00
ISSN 0386－5878
土木研究所資料第2527号

土 木 研 究 所 資 料

高炉スラグ微粉末によるＡＳＲ抑制に関する共同研究報告書

昭和62年12月

建 設 省 土 木 研 究 所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright © (1988) 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，複写は，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。

土木研究所資料
第2527号　1987年12月

高炉スラグ微粉末によるＡＳＲ抑制に関する共同研究報告書

土木研究所	地質化学部	部長	桑原啓三
	コンクリート研究室	室長	小林茂敏
		主任研究員	河野広隆
	化学研究室	室長	片脇清
建築研究所	無機材料研究室	室長	友沢史紀
東京大学		助教授	魚本健人
東京工業大学		助教授	大門正機
筑波大学		助教授	山本泰彦
土木研究センター			柳田力
土木研究センター			森芳徳
鉄鋼スラグ協会			長井健
新日本製鉄㈱			沼田普一
新日本製鉄㈱			森山容州
新日鉄化学㈱			近田孝夫
日本鋼管㈱			古江孝生
日本鋼管㈱			星秀明
日本鋼管㈱			三浦勇七
日本鋼管㈱			栗原通了
神戸製鋼㈱			千賀平造
住友金属工業㈱			山本親志
川崎製鉄㈱			長谷部昌幸
川崎製鉄㈱			山本克二
元土木研究所	地質化学部	部長	蒔田実

要　旨

高炉スラグ微粉末をアルカリ骨材反応抑制対策として使用するため、土木研究所、土木研究センター、鉄鋼スラグ協会が、抑制機構、スラグ品質及び試験条件が結果におよぼす影響等について共同研究を行った。

本報告書は、この研究で得られた実験データ及び報告書類のすべてを編集したものである。

キーワード：アルカリシリカ反応・モルタルバー法・高炉スラグ微粉末・アルカリ骨材反応抑制

序　文

昭和50年代後半に，阪神地区で発見されたアルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の劣化は，その後の調査で，阪神地区にとどまらず少なからず発生しており，また，劣化を引き起こす骨材も全国的に広く分布している可能性があることも判明した。このことは，先に発生していた塩害によるコンクリート橋等の劣化の問題とともに，いわゆるコンクリートクライシスとして社会問題となり，コンクリートに対する不信感をもたらす結果となった。このため，建設省では早急に，このコンクリートの早期劣化問題に取り組むこととなり，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」（昭和60～62年）等を通じて，対策を打ち出すこととした。

こうした中で，アルカリ骨材反応に対する対策の１つとして，高炉スラグ粉末あるいは高炉セメントを利用することが提唱され，具体的対策手法の確立が望まれた。このため，それぞれの分野で研究や情報の蓄積を行っていた，土木研究所，鐵鋼スラグ協会，土木研究センターの三者が共同して，この課題に取り組むこととなった。

この報告書は，昭和60年度から61年度にわたって行われた共同研究の成果をとりまとめたものであり，規模，内容ともにアルカリ骨材反応対策の研究の先端を行くものと考える。今後，アルカリ骨材反応対策を検討する際に，有益な資料を提供するものであると確信するものである。

最後に，多大な御指導，御協力を賜った共同研究委員会の委員の方々に，深く感謝申し上げる次第である。

昭和62年12月

共同研究委員会委員長

桑　原　啓　三

目　　次

1. まえがき …… 1

2. 研究概要 …… 2

3. 既往の研究結果 …… 2

3.1 反応性骨材の判定方法について

3.2 反応性骨材を使用する場合のセメントおよび混和材の選定

3.3 高炉スラグ粉末のASR抑制機構

4. 試験概要 …… 14

4.1 試験概略内容

4.2 使用材料

4.3 試験方法

5. 高炉スラグ粉末の品質評価試験 …… 23

5.1 アルカリの種類がASRに及ぼす影響

5.2 高炉スラグ粉末の種類および置換率の影響

5.3 高炉スラグ粉末の粉末度およびモルタルバー供試体寸法（ASTM法，土研法）の影響

6. 天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験 …… 32

6.1 試験組合せおよび配合条件

6.2 試験方法

6.3 モルタルバー膨張試験結果

6.4 試験結果のまとめ

7. 膨張抑制メカニズムの検討試験 …… 59

7.1 試験組合せおよび配合条件

7.2 試験方法

7.3 試験結果

7.4 結果のまとめ

8. 考　　察 …… 71

8.1 パイレックスガラスモルタルバー試験による我が国の高炉スラグ粉末の評価

8.2 天然の反応性骨材を用いた土研法モルタルバーによる評価

8.3 試験結果の総合的評価－ポルトランドセメントのアルカリレベルとスラグ置換率

8.4 結　論

9. あとがき …… 83

巻 末 資 料

1.	パイレックスガラスを骨材とするセメント硬化体の物性およびガラス骨材の反応量の測定	担当：大門正機（東工大）
2.	スラグモルタルバー試験結果	担当：(財)土木研究センター
3.	天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験結果	担当：鐵鋼スラグ協会
4.	モルタルバー外観観察結果	担当：鐵鋼スラグ協会
5.	パイレックスガラスを用いたモルタルバー膨張試験（その1）	担当：鐵鋼スラグ協会
6.	パイレックスガラスを用いたモルタルバー膨張試験（その2）	担当：鐵鋼スラグ協会
7.	高炉スラグ粉末の品質評価試験	担当：鐵鋼スラグ協会
8.	膨張抑制メカニズムの検討試験	担当：鐵鋼スラグ協会

1. まえがき

コンクリートは，建設材料として最も広く用いられているもののひとつであり，その耐久性は，半永久的であるという概念が定着していた感がある。これは，コンクリートの原材料の入手が容易であり，しかも経済的に優れていることに加えて，メンテナンスがほとんど不要であると考えられているからである。

しかし，最近になってコンクリート構造物の早期劣化現象，すなわち，10～15年といった短い期間でコンクリート構造物に何らかの品質劣化（品質低下）の見られる現象が社会問題としてマスコミにも取り上げられ，コンクリート構造物に対する信頼感の低下が指摘されるようになった。

こうした早期劣化現象のなかに，これまでは我国にないとされていた，アルカリ骨材反応がある。アルカリ骨材反応は1930年代に米国で発見され，その後欧州など各地で発見されているが，我国では昭和26年と昭和40年にそれぞれ被害例が1例づつ報告されている他は公表されたものがなく，このため1982年までは我国には事例もほとんどないという考え方が広まり，久しく注目されることもなかった。

しかしながら，1982年の阪神地区におけるアルカリ骨材反応の劣化事例の発見は，昭和50年代半ばから問題となっていた，コンクリート構造物の塩害とあいまって，コンクリートクライシスとして大きな社会問題となった。

このため，いくつかの関係機関でアルカリ骨材反応に関する研究が活発になっていた。特に建設省では，塩害やアルカリ骨材反応によって，失墜した感のあるコンクリートの耐久性を向上させ，依頼感のある社会資本を充実させることを目的として，昭和60～62年度の予定で総合技術開発プロジェクト（以下，総プロ）「コンクリートの耐久性向上技術の開発」を開始した。

この総プロの中の研究開発項目のひとつとして，アルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の劣化抑制手法の開発が取り上げられた。アルカリ骨材反応の抑制手法としては，セメント中のアルカリ量を制限したり，コンクリート中の単位アルカリ量を制限したりする方法の他，アルカリ骨材反応による劣化を防止する混和材の利用も効果があることが，古くから多くの研究者によって提唱されている。高炉セメントはアルカリ骨材反応抑制に効果のあることは，外国の研究では明らかになっているが，我国の骨材やスラグの品質がはたして外国の研究結果にあてはまるかどうか懸念があった。

以上のような背景から，総プロのスタートと同時に土木研究所，土木研究センター，鐵鋼スラグ協会が共同研究を行うこととなり，それぞれの機関がそれまでに蓄積していた技術資料を動員して抑制手法設定のための基礎資料を得るための研究を行うこととなった。具体的には，次の3項目を調査することとなった。

(1) アルカリ骨材反応試験の試験条件が結果におよぼす影響に関する調査

(2) 高炉スラグ粉末によるアルカリ骨材反応抑制の機構に関する調査

(3) 高炉スラグ粉末の品質が我国産の骨材によるアルカリ骨材反応におよぼす影響に関する調査

本報告書は，２年間にわたる共同研究によって行われた上記の調査研究の結果を報告するものである。

2. 研究概要

2.1 研究目的

アルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の劣化の抑制対策として，反応性を有する骨材を使用する場合に，高炉セメントあるいは高炉スラグ微粉末をセメント混和材として用いることが，早くから提案された。これは諸外国の研究や基準等を参考に提案されたものであるが，我国の反応性骨材と高炉スラグの組合せによる具体的抑制手法に関する研究はほとんどないのが現状であった。このため我国の高炉スラグ粉末のコンクリート混和材としての使用がアルカリ骨材反応におよぼす影響を調査するとともに，我国の骨材に対する具体的抑制手法を作成するための基礎資料を得ることを目的として，それまでそれぞれの分野で独自にアルカリ骨材反応に関する研究，高炉スラグの品質およびコンクリート品質への影響についての研究等の資料の蓄積を行っていた土木研究所，土木研究センター，鐵鋼スラグ協会が，それぞれの資料を有効に活用させ，共同研究を行うこととなった。

2.2 研究内容

(1) アルカリ骨材反応試験の試験条件が結果に及ぼす影響に関する調査

(2) 高炉スラグ粉末によるアルカリ骨材反応抑制の機構に関する調査

(3) 高炉スラグ粉末の品質がアルカリ骨材反応の抑制効果に及ぼす影響に関する調査

3. 既往の研究結果

3.1 反応性骨材の判定方法について

骨材がアルカリ反応性を有するかどうかを判定するに当たり，もっとも信頼性のあるのは，使用実績の記録による判断である。このような資料が十分備わっていない場合は，試験によってその品質を確認しなければならない。

この試験方法としては，アルカリシリカ反応の場合，岩石学的調査方法（ASTM C 295），化学法（ASTM C 289）およびモルタルバー法（ASTM C 227）の体系が完備していて，我国においてもこれに準じた試験方法が定められている（建設省暫定通達，JIS A 5308付属書など）。このなかでモルタルバー法はもっとも信頼できる判断情報を提供するものであり，骨材の潜在的反応性

のみならず使用する骨材とセメントの特定の組合せに対しても有用である（ACI 201 2R[1]）。しかしこれらの試験方法は予想される反応性の程度とか供用時における許容できる反応の程度を定量的な情報として与えるものではない（ASTM C 33 Appendix[2]）。

「無害」と判定される非反応性の骨材は，高アルカリのポルトランドセメントを用いたモルタルバーの膨脹量が，我国を含め多くの示方書に下記のように定められている（0.8％R_2O 以上……ASTM C 33 Appendix X 1.1.3，CAN 3-A23.1 Appendix B[3]；1.2±0.05％R_2O…JIS R 5308）。

3か月	0.05％以下（参考指標）
6か月	0.10％以下

しかし，この値について別な見解もある。

・Corps of Engineers EM 1110-2-2000

いかなる材令でも0.10％を超さないこと，かつ6ケ月で0.05％以上の膨張は有害

・CAN 3 A23.1-M77

いかなる材令でも約0.04％を超さないこと

3.2 反応性骨材を使用する場合のセメントおよび混和材の選定

3.2.1 セメント

やむを得ず反応性骨材を用いなければならない場合には，コンクリート中の反応に係わるアルカリ量を制限しなければならない。

各国の品質規定あるいは指針は次のとおり：

(1) アメリカ

① ポルトランドセメント……$R_2O = Na_2O + 0.658\,K_2O \leqq 0.60$％（ASTM C 150）

② 混合セメント……ASTM C 227によるパイレックスモルタルバーの膨張量が14日で0.020％以下，8週で0.60％以下のもの（ASTM C 595）

③ 調整ポルトランドセメント（スラグの場合混合率25％以下，ポゾランの場合混合率15％以下）……記述省略（ASTM C 595）

(2) カナダ

ポルトランドセメント（CAN 3-A5-M83）でも混合セメント（CAN 3-A362-M83）でもアルカリの絶対量を規制するのではなく，前述のCAN 3-A23.1 Appendix Bによる[4]。アルカリシリカ反応の場合，反応性骨材と当該セメント組合せでASTM C 227のモルタルバーの膨張量が0.04％以下であれば「無害」とみなせる。アルカリ量が0.80％R_2O 以上のポルトランドセメントは高アルカリ形と考えられ，0.60％R_2O 以下のものは低アルカリ形である。なお試験期間は得られる膨張曲線等から判断する。またCAN 3-A23.2-M77 "Method of Test

for Concrete"のA23.2-14Aによるコンクリート角柱供試体による試験はアルカリ炭酸塩反応に適用するものである（CAN 3-A23.1-M77, Appendix B3.5）。

(3) イギリス

1981年6月関係団体から参集してCement and Concrete Associationが主催したHawkins委員会報告Guidance Notes for Minimising the Risk of Alkali Silica Reaction (Sept.1983)が刊行され，この間にもBRB Digest 258 Alkali aggregate reactions in concrete (Feb.1982)が出版され，これらは多少修正されて1985年10月BS 8110；Part 1：Structural use of concreteに公的に取扱われている。その6.2.5.4 Alkali-silica reactionの条項にはセメントとして次のものが示されている。

① ポルトランドセメント……0.6％R_2O以下のもの（たとえばBS 4027 硫酸塩ポルトランドセメントをオプションで用いる）

② 混合セメント……スラグ量50％以上の高炉セメント（BS 146, BS 4246）フライアッシュ量30％以上のフライアッシュセメント（BS 6588）

③ 混合セメント……コンクリート中のアルカリ量が3 kg／m³以下となるようにするという原則に基づき，混合材のアルカリ含有量を無視して組合せるポルトランドセメントのアルカリ量を見掛け上0.60％以下となるよう稀釈する方法

(4) 西ドイツ

1973年2月関係団体が参集して暫定指針Vorbeugende Massnahmen gegen Alkalireaktion im Beton[5]が提案され1974年2月に指針化された。これにもとづきDIN 1045, DIN 4266, DIN 1164 (Institut fur Bautechnik, 1979)が改正または補添されている。低アルカリ形ポルトランドセメントとして次のものが定められている。

表3.1 低アルカリ形セメント
(Mitteilung des Instituts fur Bautechnik, 1979)

セメント	全アルカリ量R_2O (%)	スラグ混合率 (%)
ポルトランドセメント	≦0.60	——
高炉セメント	≦1.10 (≦2.00)	50以上 65以上

高炉セメントの許容アルカリ量は，上記暫定指針作成ワーキンググループにおいて次のような関係式の定数を実験的に求めて定めた[6]。

$$A_{eff} = A_{total}\left[1-\left(\frac{GS}{S_o}\right)^n\right] \quad \cdots\cdots (3.1)$$

A_{eff}：有効アルカリ量（有害アルカリ量）

A_{total}：全アルカリ量（ポルトランドセメントとスラグの全結合材中のアルカリ量）

GS：スラグ混合率

n, S_0：定数

nおよびS_0の値は，多くの実験結果が示されたが，最終的にはB.F.M. Bakker[6]の研究によった。この結果，高炉セメントの全アルカリ量A_{total}とスラグ混合率の関係は次式となった。

$$A_{total} = \frac{0.60}{1 - 1.8\left(\frac{GS}{100}\right)^2} (\%) \quad \cdots\cdots (3.2)$$

GS＝50%のときA_{total}＝1.1%，GS＝65%のときA_{total}＝2.5%となるが，GS＝65%の場合については，高アルカリ含有量では試験所間のバラツキが大きかったことを考慮し，現実的な見地から通達ではA_{total}＝2.0%としている。

なお，GS＝40%のときについて計算するとA_{total}＝0.84%となる。

3.2.2 混和材

スラグやフライアッシュを混和材として用いるときの品質規定及び指針は，混合セメントと基本的には同じ考えであるが，国によって別の体系となっている。

(1) アメリカ

高アルカリ形ポルトランドセメントと潜在的反応性の骨材の組合せに混和材を用いて積極的にASRの抑制対策をとる方法が，ASTM C 441-81 "Standard Test Method for Effectiveness of Mineral Admixtures in Preventing Excessive Expansion of Concrete due to the Alkali-Aggregate Reaction" に示されている。

これは約1.0%R_2Oのポルトランドセメントとパイレックスガラス骨材の組合せにポゾラン(ASTM C 618)を用いて，ポゾランの重量置換率を〔100×ρ/3.15〕/〔300+100×ρ/3.15〕—フライアッシュの場合約19%となる— として，基準セメントモルタルに対する膨張量の減少率が14日でR_e＝75%の場合を有効としている。また，工事に用いるポルトランドセメントと混和材の組合せでは14日膨張量は0.020%を超してはならない。

しかしACIでは，置換率をもっと大きくして$R_e \geqq 75\%$を達成できる置換率を考慮するように記されている(ACI 201.2R)[1]。

高炉スラグ粉末を混和材として用いる場合にはASTM C 989 "Standard Specification for Ground Iron Blast-furnace Slag for Use in Concrete and Mortars" のAppendix X3に示されている。ここにはポルトランドセメントのアルカリ量が1.0%程度までの場合，スラグ置換率40%以上で一般に過大膨張を抑制できるとしながらも，確定的にはASTM C 441による試験を行い，14日における膨張量減少率75%を満足する置換率以上を選定することにしている。なお，工事に用いる組合せのセメントとスラグでは，14日における膨張量は0.020%を超してはならない。

上記のASTMの規格体系に対し，ASTMの委員会の責任者の一人であるCorps of Engi-

neersのA.D.BuckはASTM C 441をフライアッシュへの適用性は認めるものの，スラグに適用するにあたっては多少の疑念[7]を最近いだいているので，この点について触れる。

Buckはまず，フライアッシュ8種類，天然ポゾラン1種およびシリカフォーム1種についてASTM C 441で調べ，このいくつかをさらに天然の反応性骨材によるASTM C 227の照合試験に供した。[8] この結果ASTM C 441に示される14日における膨張量減少率R_e＝75％あるいは膨張量E_{14}＝0.020％またはこの両者を満足する置換率は従来の知見[10]に一致し，前者を満足する場合は後者も満足するのでこの試験方法の有用性が再確認された。一方，スラグについては中間的な研究報告[7]になるが，R_e＝75％に対応する置換率とE_{14}＝0.020％に対応する置換率が大幅に異なっていて，前者については30数パーセントのオーダーであるが，後者については60％以上必要となる結果となり，さらに試験期間が長期になると置換率がいずれの規定に対しても増大する傾向を示した。このデータは過去に行ったもの[9,10]と異なっている。すなわちMatherらの実験はR_e＝75％に対してスラグ置換率39および45％であって，E_{14}＝0.020％に対し41および48％，また6か月でもE_{14}＝0.020％に対し37および42％であって，両者はよく一致した結果を与えていて，かつ材令14日の膨張量減少率が他の材令よりも小さいので，この材令での判定が最も危険側の判定であった。Pepper and Matherのデータの一部を表3.2に示す。

表3.2　Pepper and Matherの実験結果の一部（Table VIより）[10]

混和材		膨張量（％）			膨張量減少率（％）			モルタルバーのそり(％)	モルタルバーの損傷程度の格付（表6.4）
種別	置換率(％)容積比	14日	6か月	1年	14日	6か月	1年	1年	
高アルカリ形OPC（1.07％R_2O）＋パイレックスガラス骨材									
なし	——	0.106	0.221	0.230	0	0	0	0.05	2
スラグI	50	0.008	0.011	0.014	92	95	94	0.00	1
（0.97％R_2O）	25	0.060	0.098	0.102	43	56	56	0.03	2
スラグII	50	0.021	0.025	0.028	80	89	88	0.02	2
（0.89％R_2O）	25	0.084	0.117	0.123	21	47	47	0.04	2
フライアッシュI	45	0.028	0.033	0.035	74	85	85	0.00	1
（2.92％R_2O）	22.5	0.063	0.089	0.093	41	60	60	0.00	2
高アルカリ形OPC＋（90％Sioux非反応性けい岩／10％Klufaオパール質けい岩）									
なし	——	0.159	0.681	0.803	0	0	0	0.06	5
スラグI	50	0.010	0.117	0.180	94	83	78	0.00	3
フライアッシュI	22.5	0.065	0.381	0.464	59	44	42	0.04	3

Buckは，過去に行われた表3.2に示すスラグを含めたポゾランのデータおよび最近のスラグ以外のポゾランのデータ[8]から，「膨張量減少率75%を満足する置換率は，膨張量0.020%に対する置換率と同等以上の効果を保持でき，かつ試験期間14日のデータはこれより長期の試験データによる置換率よりも大きな値を示すことが期待できる」とした。しかしこれに反し最近のスラグのデータ[7]はこのことが保証できないことから，その原因を探求している。

備考1および2を考慮すると，共同研究委員会としても考慮しておくべきものである。

備考3はBuckがまだおそらく気付いていない高炉セメントモルタル・高炉セメントコンクリートの過大膨潤傾向を示す資料である。この過大膨潤傾向の性状がBuckが指摘する懸念の大きな支配要因の一つとみられる。

〔備考1〕

ASTM C 441に規定される膨張量減少率R_e=75%を定めた根拠を説明するものとして，次のものがある。

① 1.2%R_2Oのポルトランドセメントと反応性骨材のモルタルバー膨張量は，その骨材を0.50%R_2Oの低アルカリ形ポルトランドセメントと組合せることにより，膨張量が75%小さくなること，また化学的に不活性で単なるアルカリ稀釈材とみられる混和材で1.2%R_2Oの高アルカリ形のポルトランドセメントを60%置換すると，同じ膨張量減少率となった。（Stollの実験）[10]。

② 重量比20%（容積比25%）だけポゾランで置換したモルタルバーで膨張量減少率R_eが75%以上であったものは，化学法の結果が，$R_c+\frac{2}{3}S_c \geqq 630$であった[11]。また化学法のNaOH濃度や使用量などを変えた修正化学法と$R_e \geqq 75\%$となる混和材との相関性でも確認している。〔スラグやフライアッシュはこの基準に合致しなくても，$R_e > 75\%$には置換率を上げると適合した[10]〕

今回の我々の実験での40×40×160㎜モルタルバーの外観観察を後述6章の表6.5による格付けを適用すれば，それより小型の25×25×280㎜のものによるPepper and Matherの結果よりも厳しい評価となることが，Bakkerの指摘するとおり，予想される。

〔備考2〕

Buckの懸念が事実であるかどうかを検証するため，他の研究者の最近のASTM C 441のデーターを調べた（表3.3）。

① P.J.Nixonらのデータ[12]

（1981ケープタウンで開催された第5回アルカリ骨材反応国際会議）

ASTM C 441に従い，フライアッシュまたはスラグの混和材で25 vol%置換した場合（重量比でそれぞれ18.9%，24.0%）とスラグ50%で置換したデータのグラフ（図3.1）から各材令の値を読み取った（OPCのアルカリ量1.06%R_2O）。

② L.U.Spellmanのデータ[13)]

（1983年コペンハーゲンで開催された第6回アルカリ骨材反応国際会議）

パイレックスガラス骨材と1.15％R_2Oのポルトランドセメントにスラグ置換率0，40，50，65％として用いたASTM C 227による試験結果のグラフ（図3.2）から各材令の値を読み取った。

表3.3　ASTM C 441のスラグに対する適用性調査

		Nixonらのデータ								Spellmanのデータ							
		膨張量（%）				膨張量減少率 R_E（%）				膨張量（%）				膨張量減少率 R_E（%）			
		14日	3か月	6か月	9か月	14日	3か月	6か月	9か月	14日	3か月	6か月	9か月	14日	3か月	6か月	9か月
置換率（%）	0	0.300	0.516	0.532	0.527	0	0	0	0	0.300	0.447	0.457	0.457	0	0	0	0
	24	0.231	0.261	0.263	0.269	23	49	51	49	—	—	—	—	—	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	—	—	—	0.057	0.114	0.115	0.115	81	74	75	75
	50	0.056	0.069	0.071	0.074	81	87	87	86	0.024	0.054	0.055	0.055	92	88	88	88
	65	—	—	—	—	—	—	—	—	0.006	0.022	0.023	0.023	98	95	95	95
R_E=75%に対する置換率（%）		————				47	42	42	42	————				37	40	40	40

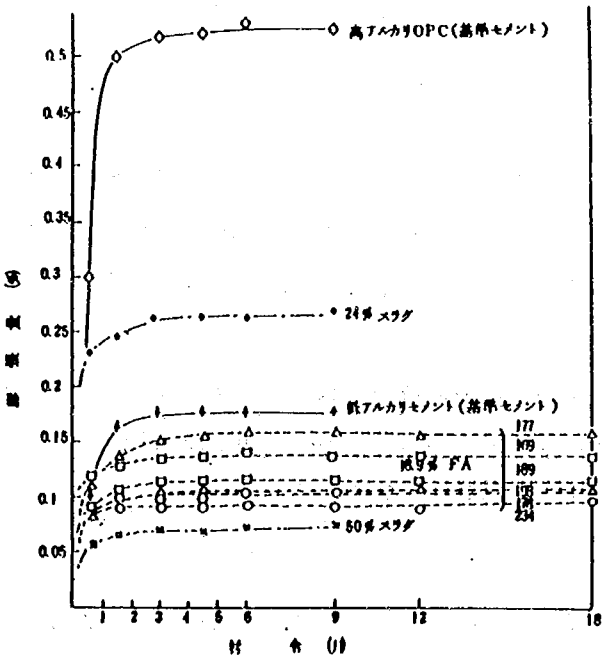


図3.1　Nixonらのデータ（1981）[12)]

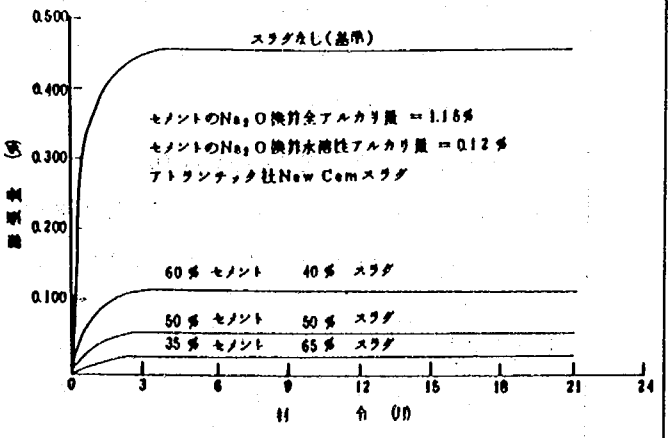


図3.2　Spellmanのデータ（1981）[13)]

