

土木研究所資料

オートクレーブによるASR促進試験方法の検討

1989年2月

建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright © (1989) 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。

オートクレーブによる A S R 促進試験方法の検討

(Study on Rapid Test Method of Determining the Alkali-Silica Reaction by Autoclave)

コンクリート研究室 室長 小林 茂敏
主任研究員 河野 広隆
研究員 森濱 和正
石井 良美

要 旨

現在、骨材のアルカリ反応性を判定する試験方法としては、化学法及びモルタルバー法がある。化学法は比較的試験期間は短いが、専門の技術者を必要とし、モルタルバー法は判定に3カ月ないしは6カ月もの長期間を要する。このため、早期かつ簡易に精度よく骨材のアルカリシリカ反応性を判定する試験法が望まれている。

本研究は、モルタルバーを用いオートクレーブでアルカリシリカ反応を促進させ、早期に骨材のアルカリシリカ反応性を判定する試験法の開発を検討したものである。試験の結果によれば、モルタルバーを用いて化学法と同程度の期間で化学法程度の判定が可能ながことが明らかになっている。

キーワード：アルカリシリカ反応，促進試験法，モルタルバー法，オートクレーブ養生

まえがき

現在、わが国で骨材のアルカリ反応性を判定する標準試験法としては、昭和61年6月に建設省が省内に通達した「骨材のアルカリシリカ反応試験（化学法）建設省暫定案」「同（モルタルバー法）建設省暫定案」および建設省暫定案をもとにだされた JIS A 5308 付属書 7（化学法），付属書 8（モルタルバー法）があげられる。しかし，化学法は比較的試験期間は短いものの専門の技術者を必要とし，モルタルバー法は判定に3カ月ないし6カ月もの長時間を要する。モルタルバー法では，この点を補う形でいくつかの促進試験方法が提案されているものの，まだ多くの問題点が残されており，有効な促進試験法の開発が要請されている。筆者らは，これまでの促進試験法の問題点を検討し，オートクレーブ養生による促進試験方法を提案した。

本研究は，提案した試験方法に至るまでの検討結果（試験条件の設定および確認実験）およびほかの促進試験方法と比較し，提案した試験方法の有効性，適用性について述べるものである。

目 次

まえがき

1. ASR促進試験法の概要	1
1.1 促進試験法の分類	1
1.2 促進試験法の具備すべき要件	1
1.3 提案されている促進試験法の特徴と問題点	1
1.4 オートクレーブによる促進試験と反応生成物	2
2. オートクレーブ法の実験概要	4
2.1 オートクレーブ法によるASR促進試験法の概要	4
2.2 実験方法の概要	4
3. オートクレーブ法の試験条件設定のための予備試験	5
3.1 促進試験条件の設定	5
3.1.1 実験概要	5
3.1.2 促進養生前の前養生の有無の影響	5
3.1.3 促進養生温度の影響	5
3.1.4 最高温度保持時間の影響	5
3.1.5 アルカリ量の影響	6
3.1.6 まとめ	6
3.2 試験精度の検討	6
3.3 判定方法についての検討	7
3.4 まとめ	7
4. オートクレーブ法の確認実験	22
4.1 実験条件および実験方法	22
4.2 実験結果	22
4.2.1 モルタルバー法との関係	22
4.2.2 化学法との関係	23
4.2.3 岩種ごとの関係	23
4.2.4 精度の検討	24
4.2.5 判定値の検討	24
4.2.6 まとめ	24

4.3	試験条件の再設定	24
4.3.1	再設定の考え方	24
4.3.2	実験方法	24
4.3.3	実験結果	25
4.4	オートクレーブ法の再確認	25
4.4.1	実験方法	25
4.4.2	実験結果	25
4.5	まとめ	25
5.	GBRC法との比較検討	38
5.1	実験目的	38
5.2	GBRC法の概要	38
5.3	実験方法	38
5.3.1	実験 I	38
5.3.2	実験 II	39
5.3.3	実験 III	39
5.4	実験結果および考察	39
5.4.1	実験 I	39
5.4.2	実験 II	40
5.4.3	実験 III	41
5.5	まとめ	41
6.	オートクレーブ法によるASR促進試験方法の提案	51
	参考文献	52
	資料	55
1.	オートクレーブによるASR促進試験方法(案)	57
2.	骨材のアルカリ・シリカ反応性簡易判定試験法(GBRC法)(案)	62
3.	オートクレーブ法の試験条件設定のための実験結果	65
4.	オートクレーブ法によるASR促進試験の確認実験結果	66
5.	オートクレーブ法の試験条件再設定のための実験結果	68
6.	オートクレーブ法によるASR促進試験の再確認実験結果	70
7.	GBRC法によるASR促進試験結果	72

1. A S R 促進試験法の概要

1.1 促進試験法の必要性

現在規格化されているアルカリ骨材反応試験法は、おもに次のようなものがある。

物理的試験	A S T M C 227 (モルタルバー法)
	J I S A 5308 (モルタルバー法)
	A S T M C 586 (ロックシリンダー法)
化学的試験	A S T M C 289 (化学法)
	J I S A 5308 (化学法)
岩石学的試験	A S T M C 295
複合試験	D I N 4226

しかし、これらの方法はそれぞれに問題を有している。物理的試験では判定までに長時間を要するし、その他の方法ではそれぞれ専門的知識・技術、試験装置が必要であり、土木技術者にはなじみにくい。そこで簡易で迅速に反応性の判定できる試験法の開発が必要と考えられる。

1.2 促進試験法の具備すべき要件

促進試験法には、簡易で迅速であることが求められる。

ここで、簡易とは、通常よく行なわれているモルタルバー法と同程度以下であること、迅速とは、3～4日で判定できる化学法と同程度以下であることとする。

判定の精度は、モルタルバー法になるべく近づけることが目標ではあるが、使用される時間的な条件を考えれば、化学法とモルタルバー法の間間的なものとなるであろう。ただし、モルタルバー法と比較して少なくとも危険側となる判定は最小限になるようにしておく必要があると考えられる。

このような促進試験法として、ここではすでに規格化されているモルタルバー法を用いて、反応を促進させるためモルタルのアルカリ量を高め、オートクレーブ（高温高圧がま）による養生を行う方法（以下、オートクレーブ法）を考えた。以下にこれまでに提案されている促進試験方法の問題点を、次章以降では提案するオートクレーブ法とその試験結果について述べる。

1.3 提案されている促進試験方法の特徴と問題点

これまでに提案されている促進試験方法の概要は表-1.1のとおりである。ほとんどは物理的試験となっている。それらを分類すると次のようになる。

オートクレーブ養生
高温養生
温度変化、乾湿繰返し
ロックシリンダー法
膨張圧

次に、それぞれの問題点について述べる。

オートクレーブ法は、中国の Tang Ming-Shu⁵⁾ によって提案されたものであり、それ以後促進試験法として多くの提案がなされている。アルカリ骨材反応は化学反応であり、オートクレーブ法は温度を高めることにより反応を促進させ、反応性を早期に判定しようというものである。判定はモルタルバー法と同様、モルタルの膨張を測定して判定するものであり、オートクレーブ装置があれば早期判定が可能である。しかし、提案されている試験法にはさまざまな問題点がある。わが国で提案されている代表的な試験法に G B R C⁸⁾法があるが、長さ変化、動弾性係数、超音波伝播速度の3種類の測定が必要であり大変なこと、配合も試験する砂を標準砂と混合することとなっており、試料の反応性との関係が分かりにくいことが考えられる。西林らの方法⁹⁾は装置は簡易であるが、判定値が小さく判定ミスを生じやすいことが考えられる。能町らの方法¹⁹⁾は、供試体を小さくし簡易な測定装置を考案している。しかし、判定値が明確でないこと、かりに判定値を0.1～0.2%と仮定すると測定値は10～20目盛りにしかならず大きな誤差を生じやすいと考えられる。このようにオートクレーブ法は判定値、判定方法に問題を残しているようであるが、反応の促進による早期判定試験法としての可能性は高いと考えられる。

オートクレーブ法における根本的な疑問のひとつに、高温高圧下の反応が通常的环境下の反応と大きな違いを生じないかということもある。

しかしながらそのほかの方法では、いずれも試験期間が化学法ほど短くはならない。

以上のことにより、本研究では促進試験法としてオートクレーブ法をとり上げることとした。また、試験方法はモルタルバー法を基本に配合、判定値などを設定し、その条件にあうように試験条件を設定することにした。

1.4 オートクレーブによる促進試験と反応生成物

オートクレーブによる促進試験を行うにあたっては、高温、高圧状態のアルカリシリカ反応の特性を明らかにしておくことが重要である。西林らは、オートクレーブによる促進試験と通常のモルタルバー法において生成した反応生成物の組成分析を実体顕微鏡、走査型電子顕微鏡、マイクロ分析(EPMA)⁹⁾およびX線回折によって行っている。また、中野らはコンクリート供試体のオートクレーブ促進試験¹⁸⁾によってコンクリート中に生成される水和生成物を検討するため、促進試験後のコンクリートを顕微鏡観察およびX線回折により水和生成物の同定を行っている。

これらの結果はいずれも促進試験後、アルカリシリケートゲルが生成されており、促進試験による膨張はアルカリ骨材反応が促進されたものであると結論づけられている。

表-1.1 提案されている主なAAR促進試験方法

提 案 者 (機 関 名)	試 験 条 件				判定値等 (限度値)
	配 合 等	供試体寸法(mm)	促 進 条 件	測定項目	
S.Chatterjiほか ^{2,3)} (テンプル技術研究所)	C:S=1:3 W/C=0.5	40×40×160	27日水中養生後、50°C飽和 NaCl溶液中に浸漬	長さ変化	なし
P.E.Grattan-Bellewほか ⁴⁾ (カリフォルニア国立研究会議)	岩石角柱 (ロックワ ンター法の促進試験)	3×6×30	38°C水中で長さ一定となる まで浸漬後、38°C 2N-NaOH 溶液中に浸漬	長さ変化	膨張量0.1%
Tang Ming-Shuほか ⁵⁾ (中国化学技術研究所)	C:S=10:1 W/C=0.3 Na ₂ Oeq=1.5%	10×10×40	100°C4hr蒸気養生後、150°C 10%KOH溶液中でオートクレー プ養生を6hr	長さ変化	
田村博ほか ^{6,7,8)} (日本建築総合試験所)	C:S=1:2 W/C=0.5 Na ₂ Oeq=2.5% 骨材混入率50%	40×40×160	1.5kgf/cm ² (ゲージ圧0.5 kgf/cm ²) の圧力で2hr煮沸	長さ変化 超音波伝 播速度比 動弾性係 数比	0.1% 低下率5% 低下率15%
阿部道彦ほか ¹⁵⁾ (建築研究所)	C:S=1:2.25 W/C=0.5 Na ₂ Oeq=2.5%	40×40×160	100°C, RH95%以上の湿空環 境5hrを2回(10hr)	長さ変化	0.1%
西林新蔵ほか ⁹⁾ (鳥取大学)	C:S=1:2.25 W/C=0.45 Na ₂ Oeq=2.0%	40×40×160	0.1MPa、4hr	長さ変化	
中野鋭弘ほか ^{17,18)} (電力中央研究所)	Tang Ming-Shuらが行った実験を確認しており、試験条件等は同じものの採用。また、コンク リート供試体についての適用も考えており、材料：細骨材：粗骨材=10:1:6, W/C=0.35, Na ₂ Oeq=1.5%、判定基準値0.1% (長さ) としている。				
渡義治ほか ^{13,14)} (五洋建設)	C:S=1:2.25 W/C=0.46 Na ₂ Oeq=2.06% 骨材混入率80%	25×25×285	80°C, RH100% (養生時間は 検討中だが、13日程度でモ ルタル法3カ月を再現)	長さ変化	
大野定俊ほか ^{11,12)} (竹中工務店)	C:S=1:2.25 W/C=0.43 Na ₂ Oeq=1.7%	25×25×285	80°C, 1N-NaOH溶液中に24hr 浸漬後、80°C, RH100%の環 境で72hr	長さ変化	0.1%
松藤泰典ほか ¹⁸⁾ (九州大学)	骨材を精製水とアルカリ溶液に浸漬し、両者の吸水膨張曲線を求め、精製水に対するアルカ リ溶液中の最大膨張率あるいは最大膨張時間の比から判定。α-クリストバライトを含んだ骨材と対 応することを指摘。				
能町宏ほか ¹⁹⁾ (日曹マテリアルズ)	C:S=1:2.25 W/C=0.5 Na ₂ Oeq=2.5%	25×25×135	115±5°C(1.7±0.3kgf/cm ²)3hr	長さ変化	
小林茂敏ほか ²⁸⁾ (土木研究所)	C:S=1:2.25 W/C=50% Na ₂ Oeq=1.2%	φ150×200	38°C, RH95%以上、3カ月程 度	目 視	ひびわれの有 無

2. オートクレーブ法の実験概要

2.1 オートクレーブ法によるASR促進試験方法の概要

ここで検討したオートクレーブ法はできるだけモルタルバー法に準拠することを基本とし、モルタルバーを知っていれば、高温高压がまさえあれば促進試験が実施可能になることをめざしたものである。

試験方法は、モルタルバー法の養生方法とセメント中のアルカリ量を変えたものである。そのほか、材料の準備から供試体の作り方、測定方法、判定まではモルタルバー法がそのまま適用できることを目標にした。

次章以降の実験から得たオートクレーブ法による促進試験方法（案）を資料1.に示す。

2.2 実験方法の概要

骨材のアルカリシリカ反応性を早期に判定するための促進試験法を開発するため次の3実験を行った。

① 試験条件の設定

モルタルバー法をもとに早期判定できるように試験条件の検討を行う。

② 確認実験

①で得た試験条件で多数の骨材を用いた確認実験を行い、判定が十分な精度で可能か検討する。

③ 提案されている試験方法との比較検討

他の促進試験法と比較し、提案する試験法の有効性について検討する。

3. オートクレープ法の試験条件設定のための予備試験

3.1 促進試験条件の設定

3.1.1 実験概要

オートクレープ法による反応性判定試験の条件設定のため、非反応性の骨材2種（川砂C、硬質砂岩D）、反応性の骨材3種（チャートH、安山岩G、H）を用いたモルタルバーを作製し、オートクレープ装置で促進養生を行い、膨張率、動弾性係数の測定を行った。実験の要因としては、セメント中のアルカリ量（1.2、1.6、2.0、2.5%）、養生温度（110、150、180℃）それにともなう圧力（1.40、4.67、9.83 kgf/cm²）、養生時間（2、5時間）、促進養生までの前養生の有無を変化させた。用いた骨材の化学法の結果を図-3.1に、モルタルバー法の結果を図-3.2に、促進養生の温度履歴の模式図を図-3.3に示す。実験に使用したオートクレープ装置を写真-3.1に示す。

3.1.2 促進養生前の前養生の有無の影響

打設後のモルタルバーを、ただちにオートクレープで高温状態までもって行くと、モルタルの組織が通常の養生下でのそれと大きく異なり、反応性の試験結果に影響を与えることが予想される。このため、オートクレープ前の予備的な養生の影響を調べた。

図-3.4および3.5（a）～3.5（h）に前養生の影響を示す。図-3.4は骨材ごとに、図-3.5（a）～3.5（h）はモルタルバー法の結果との関係を示す。ここで、前養生「なし」とはモルタルバー打設後24時間の湿潤養生（20℃）を行った後、脱型後ただちにオートクレープで促進養生を行うことを示し、前養生「あり」とは脱型後さらに24時間の湿潤養生を行い、促進養生を行うことを示す。

前養生の影響は図に示されているように、各条件で前養生の有無はほとんど膨張量に影響していないことがわかる。このため試験期間の短縮の意味から、前養生を行わずにオートクレープを行うことが可能と考えられる。

3.1.3 促進養生温度の影響

図-3.6および3.7（a）～3.7（d）に養生温度の影響を示す。

高いアルカリ量では110℃と150℃では大きい差があるものの150℃と180℃ではそれほど差がなくなっている。安山岩は150℃であればアルカリ量1.6%から、チャートは2.0%から大きい膨張を示している。

3.1.4 最高温度保持時間の影響

図- 3.8 および 3.9 (a) ～ 3.9 (f) に養生時間の影響を示す。

反応性骨材は比較的低温 (110℃) では 2 時間と 5 時間ではかなりの差がでているものがある。150℃では安山岩 G のみが 2 時間から 5 時間の間で大きく膨張しているようであり、180℃では G 骨材でしかもアルカリ量が高いときに 2 時間から 5 時間で大きく膨張している。H 骨材は時間の違いによる膨張量の差はあまりないようである。

3.1.5 アルカリ量の影響

図- 3.10 および 3.11 (a) ～ 3.11 (g) にアルカリ量の影響を示す。

アルカリ量の影響は非常に大きく、条件にもよるが促進膨張させるためには 2.0 % 以上のアルカリ量が必要と考えられ、アルカリ量 2.0 % のとき養生温度 150℃であれば大きい膨張量を示し、2.5 % のときは 110℃で大きい膨張量を示している。

3.1.6 まとめ

これらの結果を全体的にみると、いずれも安山岩を用いた場合には、ゆるい試験条件の促進養生によって大きい膨張量が得られるが、チャートの場合は安山岩より厳しい条件を設定しなければ大きい膨張量は得られないようである。ひとつの条件ですべての骨材を試験しようとする、安全側になるようチャートに合わせた厳しい養生条件を設定する必要があるものと考えられる。

以上のことにより、オートクレーブ法の試験条件としては前養生なし、アルカリ量 2.0 %, 温度 150℃, 2 時間の養生を行えば、早期判定が行える可能性が大きいと考えられる。

3.2 試験精度の検討

3.1 で行った実験からオートクレーブ法の試験精度を求めると以下のとおりであった。

実験は 1 ケース当たり 3 個のモルタルバーで行った。それぞれのケースについて 3 個のバラツキを、モルタルバー法の精度と同じように変動幅であらわせば、平均膨張率 0.05 % 以下では平均膨張率に対する個々の膨張率の差の絶対値で、0.05 % 以上では平均膨張率に対する個々の膨張率の比 (変動率) で表わせば表- 3.1 のようになる。

表中の変動幅の絶対値 0.010 %, 変動率 20 % は、モルタルバー法の精度の規定値である。オートクレーブ法ではモルタルバー法の規定をはみだすものは 130 ケース中わずかに 1 ケースであった。ほとんどはそれの 1/2 以下となっており、オートクレーブ法の精度はモルタルバー法と同じかそれより厳しく設定できる可能性がある。

表- 3.1 試験精度

平均膨張率	変 動 幅	ケース数	合計
0.05以下	絶対値%		
	0.010以上	1	81
	0.005~0.010	2	
	0.005以下	78	
0.05以上	変動率		
	20%以上	0	49
	15~20%	2	
	10~20%	6	
	10%以下	41	
合 計			130

3.3 判定方法についての検討

図- 3.4 ~ 3.11の各図にモルタルバー法の判定値である膨張量 0.1 %を破線で示した。試験条件の設定にもよるが、3.1.6の設定条件程度であれば判定値を 0.1 %にすればモルタルバー法との対応はいいようである。

