	944	443	1,111								
	2	393	472	412	1,000	419	1,194								
	3	88	583	112	1,250	115	1,333								
	平均		518		1,065		1,213								

資-4 膨脹抑制に関するシリーズでのコンクリートの経時動弾性係数一覧(打設面)

		1 day		基準値(4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-C	1	1,083	-	2,057	100	2,088	103	2,098	104	2,107	105	2,106	105	2,125	107
	2	1,110	-	2,065	100	2,085	102	2,096	103	2,112	105	2,116	105		
	3	1,101	-	2,034	100	2,060	103	2,066	103	2,080	105	2,085	105		
	平均		-		100		103		103		105		105		
A-1.5-C	1	1,434	-	2,079	100	2,127	105	2,140	106	2,137	106	2,147	107	2,148	107
	2	1,446	-	2,091	100	2,114	102	2,134	104	2,126	103	2,134	104		
	3	1,462	-	2,092	100	2,117	102	2,123	103	2,128	103	2,143	105		
	平均		-		100		103		104		104		105		
A-2.0-C	1	1,538	-	2,087	100	2,094	101	2,007	92	1,725	68	1,605	59	1,596	58
	2	1,565	-	2,088	100	2,099	101	2,045	96	1,797	74	1,669	64		
	3	1,574	-	2,079	100	2,093	101	2,084	100	1,871	81	1,712	68		
	平均		-		100		101		96		74		63		
A-1.0-F10	1	1,144	-	2,042	100	2,085	104	2,115	107	2,128	109	2,147	111	2,148	111
	2	1,192	-	2,020	100	2,081	106	2,115	110	2,124	105	2,142	112		
	3	1,188	-	2,034	100	2,084	105	2,114	108	2,127	109	2,141	111		
	平均		-		100		105		108		107		111		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-C	1	2,122	106	2,131	107	2,139	108								
	2	2,125	106	2,132	107	2,137	107								
	3	2,097	106	2,098	106	2,102	107								
	平均		106		106		107								
A-1.5-C	1	2,148	107	2,165	108	2,163	108								
	2	2,139	105	2,156	106	2,145	105								
	3	2,149	106	2,164	107	2,158	106								
	平均		106		107		106								
A-2.0-C	1	1,589	58	1,737	69	1,734	69								
	2	1,648	62	1,792	74	1,801	74								
	3	1,699	67	1,851	79	1,783	74								
	平均		62		74		72								
A-1.0-F10	1	2,152	111	2,165	112	2,171	113								
	2	2,145	113	2,159	114	2,167	115								
	3	2,149	112	2,162	113	2,178	109								
	平均		112		113		112								

[illegible][illegible]