表3.3に示すR_e＝75％に対応するスラグ置換率は，Nixonらのデータの場合14日の値が最大の47％を示し，判断上14日の値がもっとも危険側になるが，Spellmanのデータは14日の値が小さいので，14日の試験結果から判断される所要置換率は必ずしもそうでない。なおE_{14}＝0.020％に対応する置換率は50％以上であった。

〔備考3〕

モルタルあるいはコンクリートを水中養生すると，セメントゲルによる水の吸着作用がセメントゲルの凝集力に逆らって作用し，膨潤圧によってゲル粒子をひき離そうとし，さらにゲル表面張力も低下し，膨張が助長される[14]。したがって，モルタルバーの長さ変化は，

長さ変化＝膨潤量＋ASRによる膨張量

で示される。高炉セメントの場合はポルトランドセメントよりも膨潤量が大きいことが指摘されている[15]。

DIN 4227に示される湿潤条件（相対湿度）とコンクリートの長さ変化の関係では水中では $\varepsilon_{s0}=-10\times10^{-5}$（膨潤）するとしているが，湿潤条件に対応し，コンクリートは膨潤から（乾燥）収縮まで連続的に起るとして数式化を試みると，CEB-FIPまたはDINの表は次のようになる。

$$\varepsilon_{s0}=73.48\times10^{-5}(1-RH/96.5)^{0.642} \quad \cdots\cdots (3.3)$$

なお，コンクリート標準示方書（土木学会）の表は次式となる。

$$\varepsilon_{s0}=56.7\times10^{-5}(1-RH/96.5)^{0.642} \quad \cdots\cdots (3.4)$$

すなわち相対湿度96.5％以上で「膨潤」することを示している。

モルタルバーは相対湿度95％以上で保存するので，おそらく「膨潤作用」も加味した長さ変化を測定しているとみられる。

今回，豊浦標準砂と相馬砂からなるシリカサンドに低アルカリ形ポルトランドセメントを用い土木学会規準「コンクリート用高炉スラグ微粉末規格(案)」に規定されるモルタル配合により20℃水中養生と40℃湿空養生によりASTM C 227の25×25×285㎜モルタルバーの長さ変化を求めてみた。材令2週のデータを図3.3に示す。高炉スラグ粉末によって，ポルトランドセメントを置換したモルタルはその置換率に応じて「膨潤作用」が大きくなる傾向を示すが，フライアッシュの場合この傾向はみられない。

従ってBuckのスラグに対する疑念には，膨潤量による長さ変化がかなり関係しているとみられる。

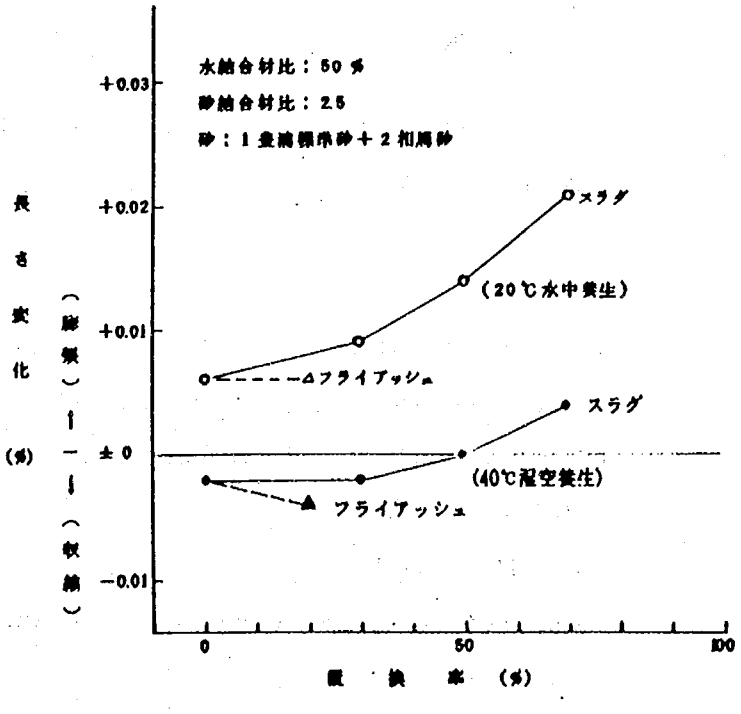


図3.3　土木学会規準高炉スラグ微粉末用試験モルタルによる25×25×285㎜供試体の14日膨潤量

モルタルバーの膨張量が小さい領域でその絶対量を論ずる場合，高炉スラグ粉末モルタルはポルトランドセメントあるいはフライアッシュセメントのモルタルの長さ変化とは同様に取扱えないとみられる。

(2) カナダ

CAN 3-A266.3-M78 "Pozzolanic Mineral Admixtures for Use in Portland Cement Concrete" が廃止され，1986年にはCAN/CSA-A23.5-M86 "Supplementary Cementing Materials" が制定されている。またCSA-A363-M83 "Cementitious Hydraulic Slag" も定められている。

CAN 3-A23.1-M77のAppendix B 3.4には，ASTM C 227のモルタルバーを骨材のみならず結合材および混和材の評価にも適用していて，膨張量が約0.04%以下となるように，ポゾラン等を制定すると示されている。また上述CAN/CSA-A23.5-M86にはこのことに併せて，ASTM C 441による評価を表3.4のようにすることが規定されている。

表3.4 セメントのアルカリとの反応性（A23.5-M86, Table2B）より
— 14日膨張量減少率の最小値(%)の規定 —

混和材の類別	N 天然ポゾラン 焼成ポゾラン	F 無煙炭・粘結炭のフライアッシュ	C セメント作用のある褐炭・半粘結炭のフライアッシュ	G スラグ	U シリカフューム
14日 R_E (%)	75	60	60	60	80

従ってカナダでは，アメリカと異なりASTM C 227を厳しく適用して骨材のみならず結合材の評価にも用いる一方，フライアッシュおよびスラグについては，アメリカの規定（$R_e \leqq 75\%$）よりも緩和している，と言える。

(3) イギリス

1986年9月30日に制定されたBS 6699 "Standard Specification for Ground granulated blastfurnace slag for use with Portland cement" には条文の品質規定としてアルカリ骨材反応に対する対策は示されていないが，その前文に，

BRE Digest 258

BS 8110:Part 1

Concrete Society Technical Report:Minimising the risk of alkali-silica reaction

Department of Transport:Specification for road and bridge works

を参考に膨張量を容認できる水準以下に下げるよう，ポルトランドセメントとスラグの組合せ

を選定することが要求されている。考え方は高炉セメントの場合と全く同様に取り扱ってよい。なおフライアッシュはBS 3892:part 1の規定に適合したものとする。

(4) 西ドイツ

とくに示したものはない。

3.3 高炉スラグ粉末のASR抑制機構

スラグがアルカリシリカ反応の抑制対策上有効である理由の考え方としては，有害なアルカリの稀釈作用説と，有害なアルカリの物理的あるいは化学的な安定化固定作用説がある。実際の硬化体中では，この両者が複合しているもので完全に別々に独立したものではないとみられる。

抑制作用が，アルカリの稀釈作用に主として依存するような置換率の水準の場合は，混和材のフィラー効果によってポルトランドセメント粒子が分散されて水和活性が高まり，アルカリの溶出等が促進されかえって有害な結果になることもある。この例とみられるものとして，Hobbs[16]の実験では，0.97％R_2Oのスラグで1.15％R_2Oのポルトランドセメントを0，10，20，30，40，50％置換したときのモルタルバーの膨張量は，置換率10％の場合はポルトランドセメントよりもかえって大きな値となった。我が国でも川村ら[17]の実験例では，スラグ5％および30％置換したモルタルはいずれも基準セメントモルタルよりも大きな膨張を示した。

我が国のスラグには現状最高0.7％までのアルカリR_2Oが含まれている。このアルカリはスラグがガラス相の水砕スラグであれ，結晶質の徐冷スラグであれポルトランドセメントよりも溶出しにくいものであるが[18]，長期間経過するうちには溶出していく可能性もある。高炉セメント硬化体中の細孔溶液のアルカリ濃度がポルトランドセメントのそれと大差ないことは川村ら[17]やLonguet[19]が確認している。

したがってこれらを考えると短期間の実験結果から稀釈効果だけに依存してスラグの置換率を定める場合には，その置換率については十分な余裕を見込まなければならない。

次にスラグをある一定以上置換した場合，アルカリの積極的な安定化固定作用がみられるが，この抑制メカニズムには諸説があって，まだ完全には理解されていない。

まず，Smolczyk[20]は1974年スラグはアルカリ金属イオンを結合する能力を有することを示唆した。この方面の研究はBakker[21)22)23)]が継続し，彼は高炉セメント硬化体の微細構造がポルトランドセメントよりもはるかに緻密となり水やイオンの透過性を著しく小さくすることが主な支配要因と述べた。この説明図をBrodersen[24]やSmolczyk-Romberg[25]のデータと併せて図3.4に示す。

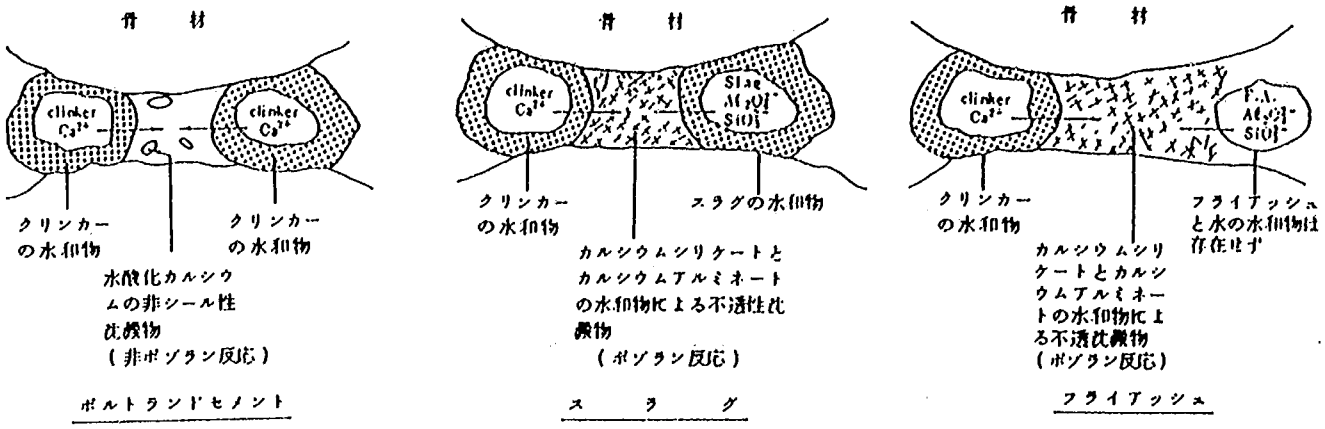
一方，Royらは高炉セメントは物理的にも化学的にもアルカリの固定作用があり[26]細孔溶液中のCa^{++}濃度が低下し溶出するアルミナが重要な役割を演じ[27]，これにはグメリナイト$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot 5.4H_2O$なる化学的結合の水和物で固定されていることも同定していて，これらの複合作用が総合して安定化しているとみている[28]。また，Chatterji[29]やTang-Han[30]らも細孔

溶液から$Ca(OH)_2$を除去することによってアルカリ骨材反応の生成物が有害なものに変化すると考えている。このような物理的あるいは化学的安定作用を期待するには，スラグの置換率はある一定水準必要である。しかし，この安定化作用を確実に期待するため過大なスラグ置換率をとると，コンクリートの初期強度が小さくなったり養生期間を長くする必要が生じ，施工上高炉セメントが実際に適用できなくなる。一方，過小なスラグ置換率に依存し，スラグのアルカリ稀釈効果だけが作用するときは，スラグから徐々に溶出する可能性があるアルカリに対する長期的安定性の確かな証拠が必要となる。

すでに1959年にPepper and Mather[10]は，混和材でアルカリ骨材反応の防止対策を立案する場合には，混和材のアルカリ稀釈効果にだけ依存するだけでは確実でなく，これに併せて安定化作用のみられる置換率の領域内で考慮しなければならない，と述べている。

なお，大門正機委員（東工大）が行った本研究委員会のモルタルバー供試体の微視的考察からのASR抑制メカニズムを巻末資料に示す。

これらの技術的背景を考慮して，本共同研究のスラグによるアルカリ骨材反応抑制対策はスラグによるアルカリ稀釈効果だけでなく，ある程度のアルカリ固定効果がみられる置換率を実験により求めて，これ以上の置換率で検討することが安全側の確実な効果を得るうえで必要であろう。



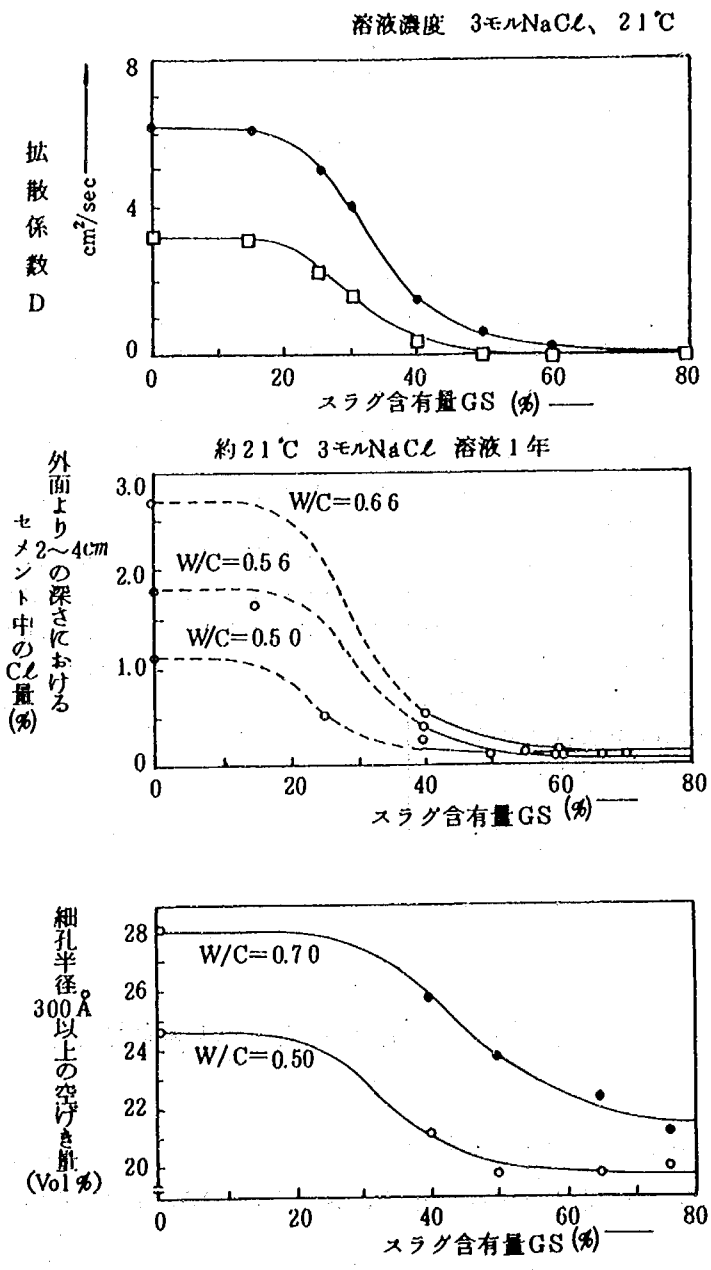


図3.4 高炉セメント硬化体の緻密化とその水和機構[23]および透過性・細孔量に及ぼすスラグ含有量の影響[24)25)]

4. 試験概要

4.1 試験概略内容

本研究において，高炉スラグ粉末によるアルカリ骨材反応の抑制効果を明らかにするため，モルタルバーによる膨張試験を中心に検討を行った。試験の概略を表4.1に示す。

表4.1 試験の概略

試験名称	高炉スラグの品質評価試験	天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験		高炉スラグの膨張抑制メカニズムの検討試験
		その I（骨材ZI，ZD2）	その II（骨材ZD1，ZD3）	
目的	我が国で生産されている12種類の高炉スラグ粉末を用いそれらのASR抑制効果を評価する。	基準骨材ZIおよび反応性骨材ZD2を用いモルタルバー膨張試験により高炉スラグのASR抑制効果を確認する。	反応性骨材ZD1およびZD3を用い，モルタルバー膨張試験により高炉スラグのＡＳＲ抑制効果を確認する。	パイレックスガラス骨材を用い，高炉スラグのＡＳＲ抑制のメカニズムについて検討する。
内容	我が国で生産されている高炉スラグ粉末１２種類，カナダ産スラグ１種類およびフライアッシュ，ケイ砂粉末それぞれ１種類について，ＡＳＲ抑制効果を比較評価するためパイレックスガラス骨材を用いるＡＳＴＭＣ４４１によるモルタルバー膨張試験を行なう。 また，同時に高炉スラグ粉末の粉末度の影響，アルカリの種類の影響および供試体寸法の影響について検討する。	天然骨材として，基準骨材ZIおよび反応性骨材ZD2を用い，モルタルバー膨張試験を実施し，セメントのアルカリ量とモルタルバーの膨張量から骨材の反応性状を把握する。また反応性骨材についてペシマム量に関する試験をするとともに，高炉スラグ粉末７種類を用いて反応性骨材のＡＳＲ抑制効果について試験する。	天然骨材として反応性骨材ZD1，ZD3を用い，そのＩの試験と同様にモルタルバー膨張試験により，セメントのアルカリ量とモルタルバー膨張量から骨材の反応性状を把握するとともに高炉スラグ粉末のＡＳＲ抑制効果について検討する。	高炉スラグ粉末のＡＳＲ抑制効果のメカニズムを検討するために，パイレックスガラス骨材を用いたモルタルバー膨張試験を実施する。取り上げる要因は，アルカリ量の水準（ポルトランドセメントに対するアルカリ量および全結合材に対するアルカリ量），高炉スラグ置換率，高炉スラグの粉末度，高炉スラグ中の石こう量である。

4.2 使用材料

本研究において，各試験に用いた材料の種類，銘柄および，各材料の品質をまとめて，以下に示す。

4.2.1 高炉スラグ粉末の品質評価試験の使用材料

高炉スラグ粉末の品質評価試験に用いたスラグ，骨材等の種類および，それぞれの品質を表4.2～表4.13に示す。

表 4.2　高炉スラグ粉末の品質評価試験の使用材料の種類

シリーズ	スラグ	骨　材	備　　考
I	—	パイレックスガラス	普通ポルトランドセメントとパイレックスガラスを用いたモルタルの等価アルカリ量と膨張量の関係を把握すると同時に，アルカリの種類の影響を調べるため，NaOHとKOHの効果差について試験した。
II	A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,P（フライアッシュ，ケイ砂粉末）	パイレックスガラス	高炉スラグ粉末の種類（銘柄）および置換率がモルタル膨張量に及ぼす影響を調べるため，国内産12種類の高炉スラグ粉末，カナダ産の高炉スラグ粉末1種類および比較用としてフライアッシュ，ケイ砂粉末それぞれ1種類を用い，普通ポルトランドセメントの一部を高炉スラグ粉末，フライアッシュ，ケイ砂で置換し，置換率とモルタル膨張量の関係を調べた，置換率の水準は以下の通りである。なお，アルカリ量は1.0％（R_2O）のものを用いた。 置換率（重量） 高炉スラグ粉末　0，25，40，50，65％ フライアッシュ　25％ ケイ砂粉末　25％
III	D3G2 D4G2 D5G2	パイレックスガラス	普通ポルトランドセメントの一部を粉末度の異なる高炉スラグ粉末で置換した（置換率0,25,40,50,65％）モルタルバーの膨張量試験を行ない，スラグ粉末度と膨張量の関係を調べるため，高炉スラグ粉末の置換率および0,50％のモルタルについて40×40×160mm供試体と25×25×285mm供試体の膨張量を比較検討した。

表 4.3　普通ポルトランドセメントの化学成分

JIS R 5202　ポルトランドセメントの化学分析法
ASTM C114　水硬性セメントの化学分析方法

(%)

試料	試験所	ig.loss	insol.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	合　計	R_2O	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
M	d	0.4	—	22.0	5.2	3.2	65.0	1.5	2.1	0.59	0.67	0.3	0.2	101.16	1.03	—	—
	c_1	0.6	0.2	20.7	4.7	3.0	65.0	1.3	1.9	0.53	0.53	0.32	0.26	99.04	0.88	0.06	0.32
	c_2	0.6	0.2	21.2	4.9	3.0	64.5	1.3	1.9	0.56	0.70	0.30	0.22	99.38	1.02	0.06	0.29
	h	0.7	0.3	21.0	4.8	3.1	64.5	1.3	2.0	0.61	0.77	0.9	0.1	100.08	1.12	0.12	0.42
	i	0.6	0.0	21.5	4.9	3.11	64.9	1.5	2.0	0.57	0.69	0.30	0.22	100.28	1.02	0.06	0.20
	平　均	0.6	0.2	21.3	4.9	3.07	64.8	1.4	2.0	0.57	0.67	0.42	0.20	99.99	1.01	0.08	0.31
	最　大	0.7	0.3	22.0	5.2	3.2	65.0	1.5	2.1	0.61	0.77	0.90	0.26	101.16	1.12	0.12	0.42
	最　小	0.4	0.0	20.7	4.7	3.0	64.5	1.3	1.9	0.53	0.53	0.30	0.10	99.04	0.88	0.06	0.20
	標準偏差	0.11	0.11	0.50	0.19	0.07	0.26	0.11	0.08	0.03	0.09	0.27	0.06	0.83	0.09	0.03	0.09

表 4.4　普通ポルトランドセメントの物理性状

JIS R 5201　セメントの物理試験方法

試料	試験所	比重	ブレーン比表面積 (cm²/g)	88μ残分 (%)	凝結 (h-m)			安定性	フロー	曲げ強さ (kgf/cm²)				圧縮強さ (kgf/cm²)			
					水量(%)	始発	終結			3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
M	h	3.14	3390	0.9	28.8	2-40	3-40	良	248	37	53	76	71	150	256	392	402
	i	3.16	3350	1.1	27.6	2-35	3-25	良	245	35.8	55.3	63.4	66.6	167	278	371	425
	平均	3.15	3370	1.0	28.2	2-38	3-33	良	247	36	54	70	69	159	267	382	414

表 4.5　スラグの化学成分（7試験所の平均値）

(%)

試料	ig.loss	insol.	SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	S	合計	R_2O	水溶性 R_2O	塩基度
A	0.34	0.10	31.6	13.7	0.4	42.8	6.2	2.1	0.25	0.50	0.86	0.62	1.22	98.92	0.55	0.023	1.98
B	+0.40	0.07	34.2	14.4	0.43	42.6	5.4	−	0.22	0.40	1.15	0.48	1.01	99.26	0.48	<0.01	1.82
C	0.14	0.48	34.2	13.4	0.4	41.3	6.2	−	0.25	0.42	1.73	0.58	0.90	98.57	0.52	0.012	1.79
D	0.26	0.06	32.2	14.0	0.44	41.8	5.9	1.96	0.17	0.47	1.09	0.70	1.35	98.81	0.48	<0.01	1.92
E	+0.11	0.09	31.5	13.9	0.5	41.3	6.4	2.86	0.26	0.39	0.98	0.97	1.63	99.07	0.52	0.031	1.95
F	+0.004	0.05	32.5	13.6	0.45	42.0	5.3	2.3	0.28	0.51	1.37	0.58	1.64	98.89	0.62	0.032	1.87
G	+0.06	0.26	33.4	13.8	0.5	41.4	6.3	1.96	0.18	0.32	0.81	0.45	1.34	99.06	0.39	0.015	1.84
H	+0.52	0.09	33.3	14.6	0.7	40.4	7.6	−	0.26	0.39	1.42	0.33	0.90	99.11	0.52	0.009	1.88
I	+0.78	0.24	34.6	13.7	1.81	41.6	6.0	−	0.26	0.32	0.92	0.43	0.84	99.44	0.49	<0.01	1.78
J	+0.48	0.16	33.9	13.1	0.64	42.9	6.5	−	0.45	0.34	0.75	0.67	0.90	99.36	0.68	<0.01	1.85
K	+0.53	0.12	34.3	14.2	0.50	41.9	6.2	−	0.31	0.35	1.01	0.56	0.92	99.32	0.54	<0.01	1.82
L	0.39	0.23	34.0	13.2	0.36	42.5	6.8	−	0.21	0.34	0.57	0.44	0.79	98.53	0.43	<0.01	1.84
平均	+0.15	0.16	33.3	13.8	0.59	41.9	6.2	(2.24)	0.26	0.38	1.06	0.57	1.12	99.03	0.52		1.86
最大	0.39	0.48	34.6	14.6	1.81	42.9	7.6		0.45	0.51	1.73	0.97	1.64	99.44	0.68		1.98
最小	+0.78	0.05	31.5	13.1	0.36	40.4	5.3		0.17	0.32	0.57	0.33	0.79	98.53	0.39		1.78
標準偏差	0.39	0.12	1.09	0.46	0.40	0.74	0.61		0.07	0.09	0.32	0.17	0.31	.030	0.08		0.06

( )は石膏添加試料の平均

P(カナダ)	0.0	−	34.7	9.9	0.3	37.4	15.0	−	0.35	0.46	0.2	0.4	1.7	100.01	0.65	0.009	1.79