3.4 まとめ

以上の結果より、試験条件などの設定は次のとおりとする。

試験条件 前養生なし，アルカリ量 2.0 %，養生温度 150℃，養生時間 2 時間

試験精度 モルタルバー法に同じ

平均膨張率 0.05 %以下，個々の膨張率と平均膨張率の差の絶対値が 0.010%以下

0.05 %以上，個々の膨張率と平均膨張率との比で±20%以下

判 定 値 モルタルバー法に同じ

3本の平均値が 0.1 %以上の膨張を生じた骨材は有害

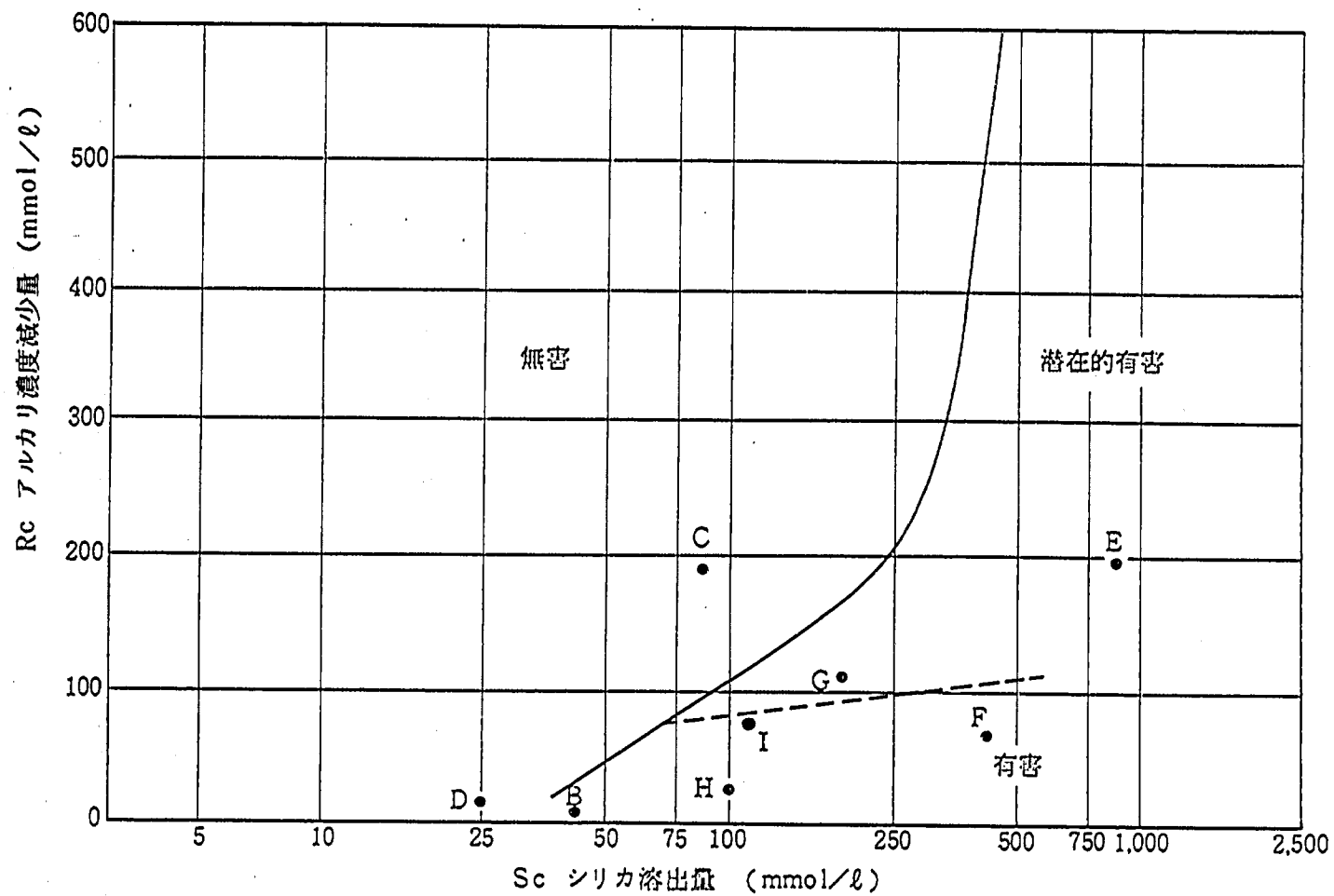


図-3.1 骨材の化学法結果

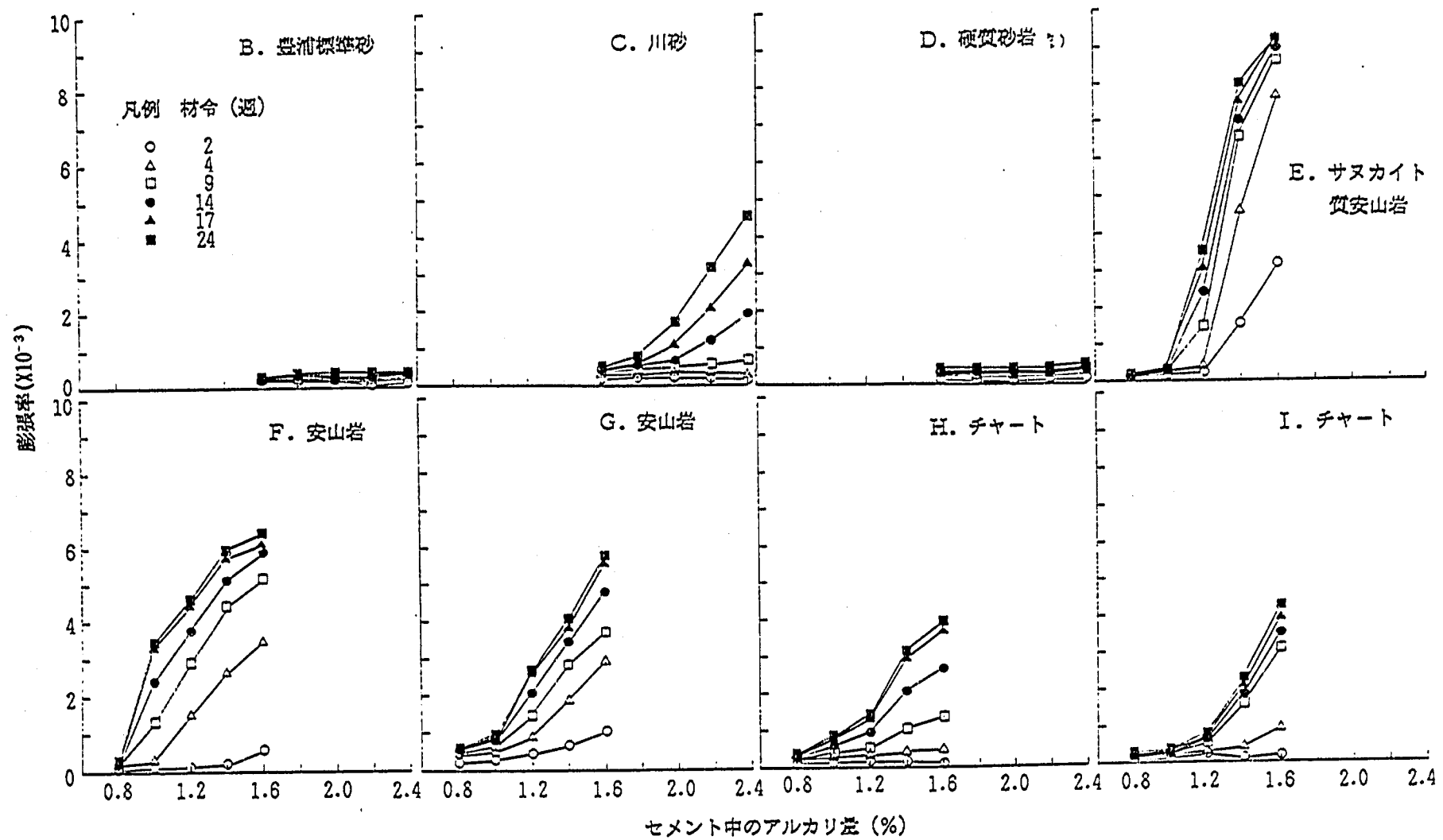


図-3.2 モルタルバー法試験結果

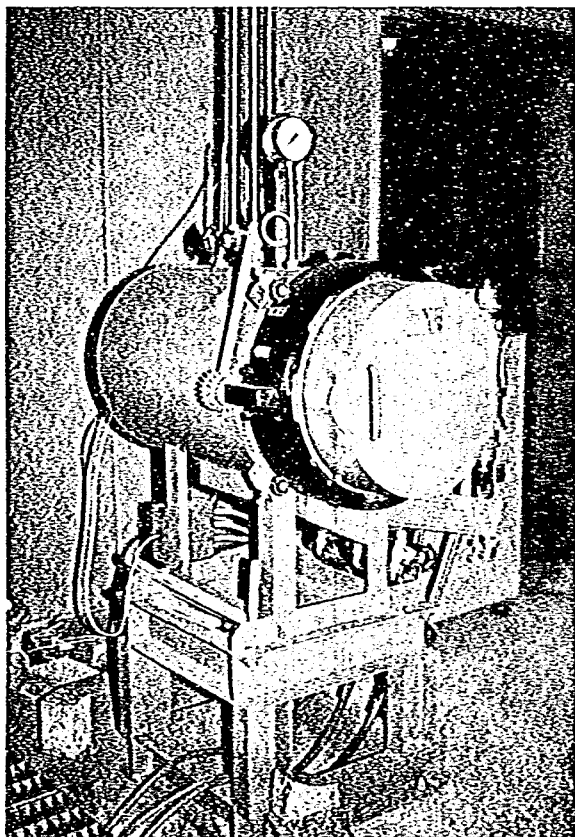


写真-3.1 オートクレープ装置

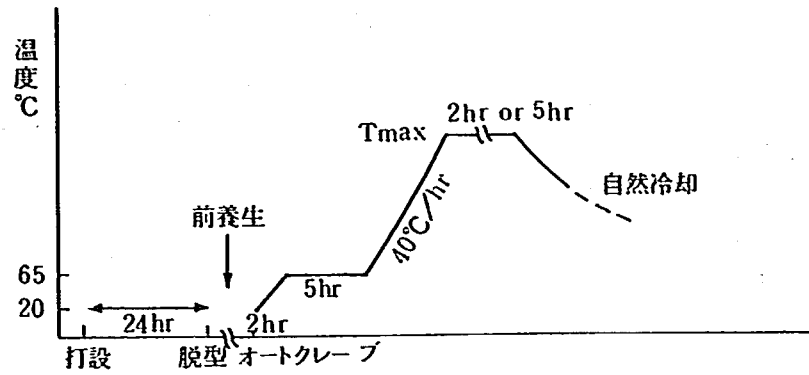


図- 3.3 促進養生温度履歴

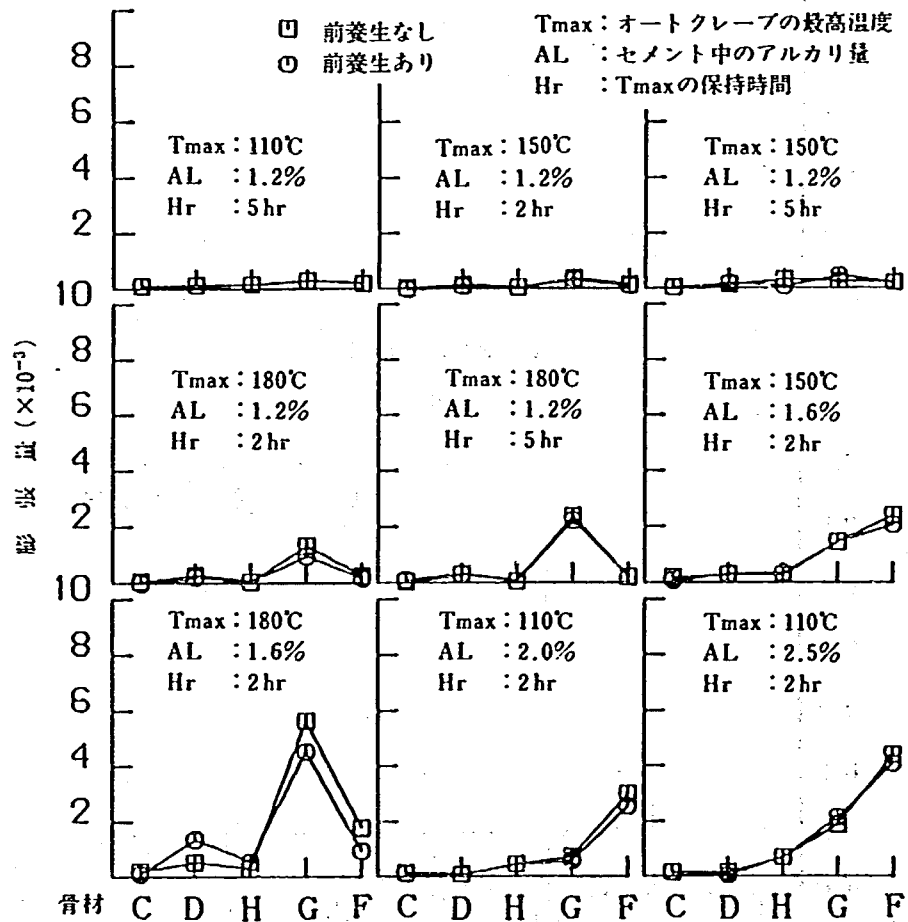
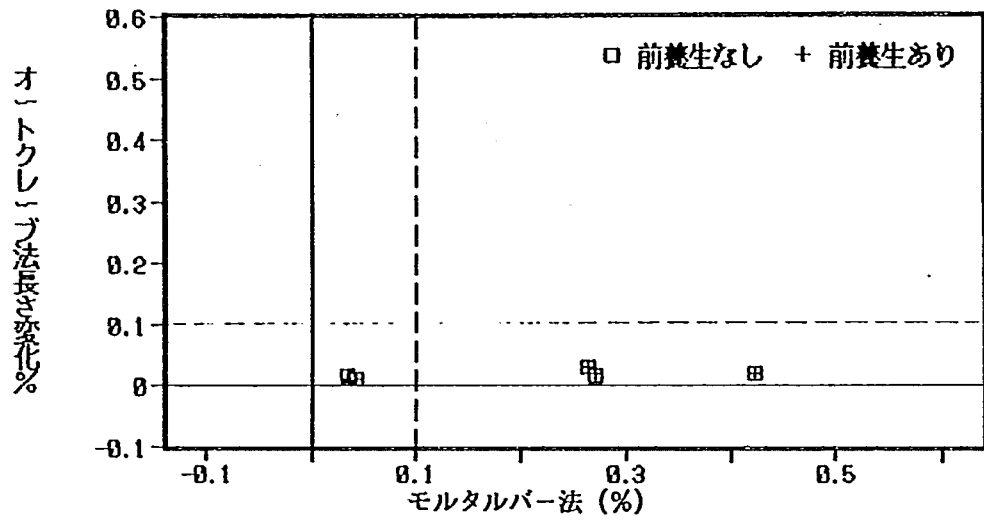
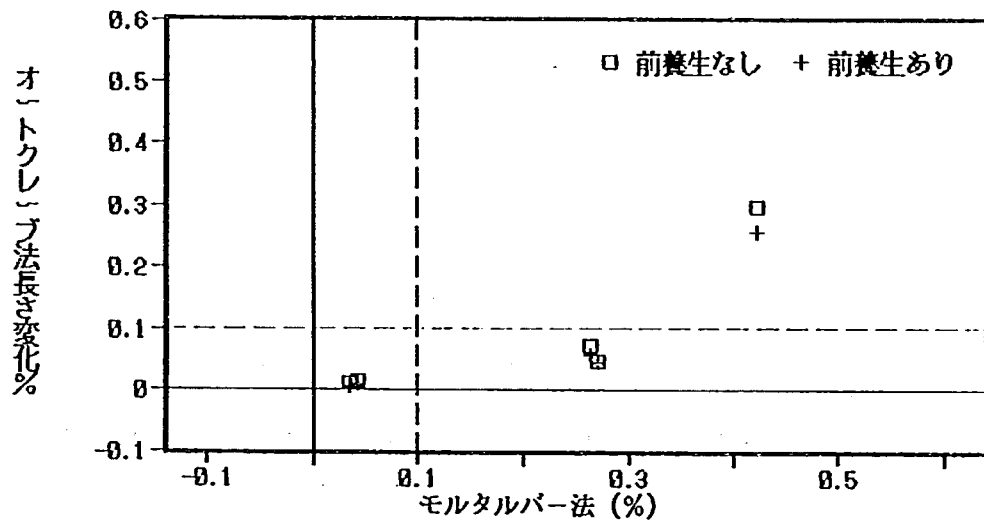


図- 3.4 促進養生前の前養生の有無の影響

(a) $T_{max}110^{\circ}\text{C}-\text{AL}1.2-\text{Hr}5$



(b) $T_{max}110^{\circ}\text{C}-\text{AL}2.0-\text{Hr}2$



(c) $T_{max}110^{\circ}\text{C}-\text{AL}2.5-\text{Hr}2$

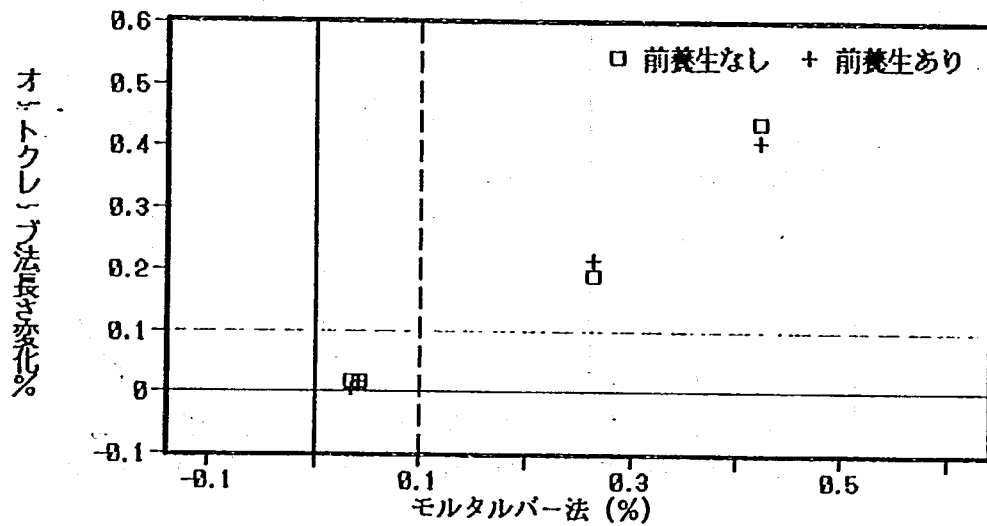
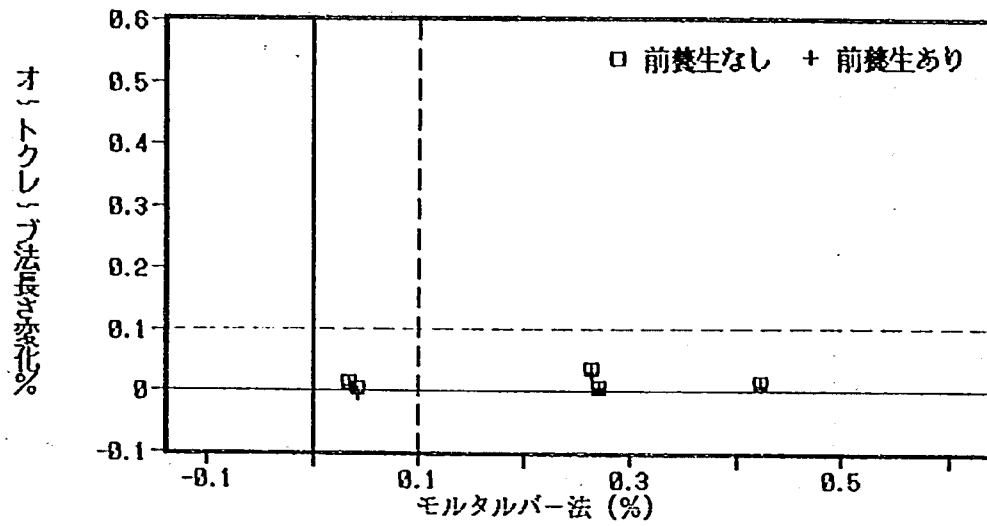
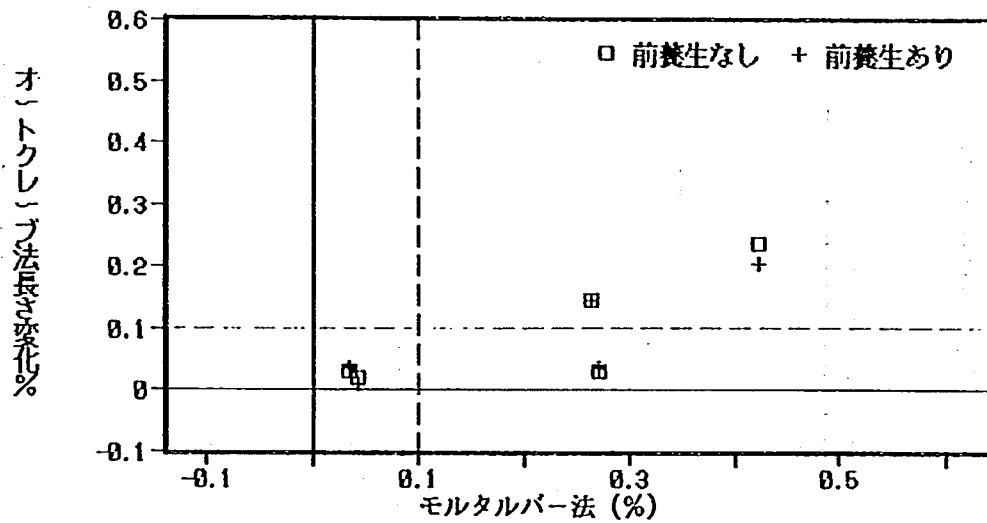


図-3.5 前養生の検討 (a)~(c)

(d) $T_{max}150^{\circ}\text{C}-\text{AL1.2-Hr2}$



(e) $T_{max}150^{\circ}\text{C}-\text{AL1.6-Hr2}$



(f) $T_{max}150^{\circ}\text{C}-\text{AL1.2-Hr2}$

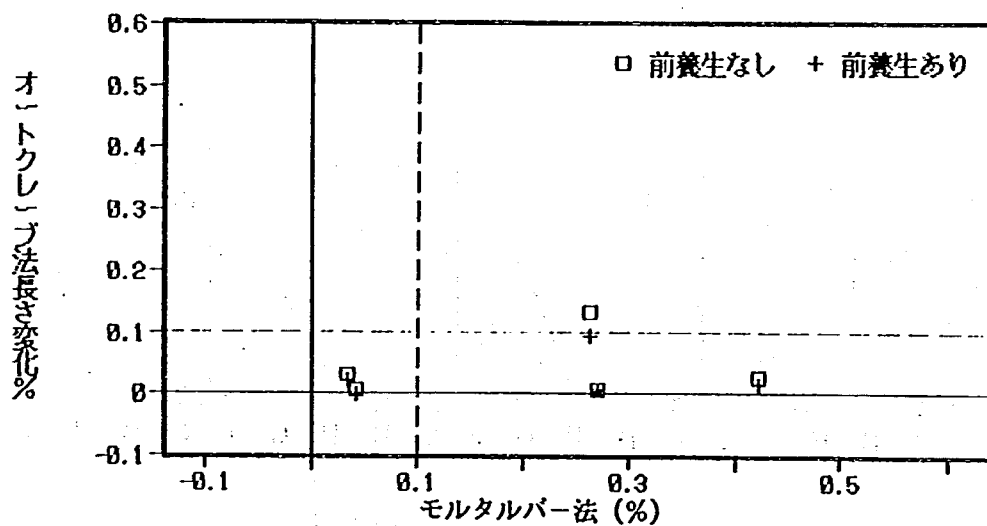
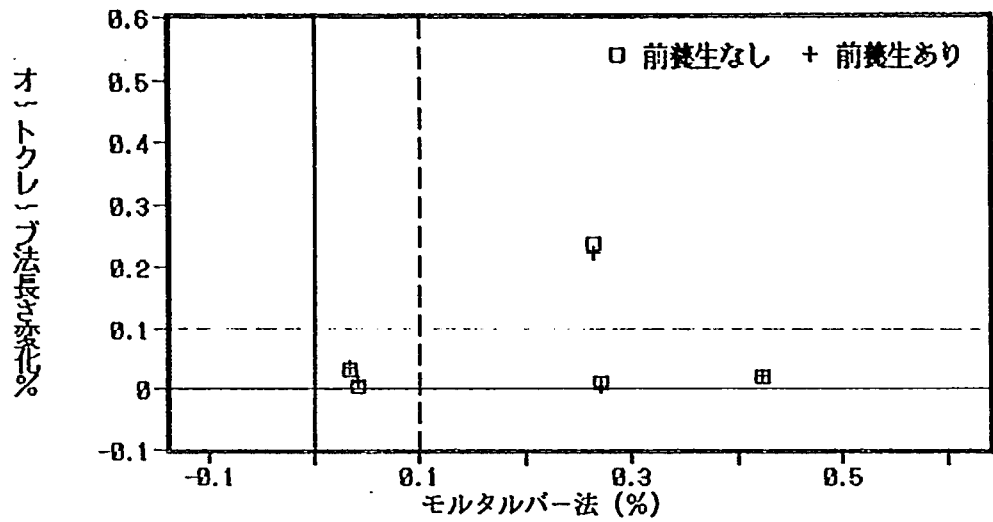


図-3.5 前養生の検討 (d)~(f)

(g) $T_{max}180^{\circ}\text{C}-\text{AL}1.2-\text{Hr}5$



(h) $T_{max}180^{\circ}\text{C}-\text{AL}1.6-\text{Hr}2$

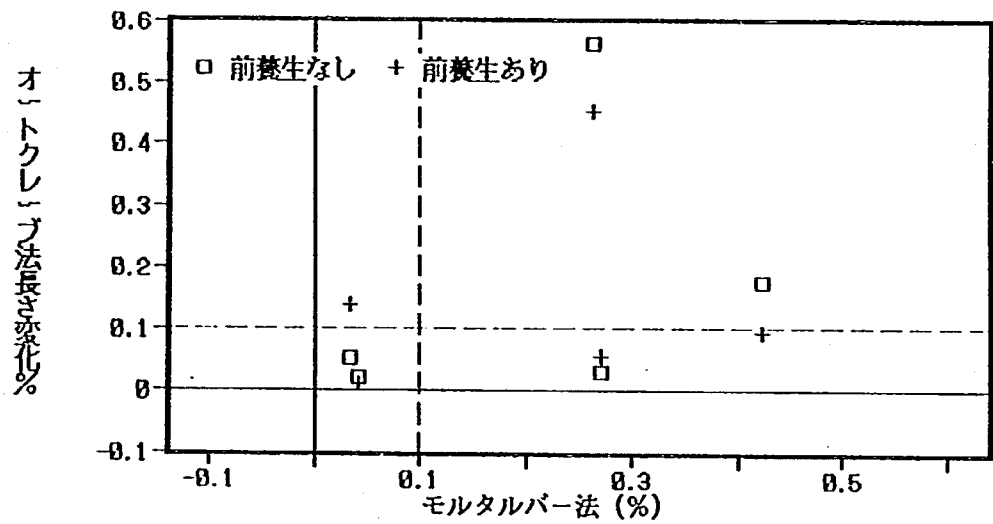


図-3.5 前養生の検討 (g)~(h)

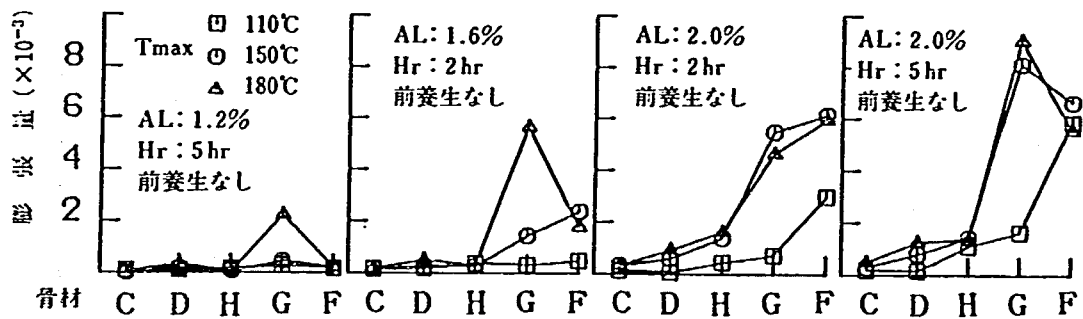


図-3.6 促進養生温度の影響

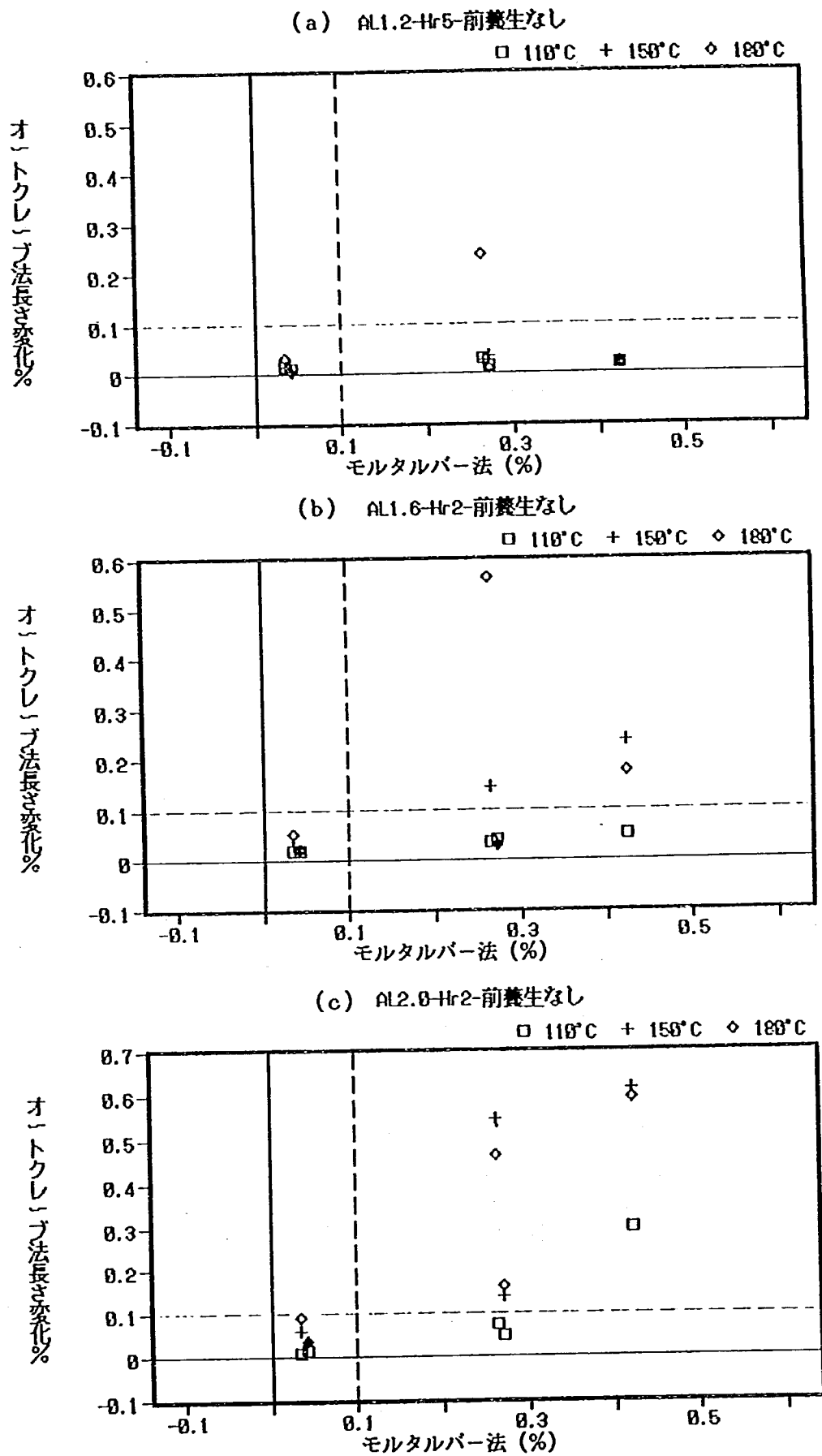


図-3.7 養生温度の検討 (a)~(c)

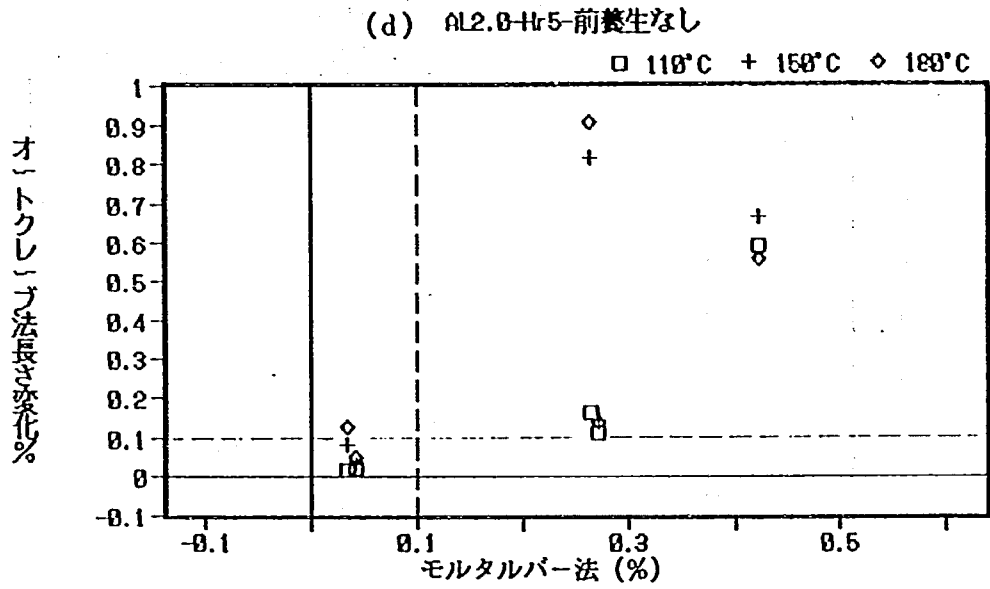


図-3.7 養生温度の検討 (d)

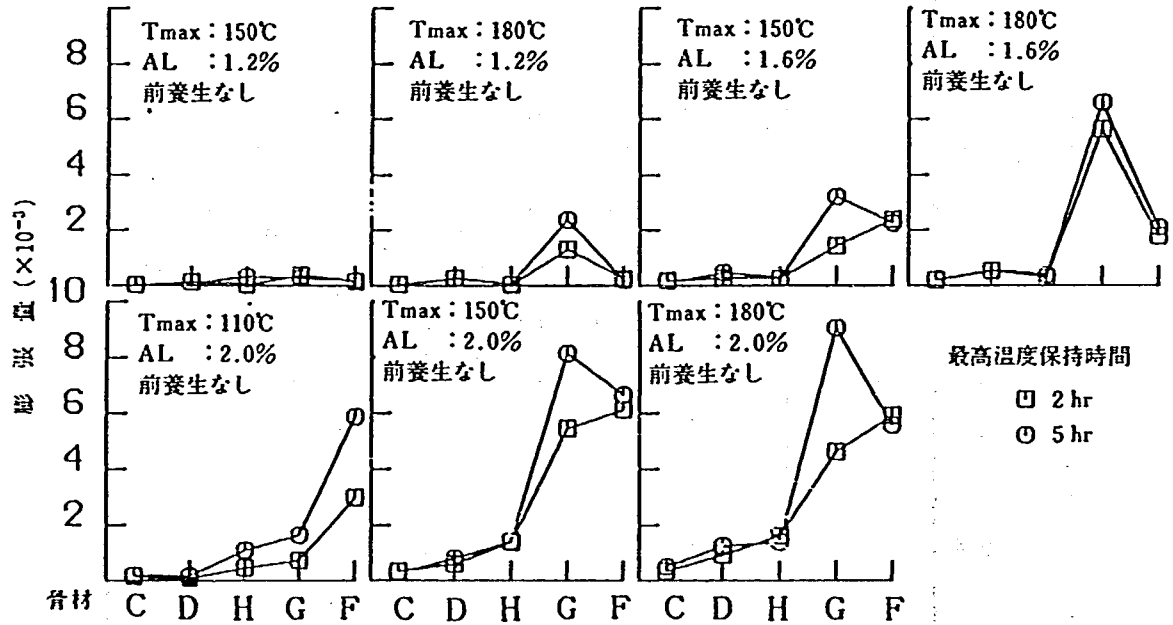


図-3.8 最高温度保持時間の影響

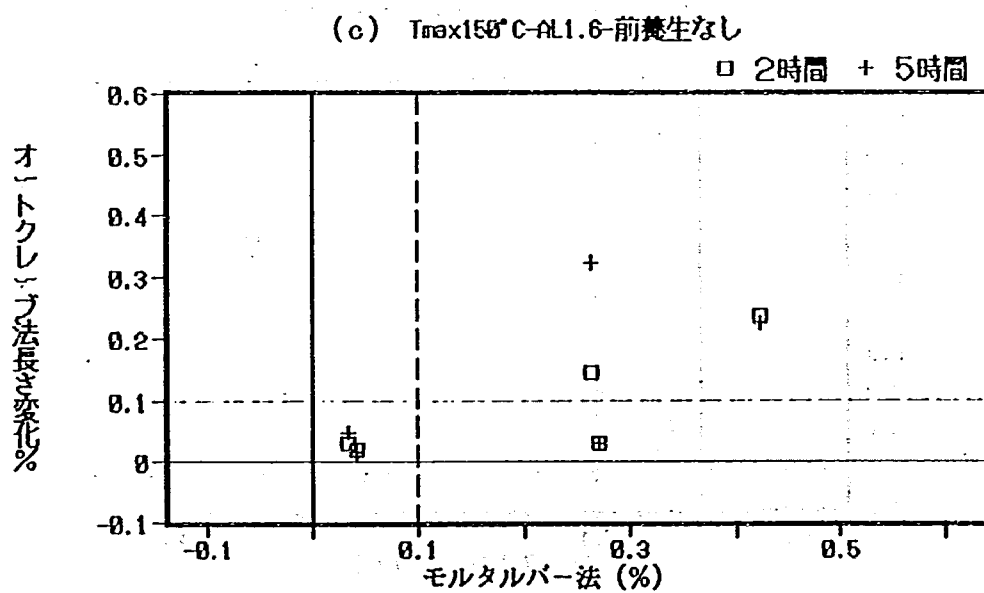
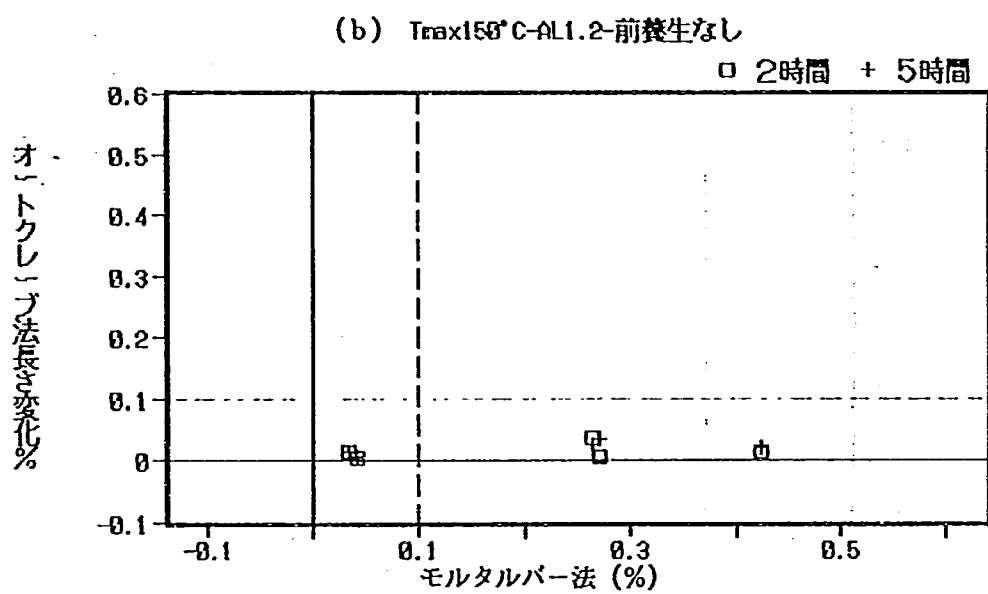
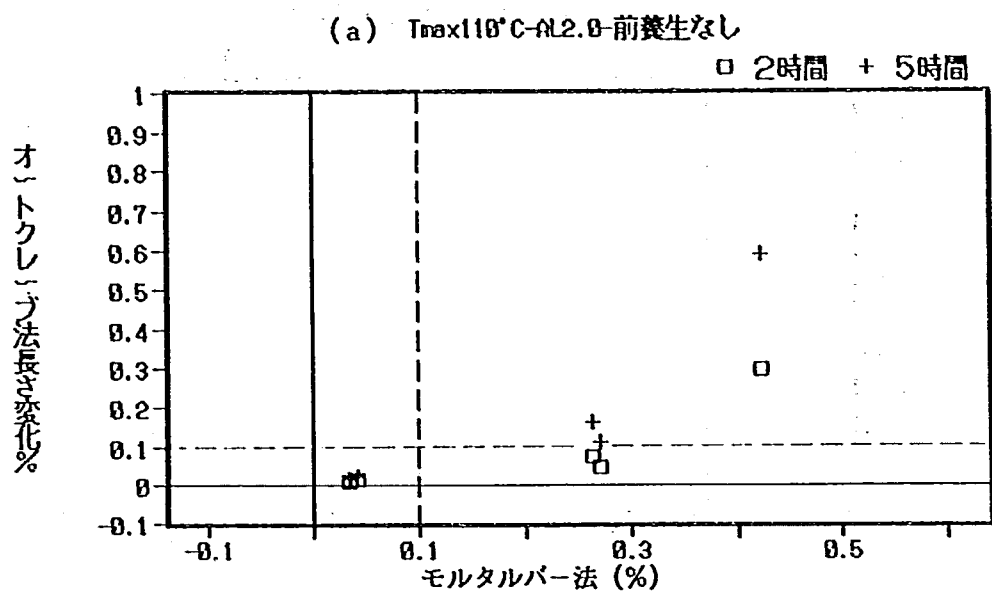