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-F20	1	1,284	-	2,042	100	2,129	109	2,155	111	2,166	113	2,175	113	2,180	114
	2	1,291	-	2,069	100	2,142	107	2,167	110	2,183	111	2,186	112		
	3	1,285	-	2,071	100	2,146	107	2,170	110	2,184	111	2,189	112		
	平均		-		100		108		110		112		112		
A-1.0-F30	1	803	-	1,984	100	2,118	114	2,166	119	2,172	110	2,175	120	2,181	121
	2	830	-	1,968	100	2,102	114	2,134	118	2,155	110	2,162	121		
	3	870	-	2,018	100	2,151	114	2,187	117	2,201	119	2,209	120		
	平均		-		100		114		118		113		120		
A-1.5-F30	1	1,053	-	2,029	100	2,133	110	2,161	113	2,172	115	2,188	116	2,186	116
	2	1,074	-	2,037	100	2,148	111	2,174	114	2,190	116	2,198	116		
	3	1,088	-	2,032	100	2,137	111	2,171	114	2,184	116	2,195	117		
	平均		-		100		111		114		116		116		
A-2.0-F30	1	1,283	-	2,078	100	2,167	109	2,197	112	2,201	112	2,243	117	2,220	114
	2	1,271	-	2,054	100	2,144	109	2,166	111	2,185	113	2,179	113		
	3	1,242	-	2,065	100	2,161	110	2,190	112	2,197	113	2,203	114		
	平均		-		100		109		112		112		115		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-F20	1	2,184	114	2,197	116	2,200	116								
	2	2,199	113	2,206	114	2,204	113								
	3	2,194	112	2,202	113	2,205	113								
	平均		113		114		114								
A-1.0-F30	1	2,186	121	2,197	123	2,206	124								
	2	2,169	121	2,179	123	2,179	123								
	3	2,212	120	2,230	122	2,237	123								
	平均		121		123		123								
A-1.5-F30	1	2,196	113	2,200	118	2,204	118								
	2	2,209	118	2,211	118	2,217	118								
	3	2,203	118	2,208	118	2,213	119								
	平均		116		118		118								
A-2.0-F30	1	2,224	115	2,226	115	2,229	115								
	2	2,196	114	2,206	115	2,213	116								
	3	2,217	115	2,220	116	2,220	116								
	平均		115		115		116								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-S30	1	995	-	2017	100	2139	112	2161	115	2176	116	2190	118	2195	118
	2	944	-	2034	100	2162	113	2182	115	2198	117	2213	118		
	3	903	-	2003	100	2130	113	2160	116	2168	114	2176	118		
	平均		-		100		113		115		115		118		
A-1.5-S30	1	1300	-	2047	100	2149	110	2166	112	2177	113	2186	114	2189	114
	2	1281	-	2029	100	2134	110	2150	112	2157	113	2166	114		
	3	1275	-	2032	100	2107	108	2158	113	2165	114	2134	110		
	平均		-		100		109		112		113		113		
A-2.0-S30	1	1342	-	2036	100	2119	108	2132	110	2138	110	2150	112	2155	112
	2	1344	-	2064	100	2151	109	2156	109	2172	111	2182	112		
	3	1347	-	2051	100	2139	109	2149	110	2162	111	2176	113		
	平均		-		100		109		110		111		112		
A-1.0-S50	1	1022	-	1930	100	2147	124	2171	127	2186	128	2193	129	2195	129
	2	989	-	1932	100	2152	124	2181	127	2192	129	2202	130		
	3	946	-	1920	100	2129	123	2159	126	2173	128	2190	130		
	平均		-		100		124		127		128		130		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-S30	1	2193	118	2205	120	2218	121								
	2	2217	119	2225	120	2233	121								
	3	2185	119	2209	121	2214	122								
	平均		119		120		121								
A-1.5-S30	1	2198	115	2210	117	2215	117								
	2	2181	116	2190	116	2199	117								
	3	2150	112	2199	117	2202	117								
	平均		114		116		117								
A-2.0-S30	1	2164	113	2174	114	2179	115								
	2	2192	113	2210	115	2206	114								
	3	2183	113	2202	115	2206	116								
	平均		113		115		115								
A-1.0-S50	1	2204	130	2214	132	2214	132								
	2	2216	132	2224	133	2226	133								
	3	2193	130	2204	132	2207	132								