表 4.6　スラグの物理試験結果（試験所 h，i の平均値）

試料	スラグ比重	スラグ粉末度		ガラス化率(%)		曲げ強さ*(kgf/cm²)				圧縮強さ*(kgf/cm²)				塩基度
		88μ残分(%)	比表面積 (cm²/g)	顕微鏡	X線	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	
A	2.93	0.4	3790	84.5	90.8	28	42	73	78	101	182	407	532	1.98
B	2.92	0.1	3850	98.3	99.5	23	35	69	80	71	152	422	580	1.82
C	2.93	1.4	3840	97.7	98.9	22	35	66	77	72	154	389	524	1.79
D	2.90	0.5	4160	98.8	99.4	30	46	74	79	115	216	472	643	1.92
E	2.92	0.5	3480	96.1	98.6	27	40	68	71	95	169	394	520	1.95
F	2.91	0.1	3650	97.2	98.0	25	39	70	80	94	174	432	560	1.87
G	2.90	0.2	3940	98.5	99.4	26	37	67	76	93	171	399	560	1.84
H	2.91	0.2	3710	96.5	98.0	22	35	77	78	73	160	425	589	1.88
I	2.93	0.7	4050	97.2	98.4	25	35	73	79	81	160	429	581	1.78
J	2.93	0.1	4020	96.0	97.2	23	38	73	81	80	180	431	593	1.85
K	2.92	1.9	3660	97.6	99.4	24	36	69	74	74	163	408	575	1.82
L	2.91	0.2	3710	97.5	98.4	28	41	75	85	88	187	437	555	1.84
平均	2.92	0.5	3820	96.3	98.0	25	38	71	78	86	172	420	568	1.86
最大	2.93	1.9	4160	98.8	99.5	30	46	77	85	115	216	472	643	1.98
最小	2.90	0.1	3490	84.5	90.8	22	35	66	71	71	152	389	520	1.78
標準偏差	0.011	0.57	194	3.8	2.4	2.6	3.5	3.5	3.5	13.7	17.7	22.9	34.2	0.06
P	2.90	−	4200	96.9	−	31	50	79	83	114	234	452	557	1.79

＊ポルト：スラグ＝50：50　混合物のJIS R 5201による強さ試験結果

表4.7　フライアッシュの化学成分　試験所：i

(%)

試料	JIS R 5202 法												JIS A 6201法			ASTM C 114	
	igloss	insol.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	R_2O	水溶性 R_2O	湿分	igloss	SiO_2	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
N	1.19	90.08	3.17	1.26	0.70	1.76	0.63	0.22	0.10	0.27	0.28	0.025	0.03	1.18	60.85	0.02	0.008

表4.8　フライアッシュの物理性状　試験所：i

試料	比重	粉末度		単位水量比 (%)	JIS A 6201によるモルタル強さ*								圧縮強度比 (%)**			
		88μ残分 (%)	比表面積 (cm^2/g)		曲げ強さ (kgf/cm^2)				圧縮強さ (kgf/cm^2) A							
					3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
N	2.14	2.2	3490	92.1	31.4	46.2	60.7	66.8	140	227	340	477	84	82	92	112

試料	JIS R 5201によるモルタル強さ*							
	曲げ強さ (kgf/cm^2)				圧縮強さ (kgf/cm^2)			
	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
N	32.5	45.3	56.4	62.7	139	227	350	453

(参考) 普通ポルトランドセメントのJIS R 5201による強さ

圧縮強さ (kgf/cm^2) B			
3日	7日	28日	91日
167	278	371	425

* セメントの25%をフライアッシュで置換　　** 圧縮強度比(%)＝A/B × 100

表4.9　セメントの一部をけい砂粉末で置換したモルタルの強さ試験結果　試験所：h

けい砂粉末の比重	けい砂粉末置換率 (%)	けい砂88μ残分 (%)	けい砂比表面積 (cm^2/g)	曲げ強さ (kgf/cm^2)				圧縮強さ (kgf/cm^2)				備考
				3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	
2.63	25	0.1	4070	30	43	58	62	110	182	274	287	けい砂粉末：豊浦標準砂を粉砕した。

強さ試験はJIS R 5201 セメントの物理試験方法

表4.10　パイレックスガラス（#7740，岩城ガラス製）の比重　試験所：h

JIS A 1109　細骨材の比重及び吸水率試験方法

粒径 (mm)	絶乾比重
5 ～2.5	2.22
2.5 ～1.2	2.22
1.2 ～0.6	2.22
0.6 ～0.3	2.22
0.3 ～0.15	2.22

表4.11　パイレックスガラスの実積率　試験所：h

JIS A 1104　骨材の単位容積重量及び実積率試験方法（ジッキング法）

粒径 (mm)	単位容積質量 (kg/ℓ)	実積率 (%)
5 ～2.5	1.22	55.1
2.5 ～1.2	1.32	59.6
1.2 ～0.6	1.31	59.0
0.6 ～0.3	1.22	54.9
0.3 ～0.15	1.24	56.0
粒調品*	1.48	66.7

* 粒調品の混合割合(%)(ASTM C 227)
5 ～2.5 (mm)：10
2.5～1.2　：25
1.2～0.6　：25
0.6～0.3　：25
0.3～0.15　：15

表 4.12　パイレックスガラスの化学成分　試験所：h

JIS R 3105（ほうけい酸ガラスの分析方法）による化学成分

SiO_2	Al_2O_3	FeO	Na_2O	K_2O	B_2O_3	合 計	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
80.9	2.3	0.03	4.00	0.04	12.7	99.97	0.001	<0.001

パイレックスガラスのASTM C 289 化学法による試験結果

溶解シリカ量　S_c　778 ミリモル/ℓ ──┐
アルカリ減少量　R_c　44 ミリモル/ℓ ──┘ 有害骨材

表 4.13　使用材料の試験を実施した分担一覧表

記号	試　験　所	普通ポルトランドセメント		高炉スラグ粉末		フライアッシュ	ケイ砂粉末
		物理試験	化学試験	物理試験	化学試験		
a	新日鉄：八幡				○		
b	新日鉄：室蘭				○		
c	新日鉄：広畑				○		
d	住友金属：波崎研究センター		○				
e	日本鋼管：中央研究所		○				
f	中山製鋼				○		
g	神戸製鋼				○		
h	新日鉄化学	○	○	○	○		○
i	日鉄セメント	○	○	○	○	○	

4.2.2　天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験の使用材料

天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験に用いたスラグ，骨材等の種類およびそれぞれの品質を表 4.14～表 4.15に示す。

なお，用いた天然骨材については，ASTM C 289 骨材の潜在反応性試験（化学法）を行った。その結果を図 4.1 に示す。

表 4.14　天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験の使用材料の種類

シリーズ	試験所		スラグ	骨材	備考	
	土研	君津				
I	○		—	ZD2	反応性骨材ＺＤ２についてセメント中のアルカリ量をＡ６，Ａ９，Ａ12，Ａ20の４水準に変化させ，長さ変化量からZD2の反応性状を調べ，スラグ置換モルタルバー試験の基準とした。	
		○	—	ZD1,ZD3	反応性骨材ZD1，ZD3についてセメント中のアルカリ量をA6，A9，A12の３水準に変化させ，長さ変化量からZD1，ZD3の反応性状を調べ，スラグ置換モルタルバー試験の基準とした。	
II	○		—	ZI	基準骨材ＺＩについてセメント中のアルカリ量をA12，A20の水準に変化させ、長さ変化量からＺＩの反応性状を調べ一連のモルタルバー試験の基準とした。	
III	○		—	ZI,ZD2	反応性骨材ZD2に基準骨材ＺＩを混合し，その混合割合を重量比で100，80，60，50，40，20，0％の７水準とし，セメント中のアルカリ量をA6，A9，A12，A20に変化させ，アルカリ各水準におけるZD2骨材のペシマム量を調べた。	※試験所間クロスチェック試験を含む。
IV	○		C4G0 D4G2 J4GD	ZD2	セメントの一部を重量比で30，40，50，65％の４水準の置換を行い，なおかつセメント中のアルカリ量をA9，A12，A20の３水準とし，スラグ置換による抑止効果を調べた。なお，アルカリの調整は，置換後のセメント重量に対して，所定のアルカリ量となるように調整した。	
		○	D4G2	ZD1,ZD3	IV－１と同じ条件で試験を行い反応性骨材ZD1，ZD3を対象とした。	
V	○		D4G2	ZD2	スラグ置換による長さ変化抑止「稀釈効果」か「抑止効果」かを確認するためIV－１シリーズのうちＤ４Ｇ２スラグについてアルカリ量の調整をバインダー全量（セメント＋スラグ）に対して行い，比較をした。	
VI	○		C4G0 D4G0 J4G0	ZD2	スラグの粉末度及び石こう添加率が同じ３銘柄について，アルカリ量をA12，スラグ置換率を40，50，65％の３水準とし，銘柄の比較を行った。	
VII	○		D3G2 D4G2 D5G2 D8G2	ZD2	石こう添加率が2.0％で，スラグの粉末度が異なるＤ３（3000cm²/g級）Ｄ４（4000cm²/g級），Ｄ５（5000cm²/g級）Ｄ８（8000cm²/g級）について，アルカリ量をA12，スラグ置換率を40，50，65％の３水準とし粉末度の比較を行った。	
		○	D3G2 D4G2 D5G2 D8G2	ZD1,ZD3	石こう添加率が2.0％でスラグの粉末度が異なるD3，D4，D5，D8（上記VII－１シリーズと同様）について，アルカリ量をA12，スラグ置換率を40，50，65％の３水準とし，粉末度の比較を行った。骨材は反応性骨材ZD1，ZD3を用いた。	
VIII	○		D4G0 D4G2	ZD2	スラグの粉末度が同じで，SO_3添加率が0，2％と異なるD4について，アルカリ量をA12，スラグ置換率を40，50，65％の３水準とし，石こう添加率の影響を調べた。骨材はZD2を用いた。	
		○	D4G0 D4G2	ZD1	スラグの粉末度が同じでSO_3添加率が0，2％と異なるD4スラグについてアルカリ量をA12，スラグ置換率を40，50，65％の３水準とし，石こう添加率の影響を調べた。骨材はZD1を用いた。	
IX	○		D4G2	ZI,ZD2	III シリーズ（ペシマム関連）の条件にスラグの置換率の条件を加え，その影響を調べた。	※試験所間のクロスチェック試験を含む
X		○	—	ZD2	反応性骨材ZD2についてセメント中のアルカリ量をA12 A20に変化させ，長さ変化量からZD2の反応性状を調べ，スラグ置換モルタルバー試験の基準とした。	※試験所間の試験方法の確認のため同一条件で行ったクロスチェック試験である。
XI		○	D4G2	ZI	基準骨材ＺＩについて，セメント中のアルカリ量をA12とし，スラグ置換率を30，40，50，65％の４水準に変化させモルタルバーの長さ変化量から反応性状を調べ一連の試験の基準とした。	

ZD1：チャート　　ZD2：安山岩　　ZD3：安山岩　　ZI：硬質砂岩（基準骨材）

表 4.15　スラグおよび普通ポルトランドセメントの品質

試料	化学成分 (%)											物性	
	ig.lpss	insol	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3※	Na_2O	K_2O	eq Na_2O	水溶性 eq Na_2O	比重	粉末度 (cm^2/g)
C4G0	0.14	0.48	34.2	13.4	41.3	6.2	—	0.25	0.42	0.52	0.012	2.93	3840
D4G2	0.26	0.06	32.2	14.0	41.8	5.9	1.96	0.17	0.47	0.48	<0.01	2.90	4160
J4G0	+0.48	0.16	33.9	13.1	42.9	6.5	—	0.45	0.34	0.68	<0.01	2.93	4020
D3G2	0.00	—	32.2	14.8	42.4	6.0	1.58	0.23	0.45	0.53	<0.01	2.89	3290
D5G2	+0.05	—	31.8	14.8	42.5	5.7	2.05	0.24	0.45	0.55	<0.01	2.89	5580
D8G0	+0.60	—	33.0	15.2	42.8	5.9	0.51	0.24	0.45	0.55	<0.01	2.90	7860
D4G0	+0.22	—	32.4	14.4	43.2	5.9	0.54	0.23	0.45	0.53	<0.01	2.90	4410
OPC	0.6	0.1	22.2	5.7	63.3	1.8	2.1	0.29	0.39	0.55	0.24	3.15	3250

※　石こうを添加したスラグについてのみ分析。

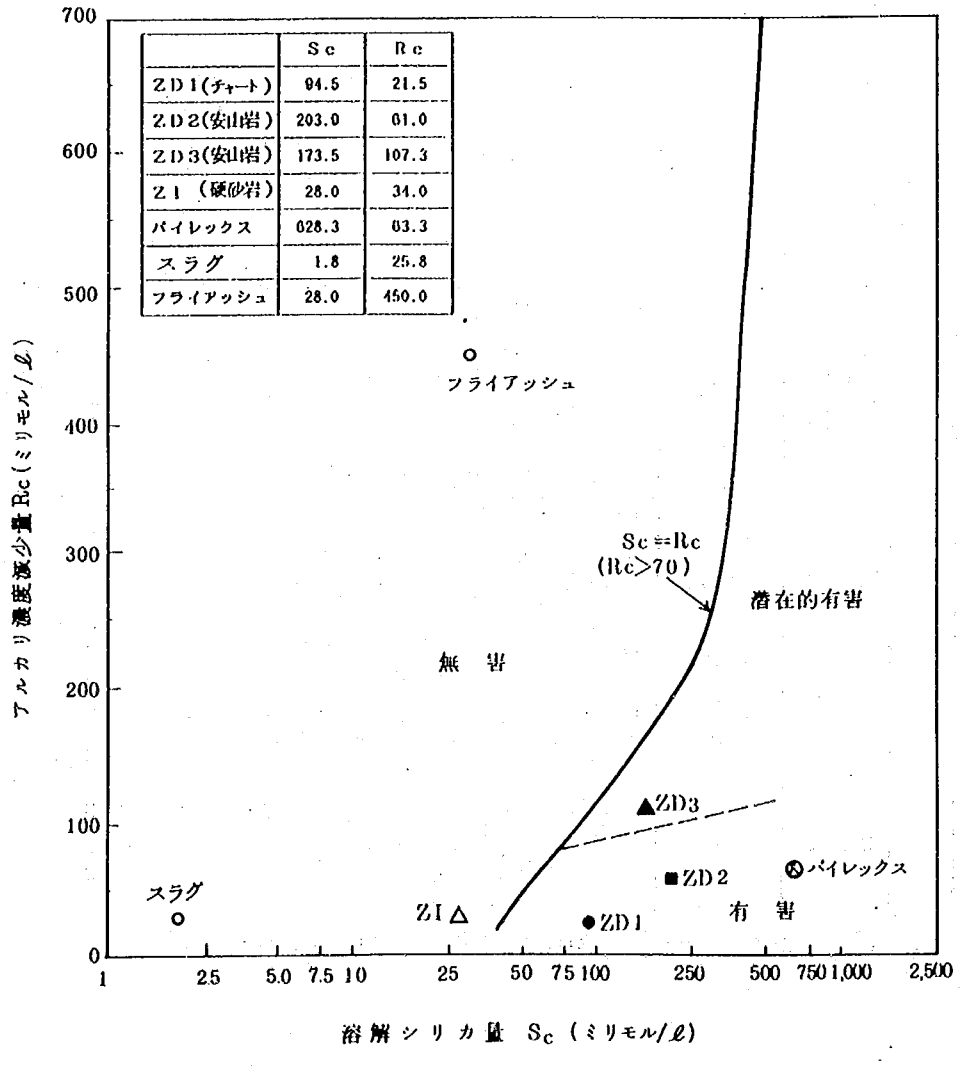


図 4.1　アルカリ度低減試験をもとにした骨材の有害度の判定区分
(ASTM C 289)

4.2.3　膨張抑制メカニズムの検討試験の使用材料

高炉スラグ粉末の膨張抑制メカニズムの検討試験に用いたスラグ，骨材等の種類およびそれらの品質を表4.16～表4.19に示す。

なお，使用材料のうち，スラグおよび普通ポルトランドセメントは，前掲表4.15に示したものと同一の試料である。

表4.16　膨張抑制メカニズムの検討試験の使用材料の種類

シリーズ	スラグ	骨　材	備　　考
I	C4G0 D4G2 J4G0 (フライアッシュ，ケイ砂粉末)	パイレックスガラス	高炉スラグ粉末のＡＳＲ抑制効果が，アルカリ希釈効果によるものか，あるいはそれ以外の特有の効果を有するのかを調べるため，アルカリの添加方法を，ポルトランドセメントに対して一定とした場合と全結合材（ポルトランドセメント＋スラグ粉末）に対して一定（スラグ粉末の中のアルカリ量は無視）とした場合のモルタル膨張量を比較検討した。ここで，高炉スラグ粉末の種類（銘柄）の影響およびフライアッシュ，ケイ砂粉末の効果の比較も実施した。 アルカリ水準　0.51，0.98，1.43％(eq.Na_2O) (・ポルトランドセメント量に対する水準 ・全結合材量に対する水準) 高炉スラグ粉末の置換率 0，25，30，40，50，65，75％
II	J4G0 J4G1 J4G2 J4G3	パイレックスガラス	高炉スラグ粉末中の石こう量の影響を調べるため，スラグ粉末中のSO_3量を0，1，2，3％と変化させた場合のモルタル膨張量を比較検討した。スラグ置換率40％，アルカリ水準は全結合材量に対して0.98％(eq.Na_2O)一定とした。なお，SO_3の調整には$CaSO_4 \cdot 2H_2O$の一級試薬を用いた。
III	D3G0 D4G2 D8G0	パイレックスガラス	高炉スラグ粉末の粉末度の影響を調べるため，スラグ粉末の粉末度を3000～8000cm^2/g程度に変化させた場合のモルタル膨張量を比較検討した。スラグ置換率は40，50，65％，アルカリ水準は全結合材量に対して0.98％(eq.Na_2O)一定とした。

表 4.17　パイレックスガラス（#7740，岩城ガラス製）の比重

JIS A 1109　細骨材の比重及び吸水率試験方法

粒　径　(mm)	絶乾比重
5　～ 2.5	2.22
2.5　～ 1.2	2.22
1.2　～ 0.6	2.22
0.6　～ 0.3	2.22
0.3　～ 0.15	2.22

表 4.18　パイレックスガラスの実積率

JIS A 1104　骨材の単位容積重量及び実積率試験方法（ジッキング法）

粒　径　(mm)	単位容積質量(kg/ℓ)	実積率(%)
5　～ 2.5	1.17	52.9
2.5　～ 1.2	1.26	56.5
1.2　～ 0.6	1.26	56.7
0.6　～ 0.3	1.15	51.8
0.3　～ 0.15	1.21	54.4
粒調品*	1.42	64.0

* 粒調品混合割合(%) (ASTM C 227)
5　～2.5 mm：10
2.5～1.2　〃：25
1.2～0.6　〃：25
0.6～0.3　〃：25
0.3～0.15 〃：15

表 4.19　パイレックスガラスの化学成分

JIS R 3105（ほうけい酸ガラスの分析方法）による化学成分

(%)

SiO_2	Al_2O_3	FeO	Na_2O	K_2O	B_2O_3	合　計	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
81.2	2.3	0.03	3.96	0.04	12.6	100.13	0.012	0.0002

パイレックスガラスのASTM C 289 化学法による試験結果

溶解シリカ量　S_c　628.3 ミリモル/ℓ ┐
アルカリ減少量　R_c　63.3 ミリモル/ℓ ┘ 有害骨材

4.3　試験方法

本研究において実施された試験で主体をなすのは，モルタルバー膨張試験である。その試験方法については下記の考え方によった。

- パイレックスガラス骨材を用いる場合

本研究における試験のうち，5.「高炉スラグ粉末の品質評価試験」および 7.「膨張抑制メカニ

ズムの検討試験」については，スラグなどの混和材料の膨張抑制効果およびそのメカニズムについての検討を目的としたため，骨材としては，反応性が大で反応速度も大と知られているパイレックスガラスを用いた。その試験方法は，ASTM C 441-81 "Standard Test Method for EFFECTIVENESS OF MINERAL ADMIXTURES IN PREVENTING EXCESSIVE EXPANSION OF CONCRETE DUE TO THE ALKALI-AGGREGATE REACTION" により，25×25×285 mm の供試体を用いた。

- 天然骨材を用いる場合

本研究における試験のうち，6.「天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験」においては，我が国で産出される反応性の天然骨材3種類について試験した。

試験方法は，建設省土木研究所で用いていた方法（以下土研法と称する）により，4×4×16 cm の供試体を用いた。ただし，試験を実施した時期が土研法の開発検討中であったため，モルタルの配合については基本的にASTM C 227 に準ずることとし，C：S＝1：2.25（重量比）と定め，単位水量Wは，モルタルのコンシステンシーがJIS法のフロー試験におけるフロー値が170～190の範囲内となる水量を予備試験を実施し，決定した。

5. 高炉スラグ粉末の品質評価試験

5.1 アルカリの種類がASRに及ぼす影響

普通ポルトランドセメントとパイレックスガラス骨材を用いたモルタルの等価アルカリ量と膨張量の関係を把握すると同時に，アルカリの種類の影響を調べるため N_aOH とKOHの効果の差について試験した。

5.1.1 試験方法

ベースセメントはアルカリ量（R_2O）1.02％のものを用い，N_aOH，KOHを各々加えて R_2O 1.2，1.4，1.6％に調整，パイレックスガラス骨材を用いたモルタルバーを作製し膨張量を測定した。

測定材令は14，28，56日である。

5.1.2 試験結果およびまとめ

試験結果を図5.1に示す。

パイレックスガラス骨材を用いたモルタルバーの膨張は材令14日でほぼ落ち着き，材令56日の膨張量（0.25～0.45％）の70～80％の値を示した。

パイレックスガラスモルタルバーの膨張はアルカリ量が増えてもそれほど大きくならずわずかな増加を示した。

また，アルカリの種類による影響は，N_aOHの方がKOHよりもやや大きな膨張を示した。その傾向は材令を経ても同様であった。

このことから，N_aOHの方がパイレックスガラスについては，KOHと比べ膨張に大きく寄与するものと考えられる。

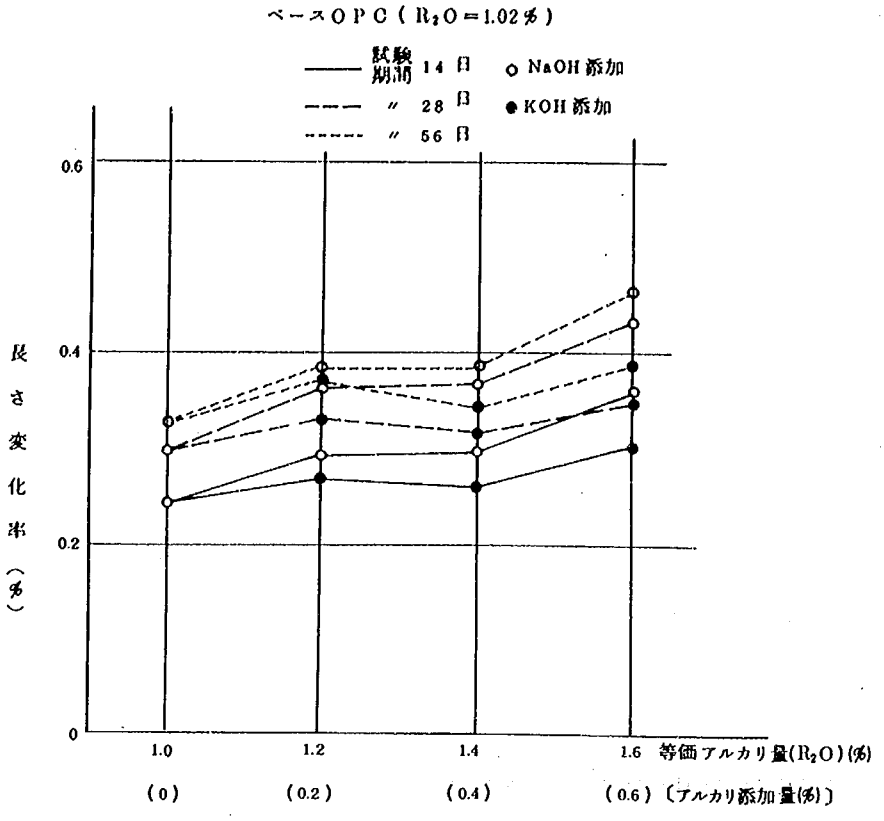


図5.1　アルカリの種類と膨張量

5.2　高炉スラグ粉末の種類および置換率の影響

高炉スラグ粉末の種類（銘柄）が各置換率によってモルタルバーの膨張抑制に与える影響を調べた。

材料は国内産の高炉スラグ粉末12種類と比較または参考のためフライアッシュ，ケイ砂粉末およびカナダ産スラグ粉末1種類を用いた。

5.2.1　試験方法

普通ポルトランドセメントの一部を高炉スラグ粉末，フライアッシュ，ケイ砂粉末で置換し，置換率とモルタル膨張量との関係を調べた。

置換率の水準は以下の通りである。なおアルカリ量は1.02%とした。

	置換率（重量%）
高炉スラグ粉末	0，25，40，50，65
フライアッシュ	25
ケイ砂粉末	25

5.2.2　試験結果およびまとめ

(1)　各種混和材の膨張量と材令の関係を図5.2に示す。また，長さ変化率と混和材置換率の関係を図5.3～図5.7に示す。

図5.2より，パイレックスガラスモルタルの膨張は，ほぼ3週間目で安定し，以後伸びを示さない。

(2)　高炉スラグ粉末置換によるモルタルバーの膨張量の低減はケイ砂粉末による場合よりも大きい。このことから，高炉スラグにはセメントのアルカリ稀釈以上の膨張抑制効果があると考えられる。