図-3.9 養生時間の検討 (a)~(c)

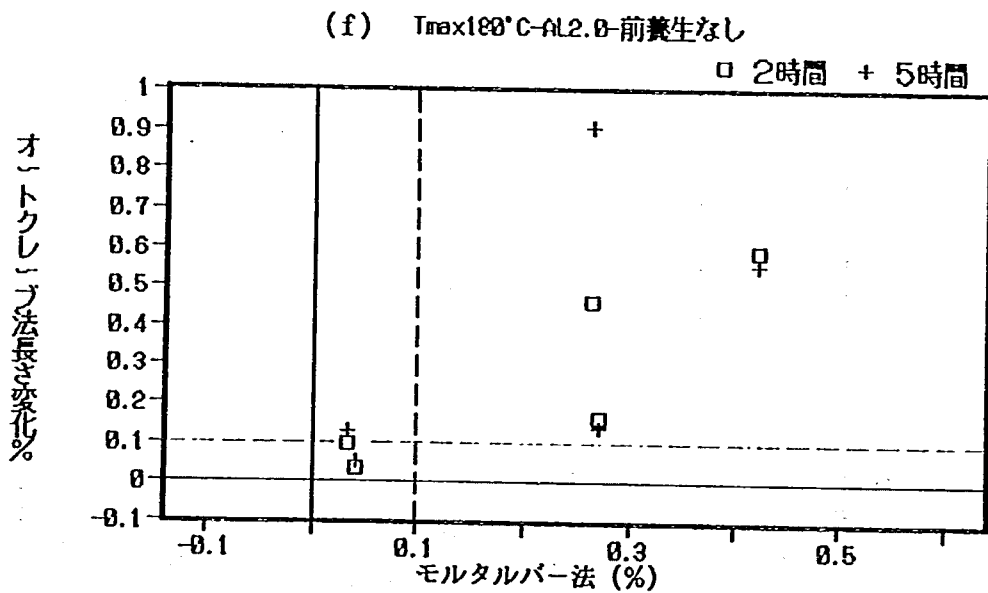
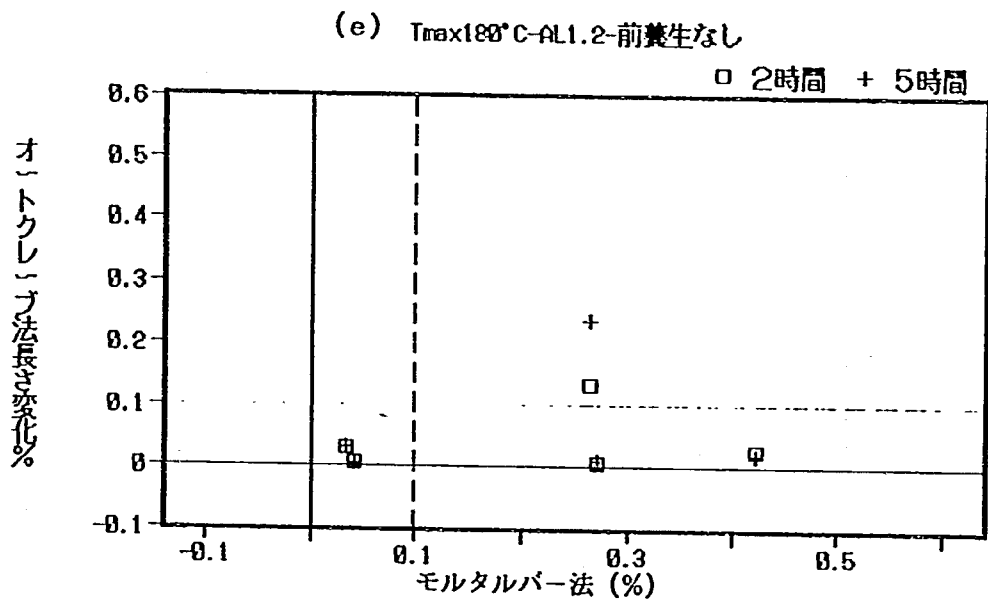
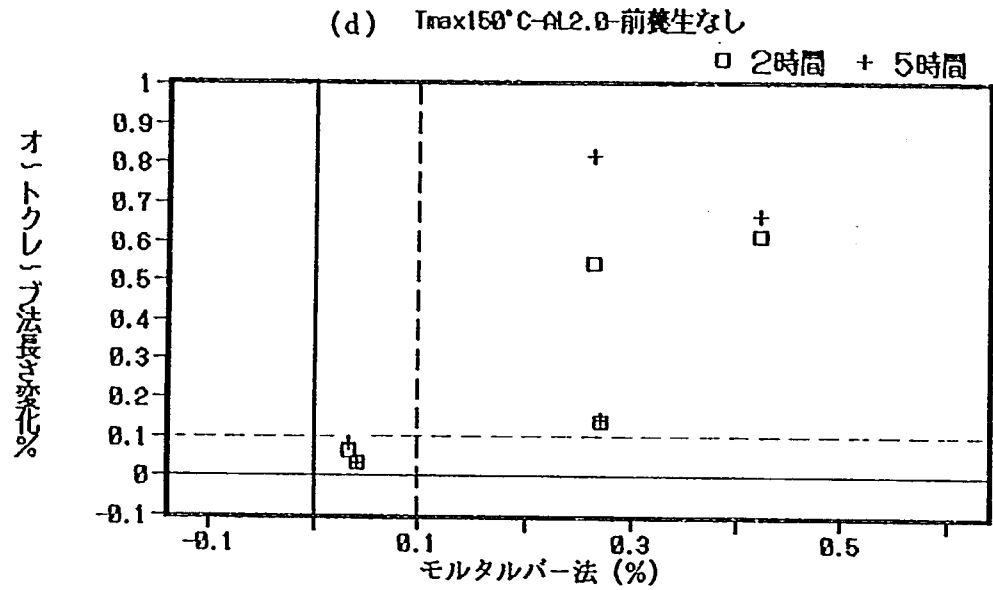


図-3.9 養生時間の検討 (d)~(f)

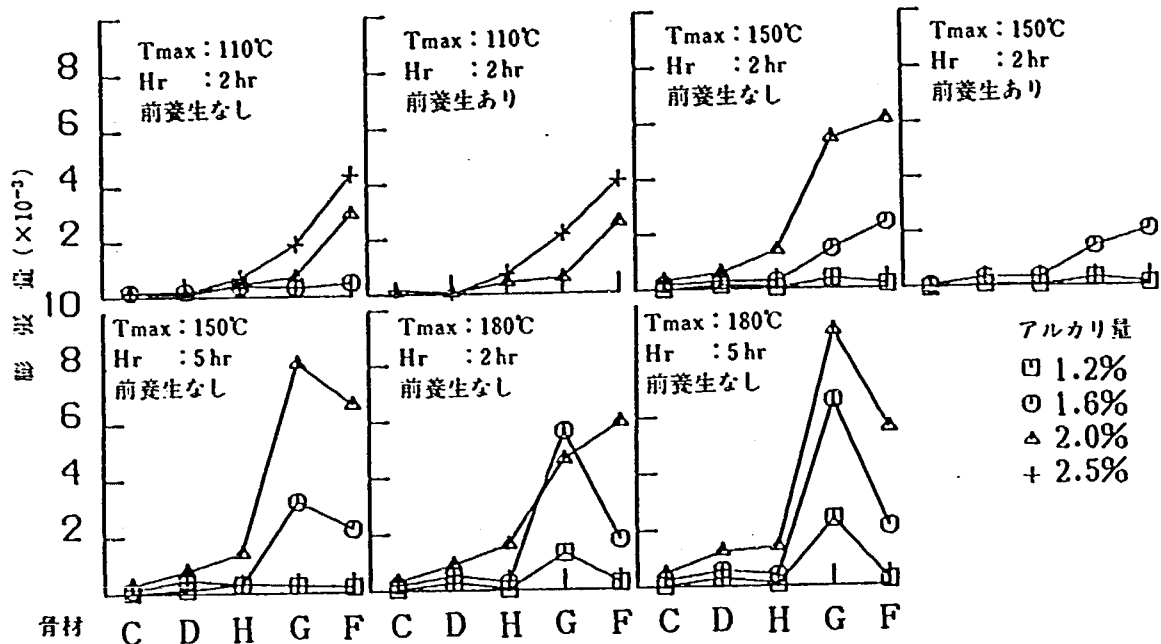


図-3.10 アルカリ量の影響

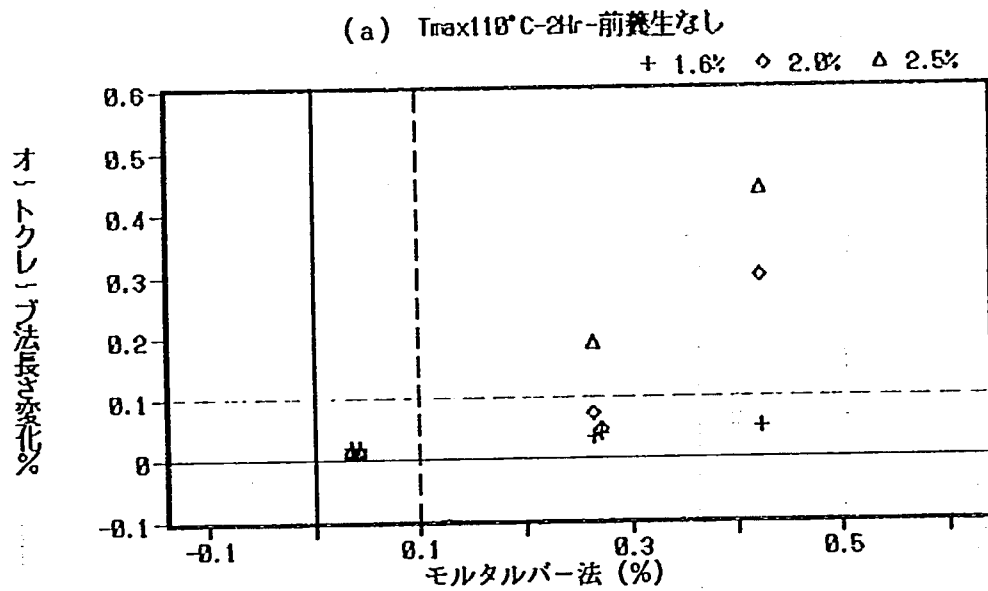


図-3.11 アルカリ量の検討 (a)

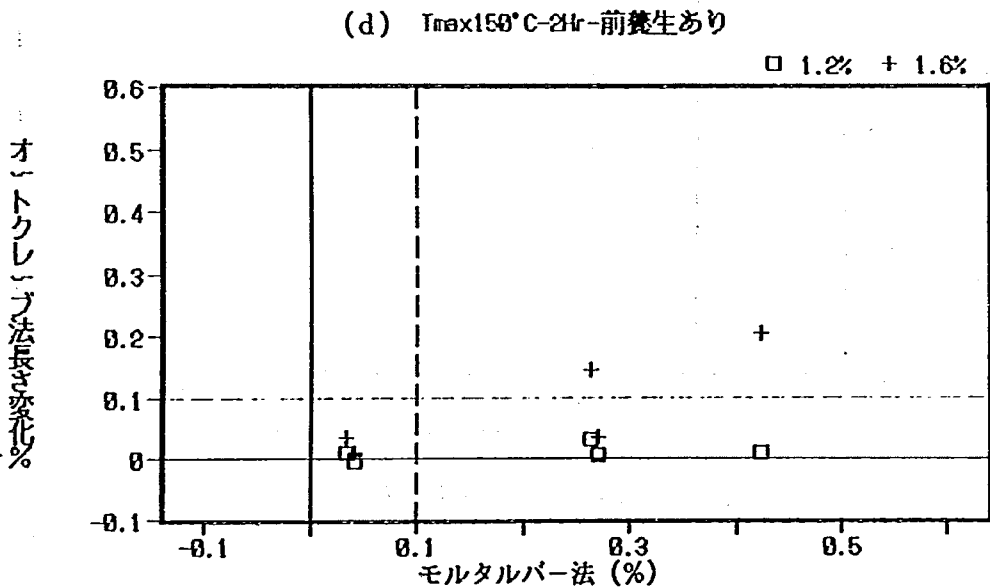
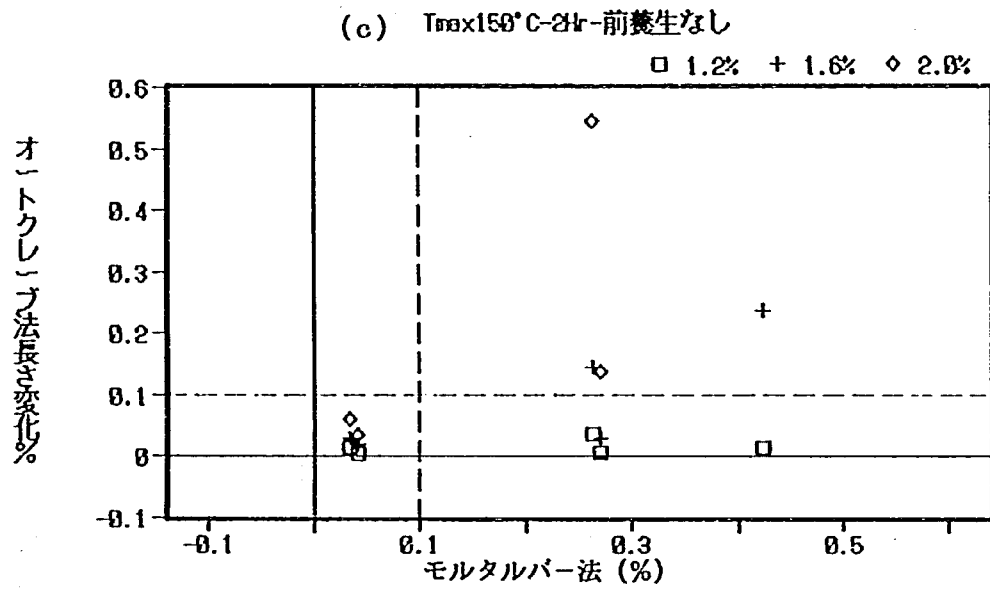
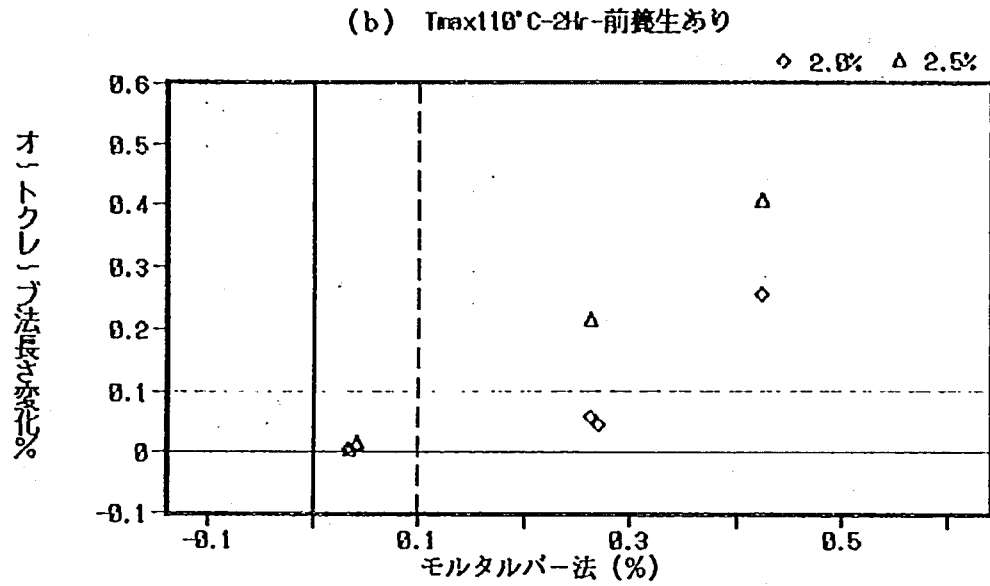
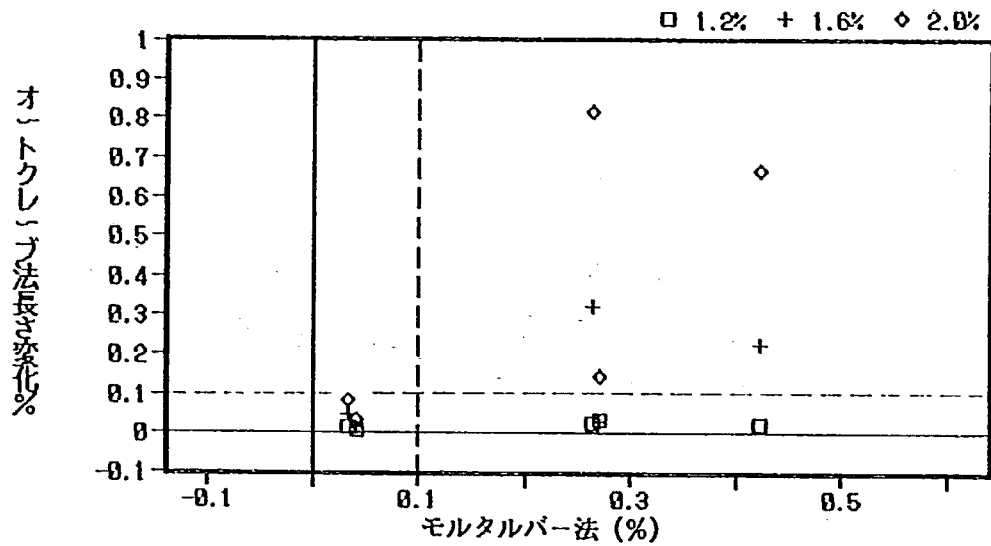
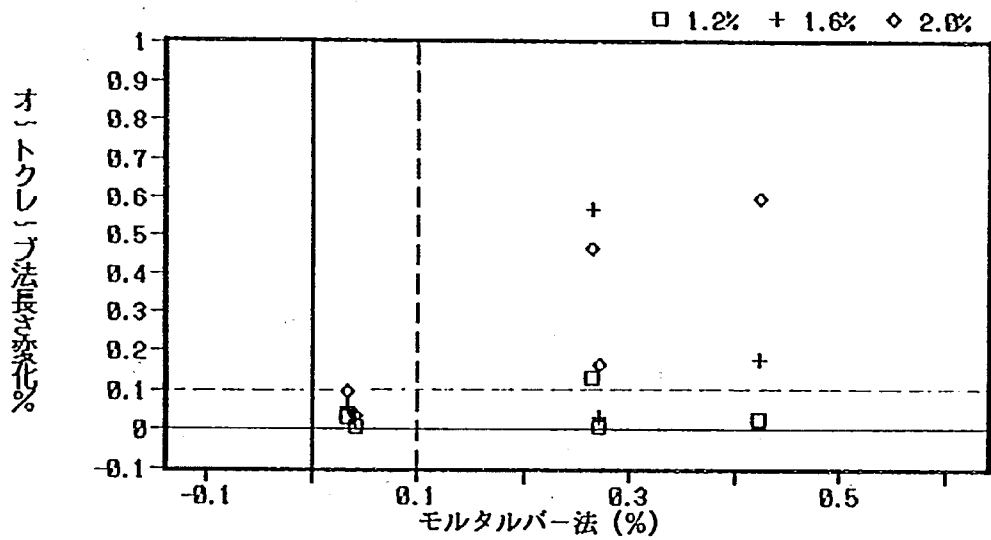


図- 3.11 アルカリ量の検討 (b)~(d)

(e) $T_{max}150^{\circ}\text{C}$ -5hr-前養生なし



(f) $T_{max}180^{\circ}\text{C}$ -2hr-前養生なし



(g) $T_{max}180^{\circ}\text{C}$ -5hr-前養生なし

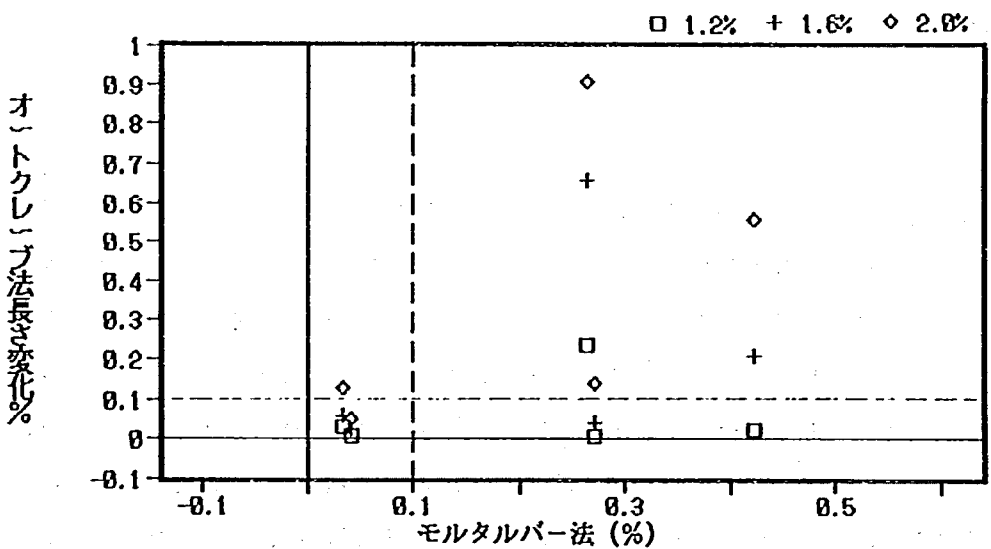


図-3.11 アルカリ量の検討 (e)~(g)

4. オートクレーブ法の確認実験

4.1 実験条件および実験方法

予備試験によって設定された試験条件によって 50 種類の骨材を用いて確認実験を行った。

1) 使用骨材

使用した骨材は、全国の砕石場から採取した骨材 600 種類の中から火山岩と堆積岩とをランダムに抽出した。火山岩は 40 種類、堆積岩は 10 種類、合計 50 種類の骨材についてオートクレーブ法による促進試験を行った。使用した骨材の化学法、モルタルバー法の結果は資料 4. のとおりである。

2) 促進試験条件

予備試験の結果から次の条件 1 を設定した。また、温度が 100℃ 以上になると特殊な試験装置（オートクレーブ装置）が必要になるが、100℃ 以下であれば試験もそれだけ簡単になるため、予備試験でアルカリ量 2.0 % のとき最高温度 110℃ でも膨張量が大きかったことから、100℃ のときどうか確認するために条件 2 も設けた。

また、一部には条件 1 と 2 の相互関係がわかりにくいため、条件 3 (火山岩 35 種、堆積岩 10 種)、条件 4 (火山岩 23 種、堆積岩 10 種) についても実施した。養生温度の履歴を図－4.1，4.2 に示す。

条件 1：前養生なし、アルカリ量 2.0 %，最高温度 150℃，養生時間 2 時間

条件 2：前養生なし、アルカリ量 2.5 %，最高温度 100℃，養生時間 2 時間

条件 3：前養生なし、アルカリ量 2.5 %，最高温度 150℃，養生時間 2 時間

条件 4：前養生なし、アルカリ量 2.0 %，最高温度 100℃，養生時間 2 時間

4.2 実験結果

4.2.1 モルタルバー法との関係

図－4.3 に全骨材のモルタルバー法の 6 カ月の膨張率とオートクレーブ法の膨張率の関係を示す。図中にはモルタルバー法の 3 カ月および 6 カ月の判定基準である膨張率 0.05 %，0.1 % を破線で示した。図より、オートクレーブ法とモルタルバー法の膨張率そのものの相関は小さいことがわかる。

無害、有害の判定で比較すると、モルタルバー法で無害と判定されるがオートクレーブ法で有害と判定（安全側の判定）される骨材は条件 1 で 3 骨材、条件 2 で 6 骨材、条件 3 では 8 骨材、条件 4 では 0 となっている。反対にモルタルバー法では、オートクレーブ法では無害と判定（危険側の判定）されるのは条件 1 では判定基準 0.1 % で 13 骨材、0.05 % で 3 骨材、条件 2 では 0.1 % で 6 骨材、0.05 % で 3 骨材、条件 3 では 0.1 % で 2 骨材、0.05 % で 1 骨材、条件 4 では 0.1 % で 16 骨材、0.05 % で

10骨材となっている。その他の骨材についてはモルタルバー法とオートクレーブ法の判定は合致している。

モルタルバー法で無害、オートクレーブ法で有害の判定は安全側となる。しかし、数多いことは好ましいことではない。逆にモルタルバー法で有害、オートクレーブ法で無害の判定は危険側であり、あってはならないことである。このことを考えれば、条件4はあまりにも危険側の判定となる。条件3が最も安全側の判定となっているが、それでもまだ危険側に判定される骨材がある。

4.2.2 化学法との関係

化学法とオートクレーブ法とを比較したのが図-4.4である。比較のために図-4.4の上段にはモルタルバー法の6カ月の結果との比較も示してある。化学法で有害または潜在的有害と判定される中にもモルタルバー法で無害と判定されるものが6骨材ある。

オートクレーブ法では、化学法で有害または潜在的有害に属する骨材でもアルカリ濃度減少量 R_c の小さい骨材は無害と判定されるものが多い。その他の多くは有害と判定されている。化学法で無害に属する骨材はオートクレーブ法でも多くは無害となっている。化学法で R_c の小さい骨材の多くは堆積岩類と考えられる。そこで、次に骨材を火山岩類と堆積岩類に分類して検討した。

4.2.3 岩種ごとの関係

岩種ごとのオートクレーブ法とモルタルバー法の膨張率、化学法との関係は図-4.5～4.8のようであった。

火山岩類は図-4.5より、条件1では危険側に判定されるものが3骨材あるが、条件2,3では危険側は全くない。また化学法との比較(図-4.6)では、条件1はモルタルバー法とほぼ同様に有害域に属する中にオートクレーブ法で無害の判定となる骨材が7骨材ある。条件2,3は化学法で有害に属するものはほとんどオートクレーブ法でも有害と判定されている。これより、火山岩類をオートクレーブ法の条件2または3により促進養生すれば化学法程度の判定が可能と考えられる。

次に堆積岩類では、全ての骨材は化学法でもモルタルバー法でも有害と判定されている。しかし、図-4.7, 4.8のようにオートクレーブ法では条件1と4はすべて無害、条件2でわずかに4骨材が有害、条件3で8骨材が有害となっている。モルタルバー法の判定基準を3カ月の0.05%にすると有害と判定される骨材は増えるが、それでも安全側の判定とはならない。これは、一般に言われているように堆積岩類は反応性が遅いことによるものと考えられる。堆積岩類をオートクレーブ法によってASRの早期判定をするには、さらに促進試験条件(アルカリ量、最高温度と時間)や判定基準を検討することが必要である。

4.2.4 精度の検討

オートクレーブ法の精度を図－4.9に示す。図は3本の平均膨張率に対する個々の膨張率の比で表わしてある。バラツキは予備試験の場合と同様、モルタルバー法よりもよく±10%以内にほとんど入っている。

4.2.5 判定値の検討

予備試験の結果から判定は0.1%で行ってきた。しかし、岩種により反応性が異なること、火山岩類はそれで十分判定は可能と考えられるが、堆積岩類の判定はむずかしいことがわかった。試験条件とあわせ検討していく必要がある。

4.2.6 まとめ

50種類の骨材と4つの促進試験条件による確認実験を行い、アルカリ量、温度の高いほど促進試験条件に適していることがわかった。しかし、岩種によって反応性は異なり、堆積岩類は今回の4条件ではいずれも危険側の判定となるため、再度条件設定する必要がある。

4.3 試験条件の再設定

4.3.1 再設定の考え方

試験条件の再設定に当たって、判定値0.1%は堅持することとし、その他の条件を再検討することとした。また、次のような理由から養生時間を検討対象にすることとした。

アルカリ量は、これ以上高めれば無害の骨材も反応し、有害と判定する恐れが高いこと、養生温度を高めれば圧力が高くなり危険が増すこと、予備試験でも明らかなように温度をこれ以上高めてもあまり大きな膨張は得られそうにないことが考えられるためである。養生時間を長くしても予備試験の結果では大きな影響はないと考えられるが、条件3（アルカリ量2.5%、温度150℃、時間2時間）は安全側の判定にあとわずかなため、養生時間を検討することにしたものである。