	平均		130		132		132								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-S50	1	1,020	-	1,967	100	2,181	122	2,200	125	2,214	127	2,229	128	2,227	128
	2	1,014	-	1,960	100	2,175	123	2,198	126	2,208	127	2,218	128		
	3	1,012	-	1,942	100	2,154	123	2,177	126	2,186	127	2,198	128		
	平均		-		100		123		126		127		128		
A-2.0-S50	1	1,040	-	1,977	100	2,174	121	2,190	123	2,207	125	2,210	125	2,220	126
	2	1,056	-	1,971	100	2,169	121	2,191	124	2,200	125	2,215	126		
	3	1,036	-	1,958	100	2,155	121	2,178	124	2,181	124	2,197	126		
	平均		-		100		121		124		125		126		
A-1.0-S60	1	852	-	1,886	100	2,180	134	2,207	137	2,225	139	2,230	140	2,238	141
	2	864	-	1,847	100	2,134	134	2,164	137	2,190	141	2,192	141		
	3	863	-	1,899	100	2,187	133	2,219	137	2,234	138	2,148	140		
	平均		-		100		134		137		139		140		
A-1.5-S60	1	874	-	1,897	100	2,152	129	2,176	132	2,188	133	2,100	134	2,204	135
	2	870	-	1,895	100	2,150	129	2,177	132	2,193	134	2,195	134		
	3	849	-	1,866	100	2,140	132	2,165	135	2,182	137	2,187	137		
	平均		-		100		130		133		135		135		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.5-S50	1	2,235	129	2,245	130	2,247	130								
	2	2,234	130	2,238	130	2,240	131								
	3	2,209	129	2,217	130	2,221	131								
	平均		129		130		131								
A-2.0-S50	1	2,226	127	2,234	128	2,238	128								
	2	2,223	127	2,230	128	2,235	129								
	3	2,205	127	2,220	129	2,219	128								
	平均		127		128		128								
A-1.0-S60	1	2,242	141	2,254	143	2,259	144								
	2	2,203	142	2,211	143	2,214	144								
	3	2,259	142	2,273	143	2,267	144								
	平均		142		143		144								
A-1.5-S60	1	2,211	136	2,224	137	2,224	137								
	2	2,216	137	2,225	138	2,227	138								
	3	2,202	139	2,214	141	2,210	140								
	平均		137		139		138								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-S60	1	798	-	1,904	100	2,149	127	2,165	129	2,178	131	2,190	132	2,193	133
	2	769	-	1,884	100	2,115	126	2,140	129	2,158	131	2,163	132		
	3	818	-	1,892	100	2,136	127	2,150	129	2,180	133	2,189	134		
	平均		-		100		127		129		132		133		
B-1.0-C	1	1,595	-	2,314	100	2,321	101	2,333	102	2,337	102	2,347	103	2,348	103
	2	1,606	-	2,313	100	2,312	100	2,331	102	2,336	102	2,334	102		
	3	1,625	-	2,335	100	2,341	101	2,349	101	2,362	102	2,358	102		
	平均		-		100		101		102		102		102		
B-1.5-C	1	1,584	-	2,319	100	2,327	101	2,338	102	2,343	102	2,352	103	2,355	103
	2	1,596	-	2,329	100	2,334	100	2,344	101	2,352	102	2,358	103		
	3	1,629	-	2,328	100	2,334	101	2,345	101	2,347	102	2,357	103		
	平均		-		100		101		101		102		103		
B-2.0-C	1	1,720	-	2,306	100	2,321	101	2,332	102	2,328	102	2,322	101	2,316	101
	2	1,740	-	2,308	100	2,309	100	2,325	101	2,329	102	2,323	101		
	3	1,773	-	2,336	100	2,350	101	2,361	102	2,367	103	2,349	101		
	平均		-		100		101		102		102		101		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率								
A-2.0-S60	1	2,202	134	2,210	135	2,218	136								
	2	2,178	134	2,185	135	2,187	135								
	3	2,204	136	2,211	137	2,214	137								
	平均		135		136		136								
B-1.0-C	1	2,341	102	2,349	103	2,336	102								
	2	2,338	102	2,343	103	2,343	103								
	3	2,366	103	2,369	103	2,369	103								
	平均		102		103		103								
B-1.5-C	1	2,349	103	2,360	104	2,349	103								
	2	2,355	102	2,365	103	2,381	105								
	3	2,354	102	2,360	103	2,386	105								
	平均		102		103		104								
B-2.0-C	1	2,211	92	2,049	79	2,008	76								
	2	2,165	88	1,961	72	1,892	67								
	3	2,148	85	1,974	71	1,937	69								
	平均		88		74		71								