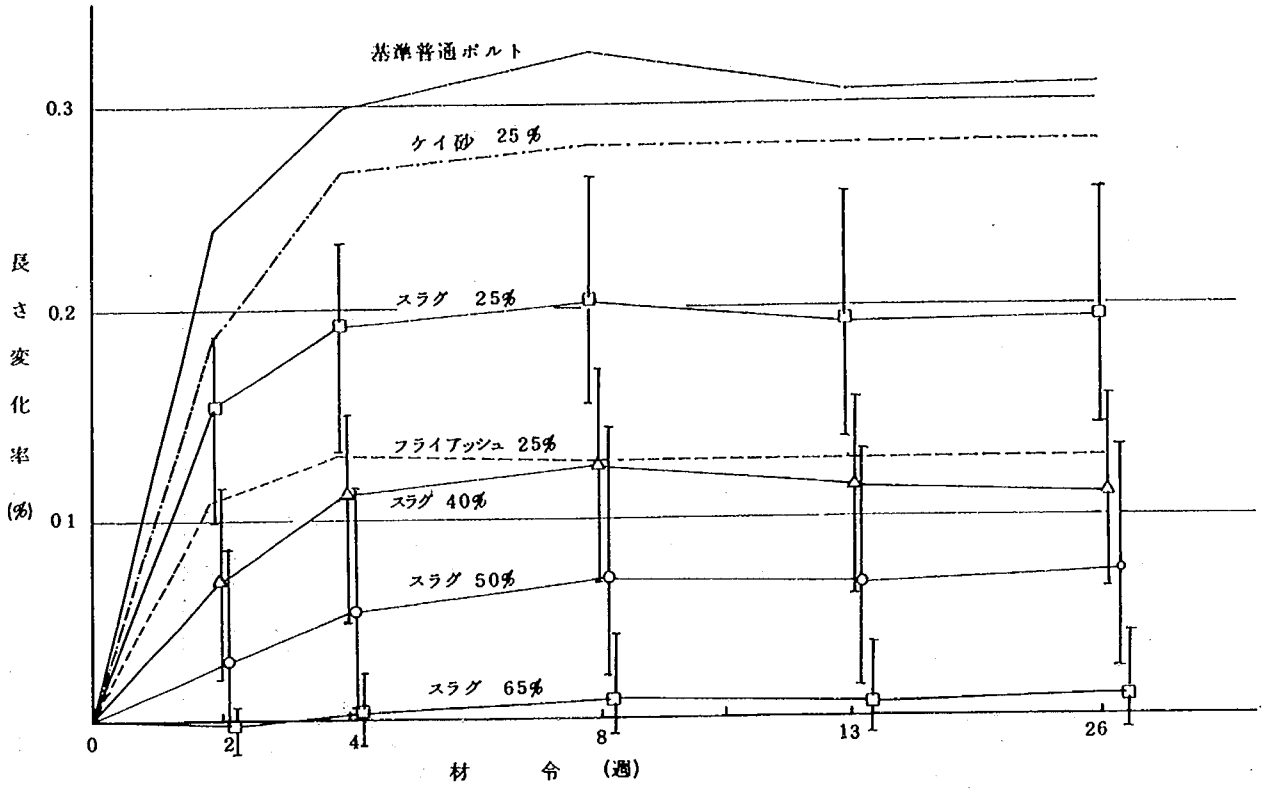


図5.2　13銘柄スラグのモルタルバー膨張量（平均および最大，最小値）およびフライアッシュ，ケイ砂粉末の膨張量

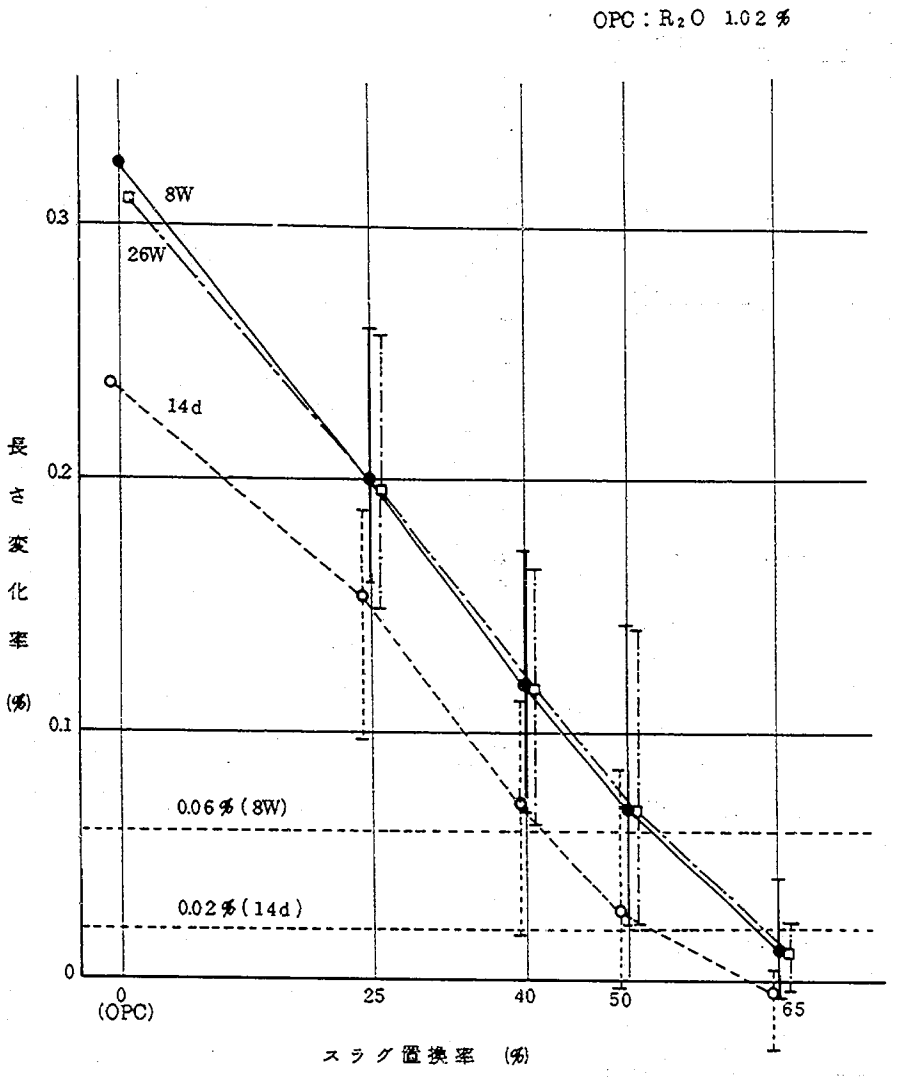


図 5.3　13銘柄スラグのモルタルバー膨張量の最大，最小および平均値

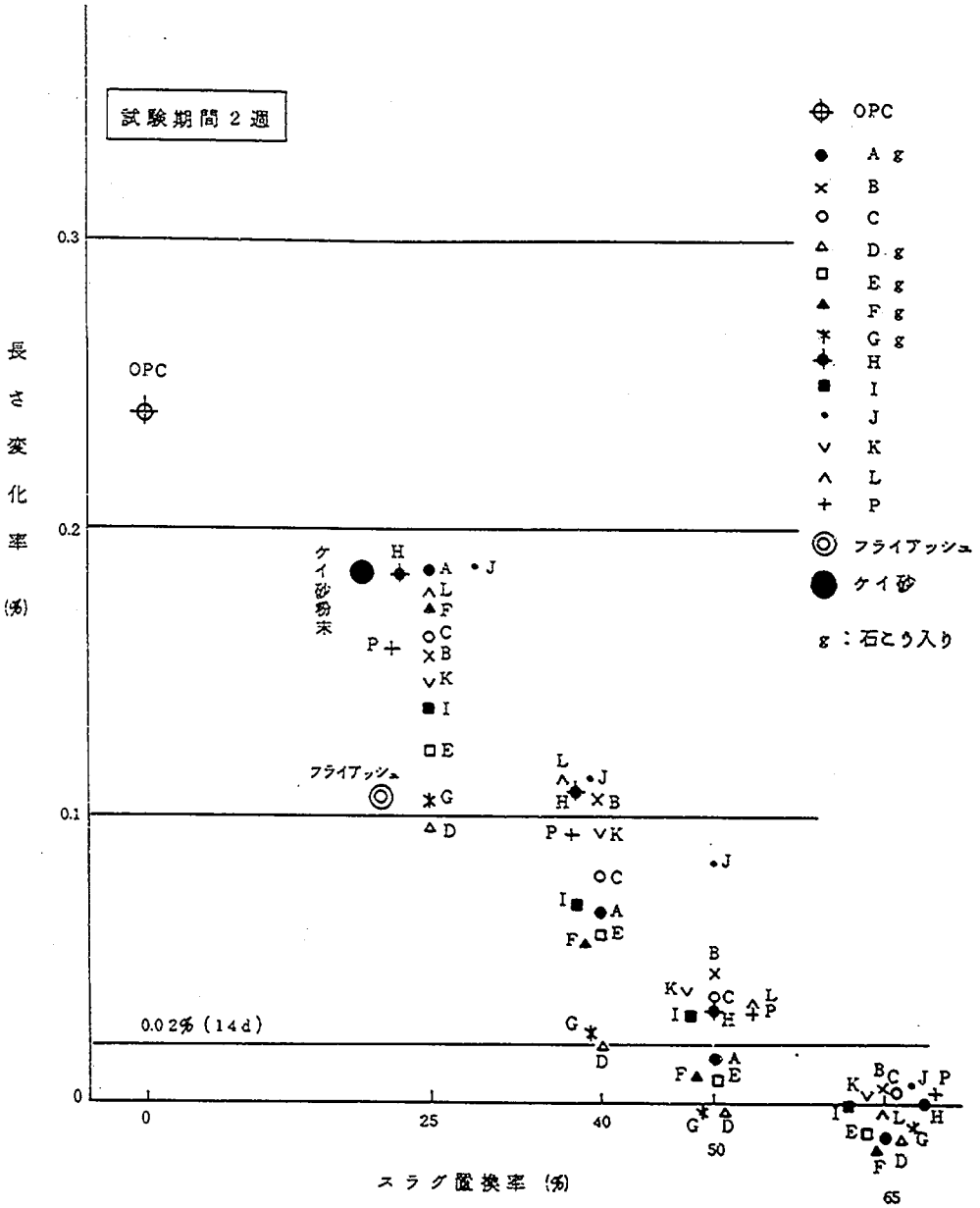


図 5.4　スラグ置換率と膨張量（銘柄別）

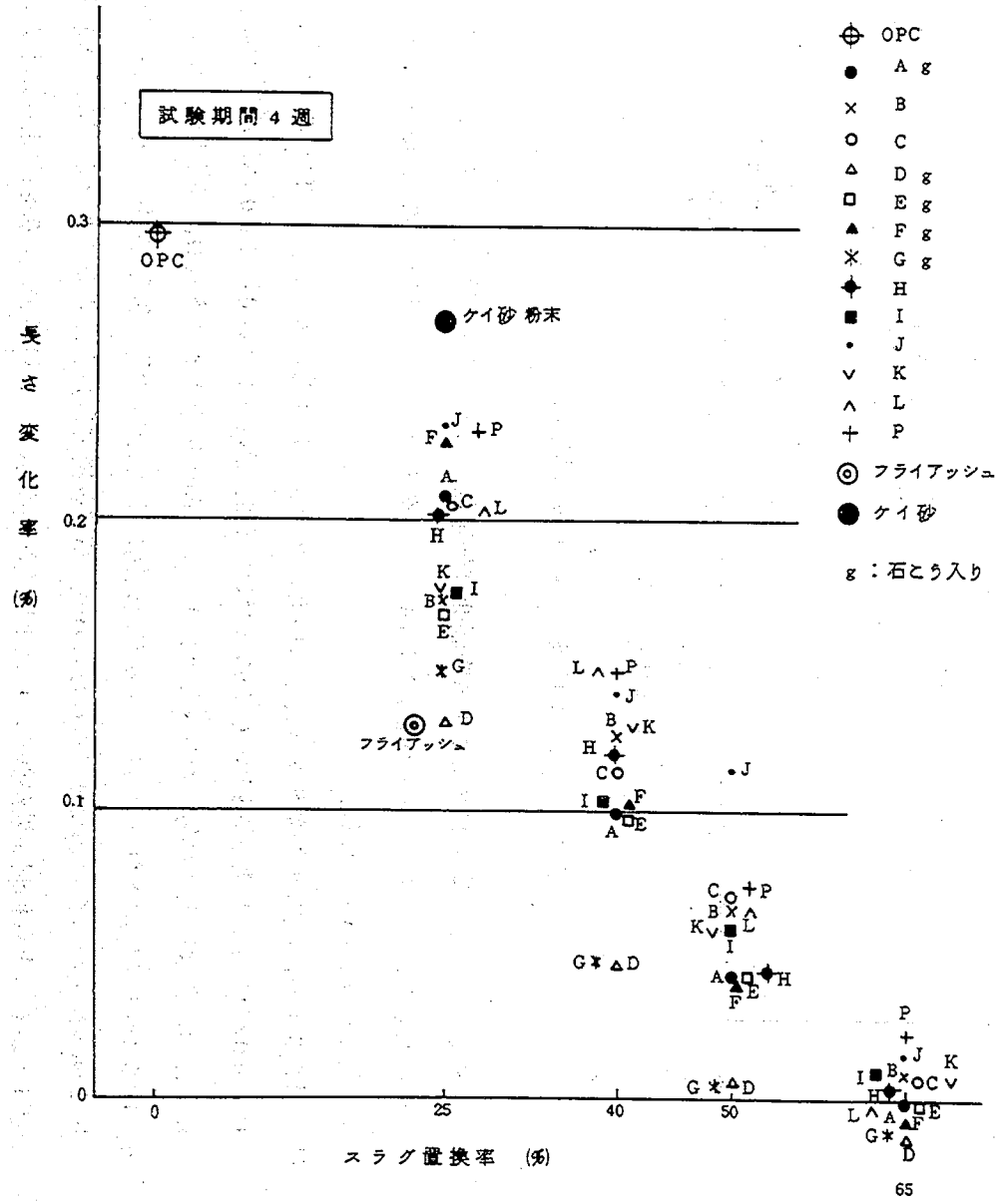


図 5.5　スラグ置換率と膨張量（銘柄別）

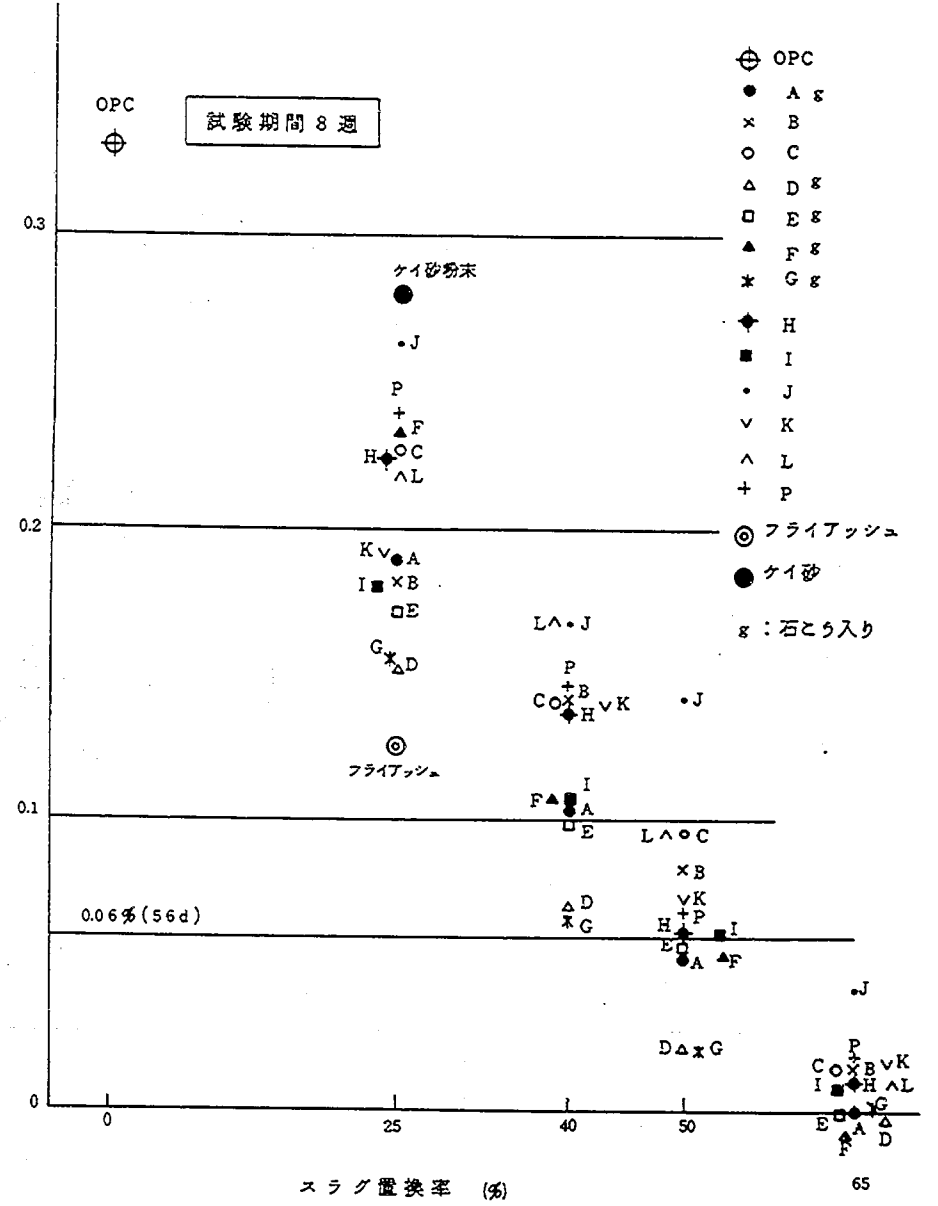


図 5.6　スラグ置換率と膨張量（銘柄別）

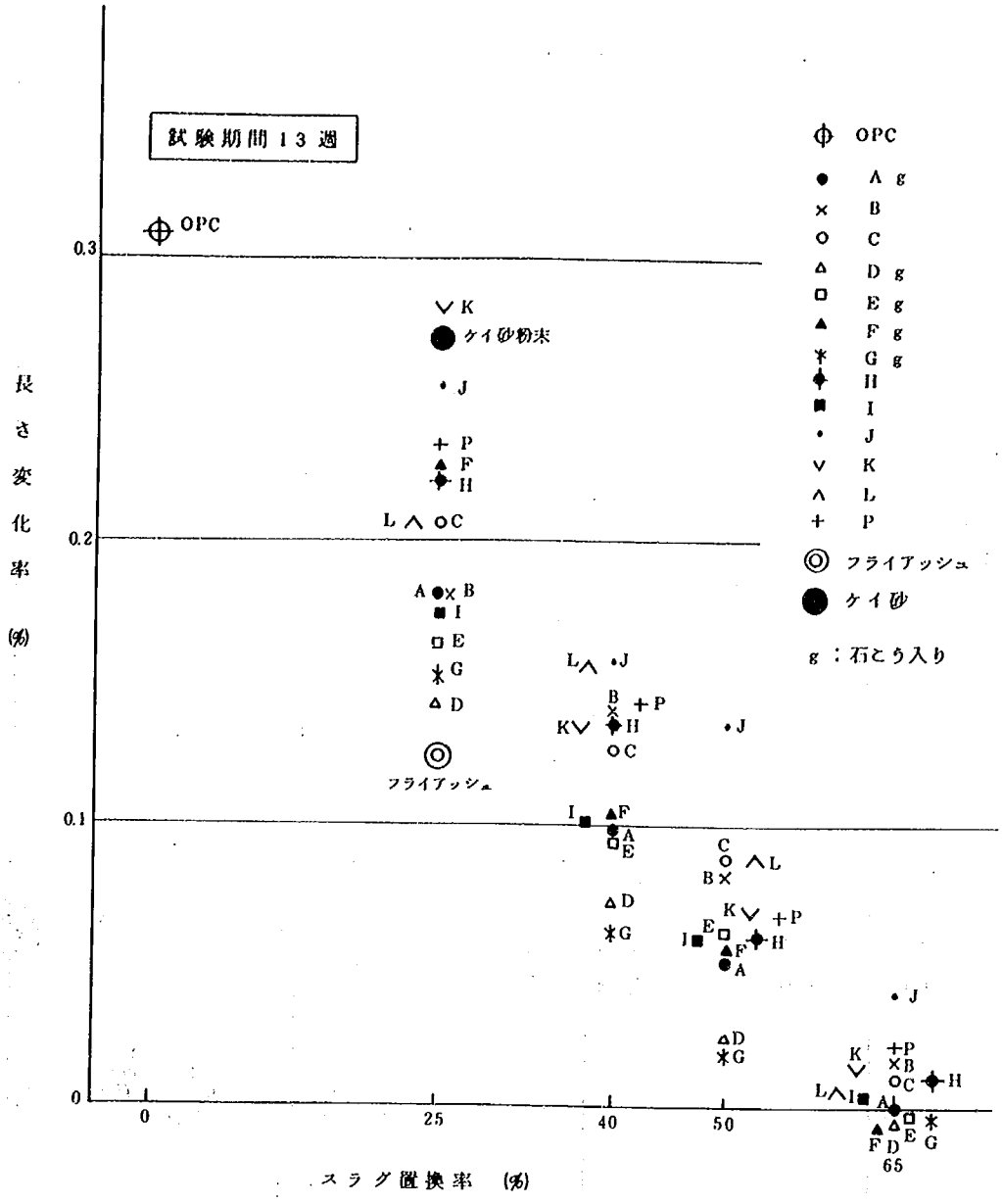


図 5.7　スラグ置換率と膨張量（銘柄別）

(3) フライアッシュ置換（25%）による膨張抑制効果は，スラグの抑制効果より大きい結果となった。しかし，フライアッシュの比重が2.14とスラグ（2.9）より小さいので，容積置換率で考えるとその差は小さくなる。

(4) 図5.3より，ASR抑制効果を発揮する所要のスラグに対する置換率は，ASTM C 441（14日で0.02%以下）およびASTM C 595（14日で0.02%以下および8週で0.06%以下）の規定に従えば，非常に大きな値となりスラグによっては60%以上も必要となり，現実的でない。

(5) 図5.4～5.7に示されるように，スラグの銘柄によるASRの膨張抑制効果の差は，スラグ置換率25～50%の場合はかなり見られるものの，65%置換ではほとんど見られなかった。銘柄別ではJがもっとも抑制効果が低く，Cは平均的な値を示し，Dは最大級の抑制効果を示した。

このことから，以後の天然骨材のモルタルバーの試験には，この3銘柄を選定した。

(6) 石膏含有による膨張抑制効果の差はこの試験結果では見られなかった。

5.3 高炉スラグ粉末の粉末度およびモルタルバー供試体寸法（ASTM法，土研法）の影響

普通ポルトランドセメントの一部を粉末度の異なる高炉スラグ粉末で置換した（置換率0，25，40，50，65%）モルタルバーの膨張試験を行い，スラグ粉末度と膨張量の関係を調べた。また，供試体寸法がモルタル膨張量に及ぼす影響を調べるため，高炉スラグ粉末の置換率0，50%のモルタルについて40×40×160㎜供試体と25×25×285㎜供試体の膨張量を比較検討した。

5.3.1 試験方法

(1) 高炉スラグ粉末の粉末度の影響

スラグDをブレーン比表面積3080，4530，5900㎠/gに粉砕し，これらにアルカリ量1.02%のOPCにそれぞれ0，25，40，50，65%置換し，パイレックスガラスを用いたモルタルバーにより膨張試験を行った。

(2) モルタルバー供試体寸法の影響

上記(1)の3種類の粉末度の高炉スラグ粉末を用い，各々アルカリ量1.02%の普通ポルトランドセメント（OPC）0，50%置換し，パイレックスガラスを用い，モルタルバーを2種類（25×25×285㎜，40×40×160㎜）作製した。

5.3.2 試験結果およびまとめ

(1) 図5.8にスラグ粉末度と膨張率の関係を示す。

スラグ置換率が小さい場合はスラグ粉末度の小さいものがわずかに低い膨張抑制効果であったが，一般の粉末度においては，その差は見られなかった。

(2) 図5.9および図5.10に材令と膨張量の関係を供試体寸法を対比して結果を示す。

1.02% R_2Oの高アルカリセメント単味のモルタルバーの長さ変化率は0.6～0.8%と高く，この大きな膨張量においてはASTM（25×25×285㎜）のモルタルバー供試体の方が土研法モルタルバー（40×40×160㎜）より，より大きな膨張量を示した。

一方，高炉スラグで50%置換したモルタルバーの長さ変化率は，0.02～0.06%と小さな値を示した。この場合，土研法の方がASTM法のものより約2倍程度大きい膨張を示した。