4.3.2 実験方法

養生時間の検討のための実験は、代表的な骨材4種類（図－3.1、無害骨材に川砂C、有害骨材として安山岩F、チャートH、I）を用いて養生時間を4、6、8時間に変化させてオートクレーブ養生を行った。そのほかの条件は、条件3（アルカリ量2.5%、養生温度150℃）とした。

4.3.3 実験結果

実験結果は図-4.10, 4.11のとおりである。

オートクレーブの養生時間を変化させた4～8時間の間ではモルタルバーの膨張量に大きな差はみられず、またどの時間でもモルタルバー法とよい相関を示している。化学法の判定とも対応していることから、養生時間を4時間に設定することとした。

4.4 オートクレーブ法の再確認

4.4.1 実験目的および方法

オートクレーブ法の試験条件を再度設定したことにもない、再設定した試験条件におけるオートクレーブ法の確認実験を再度行った。

実験に用いた骨材は18種類である。その化学法とモルタルバー法の結果は資料6.にオートクレーブ法の結果とともに示してある。

促進試験条件は4.3の実験結果をふまえ、前養生なし、アルカリ量2.5%, 養生温度150℃, 養生時間4時間とした。

測定は膨張量のほか、次章で述べるGBRC法と比較検討するために動弾性係数、超音波伝播速度についても行った。

4.4.2 実験結果

実験結果を図-4.12, 4.13に示す。

モルタルバー法との比較(図-4.12(a))では、無害骨材10骨材に対してオートクレーブ法ではわずか4骨材となっておりかなり安全側の判定となっている。

化学法との比較では、有害域はすべて有害と判定している。また化学法の判定値を $Sc \geq Rc$ を有害(図-4.13の破線¹⁶⁾)とすれば、わずかに1骨材が無害を有害に判定しているにすぎず、よく一致している。

次に動弾性係数比、超音波伝播速度比とモルタルバー法の関係は図-4.12(b), (c)のようによい負の相関関係にある。判定は、動弾性係数では安全側2骨材、危険側1骨材、超音波では危険側はなく安全側4骨材であった。

4.5 まとめ

以上の結果より、促進試験条件を前養生なし、アルカリ量2.5%, 養生温度150℃, 養生時間4時

間とし、膨張率の判定値を0.1%とすれば化学法程度の判定が可能であることが明らかとなった。また、試験の精度はモルタルバー法程度かそれよりも厳しくすることも可能と考えられる。

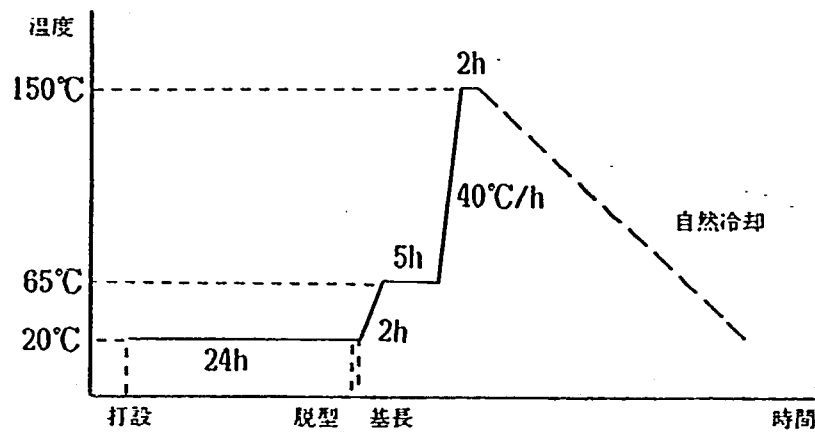


図-4.1 温度履歴 (条件1および3)

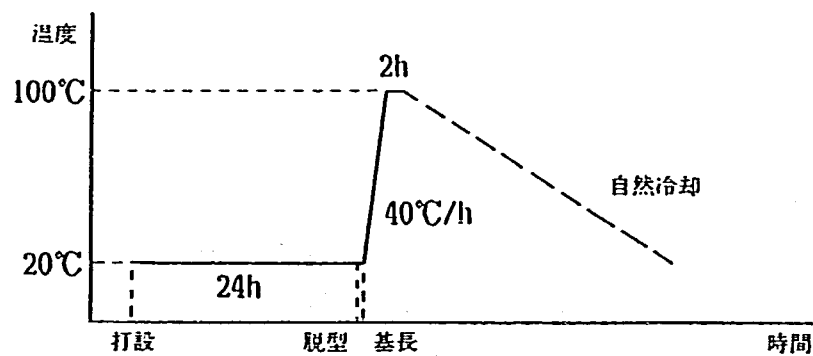


図-4.2 温度履歴 (条件2および4)

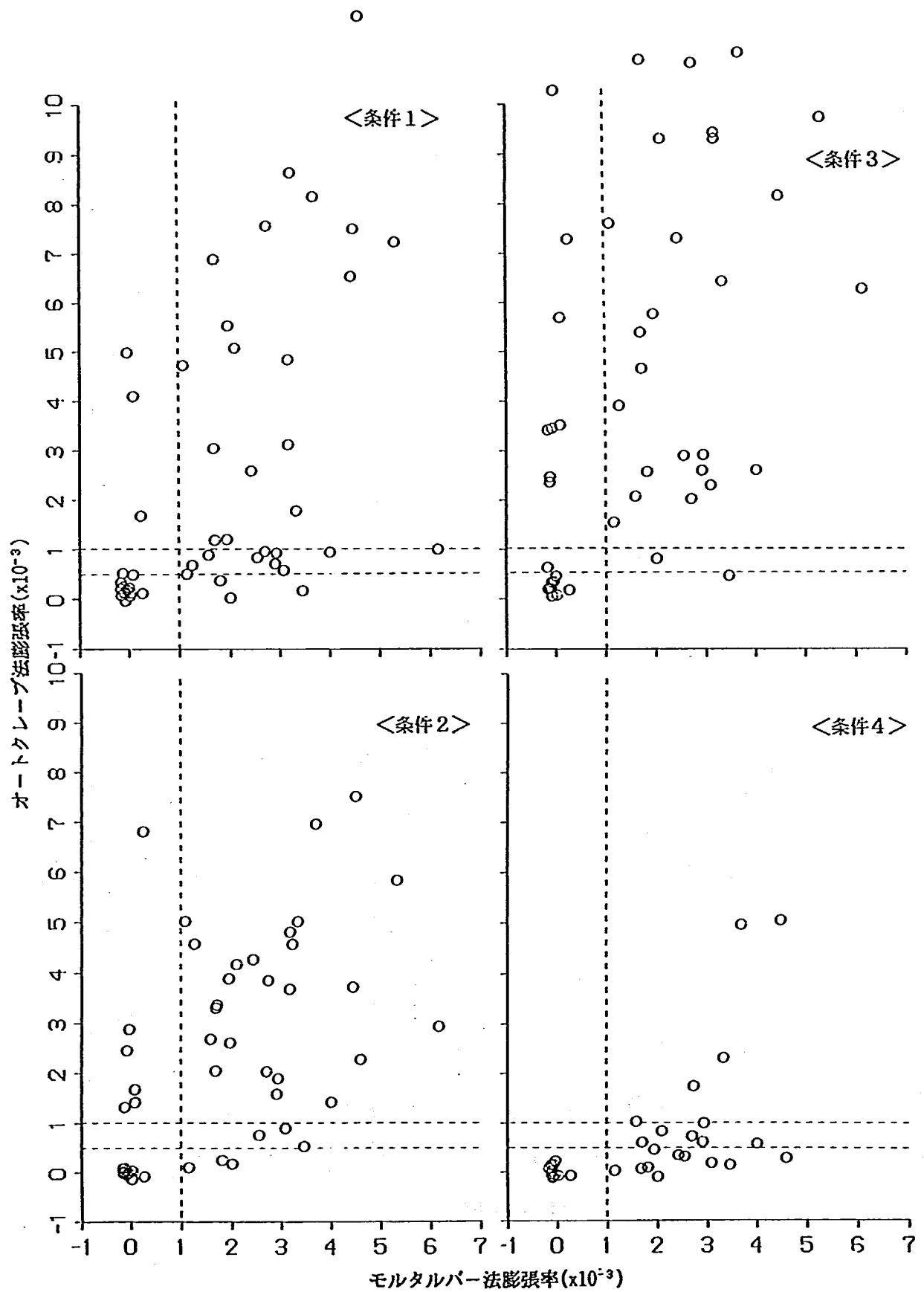
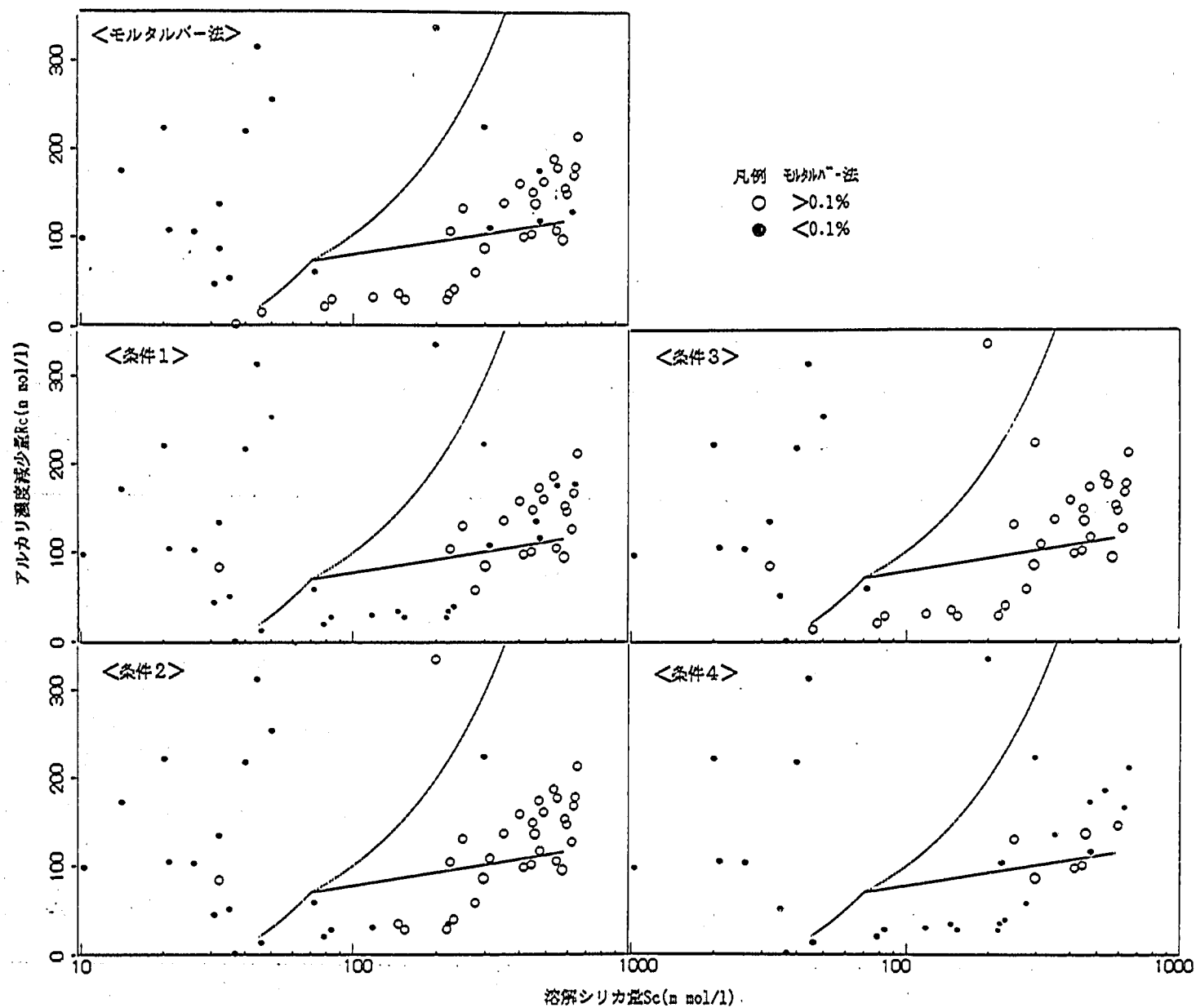


図-4.3 オートクレープ法とモルタルバー法の比較 (全骨材)



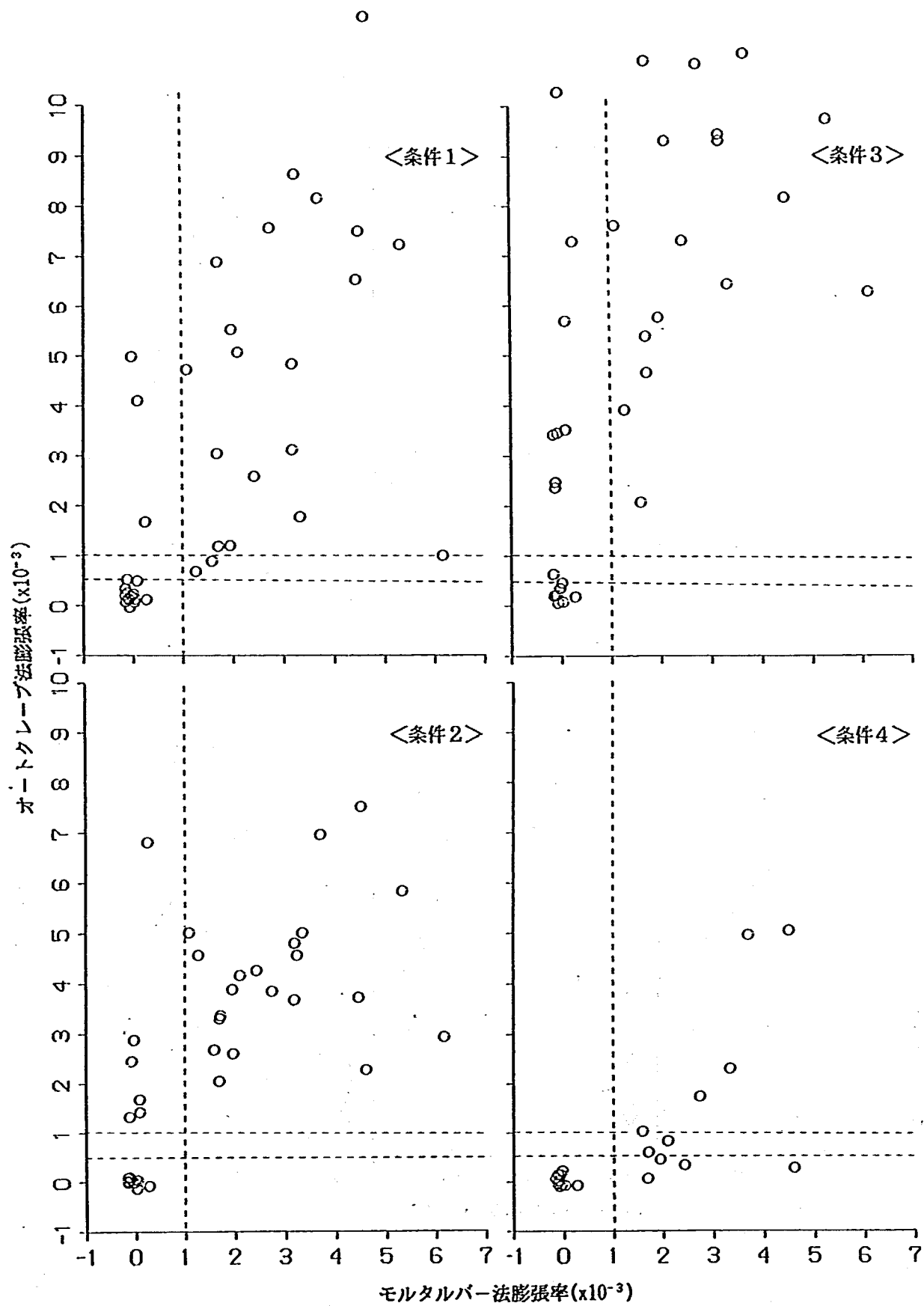


図-4.5 オートクレープ法とモルタルバー法の比較 (火山岩類)

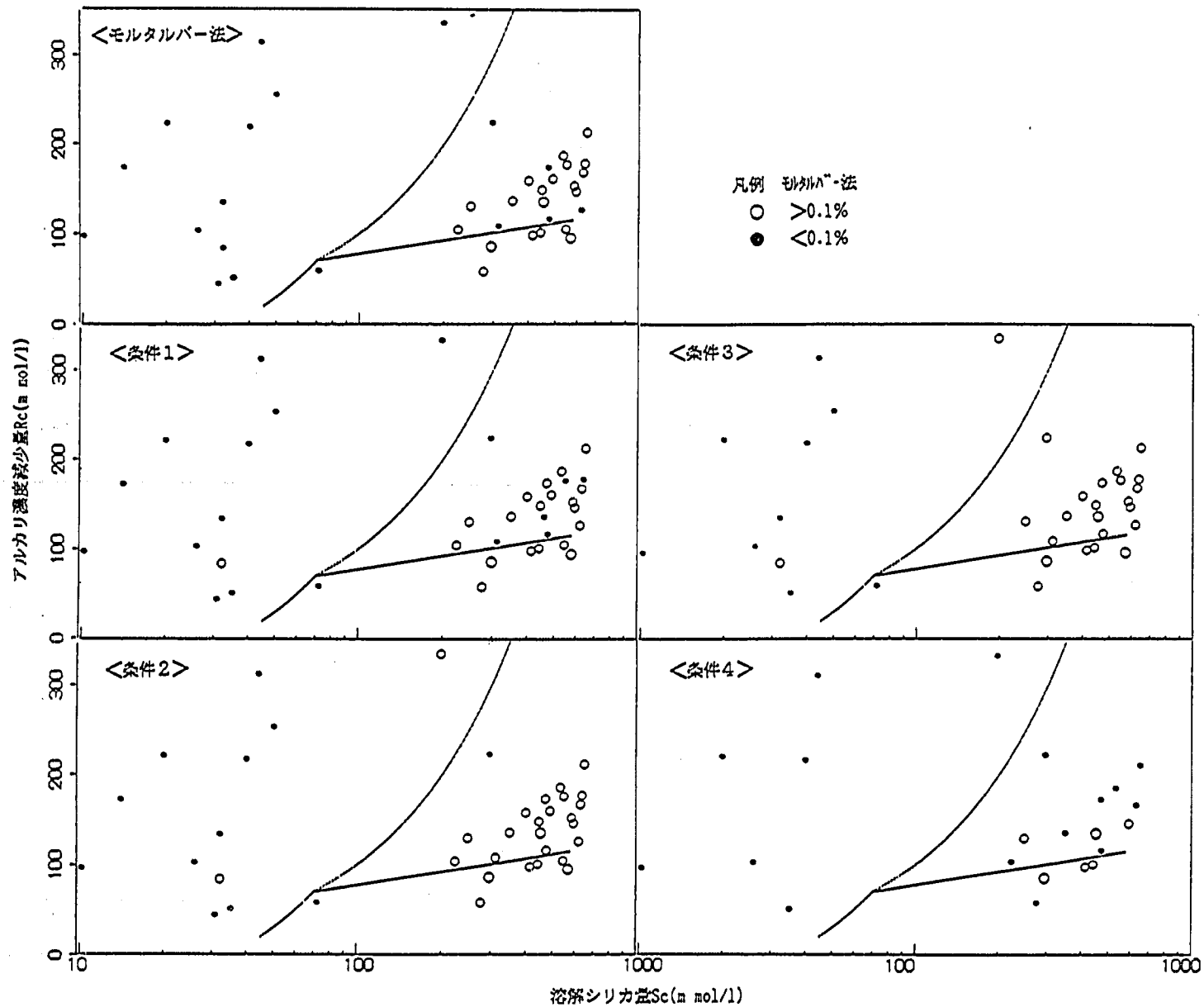


図-4.6 オートクレープ法と化学法の比較（火山岩類）

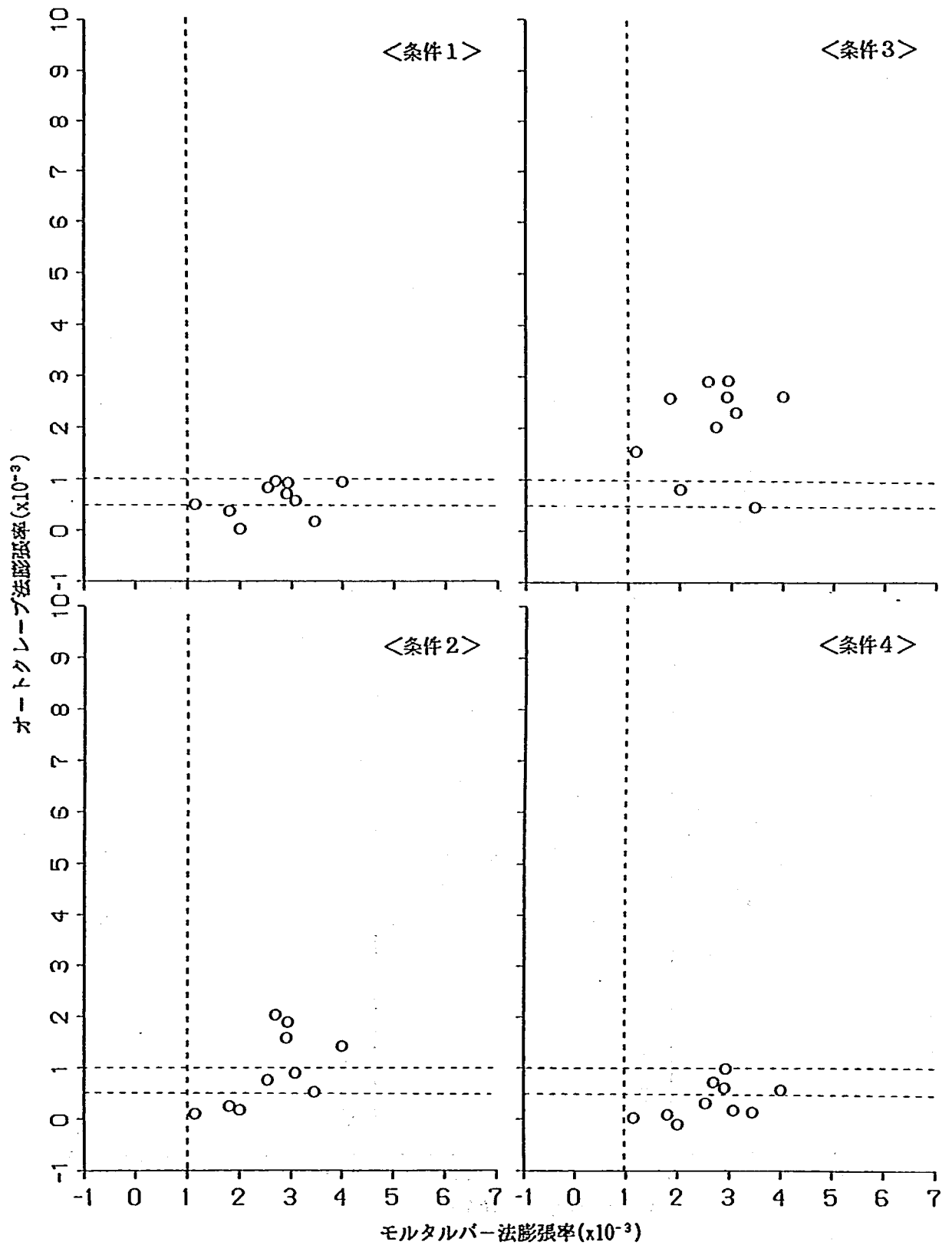


図-4.7 オートクレープ法とモルタルバー法の比較 (堆積岩類)