資-4 膨脹抑制に関するシリーズでのコンクリートの経時動弾性係数一覧(側面)

		1 day		基準値(4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-C	1	1,113	-	2,065	100	2,092	103	2,106	104	2,116	105	2,120	105	2,129	106
	2	1,132	-	2,082	100	2,110	103	2,112	103	2,110	103	2,136	105		
	3	1,104	-	2,028	100	2,061	103	2,068	104	2,072	104	2,078	105		
	平均		-		100		106		104		104		105		
A-1.5-C	1	1,417	-	2,087	100	2,109	102	2,118	103	2,123	103	2,129	104	2,129	104
	2	1,428	-	2,056	100	2,085	103	2,093	104	2,106	105	2,110	105		
	3	1,441	-	2,067	100	2,093	103	2,102	103	2,104	104	2,115	105		
	平均		-		100		103		103		104		105		
A-2.0-C	1	1,520	-	2,068	100	2,078	101	1,965	90	1,654	64	1,536	55	1,511	53
	2	1,541	-	2,063	100	2,077	101	2,024	96	1,843	80	1,670	66		
	3	1,557	-	2,066	100	2,072	101	2,064	100	1,854	81	1,710	69		
	平均		-		100		101		95		75		63		
A-1.0-F10	1	1,178	-	2,053	100	2,100	105	2,132	108	2,143	109	2,162	111	2,159	111
	2	1,194	-	2,023	100	2,072	105	2,104	108	2,114	109	2,126	110		
	3	1,201	-	2,038	100	2,092	105	2,124	109	2,133	110	2,146	111		
	平均		-		100		105		108		109		111		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-C	1	2,129	106	2,137	107	2,147	108								
	2	2,149	107	2,155	107	2,161	108								
	3	2,088	106	2,099	107	2,106	108								
	平均		106		107		108								
A-1.5-C	1	2,133	104	2,148	106	2,142	105								
	2	2,120	106	2,127	107	2,124	107								
	3	2,124	106	2,135	107	2,133	106								
	平均		105		107		106								
A-2.0-C	1	1,506	53	1,670	65	1,653	64								
	2	1,658	65	1,793	76	1,800	76								
	3	1,694	67	1,837	79	1,835	79								
	平均		62		73		73								
A-1.0-F10	1	2,169	112	2,178	126	2,184	113								
	2	2,133	111	2,148	123	2,155	113								
	3	2,159	112	2,167	113	2,181	115								
	平均		112		121		114								

[illegible][illegible]