これら両者の関係は逆の結果を示した。

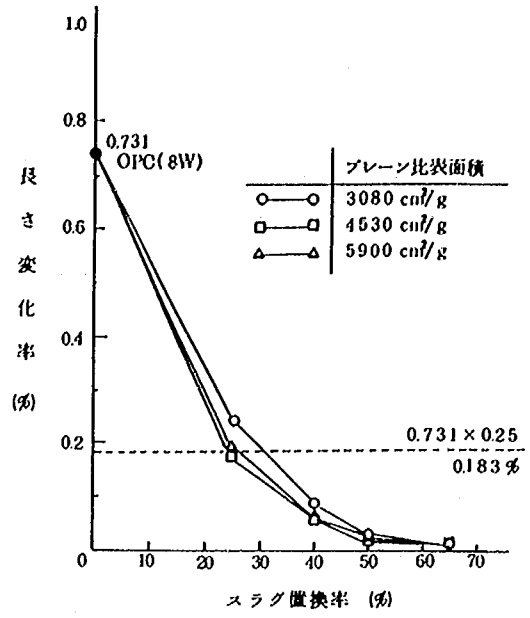


図 5.8　粉末度と膨張量との関係

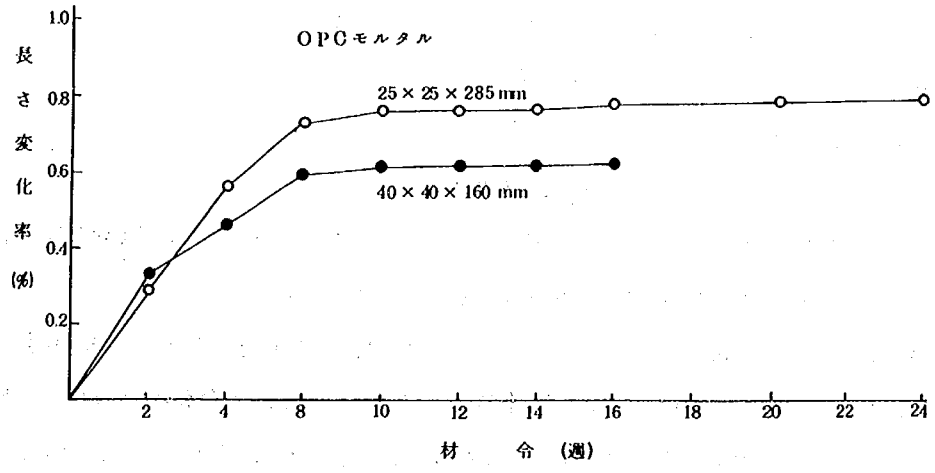


図 5.9　供試体寸法の影響

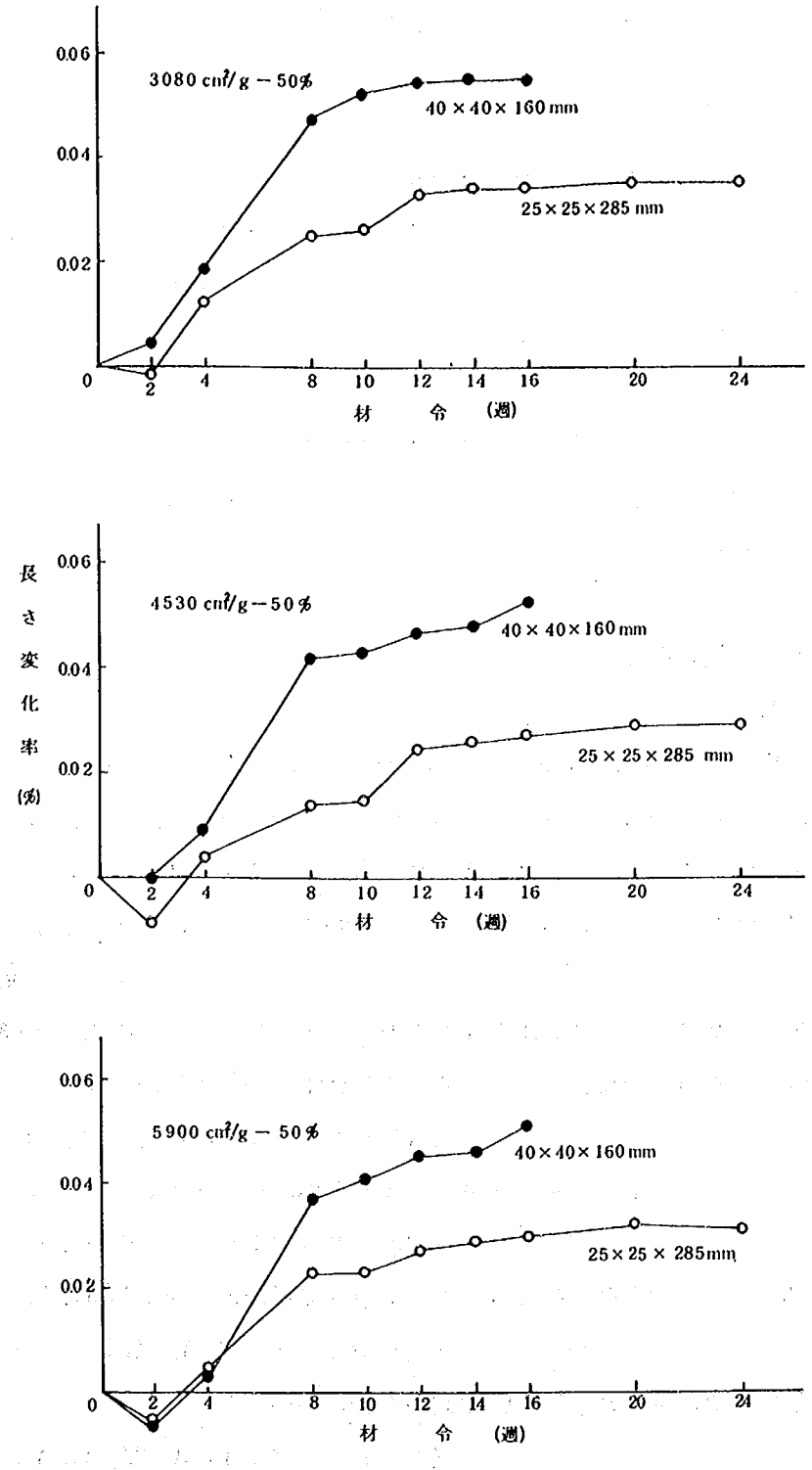


図 5.10　供試体寸法の影響

6. 天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験

本試験は，第5章「高炉スラグ粉末の品質評価試験」の結果で，パイレックスガラス骨材によるモルタルバーの膨張抑制効果が最大，最小および中間となった高炉スラグ粉末D，J，C（D4G2，J4G0，C4G0）の3種と，日本各地から産出される反応性の天然砕石3種，および実用上反応性がないと考えられる天然砕石1種（基準骨材）とを組み合わせたモルタルバーの膨張量を測定し，スラグ品質が膨張抑制効果に与える影響および骨材種類による膨張増加傾向の違いなどについての調査・検討を主な目的として，実施したものである。

なお，本試験は実験ケースが149通り（全供試体：447本）と非常に多いものとなっているため，スラグ品質・骨材種類およびモルタルバーの外観観察に関する結果以外については，本文中のものも含めて全データを巻末資料に記載した。

6.1 試験組合せおよび配合条件

6.1.1 試験組合せ

各実験No.（No.1～122，No.④，No.3′～4′，No.216～227，No.301～312）ごとの配合条件を表6.1にまとめた。また，表4.14の組合せをもとに検討を加えるため，各検討項目（I～XI）ごとに用いた配合系を，モルタルバー試験シリーズ一覧表として表6.2に示した。

試験組合せは，シリーズI～XIの組合せを(1)から(6)にまとめて，以下に示す内容を検討できるよう設定した。

(1) アルカリ量を変化させた普通ポルトランドセメント単味条件下での天然骨材4種（反応性骨材：ZD1，ZD2，ZD3，基準骨材：ZDI）の膨張傾向について
（試験シリーズ：I，II，IX，X，XI）

(2) ポルトランドセメント中のアルカリ量とスラグ置換率を変化させたときの膨張傾向について
（試験シリーズ：IV，V，VI，VII，VIII）

(3) スラグ銘柄，粉末度および石こう量などのスラグ品質の違いが膨張抑制効果に与える影響について
（試験シリーズ：IV，VI，VII）

(4) 同一条件下での骨材種類ごとの膨張傾向の違いについて
（試験シリーズ：I，IV，V，VI，VII，VIII）

(5) ポルトランドセメント中のアルカリ量を一定したときのスラグ置換率とペシマム（条件は反応性骨材と基準骨材の混合割合とした）との関係について
（試験シリーズ：III，IX）

(6) アルカリ量の調整方法を，対ポルトランドセメント，対全結合材（ポルトランドセメント＋スラグ）としたときの膨張傾向について
（試験シリーズ：V）

なお，アルカリ量は	R_2O＝0.55％，	0.86％，	1.16％，	1.96％	……	（4水準）
それぞれ	A6，	A9，	A12，	A20		
スラグ置換率は	0％，	30％，	40％，	50％，	65％ ……	（5水準）
それぞれ	R0，	R30，	R40，	R50，	R65	
ペシマム量は*1	20％，	40％，	50％，	60％，	80％，	100％…（6水準）
それぞれ	P20，	P40，	P50，	P60，	P80，	P100

と便宜上記号で示すこととする。

*1：ペシマム量は反応性骨材の混合割合を示す。

表6.1　モルタル配合条件一覧表

実験No.	骨材種類	反応性骨材率	スラグ種類	スラグ置換率	アルカリ水準
1	ZD2	100	OPC	—	A6
2	〃	〃	〃	—	A9
3	〃	〃	〃	—	A12
4	〃	〃	〃	—	A20
④	〃	〃	〃	—	A20
5	ZD2,ZI	80	〃	—	A9
6	〃	〃	〃	—	A12
7	〃	〃	〃	—	A20
8	〃	60	〃	—	A9
9	〃	〃	〃	—	A12
10	〃	〃	〃	—	A20
11	〃	50	〃	—	A9
12	〃	〃	〃	—	A12
13	〃	〃	〃	—	A20
14	ZI	0	〃	—	A12
15	〃	〃	〃	—	A20
16	ZD2	100	D4G2	30	A9
17	〃	〃	〃	〃	A12
18	〃	〃	〃	〃	A20
19	〃	〃	〃	40	A9
20	〃	〃	〃	〃	A12
21	〃	〃	〃	〃	A20
22	〃	〃	〃	50	A9
23	〃	〃	〃	〃	A12
24	〃	〃	〃	〃	A20
25	〃	〃	〃	65	A9
26	〃	〃	〃	〃	A12
27	〃	〃	〃	〃	A20
28	ZD2,ZI	80	D4G2	30	A12
29	〃	〃	〃	40	〃
30	〃	〃	〃	50	〃
31	〃	〃	〃	65	〃
32	〃	60	〃	30	〃
33	〃	〃	〃	40	〃
34	〃	〃	〃	50	〃
35	〃	〃	〃	65	〃
36	〃	50	〃	30	〃
37	〃	〃	〃	40	〃
38	〃	〃	〃	50	〃
39	〃	〃	〃	65	〃
40	ZI	0	〃	50	A20

実験No.	骨材種類	反応性骨材率	スラグ種類	スラグ置換率	アルカリ水準
41	ZD2	100	J4G0	30	A9
42	〃	〃	〃	〃	A12
43	〃	〃	〃	〃	A20
44	〃	〃	〃	40	A9
45	〃	〃	〃	〃	A12
46	〃	〃	〃	〃	A20
47	〃	〃	〃	50	A9
48	〃	〃	〃	〃	A12
49	〃	〃	〃	〃	A20
50	〃	〃	〃	65	A9
51	〃	〃	〃	〃	A12
52	〃	〃	〃	〃	A20
53	〃	〃	C4G0	30	A9
54	〃	〃	〃	〃	A12
55	〃	〃	〃	〃	A20
56	〃	〃	〃	40	A9
57	〃	〃	〃	〃	A12
58	〃	〃	〃	〃	A20
59	〃	〃	〃	50	A9
60	〃	〃	〃	〃	A12
61	〃	〃	〃	〃	A20
62	〃	〃	〃	65	A9
63	〃	〃	〃	〃	A12
64	〃	〃	〃	〃	A20
65	〃	〃	D3G2	40	A12
66	〃	〃	〃	50	〃
67	〃	〃	〃	65	〃
68	〃	〃	D5G2	40	〃
69	〃	〃	〃	50	〃
70	〃	〃	〃	65	〃
71	〃	〃	D8G2	40	〃
72	〃	〃	〃	50	〃
73	〃	〃	〃	65	〃
74	〃	〃	D4C0	40	〃
75	〃	〃	〃	50	〃
76	〃	〃	〃	65	〃

実験No.	骨材種類	反応性骨材率	スラグ種類	スラグ置換率	アルカリ水準
77	ZD1	100	OPC	—	A6
78	〃	〃	〃	—	A9
79	〃	〃	〃	—	A12
80	ZD3	〃	〃	—	A6
81	〃	〃	〃	—	A9
82	〃	〃	〃	—	A12
83	ZD1	〃	D4G2	30	A9
84	〃	〃	〃	〃	A12
85	〃	〃	〃	〃	A20
86	〃	〃	〃	40	A9
87	〃	〃	〃	〃	A12
88	〃	〃	〃	〃	A20
89	〃	〃	〃	50	A9
90	〃	〃	〃	〃	A12
91	〃	〃	〃	〃	A20
92	〃	〃	〃	65	A9
93	〃	〃	〃	〃	A12
94	〃	〃	〃	〃	A20
95	ZD3	〃	〃	30	A9
96	〃	〃	〃	〃	A12
97	〃	〃	〃	〃	A20
98	〃	〃	〃	40	A9
99	〃	〃	〃	〃	A12
100	〃	〃	〃	〃	A20
101	〃	〃	〃	50	A9
102	〃	〃	〃	〃	A12
103	〃	〃	〃	〃	A20
104	〃	〃	〃	65	A9
105	〃	〃	〃	〃	A12
106	〃	〃	〃	〃	A20
107	ZD1	〃	D3G2	40	A12
108	〃	〃	〃	50	〃
109	〃	〃	〃	65	〃
110	〃	〃	D5G2	40	〃
111	〃	〃	〃	50	〃
112	〃	〃	〃	65	〃
113	〃	〃	D8G0	40	〃
114	〃	〃	〃	50	〃
115	〃	〃	〃	65	〃
116	〃	〃	D4G0	40	〃
117	〃	〃	〃	50	〃
118	〃	〃	〃	65	〃
119	ZI	0	D4G2	30	〃
120	〃	〃	〃	40	〃

実験No.	骨材種類	反応性骨材率	スラグ種類	スラグ置換率	アルカリ水準
121	ZI	0	D4G2	50	A12
122	〃	〃	〃	65	〃
3′	ZD2	100	OPC	—	A12
4′	〃	〃	〃	—	A20
アルカリ調整方法（対全結合材）					
216	ZD2	100	D4G2	30	A9
217	〃	〃	〃	〃	A12
218	〃	〃	〃	〃	A20
219	〃	〃	〃	40	A9
220	〃	〃	〃	〃	A12
221	〃	〃	〃	〃	A20
222	〃	〃	〃	50	A9
223	〃	〃	〃	〃	A12
224	〃	〃	〃	〃	A20
225	〃	〃	〃	65	A9
226	〃	〃	〃	〃	A12
227	〃	〃	〃	〃	A20
ベシマム（反応性骨材率Pの小さい範囲）					
301	ZD2,ZI	40	OPC	—	A6
302	〃	〃	〃	—	A12
303	〃	〃	D4G2	30	〃
304	〃	〃	〃	40	〃
305	〃	〃	〃	50	〃
306	〃	〃	〃	65	〃
307	〃	20	OPC	—	A6
308	〃	〃	〃	—	A12
309	〃	〃	D4G2	30	〃
310	〃	〃	〃	40	〃
311	〃	〃	〃	50	〃
312	〃	〃	〃	65	〃

No.1 ～No.76	：76ケース
No.77 ～No.122	：46 〃
No.216 ～No.227	：12 〃
No.301 ～No.312	：12 〃
No.④，3′，4′	：3 〃
合計	149ケース

表6.2　モルタルバー膨張試験シリーズおよび配合一覧表

シリーズNo	実験No	骨材種類	スラグ種類	配合名	反応性骨材率P(%)							スラグ置換率R(%)					アルカリ量A(%)				備考
					100	80	60	50	40	20	0	0	30	40	50	65	6	9	12	20	
I	1	ZD2	OPC	R0A6 P100	●							●					●				
	2	〃	〃	R0A9 P100	●							●						●			
	3	〃	〃	R0A12P100	●							●							●		
	4	〃	〃	R0A20P100	●							●								●	
	④	〃	〃	R0A20P100	●							●								●	④はアルカリ量調整用の水酸化ナトリウム水溶液を後添加した。
	77	ZD1	OPC	R0A6 P100	●							●					●				
	78	〃	〃	R0A9 P100	●							●						●			
	79	〃	〃	R0A12P100	●							●							●		
	80	ZD3	OPC	R0A6 P100	●							●					●				
	81	〃	〃	R0A9 P100	●							●						●			
	82	〃	〃	R0A12P100	●							●							●		
II	14	ZI	OPC	R0A12P100	●							●							●		
	15	〃	〃	R0A20P100	●							●								●	
	40	〃	D4G2	R50A20P100	●										●					●	
III	5	ZD2,ZI	OPC	R0A9 P80		●						●						●			
	8	〃	〃	R0A9 P60			●					●						●			
	11	〃	〃	R0A9 P50				●				●						●			
	301	ZD2,ZI	OPC	R0A6 P40					●			●					●				
	307	〃	〃	R0A6 P20						●		●					●				
	6	ZD2,ZI	OPC	R0A12P80		●						●							●		
	9	〃	〃	R0A12P60			●					●							●		
	12	〃	〃	R0A12P50				●				●							●		
	302	〃	〃	R0A12P40					●			●							●		
	308	〃	〃	R0A12P20						●		●							●		
	7	ZD2,ZI	OPC	R0A20P80		●						●								●	
	10	〃	〃	R0A20P60			●					●								●	
	13	〃	〃	R0A20P50				●				●								●	

シリーズNo	実験No	骨材種類	スラグ種類	配合名	反応性骨材率P(%)							スラグ置換率R(%)					アルカリ量A(%)				備考
					100	80	60	50	40	20	0	0	30	40	50	65	6	9	12	20	
IV	16	ZD2	D4G2	R30A9 P100	●								●					●			
	19	〃	〃	R40A9 P100	●									●				●			
	22	〃	〃	R50A9 P100	●										●			●			
	25	〃	〃	R65A9 P100	●											●		●			
	17	ZD2	D4G2	R30A12P100	●								●						●		
	20	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	23	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	26	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	18	ZD2	D4G2	R30A20P100	●								●							●	
	21	〃	〃	R40A20P100	●									●						●	
	24	〃	〃	R50A20P100	●										●					●	
	27	〃	〃	R65A20P100	●											●				●	
	41	ZD2	J4G0	R30A9 P100	●								●					●			
	44	〃	〃	R40A9 P100	●									●				●			
	47	〃	〃	R50A9 P100	●										●			●			
	50	〃	〃	R65A9 P100	●											●		●			
	42	ZD2	J4G0	R30A12P100	●								●						●		
	45	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	48	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	51	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	43	ZD2	J4G0	R30A20P100	●								●							●	
	46	〃	〃	R40A20P100	●									●						●	
	49	〃	〃	R50A20P100	●										●					●	
	52	〃	〃	R65A20P100	●											●				●	
	53	ZD2	C4G0	R30A9 P100	●								●					●			
	56	〃	〃	R40A9 P100	●									●				●			
	59	〃	〃	R50A9 P100	●										●			●			

シリーズ No.	実験 No.	骨材種類	スラグ種類	配合名	反応性骨材率 P (%)							スラグ置換率 R (%)					フルカリ量 A (%)				備考
					100	80	60	50	40	20	0	0	30	40	50	65	6	9	12	20	
IV	62	ZD2	C4G0	R65A9 P100												●		●			
	54	ZD2	C4G0	R30A12P100	●								●						●		
	57	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	60	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	63	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	55	ZD2	C4G0	R30A20P100	●								●							●	
	58	〃	〃	R40A20P100	●									●						●	
	61	〃	〃	R50A20P100	●										●					●	
	64	〃	〃	R65A20P100	●											●				●	
	83	ZD1	D4G2	R30A9 P100	●								●					●			
	84	〃	〃	R30A12P100	●								●						●		
	85	〃	〃	R30A20P100	●								●							●	
	86	ZD1	D4G2	R40A9 P100	●									●				●			
	87	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	88	〃	〃	R40A20P100	●									●						●	
	89	ZD1	D4G2	R50A9 P100	●										●			●			
	90	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	91	〃	〃	R50A20P100	●										●					●	
	92	ZD1	D4G2	R65A9 P100	●											●		●			
	93	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	94	〃	〃	R65A20P100	●											●				●	
	95	ZD3	D4G2	R30A9 P100	●								●					●			
	96	〃	〃	R30A12P100	●								●						●		
	97	〃	〃	R30A20P100	●								●							●	
	98	ZD3	D4G2	R40A9 P100	●									●				●			
	99	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	100	〃	〃	R40A20P100	●									●						●	

シリーズ No.	実験 No.	骨材種類	スラグ種類	配合名	反応性骨材率 P (%)							スラグ置換率 R (%)					フルカリ量 A (%)				備考
					100	80	60	50	40	20	0	0	30	40	50	65	6	9	12	20	
IV	101	ZD3	D4G2	R50A9 P100	●										●			●			
	102	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	103	〃	〃	R50A20P100	●										●					●	
	104	ZD3	D4G2	R65A9 P100	●											●		●			
	105	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	106	〃	〃	R65A20P100	●											●				●	
V	216	ZD2	D4G2	R30A9 P100	●								●					●			
	219	〃	〃	R40A9 P100	●									●				●			
	222	〃	〃	R50A9 P100	●										●			●			
	225	〃	〃	R65A9 P100	●											●		●			
	217	ZD2	D4G2	R30A12P100	●								●						●		
	220	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	223	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	226	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	218	ZD2	D4G2	R30A20P100	●								●							●	
	221	〃	〃	R40A20P100	●									●						●	
	224	〃	〃	R50A20P100	●										●					●	
	227	〃	〃	R65A20P100	●											●				●	
VI	54	ZD2	C4G0	R30A12P100	●								●						●		
	57	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	60	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	63	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	74	ZD2	D4G2	R40A12P100	●									●					●		
	75	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	76	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	42	ZD2	J4G0	R30A12P100	●								●			●			●		
	45		〃	R40A12P100	●									●					●		

シリーズ No.	実験 No.	骨材種類	スラグ種類	配合名	反応性骨材率 P (%)							スラグ置換率 R (%)					アルカリ量 A (%)				備考
					100	80	60	50	40	20	0	0	30	40	50	65	6	9	12	20	
VI	48	ZD2	J4G0	R50A12P100	●										●				●		
	51	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
VII	65	ZD2	D3G2	R40A12P100	●									●					●		
	66	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	67	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	17	ZD2	D4G2	R30A12P100	●								●						●		
	20	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	23	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	26	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	68	ZD2	D5G2	R40A12P100	●									●					●		
	69	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	70	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	71	ZD2	D8G2	R40A12P100	●									●					●		
	72	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	73	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	107	ZD1	D3G2	R40A12P100	●									●					●		
	108	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	109	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	87	ZD1	D4G2	R40A12P100	●									●					●		
	90	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	93	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	110	ZD1	D5G2	R40A12P100	●									●					●		
	111	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	112	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	113	ZD1	D8G2	R40A12P100	●									●					●		
	114	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	115	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		

シリーズ No.	実験 No.	骨材種類	スラグ種類	配合名	反応性骨材率 P (%)							スラグ置換率 R (%)					アルカリ量 A (%)				備考
					100	80	60	50	40	20	0	0	30	40	50	65	6	9	12	20	
VII	99	ZD3	D4G2	R40A12P100	●									●					●		
	102	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	105	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
VIII	74	ZD2	D4G0	R40A12P100	●									●					●		
	75	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	76	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	17	ZD2	D4G2	R30A12P100	●								●						●		
	20	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	23	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	26	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	116	ZD1	D4G0	R40A12P100	●									●					●		
	117	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	118	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
	84	ZD1	D4G2	R30A12P100	●								●						●		
	87	〃	〃	R40A12P100	●									●					●		
	90	〃	〃	R50A12P100	●										●				●		
	93	〃	〃	R65A12P100	●											●			●		
IX	28	ZD2,ZI	D4G2	R30A12P80		●							●						●		
	32	〃	〃	R30A12P60			●						●						●		
	36	〃	〃	R30A12P50				●					●						●		
	303	〃	〃	R30A12P40					●				●						●		
	309	〃	〃	R30A12P20						●			●						●		
	29	ZD2,ZI	D4G2	R40A12P80		●								●					●		
	33	〃	〃	R40A12P60			●							●					●		
	37	〃	〃	R40A12P50				●						●					●		
	304	〃	〃	R40A12P40					●					●					●		
	310	〃	〃	R40A12P20						●				●					●		

シリーズNo	実験No	骨材種類	スラグ種類	配合名	反応性骨材率P (%)							スラグ置換率R (%)					アルカリ量A (%)				備考
					100	80	60	50	40	20	0	0	30	40	50	65	6	9	12	20	
M	30	ZD2,ZI	D4G2	R50A12P80		●									●				●		
	34	〃	〃	R50A12P60			●								●				●		
	38	〃	〃	R50A12P50				●							●				●		
	305	〃	〃	R50A12P40					●						●				●		
	311	〃	〃	R50A12P20						●					●				●		
	31	ZD2,ZI	D4G2	R65A12P80		●										●			●		
	35	〃	〃	R65A12P60			●									●			●		
	39	〃	〃	R65A12P50				●								●			●		
	306	〃	〃	R65A12P40					●							●			●		
	312	〃	〃	R65A12P20						●						●			●		
X	3′	ZD2	OPC	R0A12P100	●							●							●		
	4′	〃	〃	R0A20P100	●							●								●	
N	119	ZI	D4G2	R30A12P100							●		●						●		
	120	〃	〃	R40A12P100							●			●					●		
	121	〃	〃	R50A12P100							●				●				●		
	122	〃	〃	R65A12P100							●					●			●		

6.1.2　モルタルの配合条件および各種特性

各種材料の配合および練り混ぜ直後のモルタルの特性値を表6.3に示す。使用材料のうち，ポルトランドセメント，高炉スラグ粉末および骨材の諸特性については，表4.15，図4.1に示した。

モルタル練り混ぜ用練り混ぜ水は，イオン交換水，またアルカリ調整用の水酸化ナトリウムは，特級試薬を用いた。なお，イオン交換水は，アルカリ調整のために用いる水酸化ナトリウム水溶液の溶媒としても用いた。

モルタルの配合は，基本的にASTM C 227法に準ずることとし，ポルトランドセメントと天然骨材を重量比でC：S＝1：2.25とした。スラグは，ポルトランドセメント重量の内割で置換した。また，単位水量は，モルタルのコンシステンシーがJIS R 5201のフロー試験におけるフロー値が170～190の範囲内となる水量に設定した。このJISのフロー値の範囲は，JISフロー値とASTMフロー率の関係を実験によって調べて定められたものである。

アルカリ量の調整方法

ポルトランドセメント中のアルカリ量を調整するために，目標アルカリ量（A9＝0.86％，A12＝1.16％，A20＝1.96％）からポルトランドセメントのアルカリ量（0.55％）を差し引いた値に相当する水酸化ナトリウム水溶液を練り混ぜ水に添加した。