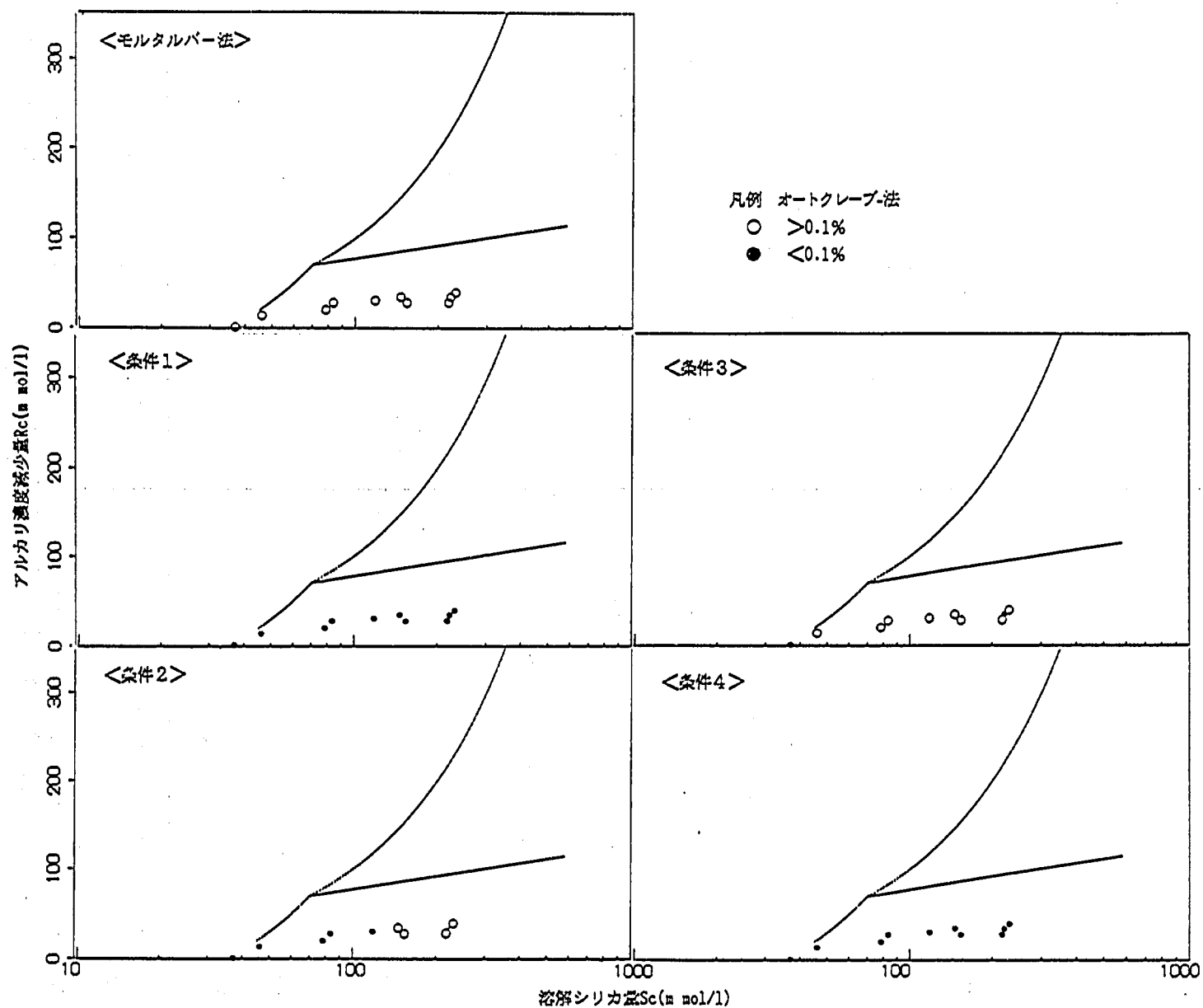


図-4.8 オートクレープ法と化学法の比較（堆積岩類）

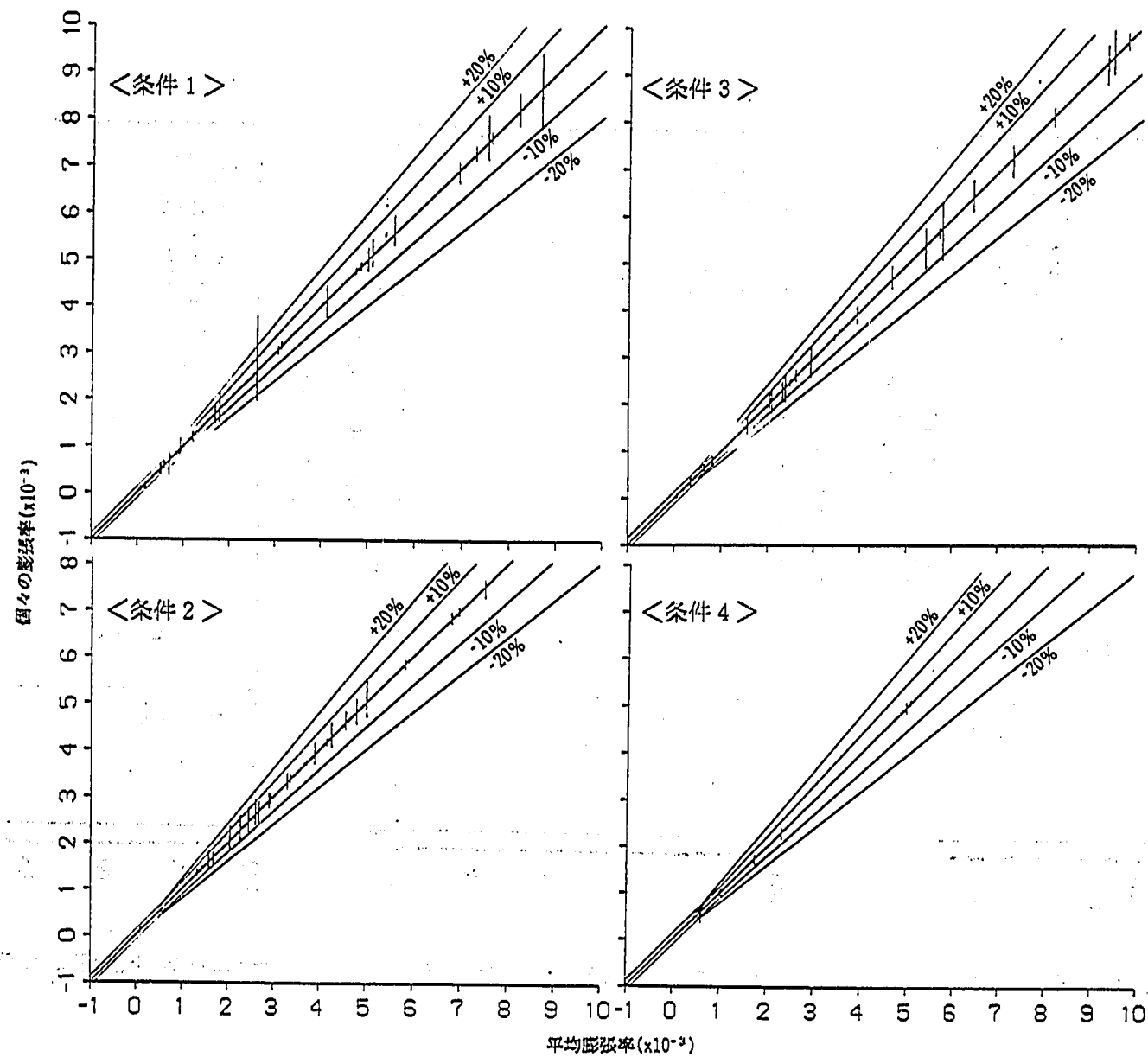


図-4.9 オートクレープ法の精度

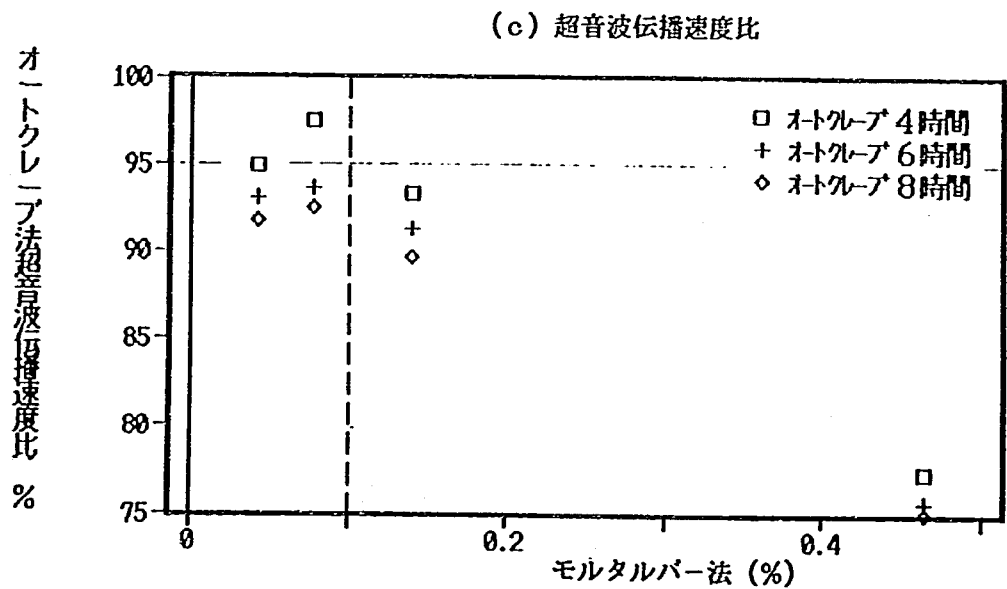
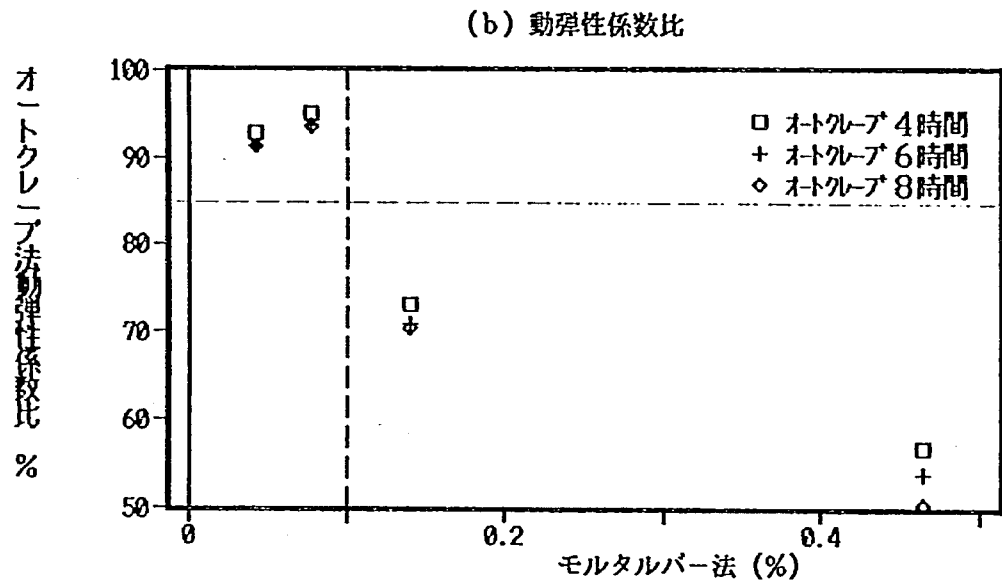
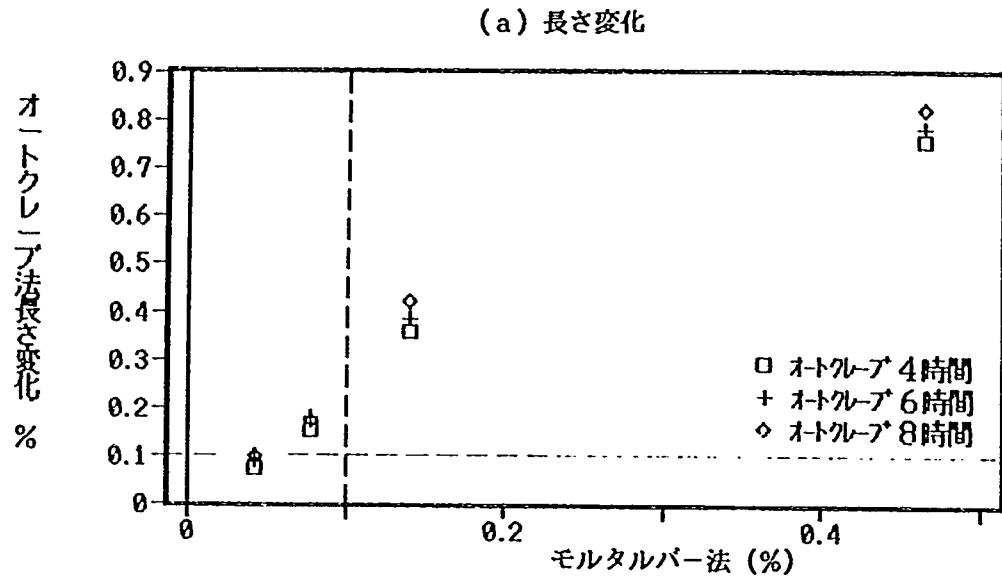


図-4.10 養生時間の再検討 (モルタルバー法との比較)

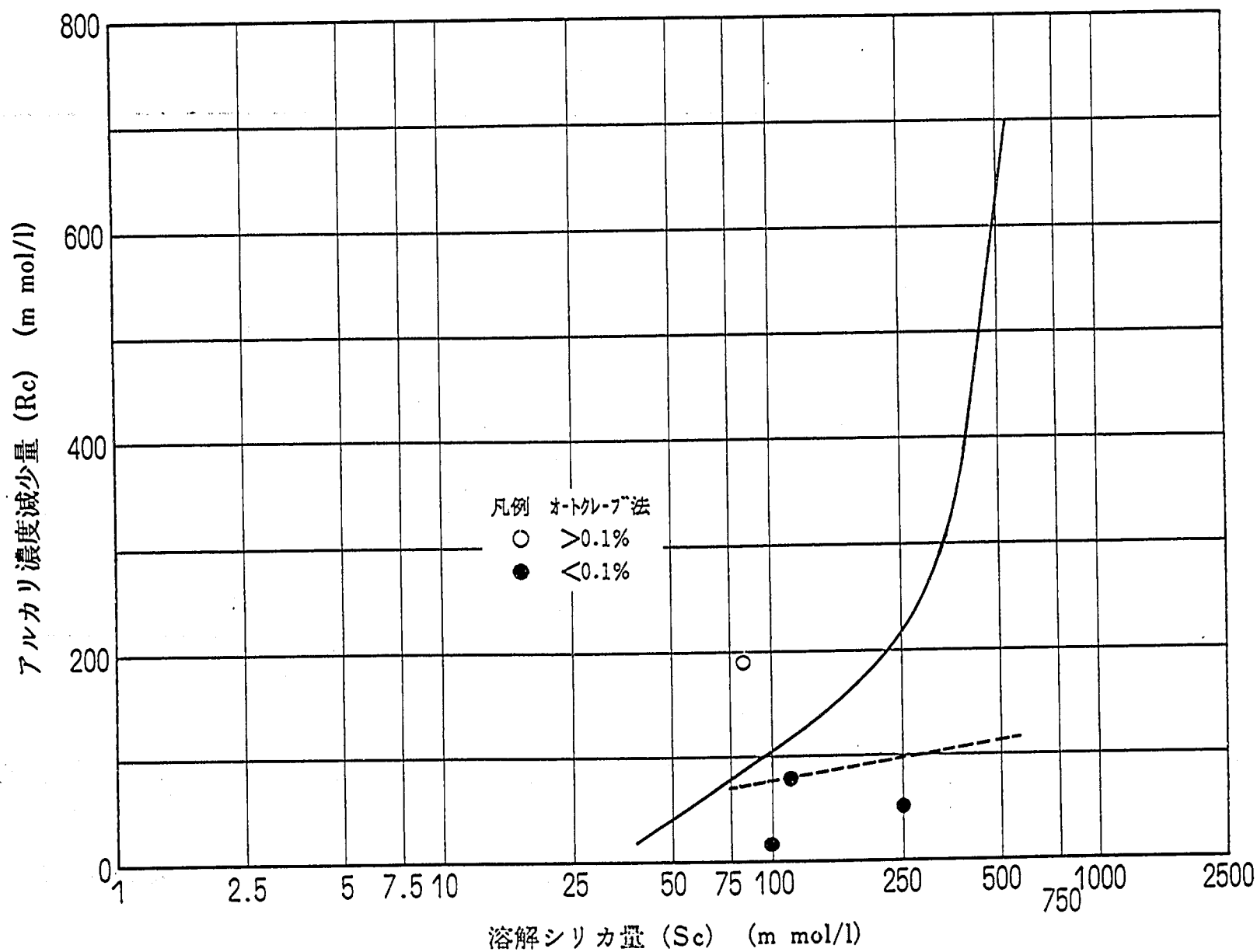


図-4.11 養生時間の再検討（化学法との比較）

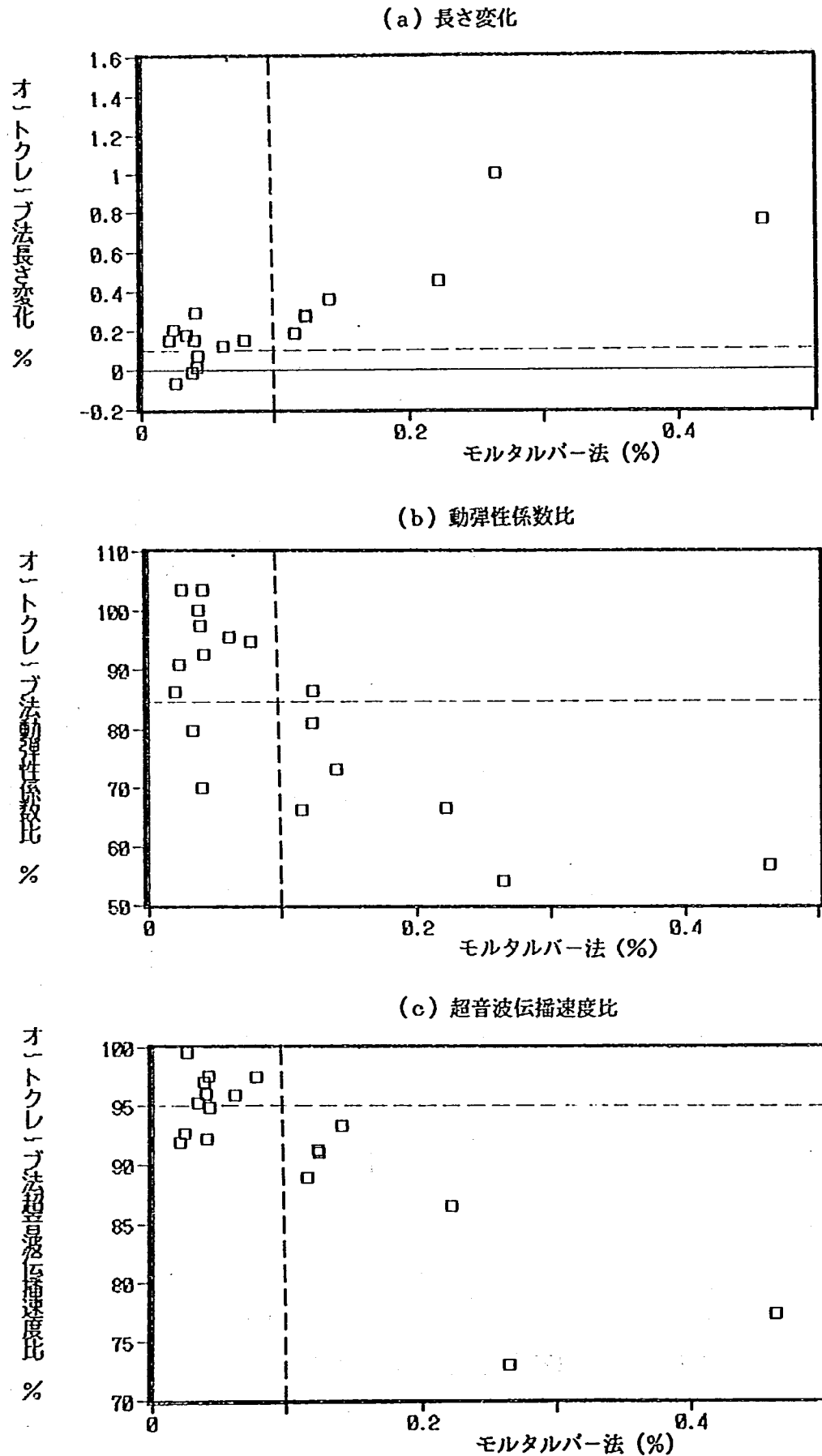


図-4.12 再確認実験結果 (モルタルバー法との比較)

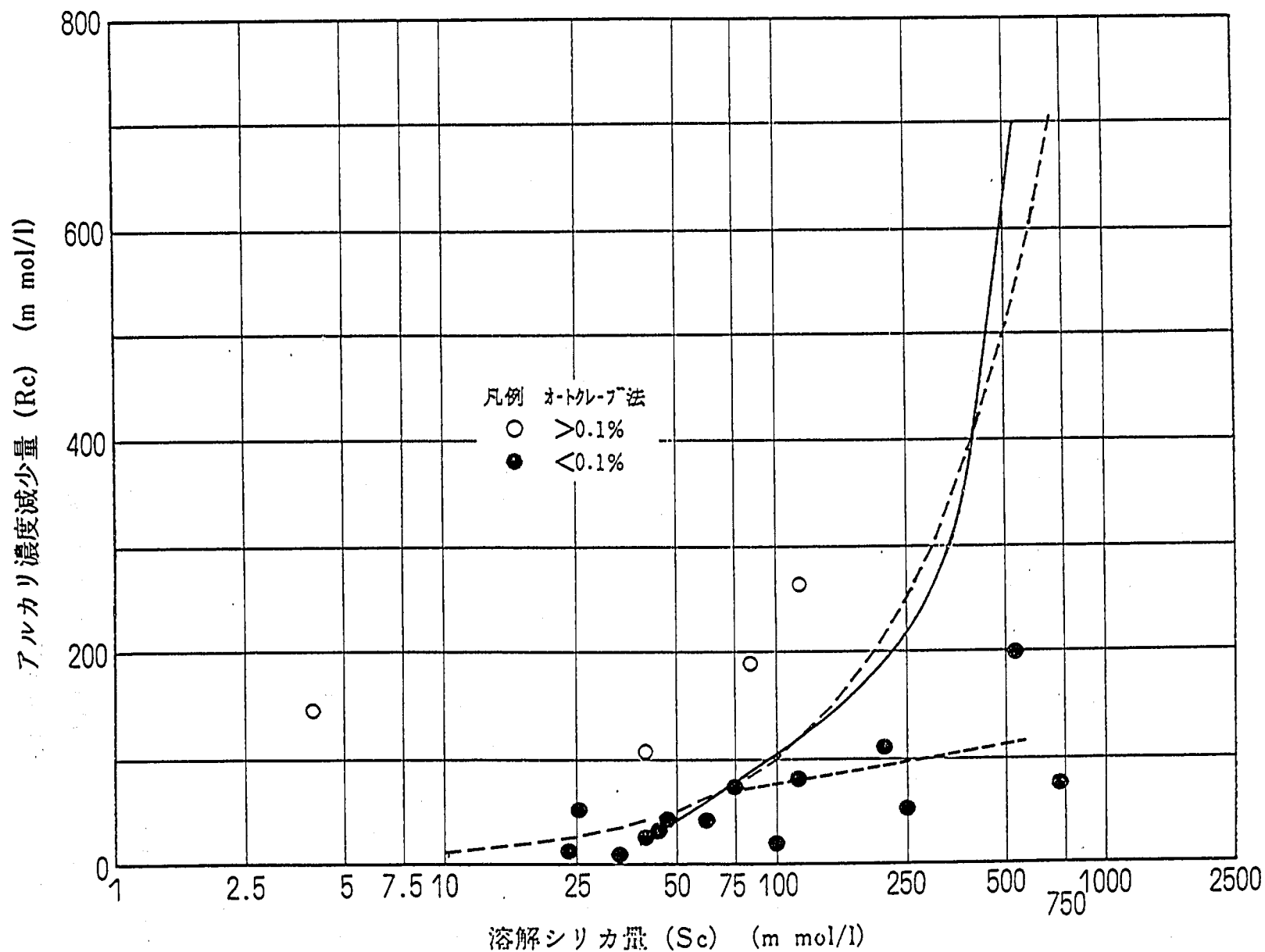


図-4.13 再確認実験結果 (化学法との比較)

5. G B R C 法との比較検討

5.1 実験目的

ここで G B R C 促進試験法をとりあげたのは、次の理由による。

- ① G B R C 法でこれまで数多くの試料が試験されていること。
- ② オートクレーブ法と促進試験条件が近いこと。そのため、結果に与える要因の影響の判断がしやすいこと。
- ③ 測定は膨張量のほかに動弾性係数と超音波伝播速度があり、膨張、ひびわれ特性を評価しやすいこと。このため、オートクレーブ法と G B R C 法の比較実験を行った。

また、G B R C 法は判定したい試料骨材と標準砂を混合使用するなど独特の試験法である。それらのことについてもいくつかの検討をすることにした。

5.2 G B R C 法の概要

G B R C 法の試験方法（案）は資料 2. のとおりである。ここでは特徴的な点について記述する。

試験に用いる試料は、試料骨材と標準砂を等量混合したものをを用い、セメント中のアルカリ量は、 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} = 2.5\%$ でモルタルバーを作製する。モルタルバー作製、翌日脱型後さらに 1 日水中養生したのち促進養生を行う。促進養生は、圧力を 2.5 kg f/cm^2 （ゲージ圧 1.5 kg f/cm^2 ，温度 127°C ）の加圧下の水中で 4 時間煮沸（温度履歴は図－5.1 のとおり）し、相対動弾性係数，超音波伝播速度，長さ変化，ひびわれ観察の 4 種類の測定を行う。判定は，4 つの測定項目のうち前 3 者の測定値のいずれかが判定値を満足すればその骨材は無害，それ以外は有害となる。

長さ変化の測定は，動弾性係数と超音波伝播速度を同時に測定するため，モルタルバーの両端面にはプラグが取り付けられず，新たに長さ変化測定装置を試作（図－5.2）している。

促進養生装置を写真－5.1 に示す。

5.3 実験方法

5.3.1 実験 I

18 種類の骨材を使って G B R C 法の確認実験を行う。骨材の種類は 4.4 で使ったものと同じであり，オートクレーブ法と G B R C 法の比較ができる。

5.3.2 実験 II

GBRC法は試料骨材と標準砂を等量混合したものをを用いるためベシマムの影響などが考えられる。そのため、実験Iのうちの6骨材および標準砂について試料骨材100%を用いた場合についてGBRC法の試験を行った。このとき、試料は1,200gとしS/CをGBRC法と同じにした。

5.3.3 実験 III

試作された長さ変化測定装置と従来から使われている長さ測定装置の比較を行った。3骨材についてモルタルバーの両端面にプラグを付けたものと付けないものを同時に作製し、GBRC法の試験を行った。

5.4 実験結果および考察

5.4.1 実験 I

(1) モルタルバー法との関係

図-5.3にGBRC法の各種測定結果とモルタルバー法との関係を示す。

図(a)は膨張量との関係を示している。1骨材を除きほぼ正の相関関係にある。しかし、判定ライン(0.1%)付近の3骨材は危険側の判定となっている。

モルタルバー法の膨張量は小さいがGBRC法では大きい膨張を示している1骨材は、化学法で潜在的有害に属することから、膨張量の逆転はベシマムによるものと考えられる。ベシマムは反応性骨材の特性、無害の骨材との組合せ方によって膨張しやすい最適な混合比が存在し、モルタルバーで大きい膨張量を示すことである。GBRC法では試料骨材と標準砂を1:1で混合使用するため、この骨材はベシマム現象を示したことも考えられる。

動弾性係数比との関係を図(b)に示す。よい負の相関関係にあることがわかる。判定(低下率85%)も2骨材のみ安全側の判定となっており、危険側の判定はない。

超音波伝播速度との関係は図(c)のとおりである。判定値95%では安全側の判定となるものが6骨材、危険側の判定となるのが1骨材ある。

総合的な判定では、GBRC法は3項目の測定のうち、いずれかひとつでも判定値を満足していれば無害と判定されることから、この試験結果では膨張量の結果から3骨材は危険側の判定になる。

(2) 化学法との関係

図-5.4にGBRC法と化学法との関係を示す。

総合的な判定(図(a))では、化学法の判定ライン付近はすべて無害と判定されている。測

定項目ごとでは次のようにモルタルバー法の関係と同様の関係であった。

膨張量との関係は図（b）のように総合的な判定と同じであった。

相対動弾性係数比の関係では図（c）のように判定ライン上で有害と無害が混在しているが、ほぼ化学法と一致した判定となっている。

超音波伝播速度比との関係は図（d）のように無害領域の骨材、それも S_c のかなり小さい骨材の場合でも有害と判定されている。超音波は微細なひびわれの影響を強く受けるため、GBRC法のように急激な温度変化の生じる場合はアルカリシリカ反応性以外の要因も大きく影響されている可能性を示しているものと思われる。

GBRC法の判定は、3種類の測定値のいずれかひとつでも判定値を満足すればその骨材は無害と判定されるものであり、それぞれの判定は一致することが望ましい。しかし、今回の実験では必ずしも一致するものではなく、超音波伝播速度がもっとも厳しい判定となり、続いて動弾性係数、長さ変化の順に危険側の判定となっている。判定の際は3種類の測定値を同列に扱うことは、GBRC法の判定は危険側になるという問題がある。

このため、判定値は変えずにモルタルバー法、化学法とも満足するように3測定値を組合わせて検討してみた結果、膨張量と動弾性係数の両方を満足するとき無害、それ以外は有害とすれば非常によく対応した。

(3) オートクレープ法とGBRC法の比較

オートクレープ法による膨張量、動弾性係数、超音波伝播速度の測定結果および判定は図-4.12, 4.13に示したとおりである。それらの結果によれば、モルタルバー法と相関関係にあること、判定は化学法とほぼ同じになり安全側になることがわかった。一方、GBRC法は前述したように測定値は同じ傾向を示す（図-5.5, 5.6）がやや危険側となる。

オートクレープ法とGBRC法は次の点で違っている。

- ① 試料骨材が100%使用か混合使用か
- ② 養生温度（150℃と127℃）とその履歴（図-4.1と図-5.1）
- ③ 養生条件 前養生のあり、なし、蒸気中か水中か

①については、混合使用の場合はベシマムが影響することもある。ベシマムは、骨材の組合せによって必ずしも大きな膨張を示すとは限らず、小さい膨張を示すこともあり、膨張量の変動要因になるばかりでなく判定が危険側になることも考えられないではない。

②については、オートクレープ法はGBRC法より温度は高く、温度履歴の面積（積算温度）が大きいので反応は進むと考えられる。

③については、水中養生はアルカリ溶出の恐れがある。

5.4.2 実験 II

試料骨材 100% のときと50%（混合使用）のときの実験結果は図-5.7のようであった。

100%と50%は、いずれの測定値においてもほぼ同じ値を示している。アルカリ量が高いためベシマムは生じにくいのかかもしれない。しかし、ベシマムの原因などは現在のところほとんど明らかにされていないため、ベシマムを生じる可能性のある方法を用いることは好ましいことではないと考えられる。

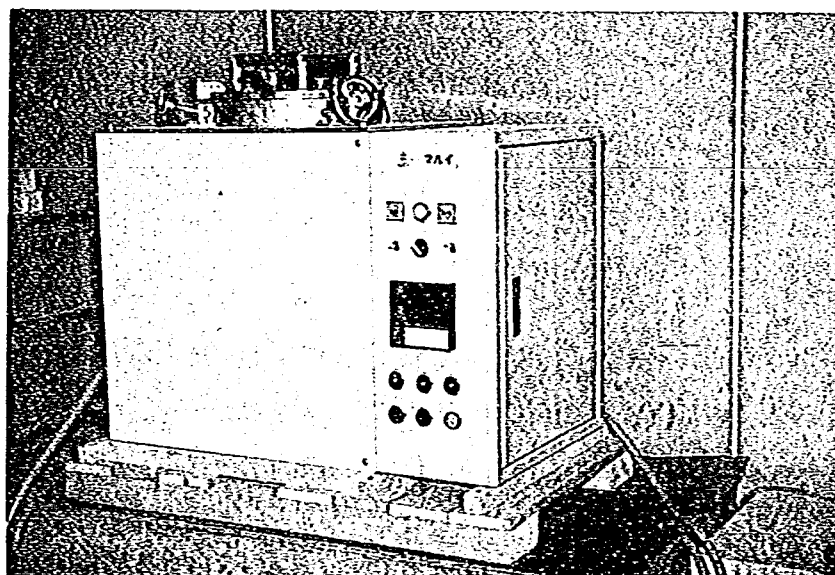
5.4.3 実験 Ⅲ

試作の長さ変化測定装置と、通常のもので測定した3個の膨張量の変動を表わしたのが図-5.8である。試作品で測定すると、通常のものに比べ測定値は小さく変動の大きくなる傾向があった。これは試作品の測定装置の球座の働きが悪いこと、供試体に接する部分（接点）が平面でできており供試体面がきれいにできていない場合接点が引っかかること、モルタル強度がでていないとき接点がへこむこと、またGBRC法は超音波伝播速度測定の場合上接点部分にグリースが塗られることなどによるものと思われる。