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率
A-2.0-F20	1	1,284	-	2,054	100	2,117	106	2,144	109	2,160	111	2,163	111	2,164	106
	2	1,299	-	2,068	100	2,135	107	2,161	109	2,182	111	2,183	111		
	3	1,292	-	2,068	100	2,140	107	2,168	110	2,183	111	2,189	112		
	平均		-		100		107		109		111		111		
A-1.0-F30	1	832	-	2,002	100	2,134	114	2,171	118	2,186	119	2,193	120	2,198	121
	2	862	-	1,999	100	2,132	114	2,164	117	2,181	119	2,191	120		
	3	873	-	2,020	100	2,138	112	2,171	116	2,191	118	2,200	119		
	平均		-		100		113		117		119		120		
A-1.5-F30	1	1,049	-	2,037	100	2,146	111	2,176	115	2,184	115	2,199	117	2,202	117
	2	1,074	-	2,037	100	2,148	111	2,175	114	2,188	115	2,193	116		
	3	1,075	-	2,038	100	2,152	112	2,174	114	2,182	115	2,043	100		
	平均		-		100		111		114		115		111		
A-2.0-F30	1	1,266	-	2,072	100	2,164	110	2,182	111	2,198	113	2,198	113	2,205	113
	2	1,279	-	2,062	100	2,149	109	2,173	111	2,188	113	2,193	113		
	3	1,263	-	2,079	100	2,176	110	2,199	112	2,210	113	2,215	114		
	平均		-		100		110		111		113		113		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
A-2.0-F20	1	2,170	112	2,184	113	2,185	113								
	2	2,191	112	2,196	113	2,201	113								
	3	2,194	113	2,208	114	2,204	114								
	平均		112		113		113								
A-1.0-F30	1	2,206	121	2,214	122	2,228	124								
	2	2,201	121	2,270	129	2,280	130								
	3	2,203	119	2,216	120	2,229	122								
	平均		120		124		125								
A-1.5-F30	1	2,212	118	2,216	118	2,219	119								
	2	2,206	117	2,217	118	2,222	119								
	3	2,209	117	2,210	118	2,216	118								
	平均		117		118		119								
A-2.0-F30	1	2,216	114	2,216	114	2,221	115								
	2	2,201	114	2,205	114	2,211	115								
	3	2,230	115	2,239	116	2,247	117								
	平均		114		115		116								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-S30	1	948	-	2,035	100	2,157	112	2,177	114	2,196	116	2,204	117	2,206	118
	2	953	-	2,025	100	2,157	113	2,174	115	2,194	117	2,199	118		
	3	949	-	2,016	100	2,143	113	2,159	115	2,169	116	2,188	118		
	平均		-		100		113		115		116		118		
A-1.5-S30	1	1,281	-	2,022	100	2,129	120	2,140	112	2,145	113	2,162	114	2,169	115
	2	1,273	-	2,020	100	2,123	110	2,139	112	2,145	113	2,157	114		
	3	1,282	-	1,994	100	2,104	111	2,161	117	2,161	117	2,134	115		
	平均		-		100		114		114		114		114		
A-2.0-S30	1	1,340	-	2,008	100	2,091	108	2,107	110	2,114	111	2,127	112	2,128	112
	2	1,338	-	2,046	100	2,132	109	2,151	111	2,148	110	2,152	111		
	3	1,341	-	2,030	100	2,119	109	2,125	110	2,138	111	2,145	112		
	平均		-		100		109		110		111		112		
A-1.0-S50	1	1,003	-	1,925	100	2,148	125	2,176	128	2,195	130	2,200	131	2,201	131
	2	1,004	-	1,924	100	2,145	124	2,173	128	2,185	129	2,193	131		
	3	978	-	1,922	100	2,149	125	2,178	128	2,192	130	2,202	130		
	平均		-		100		125		128		130		131		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-1.0-S30	1	2,214	118	2,228	120	2,234	121								
	2	2,204	118	2,213	119	2,221	120								
	3	2,195	119	2,206	120	2,211	120								
	平均		118		120		120								
A-1.5-S30	1	2,182	116	2,190	117	2,191	117								
	2	2,158	114	2,179	116	2,180	116								
	3	2,152	119	2,161	124	2,167	118								
	平均		116		119		117								
A-2.0-S30	1	2,134	113	2,148	114	2,152	115								
	2	2,165	112	2,181	114	2,180	114								
	3	2,158	113	2,171	114	2,175	115								
	平均		113		114		115								
A-1.0-S50	1	2,206	131	2,216	132	2,220	133								
	2	2,203	131	2,215	133	2,213	132								
	3	2,214	133	2,222	134	2,225	134								
	平均		132		133		133								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率
A-1.5-S50	1	1,037	-	1,960	100	2,179	124	2,203	126	2,206	127	2,223	129	2,228	129
	2	1,028	-	1,946	100	2,162	123	2,182	126	2,196	127	2,210	129		
	3	1,021	-	1,942	100	2,153	123	2,173	125	2,181	126	2,194	128		
	平均		-		100		123		126		127		129		
A-2.0-S50	1	1,050	-	1,958	100	2,163	122	2,181	124	2,196	126	2,201	126	2,204	127
	2	1,062	-	1,967	100	2,169	122	2,189	124	2,203	125	2,208	126		
	3	1,043	-	1,956	100	2,148	121	2,169	123	2,185	125	2,094	115		
	平均		-		100		122		124		125		122		
A-1.0-S60	1	855	-	1,889	100	2,181	133	2,208	137	2,229	139	2,232	140	2,241	141
	2	871	-	1,848	100	2,128	133	2,160	137	2,180	139	2,188	140		
	3	864	-	1,895	100	2,176	132	2,212	136	2,232	139	2,237	139		
	平均		-		100		133		137		139		140		
A-1.5-S60	1	858	-	1,899	100	2,152	128	2,177	131	2,201	134	2,193	133	2,213	136
	2	864	-	1,886	100	2,143	129	2,170	132	2,177	133	2,193	135		
	3	851	-	1,893	100	2,155	130	2,170	131	2,188	134	2,190	134		
	平均		-		100		129		131		134		134		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率	読 み	変化率
A-1.5-S50	1	2,233	130	2,249	132	2,248	132								
	2	2,227	131	2,230	131	2,228	131								
	3	2,205	129	2,216	130	2,217	130								
	平均		130		131		131								
A-2.0-S50	1	2,210	127	2,218	128	2,220	129								
	2	2,223	128	2,230	129	2,233	129								
	3	2,205	127	2,210	128	2,214	128								
	平均		127		128		129								
A-1.0-S60	1	2,247	141	2,252	142	2,260	143								
	2	2,200	142	2,210	143	2,207	143								
	3	2,252	141	2,264	143	2,259	142								
	平均		141		143		143								
A-1.5-S60	1	2,210	135	2,224	137	2,220	137								
	2	2,202	136	2,216	138	2,220	139								
	3	2,205	136	2,214	137	2,211	136								
	平均		136		137		137								