水酸化ナトリウム水溶液は水酸化ナトリウムをイオン交換水に溶かし，ほぼ3規定の濃度を目標とした。なお，モルタルバーの作製に当たっては，水酸化ナトリウム水溶液の規定数を確認し2.81規定を求めた。水酸化ナトリウム水溶液の添加量はセメント量，ポルトランドセメントのアルカリ量，目標アルカリ量，水酸化ナトリウム水溶液の濃度から以下の計算式を用いて求めた。

$$A=\frac{C\times\left[\frac{A_n-A_0}{100}\right]}{N}$$

A ：水酸化ナトリウム水溶液添加量（g）

C ：ポルトランドセメント量（g）

A_n ：目標アルカリ量（％）

A_0 ：ポルトランドセメントアルカリ量（％）

N ：水酸化ナトリウム水溶液の濃度から計算される溶液1mℓ中のアルカリ量（％）

表6.3　モルタルの配合および各種特性

実験No	配合名	スラグ種類	結合材(g)		水量(g)		骨材量(g)				フロー値(mm)			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD2	ZD3	ZI	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量(g)	単位容積重量(g/cm³)	空気量(％)
1	R0 A6 P100	－	600	－	270	－	－	1,350	－	－	193	192	193	993.4	2293	2.99
2	R0 A9 P100	－	600	－	245.9	24.1	－	1,350	－	－	180	180	180	980.2	2263	3.37
3	R0 A12P100	－	600	－	225.2	44.8	－	1,350	－	－	180	176	178	987.9	2280	4.64
4	R0 A20P100	－	600	－	170.1	99.9	－	1,350	－	－	157	158	158	1,008.7	2328	3.92
④	R0 A20P100	－	600	－	170.1	99.9	－	1,350	－	－	173	171	172	997.4	2302	1.90
5	R0 A9 P80	OPC	600	－	249.7	20.3	－	1,080	－	270	186	186	186	980.4	2257	4.28
6	R0 A12P80	〃	600	－	232.3	37.7	－	1,080	－	270	186	186	186	990.6	2280	3.28
7	R0 A20P80	〃	600	－	185.8	84.2	－	1,080	－	270	181	178	180	980.2	2256	4.29
8	R0 A9 P60	〃	600	－	249.7	20.3	－	810	－	540	181	177	179	980.6	2257	3.58
9	R0 A12P60	〃	600	－	232.3	37.7	－	810	－	540	178	177	178	987.7	2274	2.89
10	R0 A20P80	〃	600	－	185.8	84.2	－	810	－	540	175	173	174	982.3	2261	3.42
11	R0 A9 P50	〃	600	－	249.7	20.3	－	675	－	675	187	183	185	974.0	2242	3.90
12	R0 A12P50	〃	600	－	232.3	37.7	－	675	－	675	183	181	182	978.0	2251	3.50
13	R0 A20P50	〃	600	－	185.8	84.2	－	675	－	675	178	177	178	973.3	2241	3.97
14	R0 A12P0	〃	600	－	232.3	37.7	－	－	－	1,350	176	176	176	969.7	2232	2.66
15	R0 A20P0	OPC	600	－	185.8	84.2	－	－	－	1,350	174	172	173	973.2	2240	2.31
16	R30A9 P100	D4G2	420	180	253.1	16.9	－	1,350	－	－	193	192	193	1,073.6	2285	3.18
17	R30A12P100	〃	420	180	238.7	31.3	－	1,350	－	－	197	192	195	1,072.2	2283	3.26
18	R30A20P100	〃	420	180	200.1	69.9	－	1,350	－	－	184	185	185	1,074.9	2288	3.05
19	R40A9 P100	〃	360	240	255.5	14.5	－	1,350	－	－	184	184	184	1,072.2	2282	3.02
20	R40A12P100	〃	360	240	243.1	26.9	－	1,350	－	－	196	194	195	1,061.5	2257	4.08
21	R40A20P100	〃	360	240	210.1	59.9	－	1,350	－	－	188	185	187	1,073.7	2206	2.85
22	R50A9 P100	〃	300	300	257.9	12.1	－	1,350	－	－	183	180	182	1,070.7	2279	2.98
23	R50A12P100	〃	300	300	247.6	22.4	－	1,350	－	－	190	185	188	1,068.0	2272	3.28
24	R50A20P100	〃	300	300	220.1	49.9	－	1,350	－	－	188	188	188	1,071.0	2279	3.24
25	R65A9 P100	〃	210	390	261.6	8.4	－	1,350	－	－	170	170	170	1,070.9	2279	2.77

実験No	配合名	スラグ種類	結合材(g)		水量(g)		骨材量(g)				フロー値(mm)			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD2	ZD3	ZI	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量(g)	単位容積重量(g/cm³)	空気量(%)
26	R65A12P100	D4G2	210	390	254.3	15.7	--	1,350	--	--	179	180	180	983.6	2.271	3.11
27	R65A20P100	〃	210	390	235	35	--	1,350	--	--	182	178	180	990.8	2.287	2.43
28	R30A12P80	〃	420	180	243.6	26.4	--	1,080	--	270	192	189	190	987.2	2.273	3.07
29	R40A12P80	D4G2	360	240	247.4	22.6	--	1,080	--	270	190	186	188	996.9	2.295	1.95
30	R50A12P80	〃	300	300	251.1	18.9	--	1,080	--	270	189	188	189	990.9	2.281	2.30
31	R65A12P80	〃	210	390	256.8	13.2	--	1,080	--	270	175	174	175	976.6	2.248	3.48
32	R30A12P60	〃	420	180	243.6	26.4	--	810	--	540	187	184	186	977.3	2.250	3.37
33	R40A12P60	〃	360	240	247.4	22.6	--	810	--	540	187	185	186	983.6	2.264	2.57
34	R50A12P60	〃	300	300	251.1	18.9	--	810	--	540	186	184	185	974.3	2.243	3.31
35	R65A12P60	〃	210	390	256.8	13.2	--	810	--	540	165	164	165	974.5	2.243	3.02
36	R30A12P50	〃	420	180	243.6	26.4	--	675	--	675	188	189	189	973.9	2.242	3.37
37	R40A12P50	〃	360	240	247.4	22.6	--	675	--	675	191	189	190	972.8	2.239	3.30
38	R50A12P50	〃	300	300	251.1	18.9	--	675	--	675	187	183	185	980.5	2.257	2.36
39	R65A12P50	〃	210	390	256.8	13.2	--	675	--	675	172	171	172	975.2	2.245	2.61
40	R50A20P100	〃	300	300	227.9	42.1	--	0	--	1350	193	189	191	987.4	2.273	2.69
41	R30A9 P100	J4G0	420	180	253.1	16.9	--	1,350	--	--	193	193	193	986.5	2.277	3.60
42	R30A12P100	〃	420	180	238.7	31.3	--	1,350	--	--	193	190	192	984.4	2.272	3.81
43	R30A20P100	〃	420	180	200.1	69.9	--	1,350	--	--	174	173	174	996.6	2.301	2.58
44	R40A9 P100	〃	360	240	255.5	14.5	--	1,350	--	--	193	185	189	979.8	2.262	4.07
45	R40A12P100	〃	360	240	243.1	26.9	--	1,350	--	--	186	190	188	984.4	2.272	3.65
46	R40A20P100	〃	360	240	210.1	59.9	--	1,350	--	--	170	169	170	990.2	2.286	3.05
47	R50A9 P100	〃	300	300	257.9	12.1	--	1,350	--	--	187	190	189	986.8	2.278	3.23
48	R50A12P100	〃	300	300	247.6	22.4	--	1,350	--	--	190	189	190	984.7	2.273	3.44
49	R50A20P100	〃	300	300	220.1	49.9	--	1,350	--	--	179	177	178	992.1	2.290	2.72
50	R65A9 P100	〃	210	390	261.6	8.4	--	1,350	--	--	186	184	185	990.3	2.286	2.68
51	R65A12P100	J4G0	210	390	254.3	15.7	--	1,350	--	--	184	184	184	991.0	2.288	2.60

実験No	配合名	スラグ種類	結合材(g)		水量(g)		骨材量(g)				フロー値(mm)			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD2	ZD3	ZI	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量(g)	単位容積重量(g/cm³)	空気量(%)
52	R65A20P100	J4G0	210	390	235	35	--	1,350	--	--	180	180	180	990.6	2.287	2.64
53	R30A9 P100	C4G0	420	180	253.1	16.9	--	1,350	--	--	188	189	189	984.6	2.273	3.77
54	R30A12P100	〃	420	180	238.7	31.3	--	1,350	--	--	190	190	190	989.6	2.284	3.30
55	R30A20P100	〃	420	180	200.1	69.9	--	1,350	--	--	172	174	173	995.1	2.297	2.75
56	R40A9 P100	〃	360	240	255.5	14.5	--	1,350	--	--	188	186	187	991.1	2.288	2.97
57	R40A12P100	〃	360	240	243.1	26.9	--	1,350	--	--	188	188	188	992.6	2.291	2.84
58	R40A20P100	〃	360	240	210.1	59.9	--	1,350	--	--	173	173	173	994.6	2.295	2.67
59	R50A9 P100	〃	300	300	257.9	12.1	--	1,350	--	--	194	187	191	987.3	2.279	3.19
60	R50A12P100	〃	300	300	247.6	22.4	--	1,350	--	--	193	190	192	984.0	2.271	3.53
61	R50A20P100	〃	300	300	220.1	49.9	--	1,350	--	--	178	177	178	989.1	2.283	3.02
62	R65A9 P100	〃	210	390	261.6	8.4	--	1,350	--	--	187	189	188	986.5	2.277	3.07
63	R65A12P100	〃	210	390	254.3	15.7	--	1,350	--	--	191	191	191	986.8	2.278	3.02
64	R65A20P100	〃	210	390	235	35	--	1,350	--	--	186	184	185	989.4	2.284	2.77
65	R40A12P100	D3G2	360	240	243.1	26.9	--	1,350	--	--	185	186	186	982.4	2.268	3.69
66	R50A12P100	〃	300	300	247.6	22.4	--	1,350	--	--	190	187	189	984.5	2.273	3.48
67	R65A12P100	〃	210	390	254.3	15.7	--	1,350	--	--	170	170	170	982.0	2.267	3.73
68	R40A12P100	D5G2	360	240	243.1	26.9	--	1,350	--	--	182	181	182	986.7	2.278	3.27
69	R50A12P100	〃	300	300	247.6	22.4	--	1,350	--	--	186	184	185	991.0	2.288	2.85
70	R65A12P100	〃	210	390	254.3	15.7	--	1,350	--	--	166	165	166	989.7	2.285	2.97
71	R40A12P100	D8G2	360	240	243.1	26.9	--	1,350	--	--	186	183	185	990.7	2.287	2.93
72	R50A12P100	〃	300	300	247.6	22.4	--	1,350	--	--	185	185	185	991.7	2.289	2.84
73	R65A12P100	D8G2	210	390	254.3	15.7	--	1,350	--	--	177	176	177	989.0	2.283	3.10
74	R40A12P100	D4G0	360	240	243.1	26.9	--	1,350	--	--	196	196	196	991.0	2.288	2.89
75	R50A12P100	〃	300	300	247.6	22.4	--	1,350	--	--	191	191	191	984.4	2.272	3.40
76	R65A12P100	〃	210	390	254.3	15.7	--	1,350	--	--	194	193	194	976.1	2.253	3.92
77	R0 A6 P100	OPC	600	240	270.0	0	1,350	--	--	--	214	208	211	1,105.3	2.197	4.1

実験No	配合名	スラグ種類	結合材(g)		水量(g)		骨材量(g)				フロー値(mm)			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD2	ZD3	ZI	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量(g)	単位容積重量(g/cm³)	空気量(%)
78	R0 A9 P100	OPC	600	0	247.2	228	1,350	–	–	–	208	208	208	1,098.4	2.183	4.7
79	R0 A12P100	〃	600	0	227.6	424	1,350	–	–	–	198	197	198	1,103.8	2.194	4.3
80	R0 A6 P100	〃	600	0	270.0	0	–	–	1,350	–	201	197	199	1,099.9	2.186	4.5
81	R0 A9 P100	〃	600	0	247.2	228	–	–	1,350	–	196	194	195	1,084.9	2.156	5.8
82	R0 A12P100	〃	600	0	227.6	424	–	–	1,350	–	186	182	184	1,090.3	2.167	5.3
83	R30A9 P100	D4G2	420	180	254.0	160	1,350	–	–	–	209	205	207	1,105.2	2.196	3.6
84	R30A12P100	〃	420	180	240.3	29.7	1,350	–	–	–	217	214	216	1,103.3	2.193	3.8
85	R30A20P100	〃	420	180	203.9	66.1	1,350	–	–	–	207	208	208	1,099.5	2.185	4.1
86	R40A9 P100	〃	360	240	256.3	13.7	1,350	–	–	–	208	203	206	1,104.4	2.195	3.5
87	R40A12P100	〃	360	240	244.6	25.4	1,350	–	–	–	210	204	207	1,107.9	2.202	3.2
88	R40A20P100	〃	360	240	213.3	56.7	1,350	–	–	–	214	216	215	1,108.5	2.203	3.2
89	R50A9 P100	〃	300	300	258.6	11.4	1,350	–	–	–	203	196	200	1,106.8	2.200	3.1
90	R50A12P100	〃	300	300	248.8	21.2	1,350	–	–	–	204	200	202	1,105.2	2.196	3.3
91	R50A20P100	〃	300	300	222.8	47.2	1,350	–	–	–	213	207	210	1,110.6	2.207	2.8
92	R65A9 P100	〃	210	390	262.0	8.0	1,350	–	–	–	198	193	196	1,111.0	2.208	2.5
93	R65A12P100	〃	210	390	255.2	14.8	1,350	–	–	–	207	201	204	1,110.7	2.209	2.5
94	R65A20P100	〃	210	390	236.9	33.1	1,350	–	–	–	210	202	206	1,110.2	2.206	2.6
95	R30A9 P100	〃	420	180	254.0	16.0	–	–	1,350	–	200	114	197	1,0928	2.172	4.6
96	R30A12P100	〃	420	180	240.3	29.7	–	–	1,350	–	202	195	199	1,093.1	2.172	4.6
97	R30A20P100	〃	420	180	203.9	66.1	–	–	1,350	–	202	201	202	1,093.5	2.173	4.5
98	R40A9 P100	〃	360	240	256.3	13.7	–	–	1,350	–	205	199	202	1,088.6	2.163	4.8
99	R40A12P100	〃	360	240	244.6	25.4	–	–	1,350	–	207	202	205	1,094.6	2.175	4.3
100	R40A20P100	〃	360	240	213.3	56.7	–	–	1,350	–	211	208	210	1,088.0	2.163	4.8
101	R50A9 P100	〃	300	300	258.6	11.4	–	–	1,350	–	192	183	188	1,095.3	2.177	4.0
102	R50A12P100	〃	300	300	248.8	21.2	–	–	1,350	–	193	187	190	1,091.0	2.168	4.4
103	R50A20P100	〃	300	300	222.8	47.2	–	–	1,350	–	199	194	197	1,089.2	2.165	4.5

実験No	配合名	スラグ種類	結合材(g)		水量(g)		骨材量(g)				フロー値(mm)			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD2	ZD3	ZI	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量(g)	単位容積重量(g/cm³)	空気量(%)
104	R65A9 P100	D4G2	210	390	262.0	8.0	–	–	1,350	–	179	173	176	1,099.1	2.184	3.4
105	R65A12P100	〃	210	390	255.2	14.8	–	–	1,350	–	189	186	188	1,097.8	2.182	3.5
106	R65A20P100	〃	210	390	236.9	33.1	–	–	1,350	–	210	204	207	1,088.8	2.164	4.3
107	R40A12P100	D3G2	360	240	244.6	25.4	1,350	–	–	–	216	211	214	1,105.2	2.196	3.5
108	R50A12P100	〃	300	300	248.8	21.2	1,350	–	–	–	214	207	211	1,107.7	2.201	3.1
109	R65A12P100	〃	210	390	255.2	14.8	1,350	–	–	–	215	206	211	1,106.8	2.200	2.9
110	R40A12P100	D5G2	360	240	244.6	25.4	1,350	–	–	–	214	208	211	1,106.1	2.198	3.4
111	R50A12P100	〃	300	300	248.8	21.2	1,350	–	–	–	213	207	210	1,102.5	2.191	3.5
112	R65A12P100	〃	210	390	255.2	14.8	1,350	–	–	–	210	200	205	1,108.5	2.203	2.7
113	R40A12P100	D8G0	360	240	244.6	25.4	1,350	–	–	–	212	209	211	1,102.2	2.190	3.8
114	R50A12P100	〃	300	300	248.8	21.2	1,350	–	–	–	207	202	205	1,104.7	2.195	3.4
115	R65A12P100	〃	210	390	255.2	14.8	1,350	–	–	–	198	192	195	1,107.6	2.201	2.9
116	R40A12P100	D4G0	360	240	244.6	25.4	1,350	–	–	–	210	205	208	1,099.3	2.185	4.0
117	R50A12P100	〃	300	300	248.8	21.2	1,350	–	–	–	216	212	214	1,110.2	2.206	2.9.
118	R65A12P100	〃	210	390	255.2	14.8	1,350	–	–	–	212	209	211	1,106.2	2.198	3.0
119	R30A12P100	D4G2	420	180	240.9	29.1	–	–	–	1,350	204	198	201	1,110.4	2.207	3.2
120	R40A12P100	〃	360	240	245.0	25.0	–	–	–	1,350	203	194	199	1,113.3	2.212	2.8
121	R50A12P100	〃	300	300	249.2	20.8	–	–	–	1,350	201	192	197	1,111.6	2.209	2.8
122	R65A12P100	〃	210	390	255.4	14.6	–	–	–	1,350	196	191	194	1,108.1	2.202	2.8
3'	R0 A12P100	OPC	600	–	228.4	41.6	–	–	–	1,350	216	210	231	1,130.2	2246	5.4
4'	R0 A20P100	〃	600	–	177.2	92.8	–	–	–	1,350	208	201	205	1,135.5	2257	4.9
216	R30A9 P100	D4G2	420	180	234.5	35.5	–	1,350	–	–	189	189	189	1,080.2	2.310	–
217	R30A12P100	〃	420	180	213.9	56.1	–	1,350	–	–	185	184	185	1,081.4	2.304	–
218	R30A20P100	〃	420	180	158.5	111.5	–	1,350	–	–	179	181	180	1,079.8	2.300	–
219	R40A9 P100	〃	360	240	230.7	39.3	–	1,350	–	–	187	188	188	1,075.5	2.290	–
220	R40A12P100	〃	360	240	210.1	59.9	–	1,350	–	–	188	186	187	1,074.5	2.288	–

実験No	配合名	スラグ種類	結合材 (g)		水量 (g)		骨材量 (g)				フロー値 (mm)			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD2	ZD3	ZI	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量 (g)	単位容積重量 (g/cm³)	空気量 (%)
221	R40A20P100	D4G2	360	240	155.0	115.0	–	1,350	–	–	182	180	181	1.081.2	2303	–
222	R50A9 P100	〃	300	300	226.9	43.1	–	1,350	–	–	189	188	189	1.071.2	2280	–
223	R50A12P100	〃	300	300	206.3	63.7	–	1,350	–	–	180	184	182	1.083.2	2308	–
224	R50A20P100	〃	300	300	151.2	118.8	–	1.350	–	–	180	180	180	1.085.8	2314	–
225	R65A9 P100	〃	210	390	221.3	48.7	–	1,350	–	–	182	182	182	1.071.5	2281	–
226	R65A12P100	〃	210	390	200.6	69.4	–	1.350	–	–	186	186	186	1.079.0	2298	–
227	R65A20P100	〃	210	390	145.5	124.5	–	1,350	–	–	176	176	176	1.086.1	2315	–
301	R0 A6 P40	〃	600	–	270	–	–	540	–	810	186	184	185	975.0	2244	3.47
302	R0 A12P40	〃	600	–	232.3	37.7	–	540	–	810	185	183	184	977.8	2251	3.19
303	R30A12P40	D4G2	420	180	243.6	26.4	–	540	–	810	188	188	188	976.8	2249	2.75
304	R40A12P40	〃	360	240	247.4	22.6	–	540	–	810	188	188	188	972.1	2238	3.04
305	R50A12P40	〃	300	300	251.1	18.9	–	540	–	810	187	186	187	973.4	2241	2.73
306	R65A12P40	〃	210	390	256.8	13.2	–	270	–	1,080	179	177	178	972.4	2239	2.56
307	R0 A6 P20	OPC	600	–	270	–	–	270	–	1,080	186	184	185	973.0	2240	3.00
308	R0 A12P20	〃	600	–	232.3	37.7	–	270	–	1,080	180	180	180	967.0	2226	3.59
309	R30A12P20	D4G2	420	180	243.6	26.4	–	270	–	1,080	184	182	183	975.0	2244	2.26
310	R40A12P20	〃	360	240	247.4	22.6	–	270	–	1,080	186	185	186	969.1	2231	2.67
311	R50A12P20	〃	300	300	251.1	18.9	–	270	–	1,080	184	183	184	974.2	2243	1.98
312	R65A12P20	〃	210	390	256.8	13.2	–	270	–	1,080	181	179	180	973.7	2241	1.76

6.2 試験方法

6.2.1 試験機器

(1) 型 枠

モルタルバー成形用の型枠は，JIS R 5201に規定されている40×40×160㎜のモルタル供試体成形用型枠を用いた。

(2) ゲージプラグ

長さ変化測定用の標点として，JIS A 1129に規定されているステンレス製のゲージプラグを用いた。

(3) モルタル練り混ぜ機

モルタル練り混ぜ用の練り混ぜ機は，JIS R 5201に規定される性能を有するモルタルミキサーを使用した。

(4) 初期養生箱

モルタル成形から脱型までの初期養生は，温度20℃，湿度95%以上を確保できる初期養生箱を使用した。

(5) 38℃養生貯蔵室

モルタルバーの養生は，温度38±1℃が確保できる恒温・恒湿室において，所定の試験期間

に至るまでアクリル製箱型容器に貯蔵した。

(6) 長さ変化測定器

モルタルバーの長さ変化測定器として，測長枠頂部にJIS B 7509に規定された1／1000㎜精度を有するダイヤルゲージ式コンパレータを使用した。

6.2.2 供試体の作成

(1) 練り混ぜ

モルタルの練り混ぜは以下の方法で行った。

① 練り鉢に所定の練り混ぜ水を投入する。

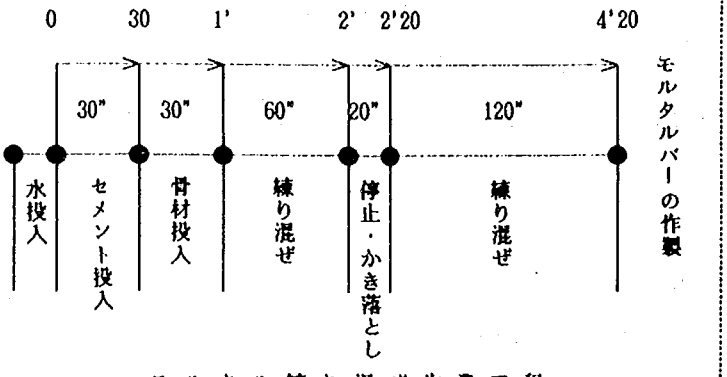
② モルタルミキサーを回転させながら，セメントを投入する。

③ 骨材を30秒間で投入する。

④ 60秒間の練り混ぜを行う。

⑤ 20秒間モルタルミキサーを停止させ，その間にパドル，練り鉢に付着したモルタルのかき落としをする。

⑥ 再び120秒間の練り混ぜを行って完了とする。



モルタル練り混ぜ作業工程

(2) 成 形

練り混ぜ完了後，直ちに所定の型枠を用いて供試体の成形を行った。以下にその方法を示す。

① 型枠の漏水を防ぐためメタルタッチ部分に充分なグリース処理を行う。

② モルタルの充填は2層づめとし，1層ごと15回のつき固めを行い，さらにナイフエッヂでスページングおよび木づちで型枠を軽く叩き，気泡の追い出しを行う。

③ モルタルの打設面はブリージングによる沈降を防ぐため5㎜程度の余盛りを行う。

④ 以上の作業が完了してから約4時間，初期養生箱に格納する。

⑤ モルタル打設面の仕上げは打設4時間後ストレートエッジにて行う。

⑥ 脱型は打設後おおむね24時間後とする。

(3) 養　生

初期測定を行った後，モルタルバーを38℃の養生を行った。養生方法はモルタルバーに吸い取り紙を巻きつけ，イオン交換水を含ませた後，ビニール袋にいれ38℃の養生貯蔵室に置かれたアクリル製貯蔵容器に格納した。

6.2.3　長さ変化の測定

(1) 長さ変化の測定

モルタルバーの長さ変化の測定は，2，4週，2，3，4，6，9，12ケ月時において実施した。

測定方法は20℃の恒温室におかれたコンパレータに標準棒をセットし，ダイヤルゲージの中央値を1000と合わせた後モルタルバーをセットした。長さ変化の読み取りは膨張方向を1001，1002，・・・収縮方向を999，998，・・・と読み取った。なお，モルタルバーは測定時のおおむね24時間前に容器ごと20℃の恒温室に移した。

(2) 長さ変化率の算定

長さ変化率の算定は，各測定材令時の測定値から初期値を差し引き，その値を基準長140㎜で除し百分率で示した。各配合の長さ変化率はモルタルバー3本の平均値とした。

6.2.4　膨張試験用モルタルバーの外観観察

膨張試験用モルタルバーの表面性状を目視にて観察し，別途定めた外観観察評価基準（表6.5参照）により整理した。

観察は試験期間12ケ月以上経過したものについて行い，膨張試験用モルタルバーの上下左右の全面に対し行った。

6.3　モルタルバー膨張試験結果

6.3.1　基準骨材モルタルバー膨張傾向

図6.1に基準骨材ZIを用いたモルタルバー膨張試験結果を示す。

試験結果およびまとめ

(1) 基準骨材ZIは，ASTM C 289により無害域に位置するものであり，我が国でこれまでに生産されたセメントの上限に位置するものと考えられるアルカリ量（R_2O＝1.16％）を持つポルトランドセメントに対しても，6ケ月経過時において膨張率が0.05％以下となっている。また，これは12ケ月経過時でも同様である。

(2) ポルトランドセメントのアルカリ量をR_2O＝1.96％の高い条件まで増加させると急激に膨張が大きくなり，12ケ月経過時で0.3％程度まで上昇する結果となった。これは，ポルトランドセメントのアルカリ量の水準が2％程度と極端に高い場合には，無害域にある骨材でも膨張が起こることを示唆している。

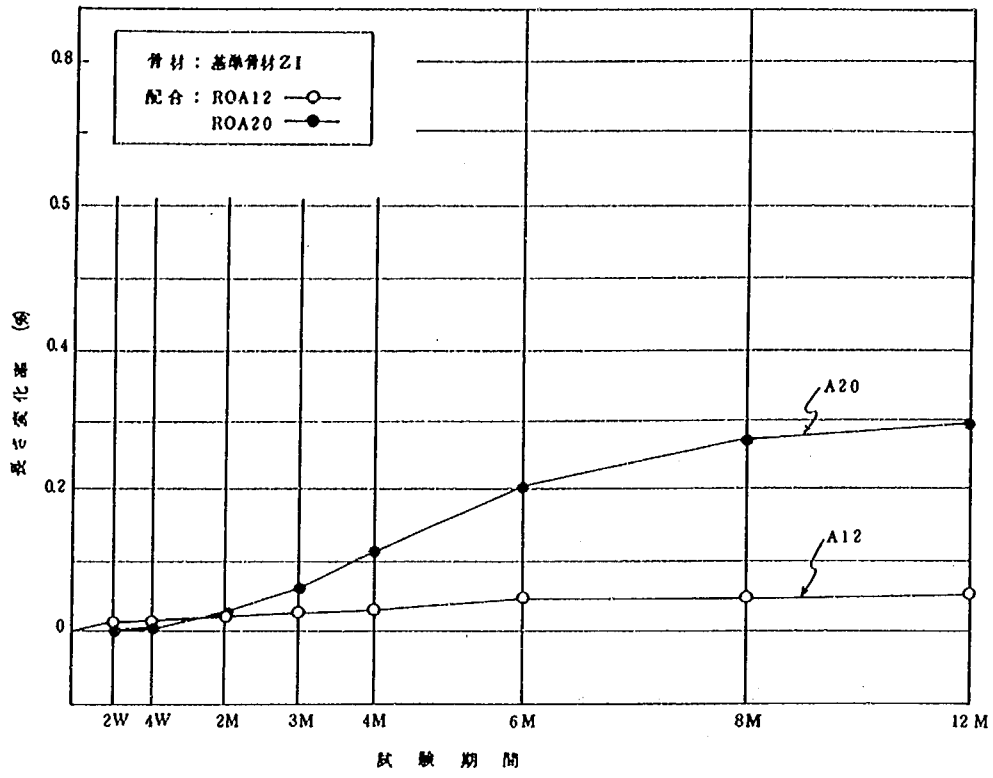


図 6.1　ポルトランドセメントに対する基準骨材の膨張傾向

6.3.2　スラグ粉末度の膨張抑制効果に与える影響

図 6.2 に，スラグ粉末度を 3000，4000，5000，8000 cm^2/g 級に変化させたスラグ D3G2，D4G2，D5G2，D8G0 を行い，反応性骨材 ZD1 および ZD2 とのモルタルバー膨張試験の結果を示す。なお，試験条件のうち全結合材のアルカリ量は $R_2O=1.16\%$ とした A12 の一水準のみとした。