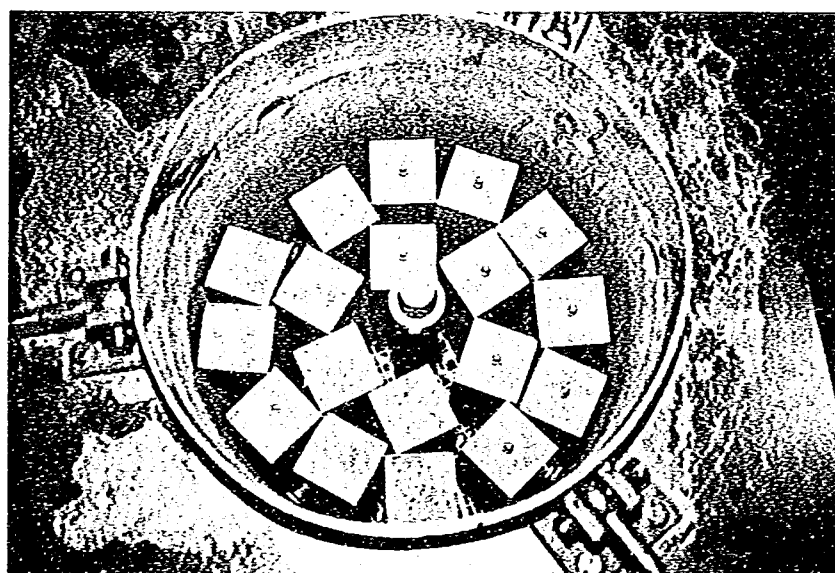
5.5 まとめ

オートクレーブ法とGBRC法を比べると、オートクレーブ法は化学法によく一致し安全側の判定となるが、GBRC法はやや危険側の判定となり改善の必要がある。

GBRC法にはそのほかに促進養生時の温度変化が大きいこと、ベシマム、試作の長さ変化測定装置の改良などが必要と考えられる。



(a) 促進養生槽



(b) 供試体設置状況絶対

写真-5.1 GBRC促進養生装置

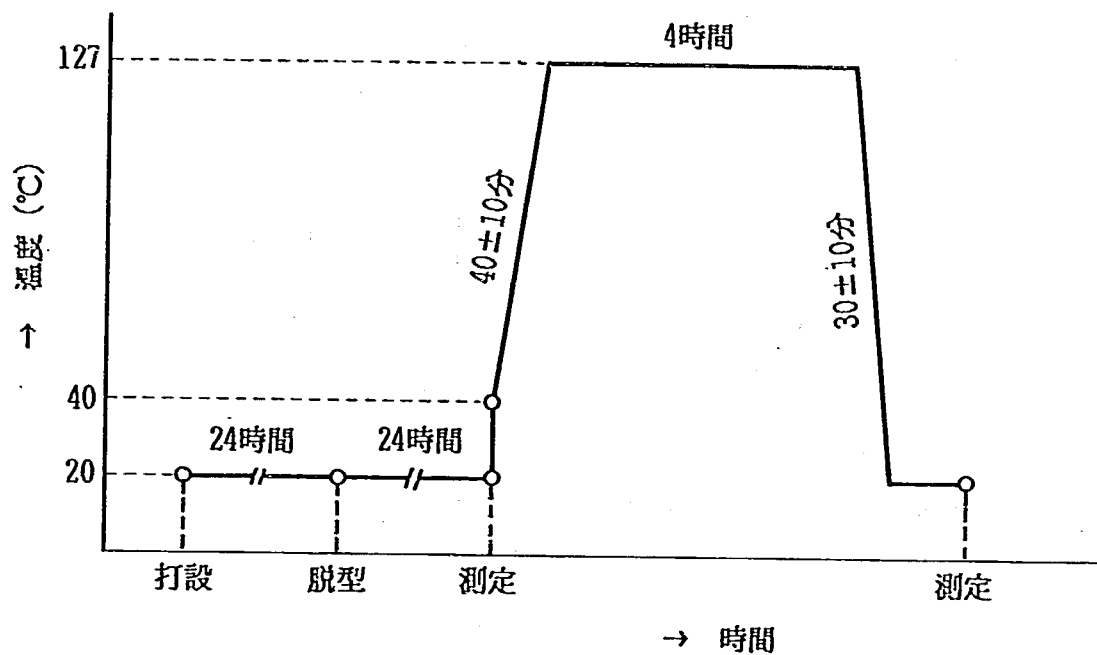


図- 5.1 GBRC法温度履歴

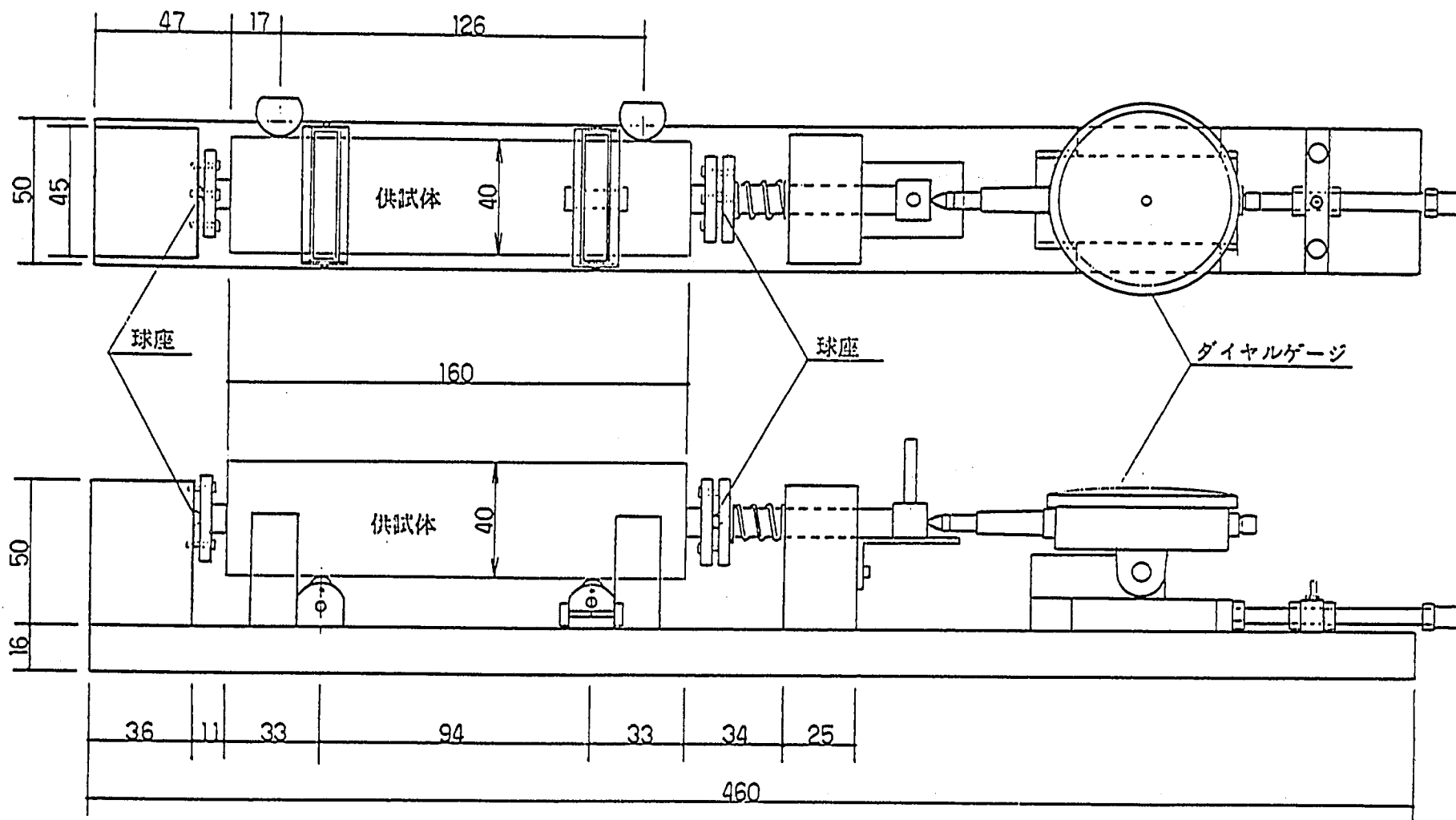


図- 5.2 長さ変化測定装置（試作器）の概要

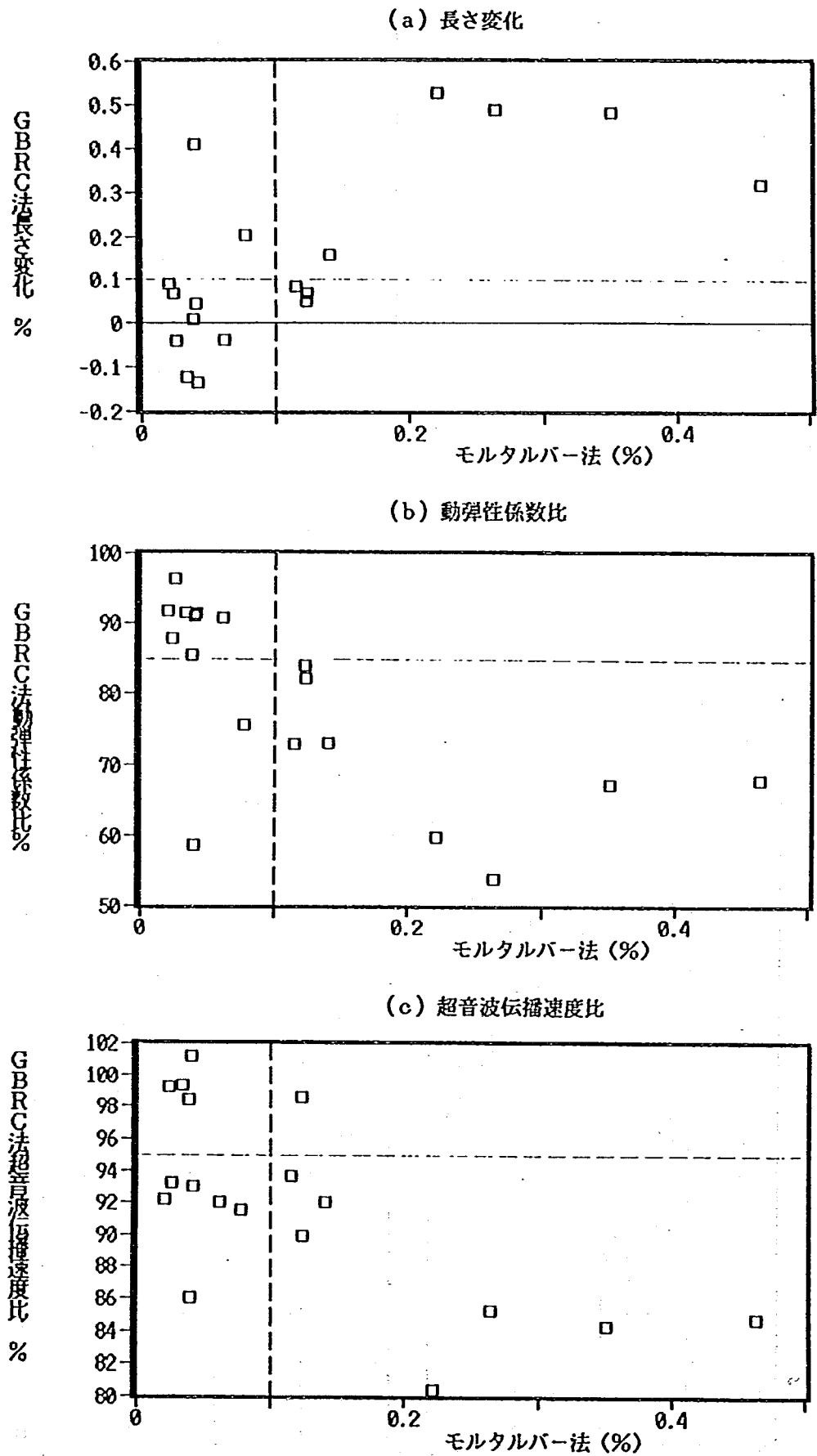


図-5.3 GBRC法結果 (モルタルバー法との比較)

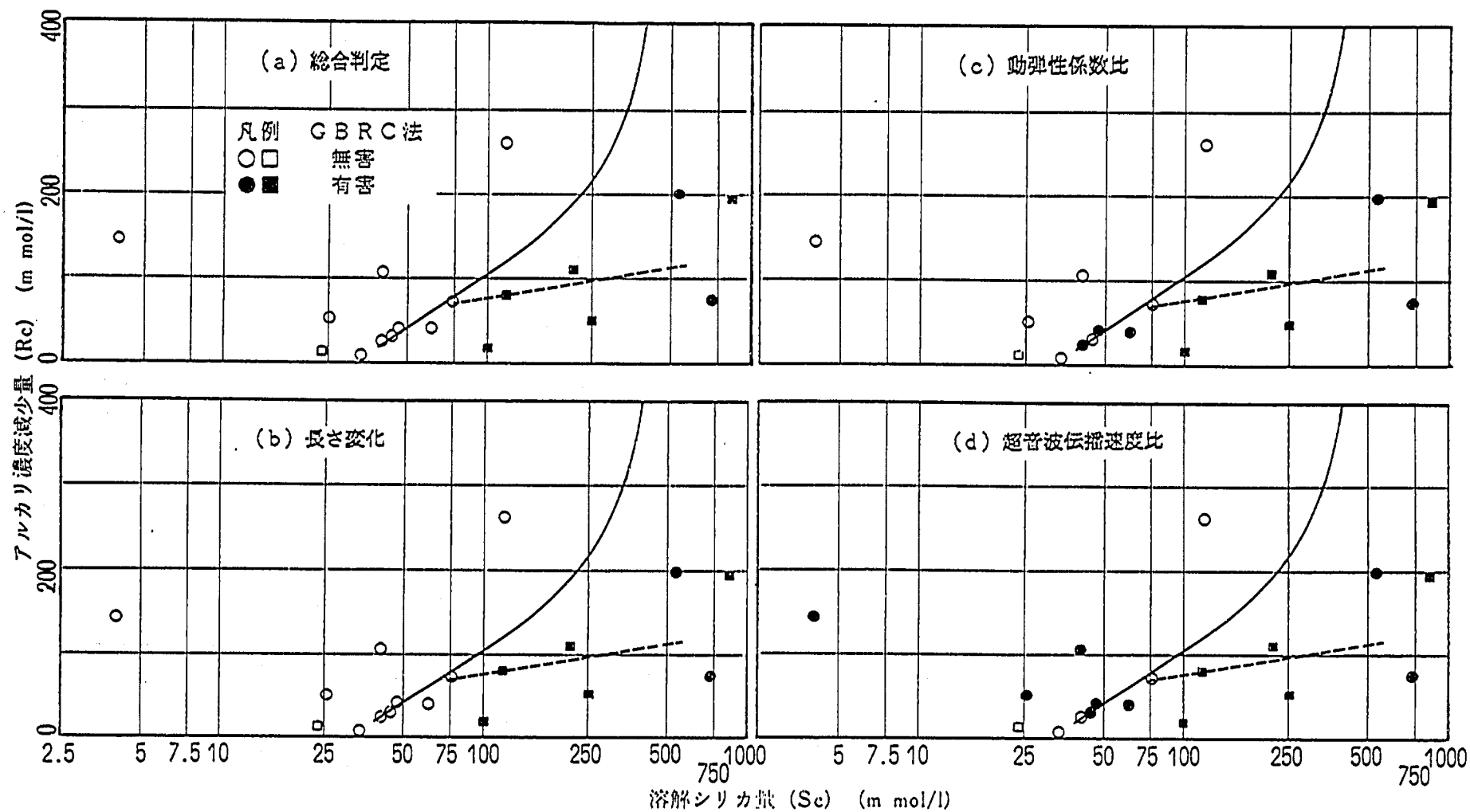


図-5.4 GBRC法結果 (化学法との比較)

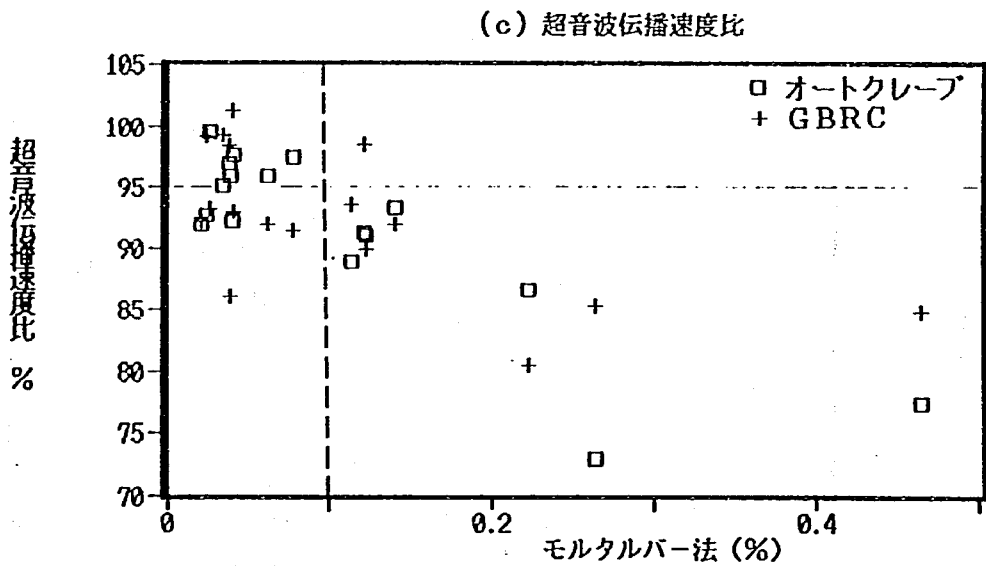
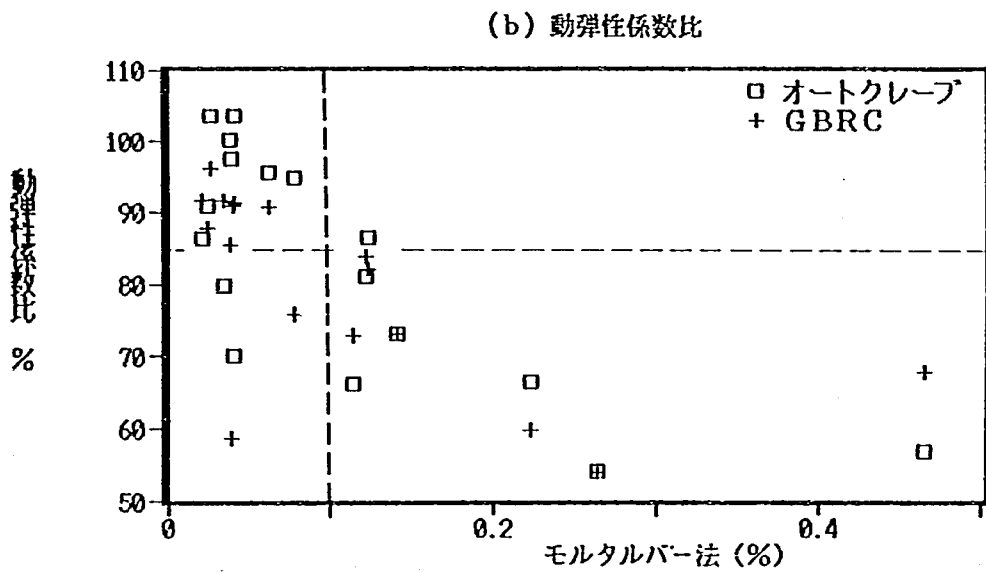
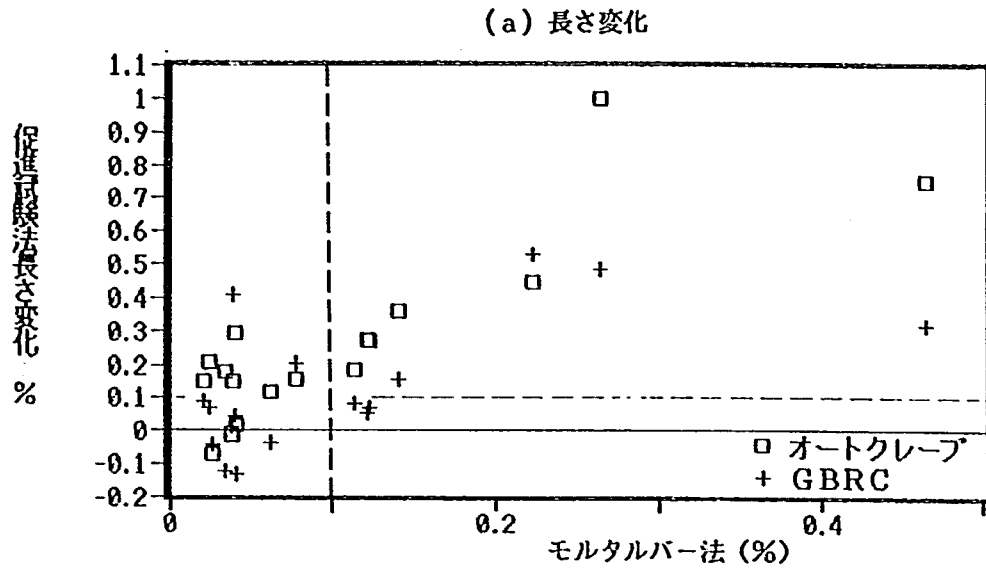


図-5.5 オートクレープ法とGBRC法の比較

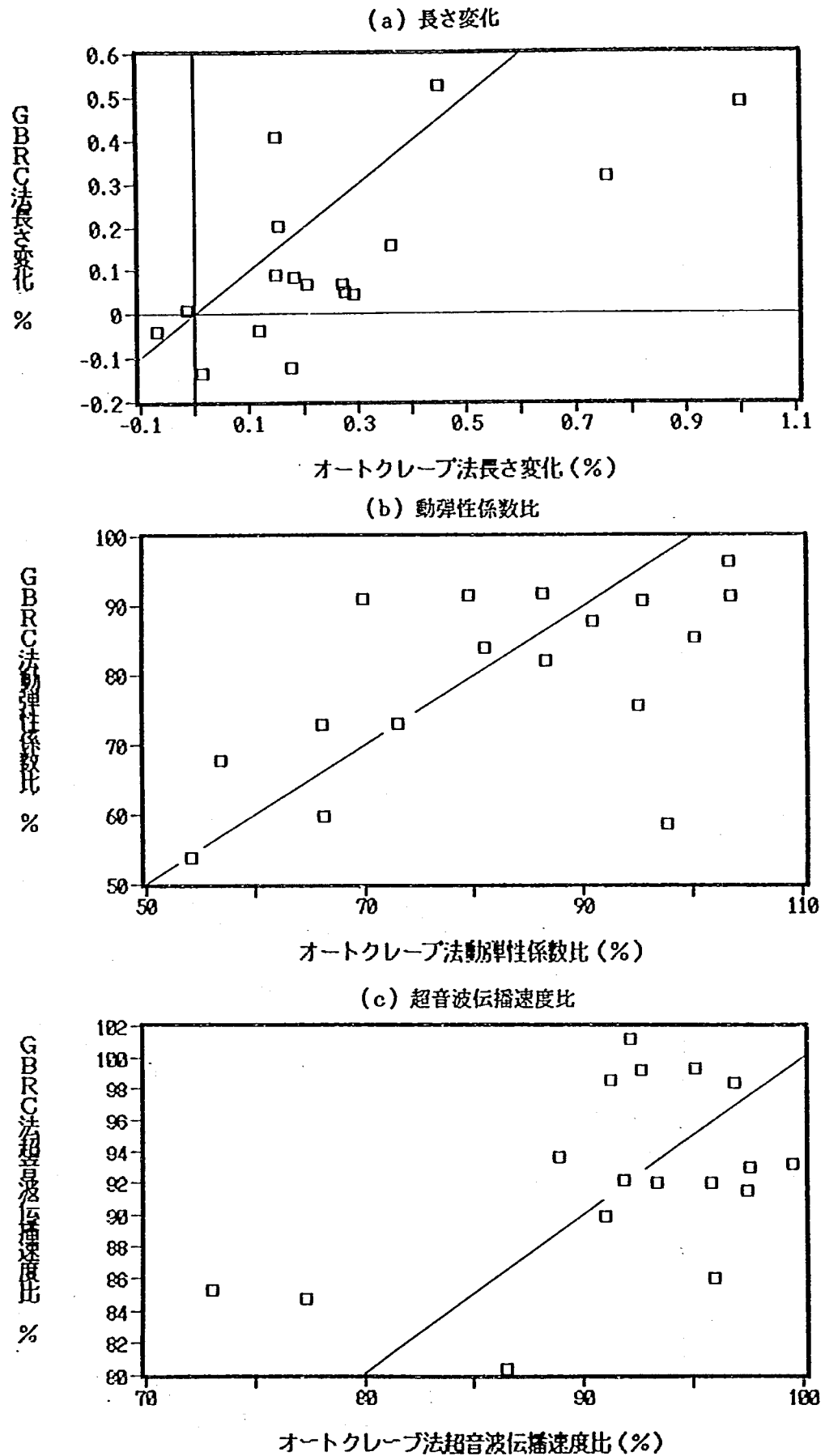


図-5.6 オートクレープ法とGBR法の比較

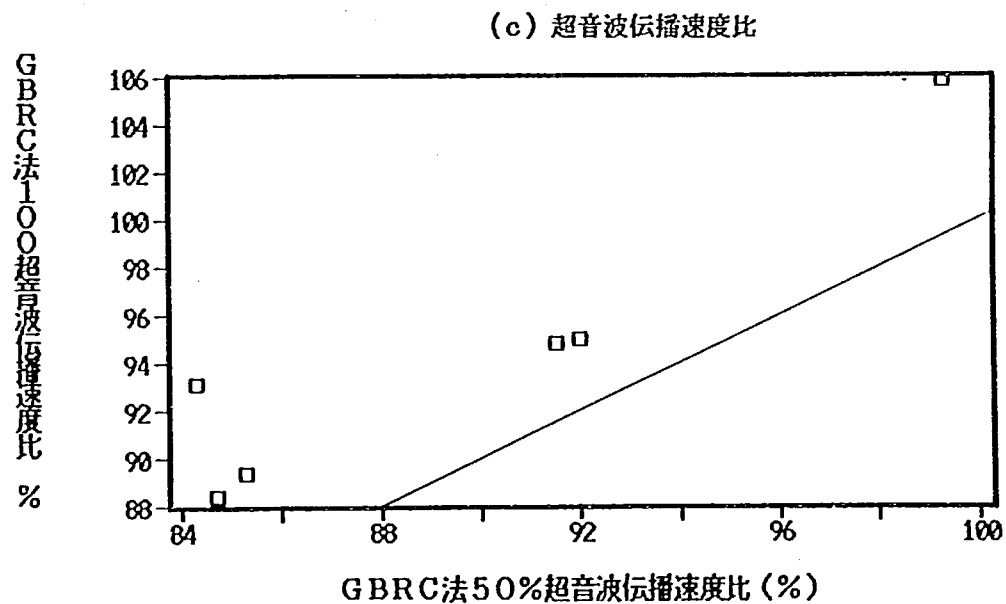
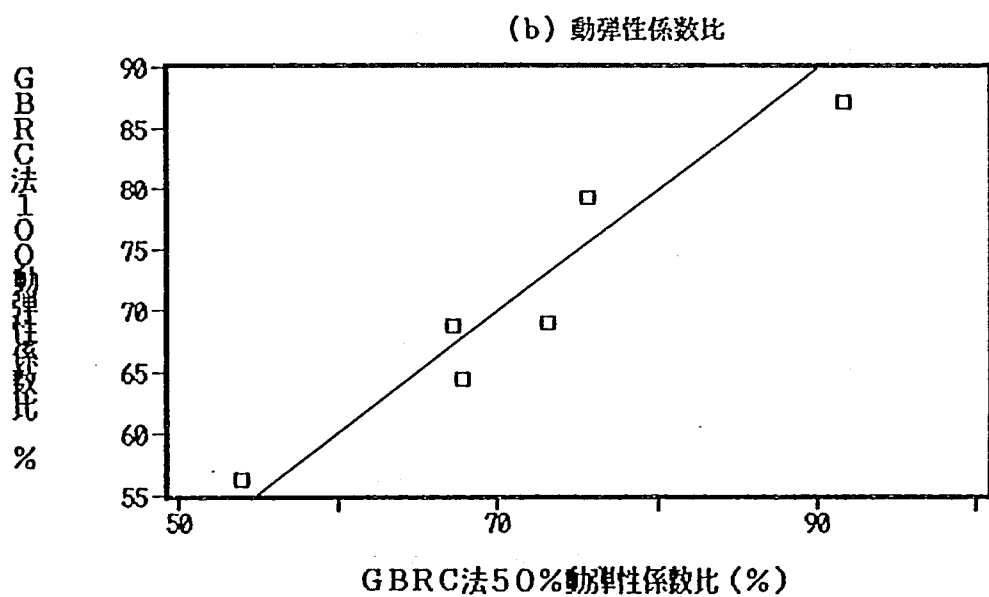
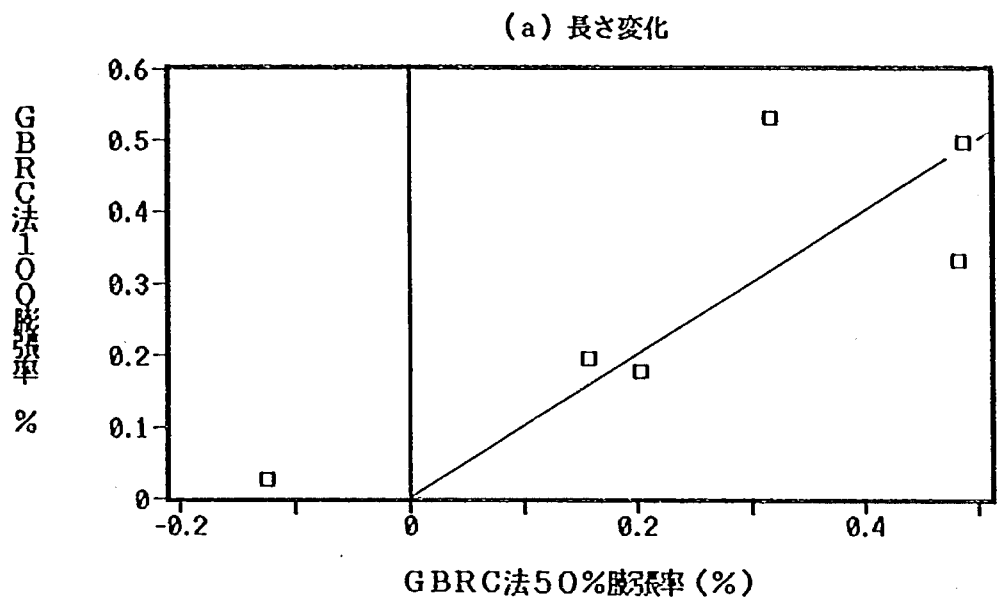