		1 day		基準値 (4Ws)		6 Ws		8 Ws		10 Ws		13 Ws		14 Ws	
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-S60	1	819	-	1,885	100	2,122	127	2,148	130	2,167	132	2,178	134	2,180	134
	2	774	-	1,893	100	2,131	127	2,155	130	2,173	132	2,178	132		
	3	820	-	1,886	100	2,127	127	2,167	132	2,178	134	2,173	133		
	平均		-		100		127		131		133		133		
B-1.0-C	1	1,584	-	2,293	100	2,300	103	2,316	102	2,315	102	2,320	102	2,320	102
	2	1,594	-	2,292	100	2,301	101	2,309	102	2,308	101	2,310	102		
	3	1,589	-	2,300	100	2,308	101	2,315	101	2,324	102	2,322	102		
	平均		-		100		102		102		102		102		
B-1.5-C	1	1,613	-	2,322	100	2,330	101	2,344	102	2,351	103	2,352	103	2,353	103
	2	1,625	-	2,322	100	2,320	100	2,335	101	2,339	101	2,351	103		
	3	1,620	-	2,307	100	2,312	101	2,324	101	2,331	102	2,337	103		
	平均		-		100		101		101		102		103		
B-2.0-C	1	1,689	-	2,304	100	2,296	99	2,292	99	2,332	102	2,290	99	2,287	99
	2	1,737	-	2,299	100	2,300	100	2,317	102	2,319	102	2,314	101		
	3	1,760	-	2,316	100	2,332	101	2,333	101	2,331	101	2,324	101		
	平均		-		100		100		101		102		100		

		4 Ms		5 Ms		6 Ms									
		読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率	読み	変化率
A-2.0-S60	1	2,185	134	2,193	135	2,215	138								
	2	2,187	134	2,198	135	2,201	135								
	3	2,184	134	2,191	135	2,193	135								
	平均		134		135		136								
B-1.0-C	1	2,313	102	2,320	102	2,319	102								
	2	2,321	103	2,325	103	2,339	102								
	3	2,325	102	2,332	103	2,334	103								
	平均		102		103		102								
B-1.5-C	1	2,353	103	2,353	103	2,369	104								
	2	2,346	102	2,353	103	2,377	105								
	3	2,338	102	2,345	102	2,339	103								
	平均		102		103		104								
B-2.0-C	1	2,183	90	2,013	76	1,979	74								
	2	2,199	92	1,980	74	1,932	71								
	3	2,098	82	1,987	74	1,934	70								
	平均		88		75		72								

高炉スラグ粉末，フライ
アッシュのASR抑制効果の
関する調査

ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第2254号
昭和60年11月 (1985)
小林 茂敏， 石井 良美

要 旨

九州で産出されるASRの性質を有する輝石安山岩を例にして，フライアッシュ，高炉スラグ粉末のASR抑制効果を調査した。その結果，モルタル及びコンクリートの双方においてフライアッシュ20～30%，高炉スラグ粉末50～60%のセメントとの置換によって十分な膨張抑制効果を有することや低アルカルセメントの使用によっても抑制できることが判明した。

キーワード：ASR，ボゾラン，膨張抑制

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはって
下さい。

地質化学部コンクリート研究室 御中

建設省土木研究所

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

土木研究所資料第 2254 号

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2254 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

⑩