試験結果およびまとめ

(1) スラグ D3G2，D4G2，D5G2 による反応性骨材 ZD1 および ZD2 の膨張傾向は，それぞれにおいて同様の傾向を示している。このことは，スラグの粉末度が 3000～5000 cm^2/g 程度の範囲では，その違いが膨張抑制効果に与える影響が少ないことを示している。

また，8000 cm^2/g 級のスラグ D8G0 によるものは全般的にやや小さい抑制効果を示しており，他のスラグと同様に取り扱うには今後さらに膨潤量などについて検討を加えることが，必要とみられる。

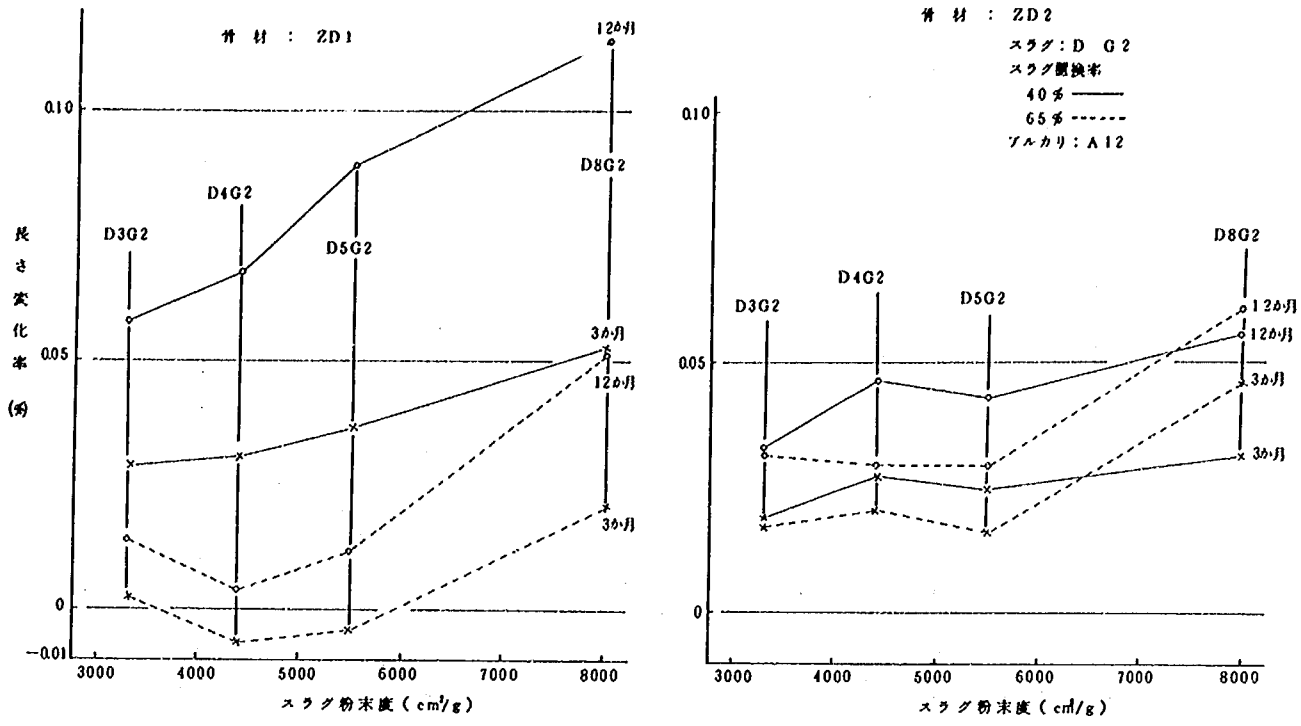


図 6.2　スラグ粉末度が膨張量に及ぼす影響

6.3.3　スラグ中の石こうが膨張抑制効果に与える影響

石こうを添加しているスラグ D4G2 と添加していないスラグ D4G0 を用い，反応性骨材 ZD1 および ZD2 とのモルタルバー膨張試験の結果を図 6.3 に示す。

試験結果およびまとめ

(1) 反応性骨材 ZD1 および ZD2 を用いた膨張試験結果は，石こう添加のスラグ D4G2 によるモルタルバーの膨張量が多少小さくなっているが，明確な差とはならなかった。このことから，膨張抑制効果は石こうの有無にはほとんど関係がなくスラグ置換率の大小に依存していると考えられた。

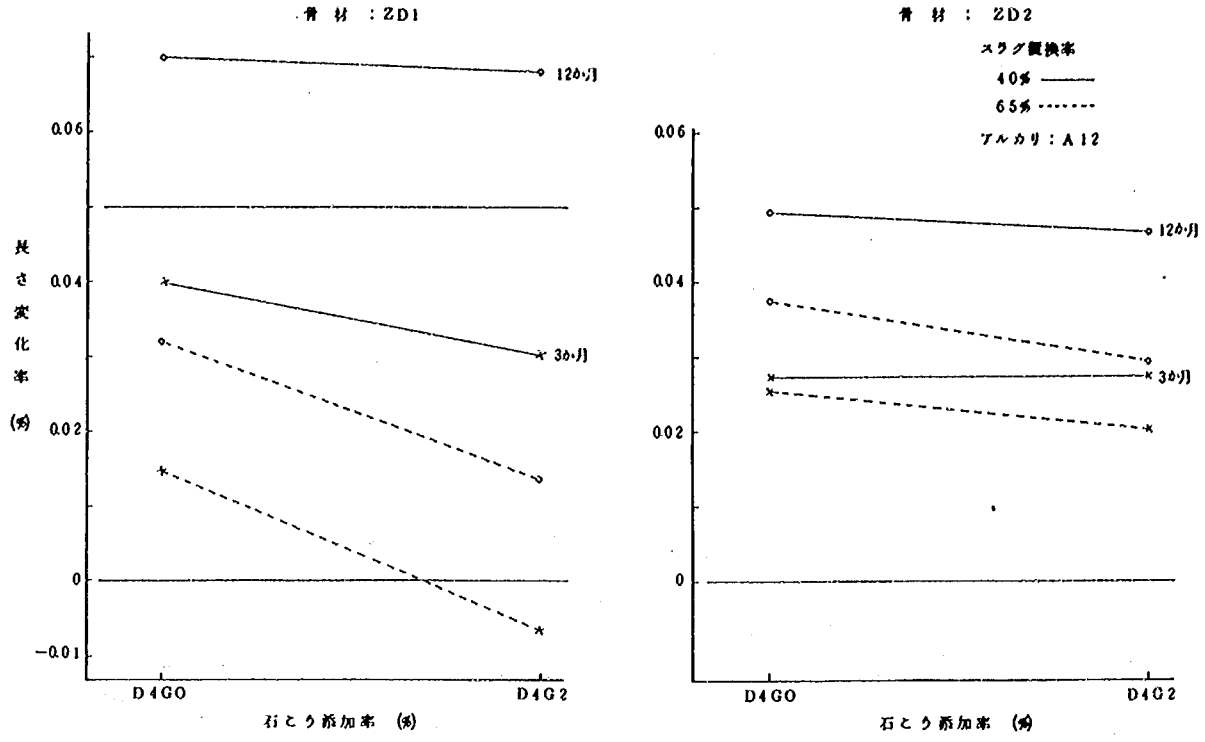


図 6.3　石こう添加率と長さ変化率の関係

6.3.4　スラグ銘柄の違いによる膨張抑制効果の差

反応性骨材 ZD2 を用い，スラグを D4G2，J4G0，C4G0 としたときのスラグ置換率とモルタルバー膨張率との関係を図 6.4 に示す（試験期間12ケ月）。その他の試験期間の膨張量は巻末資料に示す。

試験結果およびまとめ

(1) アルカリ量が $R_2O = 1.96\%$ という高い条件下では，第5章のパイレックスガラス骨材モルタルバーの場合と同様にスラグ銘柄による膨張抑制効果の差が明確となった。また，その膨張抑制効果も D4G2，C4G0，J4G0 の順となり同様の結果となった。

しかし，アルカリ量 $R_2O = 1.16\%$，0.96% では，スラグ置換率30%で多少の差が出ているものの，スラグ置換率40%以上の範囲となるとスラグ銘柄による膨張抑制効果の差は，非常に小さい結果となった。

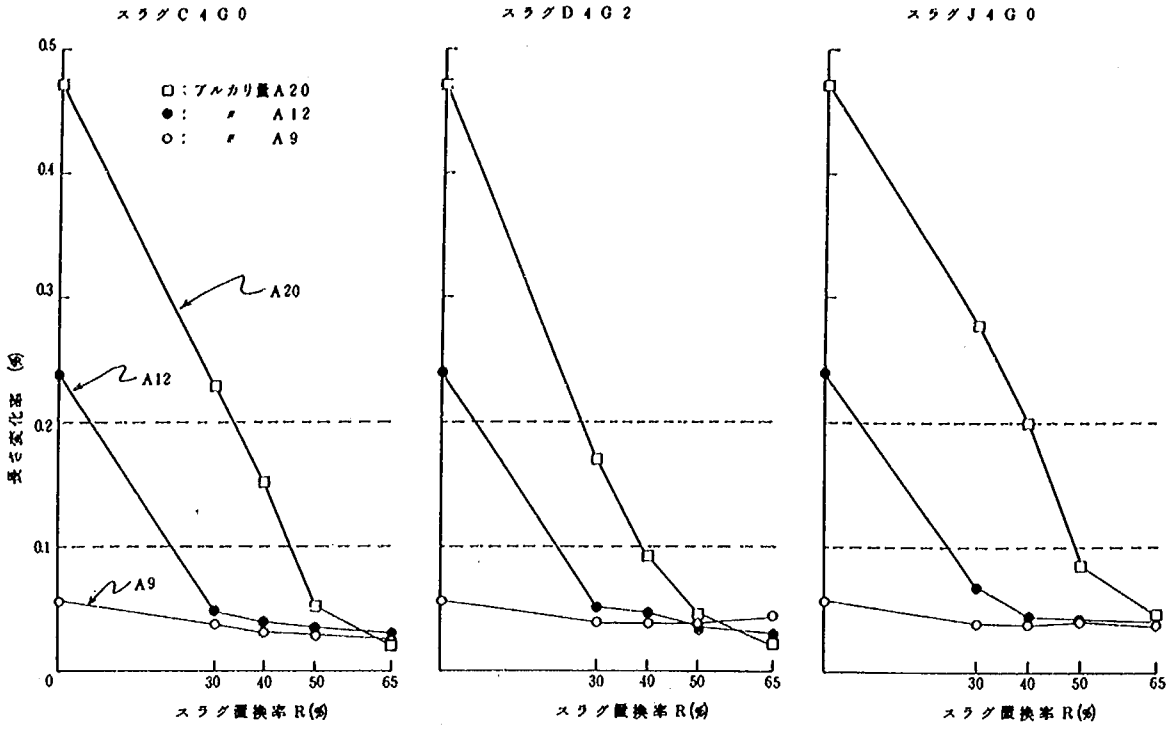


図 6.4　スラグ銘柄の違いが膨張抑制効果に与える影響
（試験期間12ケ月，骨材 ZD2）

6.3.5　骨材の違いによる膨張抑制効果の差

反応性骨材 ZD1，ZD2，ZD3を用いたモルタルバー膨張試験を行った。骨材種類の違いによる膨張増加傾向を図 6.5に，また，ポルトランドセメント中のアルカリ量を $R_2O=1.16\%$ としたときのスラグ置換率と試験期間12ケ月での膨張量との関係を図 6.6 に示す。なお，これ以外の関係については巻末資料に記載した。

試験結果およびまとめ

(1)　骨材種類の違いによる膨張増加傾向について（図 6.5 および図 6.6 参照）

骨材種類の違いによる膨張増加傾向を比較検討するためにはスラグ D4G2 を選定した。スラグ D4G2 とその他の銘柄の膨張抑制作用の性状は図 6.4 で対比されるが，$R_2O=0.86\%$～1.16% のアルカリレベルで置換率40%以上の場合は大差ない結果となっている。

①　骨材種類の違いによるモルタルバーの膨張増加傾向には明確な差異が認められ，スラグ置換率 (R) 0，アルカリ量A12（$R_2O=1.16\%$），試験期間12ケ月における膨張量を比較すると ASTM C 289 で潜在的有害域に位置した ZD3 が最大となり ZD3＞ZD2＞ZD1 の順であった。また，この傾向はスラグ置換率 (R) 0，アルカリ量A6（$R_2O=0.55\%$）においても同様であった。

②　スラグで置換することによる膨張抑制効果は安山岩である ZD2 と ZD3 に顕著に現れ，ZD1（チャート）に対する効果はスラグ置換率30～40%において他に比べ低い結果となった。

③ 試験期間6ケ月または9ケ月以降12ケ月にかけて，モルタルバーの膨張が落ち着く傾向となった試験組合せを膨張率0.1％以下の範囲でみると，スラグ置換率(R) 0％から40％までの場合，全ての骨材に対しポルトランドセメント中のアルカリ量A9（R_2O=0.86％）以下でその傾向が認められた。また，スラグ置換率(R)50％では，骨材ZD3において一部増加傾向がみられるものの，アルカリ量A12（R_2O=1.16％）まではその傾向となった。最大のスラグ置換率R65％では，全般的にモルタルバーの膨張量が小さく，低アルカリ形普通ポルトランドセメント（R0A6）の傾向と類似したものとなった。

④ 骨材ZD2の試験結果のうち，ほとんどの試験組合せにおいて試験期間9ケ月(39週)から12ケ月にかけて膨張率が小さくなる傾向となっているが，これは膨張試験用モルタルバーが養生中に水分の不足で乾燥したためと考えられる。

(2) スラグ置換率とモルタルバー膨張量について（図6.5および図6.6参照）

ポルトランドセメント中のアルカリ量がR_2O＝0.86％の場合スラグ置換率40％で膨張率0.05％以下となった（図6.5），R_2O=1.16％の場合はデータを整理して図6.6に示す。なお，図6.6では試験期間12ケ月のモルタルバー膨張率が低下傾向のときはピーク材令の膨張量を用いた。また，骨材ZD2のシリーズについてはC4G0，D4G2，J4G0の3種を用いていたため，これらをすべて示す。

① スラグ置換率が増大するといずれも膨張率は低下するが，ZD2の場合ある一定以上の置換率では膨張率が一定となる傾向を示した。

② ZD1はスラグ置換率に応じて直線的に膨張量が低下し，スラグ置換率65％で膨張量はほぼ0となった。

③ 各レベルの膨張量以下にモルタルバー膨張率を下げるための所要のスラグ置換率は図6.6によると以下の通りとなる。

表6.4 骨材ごとの所要スラグ置換率

骨材種類	スラグ置換率(％)	
	膨張率0.1％の場合	膨張率0.05％の場合
骨材 ZD1	34	45
骨材 ZD2	25	42
骨材 ZD3	26	44

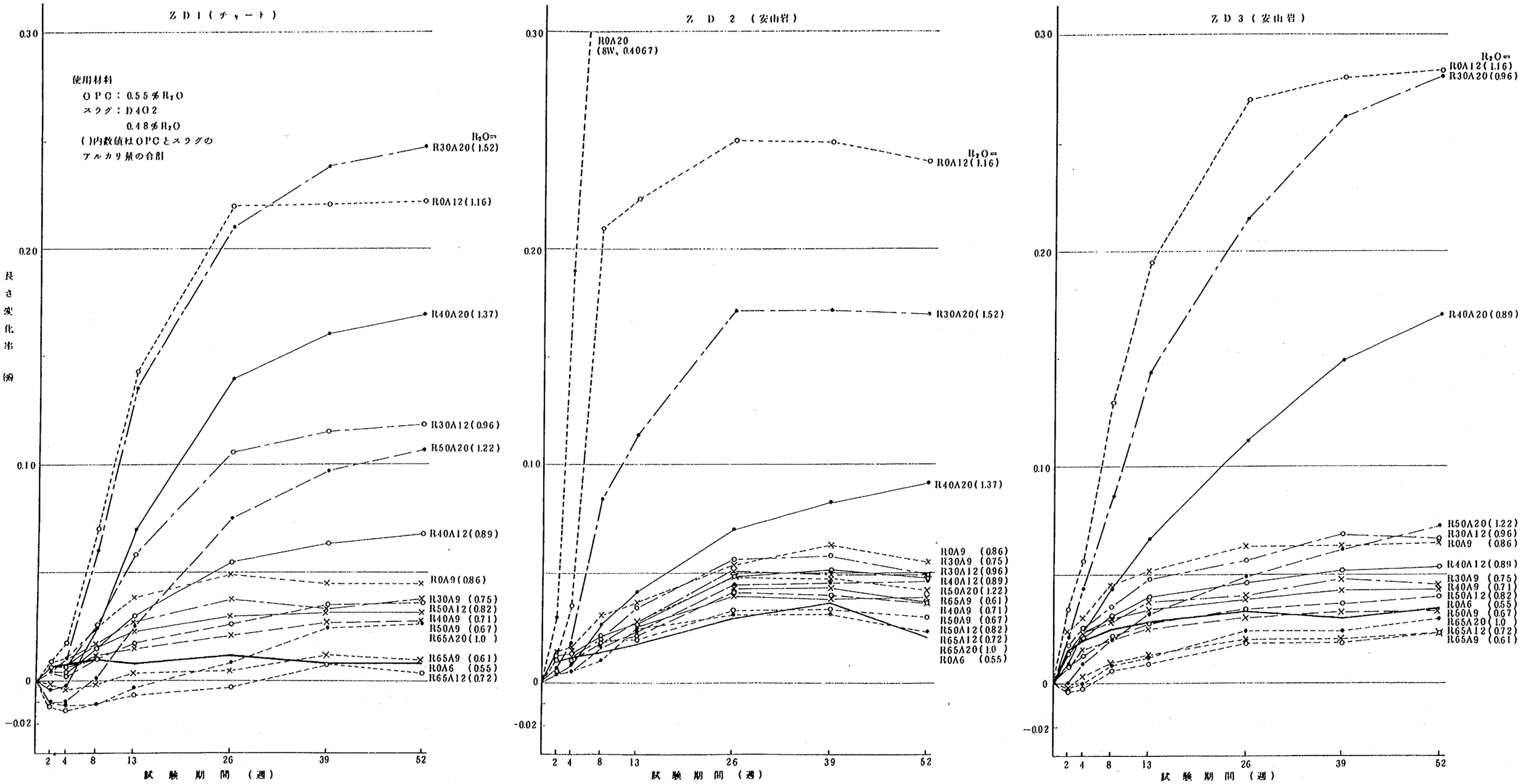


図6.5　スラグ置換率，OPCのアルカリ水準及び反応性骨材が膨張特性に及ぼす影響

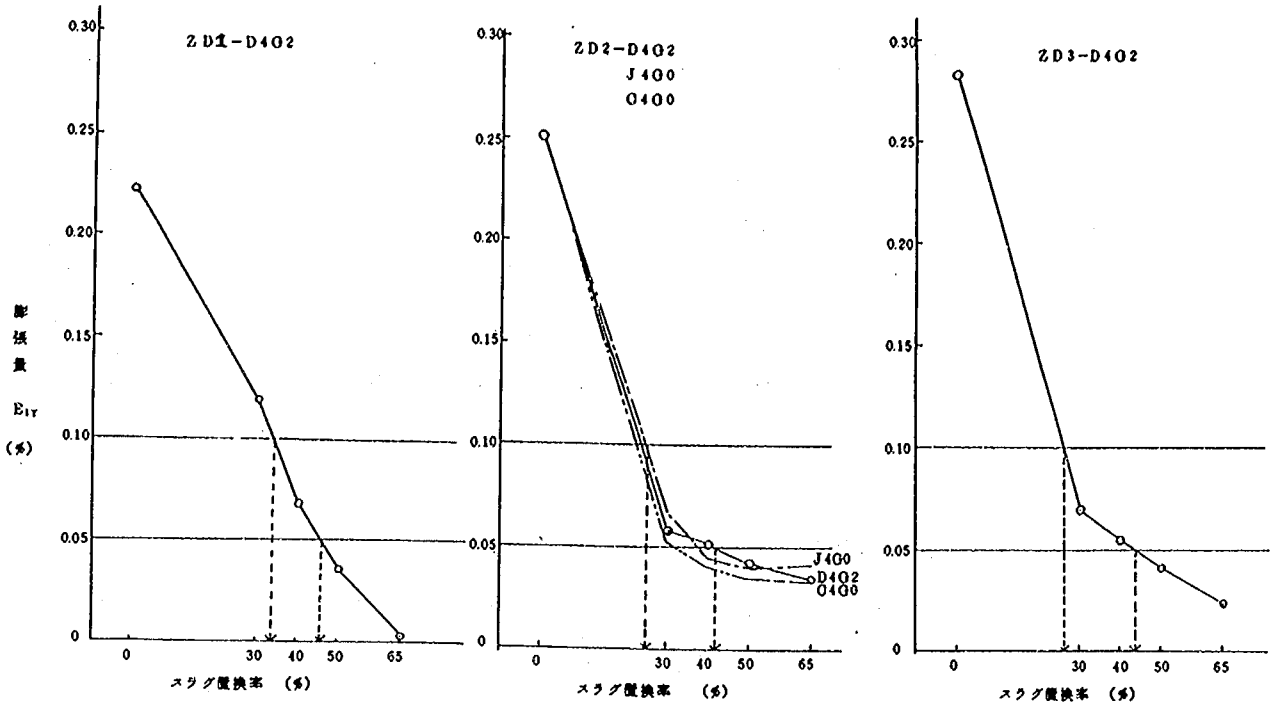


図 6.6　スラグ置換率と膨張量の関係（OPCのアルカリ量 1.16% R_2O）
（材令 12ケ月またはピーク材令）

6.3.6　土研法モルタルバーの外観観察

〔備考 4〕に示す表 6.7 を参考に定めたモルタルバーの目視観察による評価基準を表 6.5 のように定め，これによる試験期間12ケ月以上経過したモルタルバーの観察結果を表 6.6，表 6.9，図 6.8 および図 6.9 に示す。

試験結果およびまとめ

(1)　ひびわれの発生場所について

観察はモルタルバー上下左右の全面について行ったが，モルタルバーの成形時にストレートエッヂにて仕上げをした上面にはひびわれが発生していなかった。

(2)　膨張量とひびわれの関係について

モルタルバーの膨張が 0.03%未満では，ひびわれがほとんどなく表 6.5 の格付けは 0 であったが，0.03%以上では，ひびわれ発生状況が骨材の種類によって異なる結果となった。

なお，ひびわれ発生状況，膨張に関するモルタルバーの寸法の影響についての資料[31] や 25×25×285 mm モルタルバーの場合の外観観察の格付評価の例[32]〔備考 4〕に示す。

(3)　ひびわれとスラグ置換率について

40×40×160 mm モルタルバーの表 6.5 にもとづく損傷の格付け（図 6.9）から，表 6.9 のとおり格付けごとに各骨材のスラグ置換率が求められる。

表 6.9 から，アルカリ量 1.2% R_2O 級のポルトランドセメントに対し，許容できる損傷の格付けを 1 以内とすれば，50%以上のスラグ置換率であれば 3 種の骨材とも十分である。

しかし，ひびわれの有無あるいは損傷の格付けとモルタルバーの膨張量の間には一義的に断定的な関係はない。たとえば，後述の表8.2の格付けの欄に示すようにZD2の骨材はひびわれがZD1またはZD3よりも著しくなく，ZD2-C4G0の組合せはすべての置換率について格付け0であって膨張量の大小と無関係であった。

なお，表8.2の格付け0は，6～12ケ月の間の膨張量減少率の最小値に対してはR_e＝76.1～96.7％と位置付けられ，格付け1に対してはR_e＝71.8～85.9％の間にあった。また，短期材令の3ケ月での膨張量減少率に対しては，格付け0の場合R_e＝83.0～104.7％，格付け1の場合71.2～86.1％であって，長期材令の方が抑制効果が小さな傾向を示した。

混和材の有効性を行い示す膨張量減少率$R_e \geqq 75$％の考えを適用すると，12ケ月までの土研法モルタルバー膨張試験から求まる表6.4による格付けは，0～1以内となる。

表6.4の格付けの値に対してR_e＝75％とすることが最も妥当かは不明であるが，後述の表8.5の欄外の注記からはR_e＝79％が推定されている。

表6.5　モルタルバーの外観観察評価基準

格　付	モルタルバーの外観状況
0	ひびわれ（亀甲状，線状）なし
1	0.04㎜程度のひびわれが一部にある
2	0.04㎜程度のひびわれが全面に存在し、一部0.06㎜程度のひびわれがある
3	0.06㎜程度のひびわれが全面に存在し、一部0.08㎜程度のひびわれがある
4	0.08㎜程度のひびわれが全面に存在し、一部0.10㎜程度のひびわれがある
5	0.10~0.15㎜程度のひびわれが全面に存在する。

表 6.6　モルタルバーの外観観察結果

（ひびわれ観察本数）

膨張率	骨材	スラグ置換率（%） 0	30	40	50	65
0.03 % 未満	ZD3					8
	ZD2	3			3	15
	ZD1	3			12	132
0.03 % 以上	ZD3	3			6	
	ZD2		42	8	138	3
	ZD1		3	12	6	21
0.04 % 以上	ZD3		3	3		
	ZD2		3	144	3	6
	ZD1	21			21	
0.05 % 以上	ZD3	3 3	3 3	42	3	
	ZD2	2433	6111	9	33	
	ZD1	3	3 3	105	6	
		012345	012345	012345	012345	012345
		ひびわれの格付				