図-5.7 ペシマムの検討

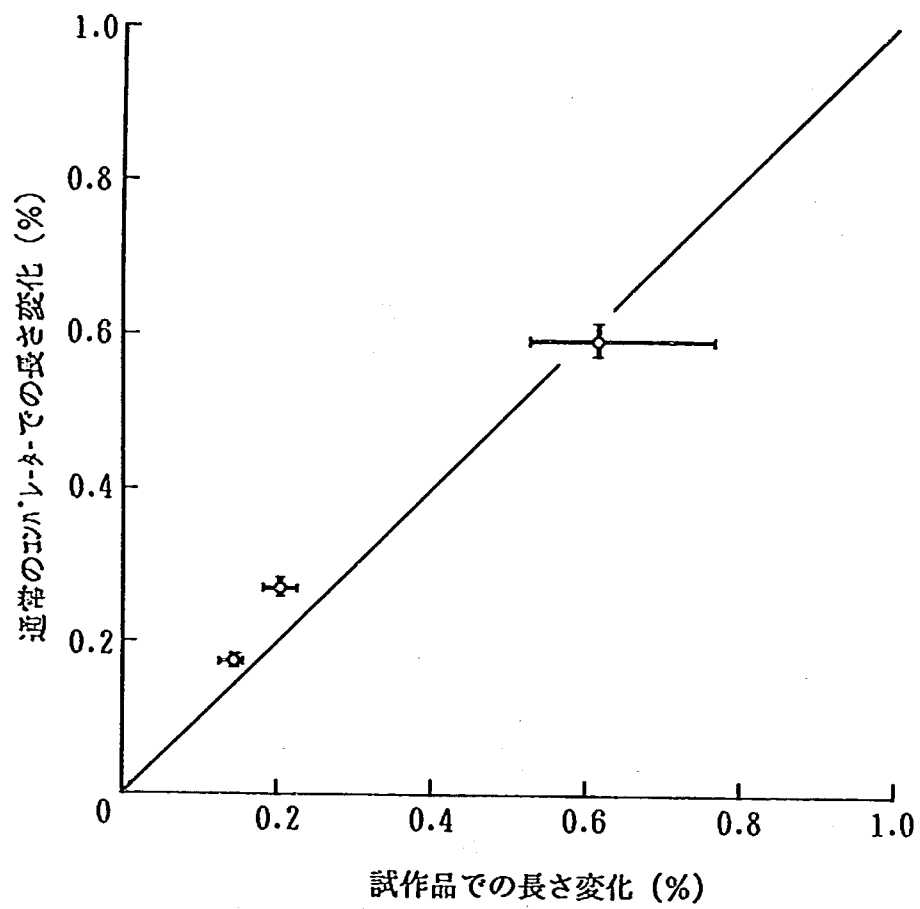


図- 5.8 長さ変化測定装置の検討

6. オートクレーブ法による A S R 促進試験方法の提案

骨材のアルカリシリカ反応性を早期に判定し、簡易でしかも迅速な試験方法の開発を目的として実験、検討した。

促進試験方法の検討では、国内外で提案されている試験法の中でもオートクレーブ法が最も有効であることがわかった。

オートクレーブ法の検討に当たっては、試験法を煩雑にしないためモルタルバー法を基に、精度よく早期判定ができるように条件を決めた。まず、促進試験条件の設定のための実験では、前養生の有無、アルカリ量、養生温度、養生時間について検討を行った。それらのデータをもとに試験精度、判定値についても検討した。これらの検討の結果、次の条件が促進条件として適当であると結論した。

前 養 生	なし
アルカリ量	2.5%
養生温度	150℃
養生時間	4時間
判 定 値	膨張率 0.1%未満無害、0.1%以上有害
試験精度	平均膨張率 0.05%以下では、平均膨張率と個々の膨張率の差の絶対値が 0.01%以下 0.05%以上では、個々の膨張率が平均膨張率の比の±20%以下

この条件で促進試験を行った結果、ほぼ化学法の結果に一致する安全側の判定となることがわかった。試験日数は、試料準備を含め4日である。

これらの結果より提案する促進試験方法は、資料 1.の「オートクレーブによる A S R 促進試験法(案)」のとおりである。

最後に、5章の G B R C 法の実験は「アルカリ反応性骨材の判別技術の標準化に関する調査研究委員会(委員長 岸谷孝一)」の共通試験で実施したものである。試験装置(促進養生槽および長さ変化測定装置)は通産省工業技術院より貸与されたものである。

参 考 文 献

- 1) Mielenz, Greene and Benton; Chemical Test for Reactivity of Aggregates with Cement Alkalies, Chemical Processes in Cement-Aggregate Reaction, Proc.ACI, Vol. 44, pp. 193-221, 1947
- 2) Chatterji.S.; An Accelerated Method for Detection of Alkali-Aggregate Reactivities of Aggregate, Cement and Concrete Research, Vol. 8, No 5, pp. 647-649, 1978
- 3) Jensen, A.D., Chatterji, S., Christensen, P., Thaulow, N., Gudmundsson, H.; Studies of Alkali-Silica Reaction Part 1-A Comparison of Two Accelerated Test Methods, Cement and Concrete Research, Vol. 12, No 5, pp. 641-647, 1982
- 4) Grattan-Bellew, P.E.; Evaluation of Miniature Rock Prism Test for Determining the Potential Alkali-Expansivity of Aggregates, Cement and Concrete Research, Vol. 11, No 5/6, pp. 699-711, 1981
- 5) Tang Ming-Shu, Han Su-Fen and Zhen Shi-Hua; A Rapid Method for Identification of Alkali Reactivity of Aggregate, Cement and Concrete Research, Vol. 13, pp. 417-422, 1983
- 6) 田村博, 星野善孝, 高橋利一, 斉藤広志; 骨材のアルカリ反応性早期判定試験方法の一提案, 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, pp. 177-180, 1985
- 7) 田村博, 高橋利一; 骨材のアルカリ反応性早期判定試験方法 (GBRC促進法) -これまでの研究成果と今後の課題, GBRC, No 41, pp. 20-27, 1986.1
- 8) アルカリ反応性骨材の判別技術の標準化に関する調査研究委員会資料, 全国生コンクリート工業組合連合会
- 9) 西林新蔵, 矢村潔, 中野錦一; 簡易オートクレーブによるアルカリ骨材反応の促進試験法に関する研究, コンクリート工学, Vol. 26, No 5, pp. 73-83, 1988
- 10) 佐治泰次, 松藤泰典, 立野謙吾; アルカリ骨材反応性の早期判定法に関する研究, 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, pp. 169-172, 1985
- 11) 大野定俊, 嵩英雄, 吉岡保彦, 森川武則; 反応性骨材の早期判定方法に関する研究, 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, pp. 173-176, 1985
- 12) 大野定俊, 吉岡保彦, 森川武則; モルタルバー促進法による骨材のアルカリ反応性の判定, 土木学会第41回年次学術講演会講演概要集第5部, pp. 173-174, 1986.11
- 13) 渡義治, 草野守夫, 片山一, 徳永豊; 反応性骨材の早期判定方法に関する一考察, 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, pp. 165-168, 1985
- 14) 草野守夫, 片山一, 小堀光憲; 高温常圧養生方法によるアルカリ骨材反応早期判定の可能性とその適用例について, 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集第5部, pp. 171-172, 1985

- 15) 阿部道彦, 田中斉, 東ヶ崎清彦, 友沢史紀; 骨材のアルカリ反応性の簡易迅速試験法に関する実験, 第9回コンクリート工学年次論文報告集9-1, pp. 639-644, 1987
- 16) 建設省; 建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発報告書」1988. 11
- 17) 中野毅弘, 奥田徹, 金津努, 遠藤達巳, 角田隆彦, 大山隆弘, 宮川公雄; オートクレーブ促進試験法によるアルカリ骨材反応の早期判定に関する検討, 電力中央研究報告, 研究報告 385018, 1984. 12
- 18) 中野毅弘, 大沼博志, 金津努; コンクリート供試体を用いたオートクレーブ養生によるアルカリ骨材反応の早期判定法の検討, 電力中央研究所報告, 研究報告 U87064, 1988. 5
- 19) 能町宏, 吉崎芳郎, 岡沢智, 小川秀男; アルカリシリカ反応に関する基礎的研究(その2) - 早期判定法に関する研究 -, 日曹マスタービルダーズ研究所報 No 7, pp. 53-64, 1986
- 20) 小林茂敏, 河野広隆, 辻子雅則, 平間昭信; A S Rの簡易試験法に関する研究 - ダブルシリンドーを用いる方法 -, 土木研究所資料第 2587 号, 1988. 2

資 料

1. オートクレーブによるASR促進試験方法（案）
2. 骨材のアルカリ・シリカ反応性簡易判定試験法（GBRC法）（案）
3. オートクレーブ法の試験条件設定のための実験結果
4. オートクレーブ法によるASR促進試験の確認実験結果
5. オートクレーブ法の試験条件再設定のための実験結果
6. オートクレーブ法によるASR促進試験の再確認実験結果
7. GBRC法によるASR促進試験結果
 - (1) 実験Ⅰ
 - (2) 実験Ⅱ
 - (3) 実験Ⅲ

1. オートクレーブによる A S R 促進試験方法（案）

1. 適用範囲

本規定は、オートクレーブによって反応を促進させたモルタルバーの長さ変化を測定することにより、骨材のアルカリシリカ反応性を迅速に判定する試験法に適用する。

2. 試験用器具

2.1 はかり

骨材のふるい分けに用いるはかりは骨材質量の 0.1 % 以上の精度を有するものとする。モルタルを作る際の材料の計量には秤量 2 kg、感量 0.1 g のものとする。

2.2 型 枠

JIS A 5201 9.1.2 に規定される $40 \times 40 \times 160$ mm の 3 連型枠両端に長さ変化測定用のゲージプラグを埋め込めるよう、ゲージプラグ固定用の穴をあけたものとする。

2.3 長さ変化測定器具

長さ変化の測定は、JIS A 1129（モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法）に規定するダイヤルゲージ方法による。ダイヤルゲージは JIS B 7509 の 0.001 mm 精度のものを使用するものとする。ゲージプラグは試験中にさびを生じない金属製のものとする。

2.4 モルタル製作用器具

モルタルの練り混ぜ、成形、締固めに使用する器具は、JIS R 5201（セメントの物理試験方法）9.1.1 および 9.1.2 に規定される練り混ぜ機、モルタル供試体成形用型および突き棒に規定するものを使用する。

2.5 ふるい

砂の粒度調整用のふるいは、JIS Z 8801（標準ふるい）に規定する標準網ふるい 4760, 2380, 1190, 590, 297, 149 μ m のものを用いる。

2.6 オートクレーブ装置

オートクレーブ装置は、槽内の水を加熱し、発生した水蒸気で圧力槽全体を加熱、加圧するものとする。上限許容温度 150℃ 以上（槽内圧力 4.7 kgf/cm²）のもので、温度はプログラム制御できるものとする。

2.7 製砂機

粗骨材から細骨材を製造する製砂機はジョークラッシャー、ディスク型製砂機、ロール型製砂機等を用いる。

3. 温度と湿度

3.1 成形室および測定室

モルタルの成形室、前養生室および測定室は、 20 ± 3 ℃ に保たなければならない。

3.2 促進養生槽

オートクレーブ装置内の温度は、9.（促進養生）に規定する温度履歴を保たなければならない。

4. 材 料

4.1 骨材の準備および粒度調整

対象とする骨材が粗骨材の場合には、あらかじめ洗浄した後、クラッシャー等で粉碎した細骨材とする。細骨材は、気乾状態（絶乾、表乾状態でもよい）で表－1に示す粒度に調整する。

表－1 細骨材の粒度分布

ふるい 呼び寸法		質 量 百分率(%)
通 過	残 留	
4760 μm	2380 μm	10
2380 μm	1190 μm	25
1190 μm	590 μm	25
590 μm	297 μm	25
297 μm	149 μm	15

4.2 セメント

セメントは、アルカリ量 $0.65 \pm 0.05\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}(\%) : \text{K}_2\text{O}(\%) = 1 : 2 \pm 0.5$ の範囲にあるアルカリ量の明らかなポルトランドセメントを用いる。

4.3 水酸化ナトリウム

水酸化ナトリウムは、JIS K 8576 に規定する特級試薬を水酸化ナトリウム水溶液として用いる。

4.4 水

練り混ぜに用いる水は、上水道あるいはそれ以上の清浄のものを用いる。

5. 供試体（モルタルバー）の作り方

5.1 供試体の数

1回の試験の供試体数は3本を原則とする。また、1バッチから3本を製作する。

5.2 モルタルの配合

モルタルの配合は質量比でセメント1，水0.5，砂（表乾）2.25 とする。

1回に練り混ぜるセメント，砂，水の量は次を標準とする。

水 + NaOH 水溶液 : 300 ml

セメント : 600 g

砂（表乾） : 1350 g

NaOH 水溶液の量はセメントのアルカリ量が $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ で $2.5 \pm 0.05\%$ となるように計算して定める。

5.3 材料の計量

重量で計量する材料は、4ヶタまで計る。砂はあらかじめ気乾状態としておき有効吸水率を測定し、水の計量の際に補正を行い、水セメント比が変化しないようにする。

5.4 練り混ぜ方法

モルタルの練り混ぜは、原則として次に示す方法による。

JIS R 5201 9.1.1 で規定される練り混ぜ機を使用する。練りはちおよびパドルを混合位置に固定し、セメント、砂を入れ、練り混ぜ機を始動させパドルを回転させながら30秒間混合する。次に練り混ぜ機を停止し、水を投入する。引き続いて練り混ぜ機を30秒間始動させたのち20秒間休止する。休止の間に、練りはちおよびパドルに付着したモルタルをさじによってかき落す。更に練りはちの底のモルタルをかき上げるよう2ないし3回かき混ぜる。再び始動させ120秒間練り混ぜる。

5.5 成 形

モルタルは次の手順で直ちに型枠に2層に詰める。モルタルを型枠の高さの約1/2まで詰め、突き棒を用いてその先端が5mm入る程度に、全面にわたって1層につき約15回突く。また、特にゲージプラグの周囲は十分にモルタルがいきわたるようにする。次にモルタルを型枠の上端まで詰め、前と同様に突き棒を用いて突き、最後に残りのモルタルをもって約5mm盛り上げを行う。打設後は湿気箱に入れ極力乾燥しないようにモルタル表面にふれないようにぬれ布等でおおう。余盛部は打設後約20分程度で供試体をいためないように注意して削りとり、上面を平滑にする。

6. 初期養生

打設後24時間±2時間までは型枠ごと湿気箱に入れて極力乾燥しないように、モルタル表面にふれないようにぬれ布等でおおう。

7. 脱 型

初期養生完了後、脱型を行う。このとき極力乾燥しないように番号および測定の下上、測定時の方向を示す記号を明記する。打設から脱型までの時間は24±2時間となるようにする。

8. 基長のとり方

脱型直後、番号を付けた後供試体が極力乾燥しないように直ちに基長を測定する。

9. 促進養生

基長の測定を終えた供試体は、直ちにオートクレーブ装置にいれる。オートクレーブ装置は室温から65℃までは2時間で温度を上昇させ、65℃で5時間蒸気養生を行う。その後150℃まで1時間当たり40℃の温度を上昇させ、150℃で4時間保つ。その後室温まで温度を自然冷却させる。温度が室温まで降下したならば長さ変化の測定を行う。

10. 測定方法

10.1 長さ変化の測定

測定は JIS A 1129 ダイヤルゲージ法による。

測定わくは、供試体を測定する時と同じ状態に置く。

標準尺の一方のプラグに測長わくの接点を接触させ、ダイヤルゲージの先端が、標準尺の軸に一致して動くようにし、スピンドルを徐々に出して、標準尺のもう一方のプラグに接触させダイヤルゲージの目盛を読む。目盛は 1/1000mm まで読む。スピンドルを引き、再び上記の操作を繰り返し、数値がおちついた後の目盛の読みから平均値を求め、 sXi とする。

供試体について、上記の作業を行い Xi を求める。

供試体は常に同じ端を上にし同じ面を手前にして、ゲージと供試体の位置関係が常に同一となるようにする。

測定器、標準尺および供試体は測定 3 時間前には、 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に保つ。なお、供試体は相対湿度 95% 以上の湿気箱に入れておく。

10.2 外観観察

長さ変化の測定時に供試体のそりやポップアウト等の変状、表面のひびわれや水ガラスのゲル等の浸出物、よごれ等を観察する。

11. 長さ変化率の算出

供試体の最初の長さとし、促進養生後の長さとの差を有効ゲージ長さで除し、0.001% まで計算し、供試体の長さ変化率として記録する。

長さ変化率は次の式で求める。

$$\text{長さ変化率 (\%)} = \frac{(Xi - sXi) - (Xini - sXini)}{L} \times 100$$

ここに Xi ; 促進養生後の供試体のダイヤルゲージの読み

sXi ; 促進養生後の標準尺ダイヤルゲージの読み

$Xini$; 供試体脱型時のダイヤルゲージの読み

$sXini$; 同時に測定した標準尺のダイヤルゲージの読み

L ; 有効ゲージ長 (ゲージプラグ内側端面間の距離)

注) Xi , sXi , $Xini$, $sXini$, L の単位は同一とする。

有効ゲージ長はゲージプラグによって長さが異なるので注意を要する。

12. 判定

判定については、3 本の平均値が、0.1% 以上の膨張を生じた骨材は有害であるとする。

13. 精 度

同一バッチから成形した全部の供試体の平均膨張量と、個々の供試体の膨張量との絶対値の差が0.010%以下であれば、精度は満たされていると考えてよい。

但し、平均膨張量が0.05%を越える場合は、個々の供試体の膨張量が平均膨張量と±20%以上の相対差がなければ精度は満たされていると考えてよい。また個々の供試体の膨張量がすべて0.10%以上の膨張を示したものは精度に関係なく有害と判定してよい。

14. 報 告

報告は次の項目を記載する。

- (1) 骨材の産地、種別および粒度などの特記事項
- (2) セメントの種類および銘柄
- (3) セメントのアルカリ量、酸化カリウム(K_2O)、酸化ナトリウム(Na_2O)および酸化ナトリウム等量(Na_2O_{eq})等の数値
- (4) 供試体の平均長さ変化の百分率
- (5) 試験に混和材料を用いた場合には、その種類、使用量、化学分析結果等
- (6) その他試験中および試験後の供試体検査によって発見された重要な事項等の必要事項

2. 骨材のアルカリ・シリカ反応性簡易判定試験法 (GBRC法)(案)

1. 適用範囲

この試験方法は、骨材のアルカリ・シリカ反応性の簡易判定試験に適用する。

2. 試験用器具

2.1 はかりは、0.1 gまで計量できるものとする。

2.2 ふるいは、JIS Z 8801「標準ふるい」に規定する呼び寸法4.75mm, 2.36mm, 1.18mm, 600 μ m, 300 μ m, 150 μ mを用いる。

2.3 骨材の乾燥用具には、空気攪拌機及びベンチレータ付きの電気定温乾燥器を用いる。

2.4 骨材の粉砕には、0.15～5mmに粒度調整できるクラッシャを用いる。

2.5 供試体の製作には、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」の強さ試験に規定する器具一式を用いる。

2.6 ゲージ圧1.5 kgf/cm² (温度127℃) に調整できる反応促進装置

2.7 超音波伝播速度測定装置、動弾性係数測定装置あるいは長さ変化測定装置

3. 試料

気乾状態の骨材を粉砕し、150～300 μ m, 300～600 μ m, 600 μ m～1.18mm, 1.18～2.36mm, 2.36～4.75mm にふるい分けた後水洗いし、105～110℃で定重量となるまで乾燥し、150～300 μ mを90g, 300～600 μ mを150g, 600 μ m～1.18mmを150g, 1.18～2.36mmを150g, 2.36～4.75mmを60g採取し、混合したものを試料とする。

4. 試験方法

4.1 練り混ぜ

練り鉢及びパドルを混合位置に固定し試料骨材、普通ポルトランドセメント600g、豊浦標準砂600gを入れる。次に練り混ぜ機を始動させパドルを回転させながら30秒間混合する。次に練り混ぜ機を停止し、NaOH水溶液300gを投入する。引き続いて練り混ぜ機を30秒間始動させたのち20秒間休止する。休止の間に、練り鉢及びパドルに付着したモルタルをさじによってかき落とす。さらに練り鉢の底のモルタルをかき上げるように2,3回かき混ぜる。休止が終わったら再び始動させ120秒間練り混ぜる。

4.2 供試体の作製・養生

供試体の作製方法は、JIS R 5201の強さ試験方法による。ただし、供試体の表面仕上げは成形後20分程度に行う。供試体は4×4×16cmの直方体各々3体とし、成形後温度20±2℃、相対湿度95%以上の湿気箱中で24時間養生を行った後脱型し、温度20±2℃の水中で24時間養生を行う。

4.3 超音波伝播速度、動弾性係数あるいは長さの測定

水中養生を終えた供試体の表面水を拭き取り、超音波伝播速度、縦振動による動弾性係数あるいは長さの測定を行った後、40℃の水中に供試体を浸漬させ、40±10分間でゲージ圧 1.5kgf/cm²（温度 127℃）に上げ、同圧力下で 4 時間煮沸後水を注ぎ、30±10分間で水温を 20～40℃とした後、供試体を水中から取り出し、表面水を拭き取り、超音波伝播速度、動弾性係数あるいは長さの測定を行う。

5. 計 算

計算は下記に従い実施し、3 体の平均値を求める。

5.1 超音波伝播速度比

超音波伝播速度比は次式により算出する。

$$\text{超音波伝播速度比 (\%)} = \frac{\text{煮沸後の超音波伝播速度}}{\text{煮沸前の超音波伝播速度}} \times 100$$

5.2 相対動弾性係数比

相対動弾性係数比は次式により算出する。

$$\text{相対動弾性係数比 (\%)} = \frac{(\text{煮沸後の 1 次共鳴振動数})^2}{(\text{煮沸前の 1 次共鳴振動数})^2} \times 100$$

5.3 長さ変化率

長さ変化率は次式により算出する。

$$\text{長さ変化率 (\%)} = \frac{\text{煮沸後の長さ} - \text{煮沸前の長さ}}{\text{煮沸前の長さ}} \times 100$$

6. 精 度

6.1 超音波伝播速度比

3 体の供試体の平均超音波伝播速度比と個々の供試体の超音波伝播速度比との絶対値の差が 0.5 % 以下であれば、精度が満たされていると考えてよい。但し、3 体とも超音波伝播速度比が 95% 未満のものは、精度に関係ないものとする。

6.2 相対動弾性係数

3 体の供試体の平均相対動弾性係数比と個々の供試体の相対動弾性係数比との絶対値の差が 1.5 % 以下であれば、精度は満たされていると考えてよい。但し、3 体とも相対動弾性係数比が 85% 未満のものは精度に関係ないものとする。

6.3 長さ変化率

3 体の供試体の平均長さ変化率と、個々の供試体の長さ変化率との絶対値の差が 0.010 % 以下であ

れば、精度は満たされていると考えてよい。ただし、3体とも長さ変化率が0.100%以上のものは、精度に関係ないものとする。

7. 判 定

下記のいずれかの場合を「アルカリ反応性なし」とする。

- (1) 超音波伝播速度比 : 95.0 %以上
- (2) 相対動弾性係数比 : 85.0 %以上
- (3) 長さ変化率 : 0.100%未満

3. オートクレーブ法の試験条件設定のための実験結果

試料名	最高温度	110° C				150° C				180° C			
	保持時間	2時間		5時間		2時間		5時間		2時間		5時間	
	前発生	無し	有り	無し	有り	無し	有り	無し	有り	無し	有り	無し	有り
C	Na ₂ O=1.2			0.010	0.012	0.004	-0.004	0.005	0.003	0.006	-0.003	0.004	0.012
	1.6%	0.018				0.020	0.008	0.016		0.021	0.010	0.025	
	2.0%	0.015	0.009	0.021		0.035		0.032		0.035		0.051	
	2.5%	0.016	0.016										
D	1.2%			0.016	0.012	0.015	0.009	0.013	0.021	0.028	0.021	0.031	0.035
	1.6%	0.020				0.030	0.033	0.048	0.058	0.054	0.136	0.058	
	2.0%	0.010	0.006	0.017		0.061		0.081	0.085	0.093		0.127	
	2.5%	0.016	0.003						0.184				
H	1.2%			0.016	0.018	0.005	0.006	0.034	0.008	0.006	0.005	0.007	0.005
	1.6%	0.039				0.028	0.035	0.030	0.022	0.028	0.055	0.041	
	2.0%	0.047	0.044	0.110		0.139		0.144	0.140	0.164		0.140	
	2.5%								0.324				
G	1.2%			0.030	0.030	0.038	0.031	0.027	0.047	0.132	0.094	0.238	0.223
	1.6%	0.034				0.145	0.145	0.322		0.564	0.453	0.658	
	2.0%	0.073	0.057	0.164		0.546		0.816		0.464		0.907	
	2.5%	0.190	0.214										
F	1.2%			0.020	0.018	0.014	0.009	0.020	0.019	0.026	0.014	0.020	0.023
	1.6%	0.049				0.239	0.205	0.228	0.165	0.178	0.093	0.210	
	2.0%	0.289	0.258	0.588		0.614		0.668	0.628	0.594		0.558	
	2.5%	0.439	0.408						0.951				

注) a) 発生はひびわれが発生した b) それぞれの結果は供試体3本の平均値

4. オートクレーブ法による A S R 促進試験の確認実験結果

No	岩 種	化 学 法 (n mol/l)			モルタルバー法 (%)		オートクレーブ法 (%)			
		S c	R c	判定	3ヶ月	6ヶ月	T=100℃ A=2.0%	T=100℃ A=2.5%	T=150℃ A=2.0%	T=150℃ A=2.5%
1	安山岩	474	116	P	-0.0134	-0.0126	0.0140	0.1324	0.0516	0.2364
2	安山岩	638	177	P	0.0850	0.1252		0.4571	0.0676	0.3914
3	安山岩	630	167	P	0.1345	0.1931	0.0455	0.3888	0.1198	0.5764
4	安山岩	350	136	P	0.0362	0.1671	0.0060	0.2048	0.3048	0.5384
5	安山岩	621	126	P	0.0179	0.0231		0.6810	0.1674	0.7281
6	安山岩	532	186	P	0.1326	0.2419	0.0338	0.4264	0.2588	0.7310
7	安山岩	594	146	P	0.3750	0.4481	0.5045	0.7517	0.7505	0.8171
8	安山岩	248	130	P	0.1974	0.3324	0.2302	0.5009	0.1771	0.6434
9	石英安山岩	447	148	P	0.1959	0.3162		0.3671	0.4836	0.9441
10	安山岩	32	84	I	-0.0062	0.0079		0.1419	0.4105	0.5688
11	安山岩	651	212	P	0.1012	0.1698	0.0602	0.3367	0.1181	0.4652
12	安山岩	470	173	P	-0.0062	-0.0043	0.0217	0.2881	0.4988	1.0271
13	安山岩	586	152	P	0.3664	0.5319		0.5831	0.7240	0.9750
14	石英安山岩	400	158	P	0.1386	0.3166		0.4802	0.3117	0.9319
15	安山岩	549	176	P	0.4300	0.6293		0.2940	0.0995	0.6286
16	石英安山岩	312	108	P	0.0098	0.0074		0.1676	0.0486	0.3517
17	安山岩	50	253	I	-0.0226	-0.0159		0.0007	0.0071	0.0195
18	安山岩	32	134	I	0.0002	-0.0005		0.0048	0.0224	0.0460
19	安山岩	35	51	I	-0.0016	-0.0174	0.0071	0.0081	0.0205	0.0631
20	安山岩	30.8	44.6	I	-0.0005	-0.0169		-0.0012	0.0333	0.3421
21	安山岩	579	95	D	0.0998	0.1066		0.5024	0.4726	0.7600
22	安山岩	72	59	D	-0.0009	0.0000		-0.0105	0.0012	0.0162
23	安山岩	21	105	I	-0.0105	-0.0093	-0.0116	-0.0048	0.0138	0.0331
24	安山岩	20	221	I	-0.0074	-0.0109	0.0014	0.0045	0.0129	0.0205
25	安山岩	14	172	I	0.0000	-0.0012		0.0021	0.0121	

No	岩 種	化 学 法			モルタルバー法		オートクレープ法			
		S c	R c	判定	3ヶ月	6ヶ月	T 100℃ A 2.0%	T 100℃ A 2.5%	T 150℃ A 2.0%	T 150℃ A 2.5%
26	安山岩	26	103	I	-0.0034	-0.0045	-0.0062	-0.0012	0.0183	0.0345
27	安山岩	276	58	D	0.1262	0.2088	0.0826	0.4169	0.5079	0.9312
28	安山岩	442	101	D	0.2919	0.3679	0.4955	0.6964	0.8162	1.1048
29	安山岩	44	312	I	-0.0100	-0.0076	0.0140	-0.0019	-0.0038	0.0050
30	安山岩	224	104	P	0.2776	0.4593	0.0274	0.2276	1.1757	
31	安山岩	414	98	D	0.1683	0.2724	0.1731	0.3848	0.7571	1.0838
32	安山岩	22.7	35.2	I	0.2433	0.4436		0.3716	0.6536	
33	安山岩	489	160	P	0.0474	0.1952		0.2609	0.5538	
34	安山岩	297	86	D	0.0786	0.1679	0.0593	0.3305	0.6890	1.0898
35	安山岩	456	136	P	0.0890	0.1571	0.1021	0.2684	0.0881	0.2074
36	安山岩	545	105	D	0.2302	0.3217		0.4564	0.8640	
37	安山岩	296	223	P	-0.0191	-0.0126	-0.0043	0.0086	0.0248	0.2467
38	安山岩	10	97	I	-0.0238	0.0260	-0.0076	-0.0081	0.0112	0.0179
39	安山岩	198	334	I	-0.0084	-0.0088	-0.0100	0.2459	0.0112	0.3452
40	安山岩	40	217	I	-0.0029	0.0016	-0.0079	-0.0136	0.0062	0.0071
41	チャート	146	34.7	D	0.1764	0.2900	0.0607	0.1581	0.0707	0.2602
42	チャート	218	28.7	D	0.2438	0.2926	0.0988	0.1891	0.0921	0.2917
43	チャート	45.9	13.9	D	0.0276	0.1143	0.0024	0.0100	0.0502	0.1545
44	チャート	36.9	1.0	D	0.0567	0.2000	-0.0105	0.0179	0.0024	0.0810
45	チャート	83.4	28.2	D	0.1012	0.3079	0.0171	0.0895	0.0574	0.2300
46	チャート	222	34.7	D	0.1098	0.3452	0.0131	0.0531	0.0164	0.0467
47	チャート	118	30.7	D	0.0219	0.1805	0.0088	0.0252	0.0371	0.2576
48	チャート	78.4	20.3	D	0.0657	0.2536	0.0314	0.0762	0.0833	0.2900
49	チャート	154	28.2	D	0.1710	0.4002	0.0569	0.1421	0.0936	0.2614
50	チャート	231	39.6	D	0.1819	0.2686	0.0721	0.2031	0.0950	0.2024

5. オートクレーブ法の試験条件再設定のための実験結果

試料No	供試体 No	供試体 質量(g)		超音波伝播時間		超音波伝播速度(m/s)		超音波伝播 速度比(%)	平均値 (%)	共鳴一次振動
		前	後	前	後	前	後			
オートクレーブ (150°C4hr) F(100)	1	593	586.4	46.2	59.8	3463	2676	77.27	77.3	9373
	2	597.3	590.1	46	59.6	3478	2685	77.2		9425
	3	596.2	588.5	46.2	59.7	3463	2680	77.39		9410
オートクレーブ (150°C4hr) H(100)	1	578.3	569.5	43.9	47	3645	3404	93.39	93.4	10195
	2	579.2	570.5	44	47.4	3636	3376	92.85		10157
	3	581.2	572.5	44.1	47	3628	3404	93.83		10150
オートクレーブ (150°C4hr) I(100)	1	572	562.3	43.5	44.6	3678	3587	97.53	97.5	10258
	2	575.3	565.7	43.8	44.8	3653	3571	97.76		10328
	3	570.9	561.4	43.7	44.9	3661	3563	97.32		10309
オートクレーブ (150°C4hr) G(100)	1	582.3	568.9	44.9	47.4	3563	3376	94.75	94.9	9651
	2	583.1	573.8	44.6	47.1	3587	3397	94.7		9656
	3	584.2	573.5	45	47.3	3556	3383	95.13		9640
オートクレーブ (150°C4hr) G(100)	1	570.4	550.7	43.4	58.4	3687	2740	74.32	73	9838
	2	573.3	553.6	43.3	60.5	3695	2645	71.58		9842
	3	572.4	552.9	43.6	59.7	3670	2680	73.02		9890
オートクレーブ (150°C4hr) D(100)	1	576.5	564.1	47.5	49.8	3368	3213	95.4	95.2	9265
	2	578	564.7	47.4	50.2	3376	3187	94.4		9327
	3	578.1	565.8	47.6	49.7	3361	3219	95.78		9299
オートクレーブ (150°C4hr) B(100)	1	538.4	526.5	46.8	47.7	3419	3354	98.1	98.4	9525
	2	540.2	530.6	47	47.7	3404	3354	98.53		9516
	3	539.8	527.4	47.1	47.8	3397	3347	98.53		9527
オートクレーブ (150°C6hr) F(100)	1	597.9	589.4	46	60.9	3478	2627	75.53	75.6	9341
	2	598	590.3	46.3	61.1	3456	2619	75.78		9340
	3	593.2	591.2	46.2	61.1	3463	2619	75.63		9330
オートクレーブ (150°C6hr) H(100)	1	573.6	564	44.1	48.2	3628	3320	91.51	91.3	10180
	2	578.5	569.2	44	48.4	3636	3306	90.92		10169
	3	575.1	566.5	44.1	48.3	3628	3313	91.32		10191
オートクレーブ (150°C6hr) I(100)	1	564.1	557.4	43.5	46.3	3678	3456	93.96	93.6	10260
	2	566.8	556.7	43.5	46.5	3678	3441	93.56		10250
	3	564.7	557.1	43.7	46.9	3661	3412	93.2		10219
オートクレーブ (150°C6hr) C(100)	1	579.2	568.7	45	48.5	3556	3299	92.77	93.1	9621
	2	578.5	569.5	44.7	47.9	3579	3340	93.32		9662
	3	581	570.3	44.9	48.2	3563	3320	93.18		9648
オートクレーブ (150°C8hr) F(100)	1	594.5	587.5	45.9	61.3	3486	2610	74.87	75	9349
	2	593.1	588	46	61.4	3478	2606	74.93		9384
	3	595.8	589.1	45.8	61	3493	2623	75.89		9407
オートクレーブ (150°C8hr) H(100)	1	579.2	571.4	44.1	49	3628	3265	89.99	89.7	10161
	2	584.7	575.1	43.9	48.9	3645	3272	89.77		10169
	3	584.5	576.4	44.1	49.4	3628	3239	89.28		10129
オートクレーブ (150°C8hr) I(100)	1	567.9	555.1	43.5	47	3678	3484	92.55	92.5	10241
	2	570.2	557.8	43.6	47.2	3670	3390	92.37		10300
	3	569.9	557.1	43.9	47.4	3645	3376	92.62		10311
オートクレーブ (150°C8hr) C(100)	1	574.4	568.1	45.1	49.1	3548	3259	91.85	91.8	9590
	2	577.4	567.2	45.1	49.1	3548	3259	91.85		9643
	3	575.5	566.3	44.9	49	3563	3265	91.64		9614

数(Hz) 係	相対動弾性 係数(%)	平均値 (%)	長さ変化(1/1000)		膨張率 (%)	平均値 (%)	判定	化学法結果			モルタルバー法結果		
			前	後				判定	Sc	Rc	判定	3ヵ月	6ヵ月
7051	56.59	56.9	2660	3863	0.752	0.756	有害	247	52	有害	0.381	0.464	有害
7100	56.75		2564	3840	0.798								
7129	57.4		2788	3937	0.718								
8724	73.22	73.1	2745	3334	0.368	0.359	有害	98	22	有害	0.096	0.14	有害
8695	73.28		2829	3389	0.35								
8670	72.85		2670	3242	0.358								
10046	95.91	95	2380	2701	0.201	0.153	有害	115	79.3	有害	0.063	0.077	無害
10031	94.33		2330	2640	0.194								
10040	94.85		2557	2658	0.063								
9326	93.38	92.8	2732	2805	0.046	0.074	無害	82.6	190	無害	0.023	0.042	無害
9286	92.48		2611	2762	0.094								
9275	92.57		2700	2829	0.081								
7271	54.62	54.2	2827	4338	0.944	1.001	有害	209	112	有害	0.205	0.264	有害
7198	53.49		2452	4150	1.061								
7300	54.48		2558	4157	0.999								
8154	77.46	79.6	2796	3041	0.153	0.177	有害	24.1	15.1	無害	0.034	0.034	無害
8361	80.36		2852	3050	0.124								
8363	80.88		2777	3182	0.253								
9640	102.43	102.9	2808	2761	-0.029	-0.005	無害						無害
9683	103.54		2699	2721	0.014								
9652	102.64		2738	2740	0.001								
6891	54.42	53.9	2477	3728	0.782	0.785	有害	247	52	有害	0.381	0.464	有害
6811	53.18		2429	3755	0.829								
6870	54.22		2390	3580	0.744								
8590	71.2	70.9	2728	3328	0.375	0.386	有害	98	22	有害	0.096	0.14	有害
8570	71.02		2733	3392	0.412								
8558	70.52		2916	3511	0.372								
9949	94.03	93.8	2988	3254	0.166	0.18	有害	115	79.3	有害	0.063	0.077	無害
9906	93.4		2971	3299	0.205								
9900	93.85		2828	3097	0.168								
9231	92.06	91.4	2639	2773	0.084	0.09	無害	82.6	190	無害	0.023	0.042	無害
9233	91.32		2707	2866	0.099								
9194	90.81		2738	2878	0.088								
6599	49.82	50.3	2428	3771	0.839	0.825	有害	247	52	有害	0.381	0.464	有害
6691	50.84		2396	3695	0.812								
6663	50.17		2410	3726	0.823								
8521	70.32	70.3	2868	3510	0.401	0.423	有害	98	22	有害	0.096	0.14	有害
8575	71.11		2675	3341	0.416								
8435	69.35		2716	3438	0.451								
9926	93.94	93.5	2947	3226	0.174	0.174	有害	115	79.3	有害	0.063	0.077	無害
9955	93.41		2895	3183	0.18								
9946	93.05		2903	3170	0.167								
9164	91.31	91.3	2743	2902	0.099	0.098	無害	82.6	190	無害	0.023	0.042	無害
9199	91		2706	2870	0.103								
9205	91.67		2964	3110	0.091								

6. オートクレーブ法によるASR促進試験の再確認実験結果

試料No	供試体 No	供試体 前	供試体 後	超音波伝播時間 前	超音波伝播時間 後	超音波伝播速度 前	超音波伝播速度 後	超音波伝播 速度比(%)	平均値 (%)	共振一次振動 前
オートクレーブ (150°C4hr)	1	578	569.4	45.6	51.2	3509	3125	89.86	88.9	9624
	2	578.6	574.2	45.5	51.4	3516	3113	88.54		9548
7 (100)	3	576.7	570.5	45.7	51.3	3501	3119	89.09		9502
オートクレーブ (150°C4hr)	1	590.1	578.2	45.7	47.5	3501	3368	96.2	96	9515
	2	592.3	579.2	45.6	47.4	3509	3376	96.21		9635
10 (100)	3	586.8	574.8	45.4	47.5	3524	3368	95.57		9530
オートクレーブ (150°C4hr)	1	578.6	568.3	46.5	50.3	3441	3181	92.44	92.2	9248
	2	582.7	573.1	46.1	50.1	3471	3194	92.02		9304
13 (100)	3	578.1	568.4	46.1	50	3471	3200	92.19		9223
オートクレーブ (150°C4hr)	1	578.7	569.8	43.4	47.1	3687	3397	92.13	92.7	9859
	2	578.8	569.2	44	47.3	3636	3383	93.04		9756
19 (100)	3	578	568.2	44	47.4	3636	3376	92.85		9733
オートクレーブ (150°C4hr)	1	575.8	565.8	46.5	48	3441	3333	96.86	97	9152
	2	577.9	570.5	47	48.3	3404	3313	97.33		9179
20 (100)	3	576.5	567.2	46.5	48.1	3441	3326	96.66		9277
オートクレーブ (150°C4hr)	1	582.2	572.2	45.5	50	3516	3200	91.01	91.3	9387
	2	583.1	572.7	45.7	49.9	3501	3206	91.57		9384
23 (100)	3	578.8	567.5	45.4	49.7	3524	3219	91.35		9409
オートクレーブ (150°C4hr)	1	630	616.9	42	46	3810	3478	91.29	91.9	10290
	2	632.3	618.3	42.3	46.1	3783	3471	91.75		10310
26 (100)	3	631.7	617.4	43	46.4	3721	3448	92.66		10305
オートクレーブ (150°C4hr)	1	568.9	554	47.4	47.5	3376	3368	99.76	99.6	9267
	2	569.6	554	47.5	47.8	3368	3347	99.38		9298
33 (100)	3	564	547.9	47.6	47.8	3361	3347	99.58		9234
オートクレーブ (150°C4hr)	1	568.9	563.1	46.2	48	3463	3333	96.25	95.9	9556
	2	568.2	557.2	45.9	48.1	3486	3326	95.41		9535
37 (100)	3	561.7	553.1	46.3	48.2	3456	3320	96.06		9417
オートクレーブ (150°C4hr)	1	580.3	568.3	47.7	48.7	3354	3285	97.94	97.6	9056
	2	582.2	567.4	47.5	48.8	3368	3279	97.36		9099
40 (100)	3	582.9	571	47.4	48.6	3376	3292	97.51		9118
オートクレーブ (150°C4hr)	1	556.6	547.2	48.6	56.1	3292	2852	86.63	86.5	8624
	2	555.2	546.9	48.4	55.9	3306	2862	86.57		8716
55 (100)	3	554.2	546.4	48.3	55.9	3313	2862	86.39		8919
オートクレーブ (150°C4hr)	1	581.6	571.5	44.9	49.3	3563	3245	91.07	91	9775
	2	580.4	568.8	45	49.6	3556	3226	90.72		9762
56 (100)	3	578.9	567.6	44.8	49.1	3571	3259	91.26		9772

数(Hz) 後	相対動弾性 係数(%)	平均値 (%)	長さ変化(1/1000r)		膨張率 (%)	平均値 (%)	判定	化学法結果		モルタルバー法結果			
			前	後				判定	Sc	Rc	判定	3ヵ月	6ヵ月
7851	66.55	66.1	2764	3083	0.199	0.183	有害	61	39		0.084	0.114	有害
7711	65.22		2745	3052	0.192								
7743	66.4		2825	3077	0.158								
9380	97.18	97.7	2831	3150	0.199	0.15	有害	547	201		0.034	0.039	無害
9563	98.51		2857	3087	0.144								
9399	97.27		2990	3161	0.107								
7697	69.27	69.9	2746	3228	0.301	0.292	有害	34	9		0.025	0.04	無害
7822	70.68		2665	3140	0.297								
7707	69.83		2841	3286	0.276								
9398	90.87	90.9	2432	2768	0.21	0.207	有害	73	73		0.011	0.024	無害
9295	90.77		2492	2888	0.248								
9295	91.2		2476	2739	0.164								
9191	100.85	100.3	2463	2442	-0.013	-0.015	無害	138	260		0.023	0.038	無害
9185	100.13		2608	2563	-0.028								
9270	99.85		2592	2584	-0.005								
8406	80.19	81.1	2852	3255	0.252	0.275	有害	42	26		0.033	0.122	有害
8482	81.7		2681	3178	0.311								
8496	81.53		2765	3182	0.261								
9535	85.86	86.4	2548	2815	0.167	0.15	有害	24	55		0.018	0.021	無害
9601	86.72		2694	2937	0.152								
9594	86.68		2812	3023	0.132								
9412	103.15	103.5	3023	2953	-0.044	-0.07	無害	41	109		0.017	0.026	無害
9456	103.43		2895	2603	-0.183								
9417	104		2445	2473	0.018								
9278	94.27	95.5	2928	3130	0.126	0.119	有害	44	31		0.014	0.061	無害
9319	95.52		2819	3035	0.135								
9267	96.84		3046	3201	0.097								
9183	102.82	103.6	2991	3100	0.068	0.014	無害	4	144		0.029	0.041	無害
9289	104.22		2805	2905	0.063								
9281	103.61		3074	2930	-0.09								
7007	66.82	66.3	2512	3155	0.402	0.449	有害	728	76		0.206	0.222	有害
7127	66.86		2550	3390	0.525								
7249	66.86		2613	3287	0.421								
9098	86.63	86.6	3184	3641	0.286	0.269	有害	46	42		0.029	0.123	有害
9170	88.24		2759	3136	0.236								
9006	84.94		2535	2990	0.284								

7. GBRC法によるASR促進試験結果

(1) 実験 I

試料No	供試体 No	供試体 質量 (g)	超音波伝播時間 前	超音波伝播時間 後	超音波伝播速度 (m/s) 前	超音波伝播速度 (m/s) 後	超音波伝播 速度比 (%)	平均値 (%)	共鳴一次振動 前
試料7(50)	1	568	569.8	43	45.9	3720.9	3485.8	93.68	10037
	2	569.4	571.5	42.8	45.9	3738.3	3485.8	93.25	10082
	3	568.9	571.3	42.9	45.7	3729.6	3501.1	93.87	10058
試料10(50)	1	575.1	579.4	42	48.7	3809.5	3285.4	86.24	10101
	2	578	582	41.7	48.7	3836.9	3285.4	85.63	10106
	3	575.3	579.5	41.7	48.4	3836.9	3305.8	86.16	10053
試料13(50)	1	575.2	573	43.1	42.6	3712.3	3755.9	101.17	9802
	2	569.3	567.7	43.4	42.8	3686.6	3738.3	101.4	9720
	3	570.7	569.2	43.3	42.8	3695.2	3738.3	101.17	9872
試料19(50)	1	574.2	575.3	42.3	43	3782.5	3720.9	98.37	10150
	2	576.2	576.1	42.6	42.7	3765.9	3747.1	99.77	10214
	3	574.3	574	42.5	42.7	3764.7	3747.1	99.53	10201
試料20(50)	1	574.8	573.4	42.3	43	3782.5	3720.9	98.37	10193
	2	577.4	575.9	42.2	42.7	3791.5	3747.1	98.83	10106
	3	577.3	575	41.9	42.7	3818.6	3747.1	98.13	10145
試料23(50)	1	571.1	571.7	42.6	43.3	3755.9	3695.2	98.38	10100
	2	581.1	580.8	42.9	43.6	3729.6	3669.7	98.39	10111
	3	577.7	577.2	42.8	43.2	3738.3	3703.7	99.07	10028
試料26(50)	1	584.6	583.3	41.9	45.5	3818.6	3516.5	92.09	10014
	2	592.2	590.9	42.1	45.6	3880.5	3508.8	92.32	10041
	3	591.8	590	42.2	45.8	3791.5	3493.4	92.14	10117
試料33(50)	1	565.6	562.9	43.1	46.3	3712.3	3455.7	93.09	9772
	2	568.4	565.5	43	46.1	3720.9	3470.7	93.26	9768
	3	565.6	562.7	43.1	46.3	3712.3	3455.7	93.09	9777
試料37(50)	1	570.8	569.5	42.4	46.2	3773.6	3463.2	91.77	10064
	2	576.1	575.1	42.5	46.3	3764.7	3455.7	91.79	10036
	3	571	570	42.4	45.9	3773.6	3485.8	92.37	10055
試料40(50)	1	581.3	579.1	42.5	45.6	3764.7	3508.8	93.2	10003
	2	579.3	577	42.8	46	3738.3	3478.3	93.04	9971
	3	580.9	578.7	43	46.3	3720.9	3455.7	92.87	9937
試料55(50)	1	577.7	586.5	42.7	52.8	3747.1	3030.3	80.87	9924
	2	582.1	590.2	42.7	53.9	3747.1	2968.5	79.22	9908
	3	575.6	584.2	43	53	3720.9	3018.9	81.13	9980
試料56(50)	1	575.5	574.9	42.5	47	3764.7	3404.3	90.43	10137
	2	580.4	579.5	42.4	47.3	3773.6	3382.7	89.64	10107
	3	578.9	578.6	42.4	47.3	3773.6	3382.7	89.64	10090

収(Hz)	相対動弾性係数(%)	平均値(%)	長さ変化(1/1000)		膨張率(%)	平均値(%)	GBRC判定	化学法結果			モルタルバー法結果		
			前	後				判定	Sc	Rc	判定	3カ月	6カ月
8548	72.53	72.8	2528	2605	0.048	0.084	無害	61	39	有害	0.084	0.114	有害
8611	72.95		2415	2519	0.065								
8588	72.91		2441	2663	0.139								
7707	58.22		2507	3187	0.425								
7747	58.76		2492	3146	0.409								
7728	59.09	58.7	2463	3094	0.394	0.409	有害	547	201	潜在	0.034	0.039	無害
9382	91.61		2914	2963	0.031								
9270	90.96		2645	2689	0.028								
9380	90.28		2438	2558	0.075								
9574	88.97		2414	2535	0.076								
9494	86.4	87.8	2360	2485	0.078	0.07	無害	73	73	有害	0.011	0.024	無害
9567	87.96		2468	2557	0.056								
9327	83.73		2470	2492	0.014								
9354	85.67		2416	2513	0.061								
9461	86.97		2644	2579	-0.041								
9251	83.89	83.9	2585	2605	0.063	0.052	無害	42	26	有害	0.033	0.122	有害
9278	84.2		2462	2571	0.068								
9161	83.46		2612	2650	0.024								
9629	92.46		2379	2444	0.041								
9616	91.71		2370	2387	0.011								
9644	90.87	91.7	2558	2895	0.211	0.088	無害	24	55	無害	0.018	0.021	無害
9610	96.71		2709	2695	-0.009								
9576	96.11		2660	2633	-0.017								
9577	95.95		2785	2627	-0.099								
9584	90.69		2924	2755	-0.106								
9575	91.02	90.8	2628	2655	0.017	-0.038	無害	44	31	有害	0.014	0.061	無害
9574	90.66		2678	2639	-0.024								
9546	91.07		2561	2342	-0.137								
9436	89.56		2534	2299	-0.147								
9614	93.6		2554	2367	-0.117								
7632	59.14	59.7	2729	3440	0.444	0.527	有害	728	76	有害	0.206	0.222	有害
7759	61.33		2524	3463	0.587								
7641	58.62		2667	3548	0.551								
9185	82.1		2744	2875	0.082								
9130	81.6		2540	2655	0.072								
9170	82.6	82.1	2529	2618	0.056	0.07	無害	46	42	無害	0.029	0.123	有害

(2) 実験Ⅱ

試料No	供試体 No	供試体 質量(g)		超音波伝播時間		超音波伝播速度(m/s)		超音波伝播 速度比(%)	平均値 (%)	共振一次振動	
		前	後	前	後	前	後			前	後
G (50)	1	575.1	583.7	41.5	49	3855.4	3265.3	84.69	85.3	10373	
	2	571.4	579.7	41.8	48.9	3827.8	3272	85.48		10322	
	3	571.3	579.4	41.8	48.8	3827.8	3278.7	85.65		10302	
F (50)	1	575.7	581	42.8	50.4	3738.3	3174.6	84.92	84.7	9930	
	2	580.7	586.3	42.8	50.6	3738.3	3162.1	84.59		10038	
	3	579.5	584.8	42.9	50.8	3729.6	3149.6	84.45		9983	
H (50)	1	572.7	576.2	42.7	46.3	3747.1	3455.7	92.22	92	10333	
	2	572.3	575.6	42.6	46.3	3755.9	3455.7	92.01		10487	
	3	570.8	574.3	42.4	46.2	3773.6	3463.2	91.77		10466	
I (50)	1	570.3	574.9	43.2	47	3703.7	3404.3	91.92	91.5	10428	
	2	571.6	576.2	42.9	47.2	3729.6	3389.8	90.89		10494	
	3	567.2	571.9	42.8	46.7	3738.3	3426.1	91.65		10500	
D (50)	1	568.1	567.8	43.4	43.9	3686.6	3644.6	98.86	99.3	9994	
	2	565.2	564.9	43.7	44	3661.3	3636.4	99.32		9963	
	3	567.9	567.5	43.7	43.8	3661.3	3653	99.77		9987	
E (50)	1	565.8	574.9	42.2	50.7	3791.5	3155.8	83.23	84.3	10245	
	2	563.7	572.8	42.6	50.3	3755.9	3180.9	84.69		10301	
	3	563.6	571.8	42.2	49.7	3791.5	3219.3	84.91		10322	
G (100)	1	577.8	582.5	43.4	48.4	3686.6	3305.8	89.67	89.4	9983	
	2	577.2	582.9	43.4	48.6	3686.6	3292.2	89.3		10063	
	3	580.4	585.2	43.2	48.4	3703.7	3305.8	89.26		10094	
F (100)	1	597.9	604.1	45.3	50.9	3532	3143.4	89	88.4	9597	
	2	601.1	607.4	45	51	3555.6	3137.3	88.24		9614	
	3	600.9	606.9	44.9	51.1	3563.5	3131.1	87.87		9618	
H (100)	1	587.3	589.9	43.1	45.4	3712.3	3524.2	94.93	95	10368	
	2	588.5	590.9	44.4	45.8	3603.6	3493.4	96.94		10429	
	3	587.8	590.2	42.6	45.8	3755.9	3493.4	93.01		10492	
I (100)	1	578.6	581.6	42.9	45.3	3729.6	3532	94.7	94.8	10576	
	2	581.6	584.8	42.7	44.9	3747.1	3563.5	95.1		10626	
	3	581.2	584.6	42.7	45.2	3747.1	3539.8	94.47		10511	
D (100)	1	586.7	584.9	44.5	42	3596	3809.5	105.94	105.9	9877	
	2	589.7	587.8	44.5	42.2	3596	3791.5	105.44		9944	
	3	587.2	585.3	44.7	42.1	3579	3800.5	106.19		9994	
E (100)	1	575.1	583.3	42.8	45.3	3738	3532	94.49	93.1	10359	
	2	578.9	583.2	42.1	45.5	3800	3516.5	92.54		10213	
	3	576.7	581.8	42.1	45.6	3800	3508.8	92.34		10265	
B (100)	1	549.8	548.1	44.1	42.8	3628	3738	103.03	102.3	10184	
	2	554.4	553.2	43.9	43.3	3645	3695	101.37		10200	
	3	553	551.9	44.2	43.1	3620	3712	102.54		10117	

試(Hz)	相對動彈性係數(%)	平均値(%)	長さ変化(1/1000)		膨張率(%)	平均値(%)	GBRQ判定	化学法結果			モルタルバー法結果		
後			前	後				So	Rc	判定	3ヵ月	6ヵ月	判定
7579	53.38		2349	3161	0.508								
7549	53.49	53.9	2407	3196	0.493	0.487	有害	209	112	潜有	0.205	0.264	有害
7623	54.75		2539	3275	0.46								
8212	68.39		2319	2785	0.291								
8236	67.32	67.7	2399	2967	0.355	0.316	有害	247	52	有害	0.381	0.464	有害
8203	67.52		2532	3014	0.301								
8877	73.8		2334	2567	0.146								
8922	72.38	73.1	2403	2660	0.161	0.157	有害	98	22	有害	0.096	0.14	有害
8950	73.13		2414	2674	0.163								
9050	75.32		2652	2979	0.204								
9160	76.19	75.6	2515	2856	0.213	0.202	有害	115	79.3	有害	0.063	0.077	無害
9106	75.21		2424	2724	0.188								
9497	90.3		2777	2409	-0.23								
9517	91.25	91.6	2620	2511	-0.068	-0.124	無害	24.1	15.1	無害	0.034	0.034	無害
9644	93.25		2560	2440	-0.075								
8357	66.54		2571	3435	0.54								
8386	66.28	67.1	2580	3287	0.442	0.483	有害	844.5	196.2	潜有	0.242	0.351	有害
8548	68.58		2541	3288	0.467								
7482	56.17		2560	3229	0.418								
7519	55.83	56.3	2350	3162	0.508	0.499	有害	209	112	潜有	0.205	0.264	有害
7620	56.99		2469	3382	0.571								
7725	64.79		2438	3242	0.503								
7741	64.83	64.4	2364	3260	0.56	0.531	有害	247	52	有害	0.381	0.464	有害
7677	63.71		2645	3493	0.53								
8664	69.83		2695	3013	0.199								
8690	69.43	69	2575	2908	0.200	0.195	無害	98	22	有害	0.096	0.14	有害
8636	67.75		2639	2926	0.179								
9361	78.34		2388	2782	0.246								
9528	80.4	79.3	2510	2682	0.108	0.178	有害	115	79.3	有害	0.063	0.077	無害
9356	79.23		2500	2788	0.18								
9199	86.74		2466	2498	0.02								
9277	87.03	87.1	2390	2414	0.015	0.026	無害	24.1	15.1	無害	0.034	0.034	無害
9342	87.38		2585	2653	0.043								
8533	67.85		2870	3262	0.245								
8501	69.28	68.7	2452	3118	0.416	0.333	有害	844.5	196.2	潜有	0.242	0.351	有害
8521	68.91		2567	3110	0.339								
9669	90.14		2523	2569	0.029								
9726	90.92	90.9	2456	2484	0.018	0.017	無害						無害
9690	91.74		2701	2709	0.005								

(3) 実験Ⅲ

試料No	供試体 No	供試体質量(g)		超音波伝播時間		超音波伝播速度(m/s)		超音波伝播 速度比(%)	平均値 (%)	基礎一次振動	
		前	後	前	後	前	後			前	後
TH59 (50) ﾌﾞﾗｯｸなし	1	571.5	575.5	40.6	47.5	3940.9	3368.4	85.47	85.5	10220	
	2	569.3	573	40.4	47.2	3960.4	3389.8	85.59		10187	
	3	573.4	577.3	40.4	47.3	3960.4	3382.7	85.41		10280	
TH59 (50) ﾌﾞﾗｯｸあり	4	576.7	583.5								
	5	578.1	582.2								
	6	579.5	584.9								
TH49 (50) ﾌﾞﾗｯｸなし	1	569.5	577.9	40.3	49.8	3970.2	3212.9	80.93	81.2	10590	
	2	569.5	577.7	40.2	49.4	3980.1	3238.9	81.38		10636	
	3	568.4	576.7	40.3	49.5	3970.2	3232.3	81.41		10720	
TH49 (50) ﾌﾞﾗｯｸあり	4	575.3	584.9								
	5	575.0	584.3								
	6	575.3	585.3								
TGCha (50) ﾌﾞﾗｯｸなし	1	568.2	572.7	39.6	47.5	4040.4	3368.4	83.37	82.9	10431	
	2	568.5	573	39.5	47.8	4050.6	3347.3	82.64		10451	
	3	571.2	575.4	39.3	47.6	4071.2	3361.3	82.56		10551	
TGCha (50) ﾌﾞﾗｯｸあり	4	572.9	580.3								
	5	574.3	579								
	6	572.4	585.3								

化学法結果の()内は、参考値。

数(Hz) 後	相対動弾性 係数(%)	平均値 (%)	長さ変化(1/1000)		膨張率 (%)	平均値 (%)	GBRQ 判定	化学法結果		モルタルバー法結果			
			前	後				Sc	Rc	判定	3ヵ月	6ヵ月	判定
8537	69.78	68.3	2321	2566	0.153	0.145	有害	(87)	(27)		0.0667		有害
8356	67.28		2314	2516	0.126								
8405	67.9		2315	2564	0.156								
			664	907	0.174	0.176	有害	(87)	(27)		0.0667		有害
			519	781	0.187								
			623	857	0.167								
8083	58.26	58.3	2370	3599	0.768	0.615	有害	(542)	(230)		0.1349		有害
8160	58.86		2347	3186	0.524								
8150	57.8		2329	3214	0.553								
			1494	2321	0.591	0.594	有害	(542)	(230)		0.1349		有害
			1261	2063	0.573								
			1701	2565	0.617								
9027	74.89	74.6	2541	2904	0.227	0.204	有害	163	76	有害			
9066	75.25		2500	2825	0.203								
9064	73.8		2646	2938	0.183								
			1305	1702	0.284	0.270	有害	163	76				
			1299	1662	0.259								
			1478	1850	0.266								

オートクレーブによるASR
促進試験方法の検討

ISSN 0386 - 5878
土木研究所資料第2732号
(1989)

小林茂敏 河野広隆
森濱和正 石井良美

要 旨

本研究は、モルタルバーを用いオートクレーブでアルカリシリカ反応を促進させ、早期に骨材のアルカリシリカ反応性を判定する試験法の開発を検討したものである。試験の結果によれば、モルタルバーを用いて化学法と同程度の期間で化学法程度の判定が可能ながことが明かとなっている。

キーワード：アルカリシリカ反応、促進試験法、モルタルバー法、オートクレーブ養生

郵便はがき

3 0 5 - □ □

切手をは
て下さい。

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
コンクリート研究室 御中

No. 001

No. 001

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 2732 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 2732 号

○