モルタルバーの膨張率(%)	点検数(本)	ひびわれのあるモルタルバーの個数割合 (%)
0.10 以上	114	100.0
0.05~0.10	69	69.6
0.03~0.05	29	43.4
0.03 以下	102	8.8

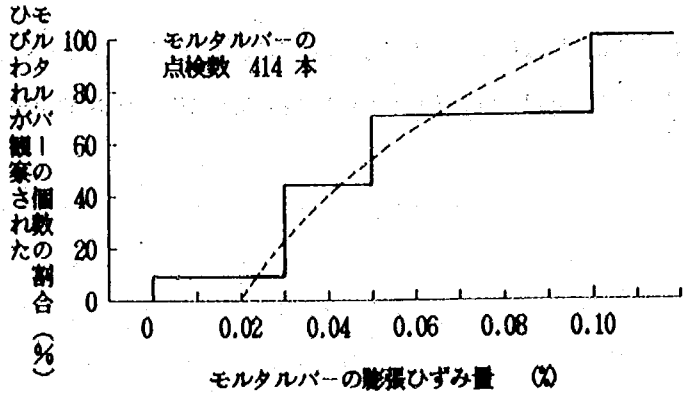


図 6.8　モルタルバーの観察結果

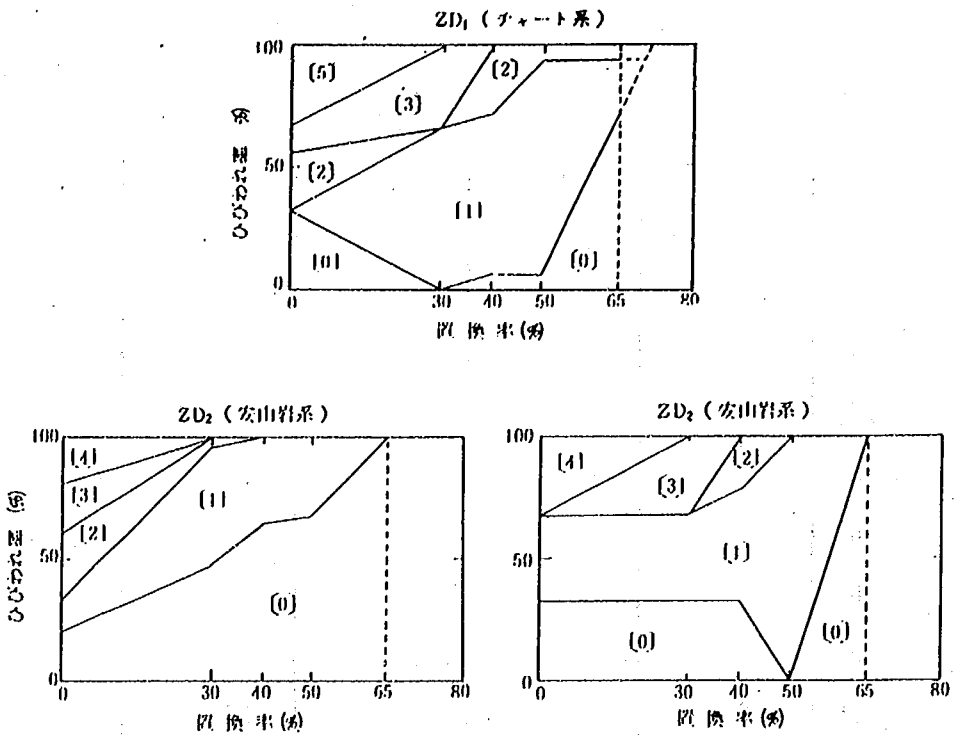


図 6.9　スラグ置換率と損傷の格付別のひびわれ

表 6.9　損傷の格付とスラグ置換率（OPCのアルカリ量 1.16％ R_2O）

骨　材	格付け.2 以内	格付け 1 以内	格付け 0
ZD1	40％以上	50％以上	——
ZD2	30％以上	40％以上	65％以上
ZD3	40％以上	50％以上	65％以上

〔備考 4〕

Bakker[31] によると 20×20×160㎜ と 40×40×160㎜ のモルタルバーでは後者の方が大きな膨張を示し（図 6.7）かつ，ひびわれが後者では見られても前者では見られないものが多いことを指摘している。

これはひびわれの間隔がほぼ20㎜であることに起因していると述べており，ASTMの 25×25×285㎜ のモルタルバーでは観察できないひびわれが 40×40×160㎜ のものではみられることになる。

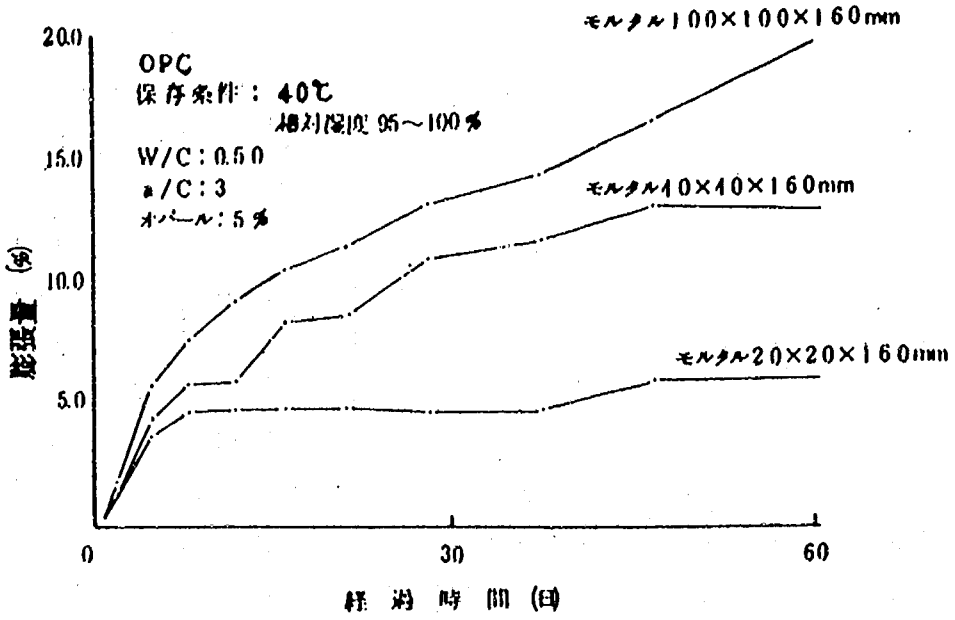


図 6.7　モルタルバーの寸法が膨張量に及ぼす影響

Pepper and Mather[32] は 25×25×285㎜ のモルタルバーの観察による損傷の程度を次のように行った。

(a) 外観観察（そり，表面滲出ゲル，表面ひびわれ）による反応の兆候

(b) 切断面による内部のゲルおよび骨材の反応状況の観察

表 6.7　目視および実体鏡による外部損傷の格付

0	打ち込んだときと同じ状態で，反応の兆候なし
1	反応が僅かにみられる
2	反応が僅かにみられるが，その兆候はやや多い
3	軽度の反応があり，いく分損傷している
4	状態 3 と 5 の中間
5	激しく反応していて，損傷と劣化がみられる

彼らがASTM C 441 によって行った膨張量減少率 R_e＝75％に合致する混和材（スラグ，フライアッシュ，火山質ガラス，焼成オパール質けい岩，未焼成ディアトメーン）5 種とセメント（1.07％R_2O）の組合せ格付けはOPC単味を含め 1 または 2 で，最適置換率の推定量とその半分の置換率の格付けが違ったのはスラグ 1，フライアッシュ 1，凝灰岩，黒曜石の 4 種に過ぎなかった。（表 6.8 にスラグのみを示す。）

表 6.8　Pepper and Mather のデータの抜粋[32)]

	置換率容積比	モルタルバー膨張率 (%)			膨張量減少率 R_E (%)			損傷の格付	モルタルバーのそり (%)
		14 日	6 ヵ月	1 年	14 日	6 ヵ月	1 年		
パイレックスガラス骨材									
OPC A (1.07%) スラグ I (0.97%R_2O)	0 %	0.106	0.021	0.230	—	—	—	2	0.05
	25 %	0.060	0.098	0.102	43	56	56	2	0.03
	50 %	0.008	0.011	0.014	92	95	94	1	0.0
スラグ (0.89%R_2O)	25 %	0.084	0.117	0.123	21	47	47	2	0.04
	50 %	0.021	0.025	0.028	80	89	88	2	0.02
90%Sioux けい岩（無害） ＋ 10% オパール質けい岩									
OPC A	0 %	0.159	0.681	0.803	—	—	—	5	0.06
スラグ I	50 %	0.010	0.117	0.180	94	83	78	3	0.0
100%Siouxけい岩（無害骨材）									
OPC A	0 %	0.004	0.027	0.057	—	—	—	2	0.0

またSiouxけい岩＋Klufa オパールけい岩によるモルタルバーの膨張の方がパイレックスガラスの場合よりも大きく，また格付けも大きかった。

Pepper and Mather の結果では（一部は表 6.8 に示す）パイレックスガラス骨材＋1.07％OPC／混和材の組合せでは，いずれの混和材置換率でも（スラグは50％まで，フライアッシュは45％まで，ポゾランは35％まで置換した場合）格付けは 1 と 2 で 0 はなかった。

天然の反応性骨材と 1.07％ OPC／混和材の組合せでは，ほとんどが格付けは 3 で 5 と 2 が一部みられた。また無害骨材の 1.07％ OPC モルタルの格付けは 2 であった。

6.4　各試験結果のまとめ

高炉スラグ粉末と天然砕石とを組み合わせたモルタルバー膨張試験を行い，膨張率の測定およびモルタルバーの外観観察を行った結果をまとめると以下の通りとなる。

(1)　基準骨材モルタルバーの膨張傾向

ポルトランドセメント中のアルカリ量が 2％程度と高いアルカリ雰囲気になると ASTM C 289 で無害域に入る骨材でも大きい膨張を示す。R_2O＝1.16％のアルカリ量に対する膨張量は 0.05％を越さなかった。

(2)　スラグ粉末度および石こう量が膨張抑制効果に与える影響

膨張抑制効果は，スラグ粉末度および石こう量の違いにはほとんど影響されず，スラグ置換率に支配される。

(3)　スラグ銘柄が膨張抑制効果に及ぼす影響

我が国の高炉スラグ粉末の膨張抑制効果は，パイレックスガラス骨材に対しては置換率が50％

以下ではスラグ銘柄の差が見られたが（ポルトランドセメントのアルカリ量1.0％に対して），天然の反応性骨材に対しては，スラグ銘柄間の差がほとんどない結果となった（ポルトランドセメントのアルカリ量1.2％の場合）。

(4) 骨材の違いによるモルタルバー膨張傾向

骨材種類の違いによるモルタルバー膨張増加傾向にはスラグ置換率30～40％ではその差が見られたが，スラグ置換率50％では大差なかった。また，同じ安山岩の骨材でも産地によって膨張パターン，膨張量に違いのある結果となった。

(5) スラグ置換率の影響

ポルトランドセメント中のアルカリ量がR_2O＝0.9％程度以下の場合，スラグ置換率40％で十分膨張抑制効果がみられた（図6.5のZD3が限界状態）。

また，アルカリ量がR_2O＝1.16％では少なくともスラグ置換率45％以上は必要であった（表6.4）。

(6) モルタルバー外観観察

目視による外観観察を行い評価基準を設定して整理したモルタルバーのひびわれ状態は，必ずしも膨張量との関係が明確なものとはならなかった。表6.4による評価が格付〔1〕以内のものはスラグ置換率50％以上必要である。

7. 膨張抑制メカニズムの検討試験

本試験は，高炉スラグ粉末のアルカリ骨材反応抑制効果に関するメカニズムを解明することを目的として，アルカリ量の水準，高炉スラグ粉末の置換率，石こう量の影響などいくつかの要因をとりあげ，それぞれの水準を変化させた組合わせによりパイレックスガラス骨材を用いたモルタルバー膨張試験を実施したものである。

7.1 試験組合せおよび配合条件

7.1.1 要因と水準

(1) スラグのアルカリは0とみなし，アルカリ量をポルトランドセメントに対する量の水準とした場合と全結合材（セメント＋スラグ）に対する量の水準とした場合における，スラグ置換率の影響

- アルカリ水準　　0.51，0.98，1.43％　（eq. Na_2O）
- スラグ銘柄　　C4G0，D4G2，J4G0，D3G0，D8G0

（比較試料・・・フライアッシュ，ケイ砂粉末（これらのアルカリも0とみなす）

- スラグ置換率　　0，25，30，40，50，65，70％

(2) 石こう量の影響

- 石こう由来の SO_3　　0，1，2，3％
- スラグ銘柄　　D4G2
- スラグ置換率　　40％
- アルカリ量　　0.98％（eq. Na_2O，対全結合材量）

(3) スラグ粉末度の影響

- スラグ粉末度（銘柄）　3,290 cm^2/g（D3G0），4,500 cm^2/g（D4G2）
  7,860 cm^2/g（D8G0）
- スラグ置換率　　40，50，60％
- アルカリ量　　0.98％（eq. Na_2O，対全結合材量）

7.1.2　試験組合わせ及び配合条件

各要因と水準による試験組合わせ及び配合条件を表7.1に示す。

表 7.1　試験組合わせ及び配合条件

パイレックスNo.7740　　W/(C+Sg)＝43％
OPC(eq·Na_2O＝0.51％)

No.	スラグ種類	スラグ置換率（％） R0	R25	R30	R40	R50	R65	R75	アルカリ量（スラグ中のアルカリを0と考え，九州合材中のアルカリ量）	備考
1	OPC	○							補正なし　0.51％	スラグ置換によりアルカリ減少
2	D4G2		○						〃　0.51×(1−0.25)＝0.38	
3	〃			○					〃　0.51×(1−0.3)＝0.36	
4	〃				○				〃　0.51×(1−0.4)＝0.31	その1試験（以下その1と表示）でeq·Na_2O 1.0％で
5	〃					○			〃　0.51×(1−0.5)＝0.26	R65の膨張が小さいのでR75は実施しない。
6	〃						○		〃　0.51×(1−0.65)＝0.18	その1の考え方
7	OPC	○							0.51 ＋ 0.45（補正）＝0.96％	ベースOPCのアルカリを1.0％とする。
8	D4G2		○						0.51×0.75＋0.45×0.75（補正）＝0.72	スラグ置換によりアルカリ減少
9	〃			○					0.51×0.7 ＋0.45×0.7 〃 ＝0.67	
10	〃				○				0.51×0.6 ＋0.45×0.6 〃 ＝0.58	その1の考え方
11	〃					○			0.51×0.5 ＋0.45×0.5 〃 ＝0.48	
12	〃						○		0.51×0.35＋0.45×0.35 〃 ＝0.34	
13	〃							○	0.51×0.25＋0.45×0.25 〃 ＝0.24	
14	OPC	○							0.51 ＋0.9（補正） ＝1.41	ベースOPCのアルカリを1.41％とする。
15	D4G2		○						0.51×0.75＋0.9 ×0.75 ＝1.06	スラグ置換によりアルカリ減少。
16	〃			○					0.51×0.7 ＋0.9 ×0.7 ＝0.99	
17	〃				○				0.51×0.6 ＋0.9 ×0.6 ＝0.85	その1の考え方
18	〃					○			0.51×0.5 ＋0.9 ×0.5 ＝0.71	1.41％は1.0−0.51＝0.49
19	〃						○		0.51×0.35＋0.9 ×0.35 ＝0.49	1.0−0.41＝1.41より定めた。
20	〃							○	0.51×0.25＋0.9 ×0.25 ＝0.35	
21	D4G2		○						0.38 ＋0.14（補正） ＝0.52	ベースOPCのアルカリを0.51％とする。
22	〃			○					0.36 ＋0.16 〃 ＝0.52	スラグ置換によりアルカリ減少，減少アルカリを
23	〃				○				0.31 ＋0.22 〃 ＝0.53	NaOH添加し，eq·Na_2Oを0.51にする。
24	〃					○			0.26 ＋0.27 〃 ＝0.53	
25	〃						○		0.18 ＋0.36 〃 ＝0.54	R0はNo.1で実施
26	D4G2		○						0.38 ＋0.59（補正） ＝0.97	ベースOPCのアルカリを0.98％とする。
27	〃			○					0.36 ＋0.61 〃 ＝0.97	スラグ置換によりアルカリ減少，減少アルカリを
28	〃				○				0.31 ＋0.67 〃 ＝0.98	NaOH添加し，eq·Na_2Oを0.98％にする。
29	〃					○			0.26 ＋0.72 〃 ＝0.98	
30	〃						○		0.18 ＋0.81 〃 ＝0.99	R0はNo.7で実施
31	〃							○	0.13 ＋0.86 〃 ＝0.99	
32	D4G2		○						0.38 ＋1.04（補正） ＝1.42	ベースOPCのアルカリを1.43％とする。
33	〃			○					0.36 ＋1.06 〃 ＝1.42	スラグ置換によりアルカリ減少，減少アルカリを
34	〃				○				0.31 ＋1.12 〃 ＝1.43	NaOH添加し，eq·Na_2Oを1.43％にする。
35	〃					○			0.26 ＋1.17 〃 ＝1.43	
36	〃						○		0.18 ＋1.26 〃 ＝1.44	
37	〃							○	0.13 ＋1.31 〃 ＝1.44	
38	J4G0					○			0.98	スラグ銘柄の影響
39	〃						○		0.98	
40	〃							○	0.98	
41	C4G0					○			0.98	
42	〃						○		0.98	
43	〃							○	0.98	
44	J4G0				○				0.98	石こうの影響　SO_3 1％
45	J4G1				○				0.98	〃 2％
46	J4G2				○				0.98	〃 3％
47	J4G3				○				0.98	
48	D8				○				0.98	粉末度の影響
49	〃					○			0.98	
50	〃						○		0.98	
51	ケイ砂		○						0.98	ケイ砂の影響
52	〃				○				0.98	
53	〃					○			0.98	
54	〃		○						補正なし	
55	〃				○				〃	
56	〃								〃	
57	FA		○						0.98	FAの影響
58	〃				○				0.98	
59	〃					○			0.98	
60	〃		○						補正なし	
61	〃				○				〃	
62	〃					○			〃	
63	D3G0				○				0.98	粉末度の影響
64	〃					○			0.98	
65	〃						○		0.98	

7.2 試験方法

モルタルバー膨張試験の方法はASTM C 441−81によった。したがって供試体は25×25×285 mmの角柱である。膨張量測定材令は2，4，6，8，13週とした。

7.3 試験結果

モルタルバー膨張試験結果を図7.1〜図7.16に示す。なお，供試体モルタルの配合及びモルタルバー膨張量の測定結果の詳細については，まとめて巻末の資料に示す。

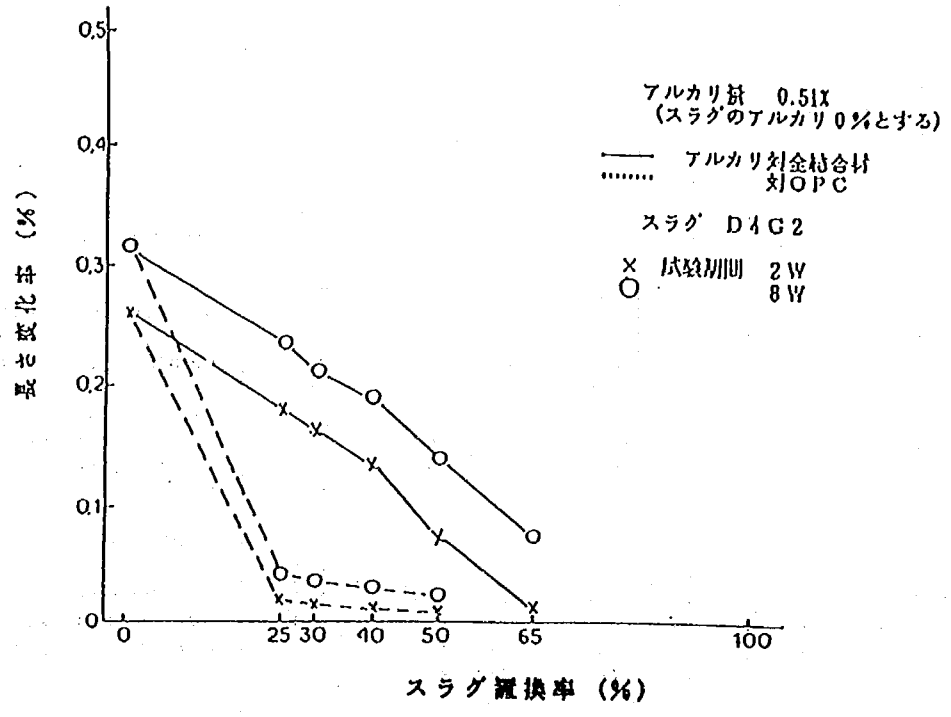


図7.1 スラグ置換率と膨張量の関係（アルカリ量$R_2O=0.51\%$）

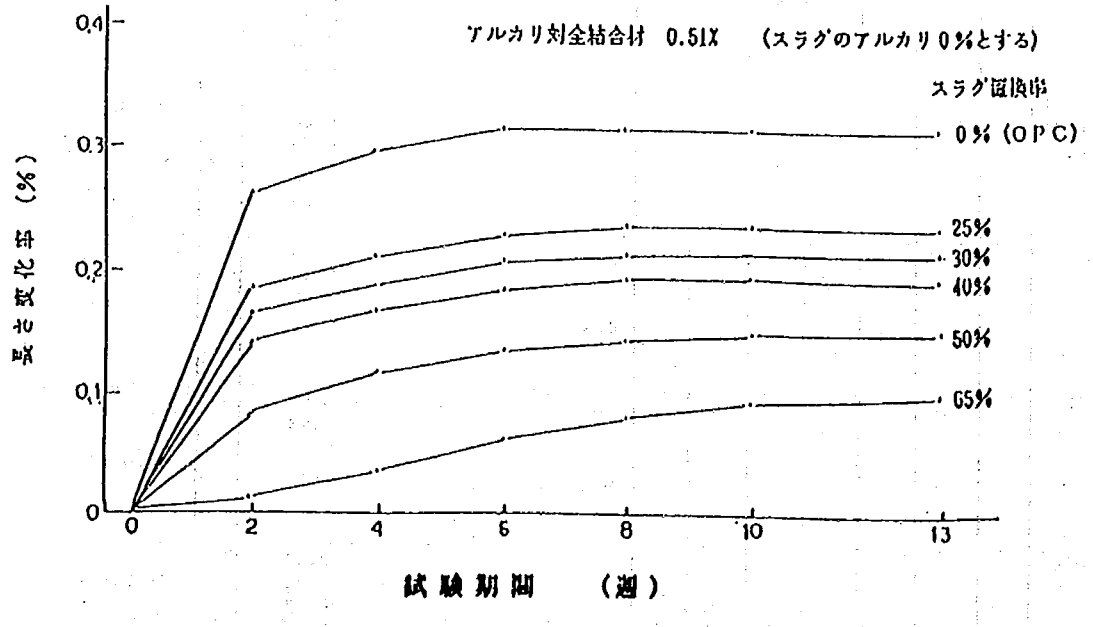


図7.2 試験期間と膨張量の関係（アルカリ量$R_2O=0.51\%$）

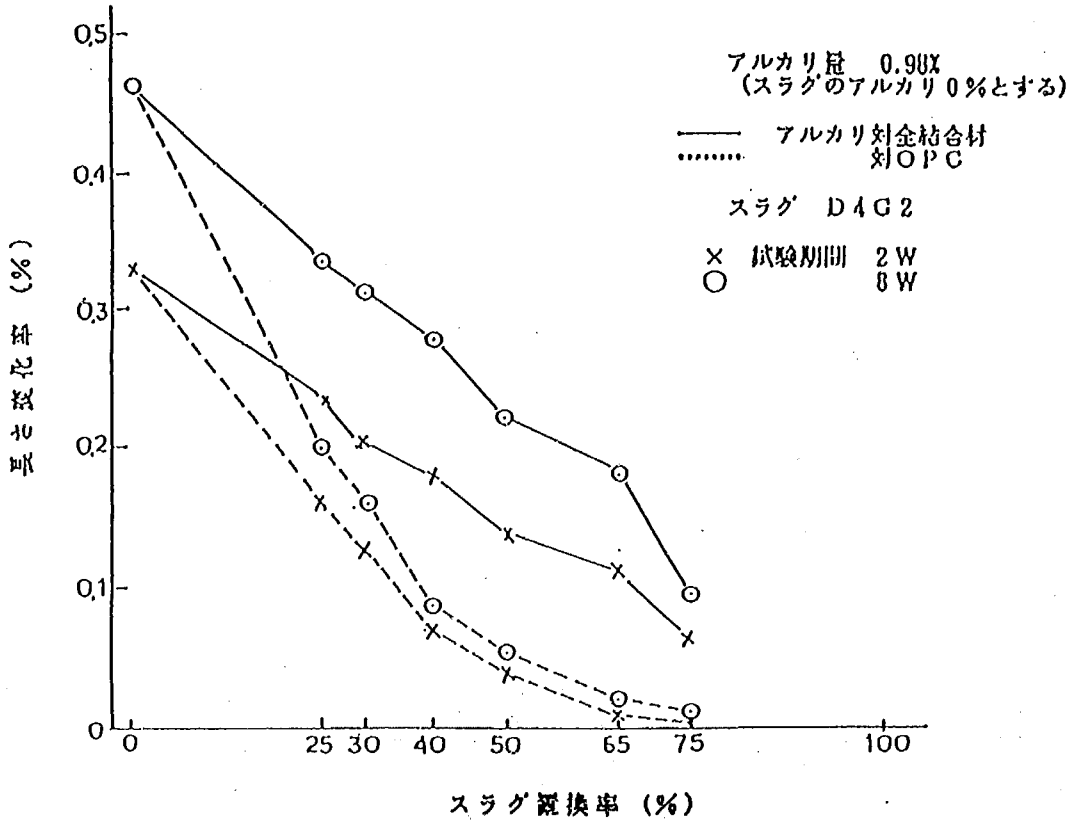


図7.3　スラグ置換率と膨張量の関係（アルカリ量R_2O=0.98%）

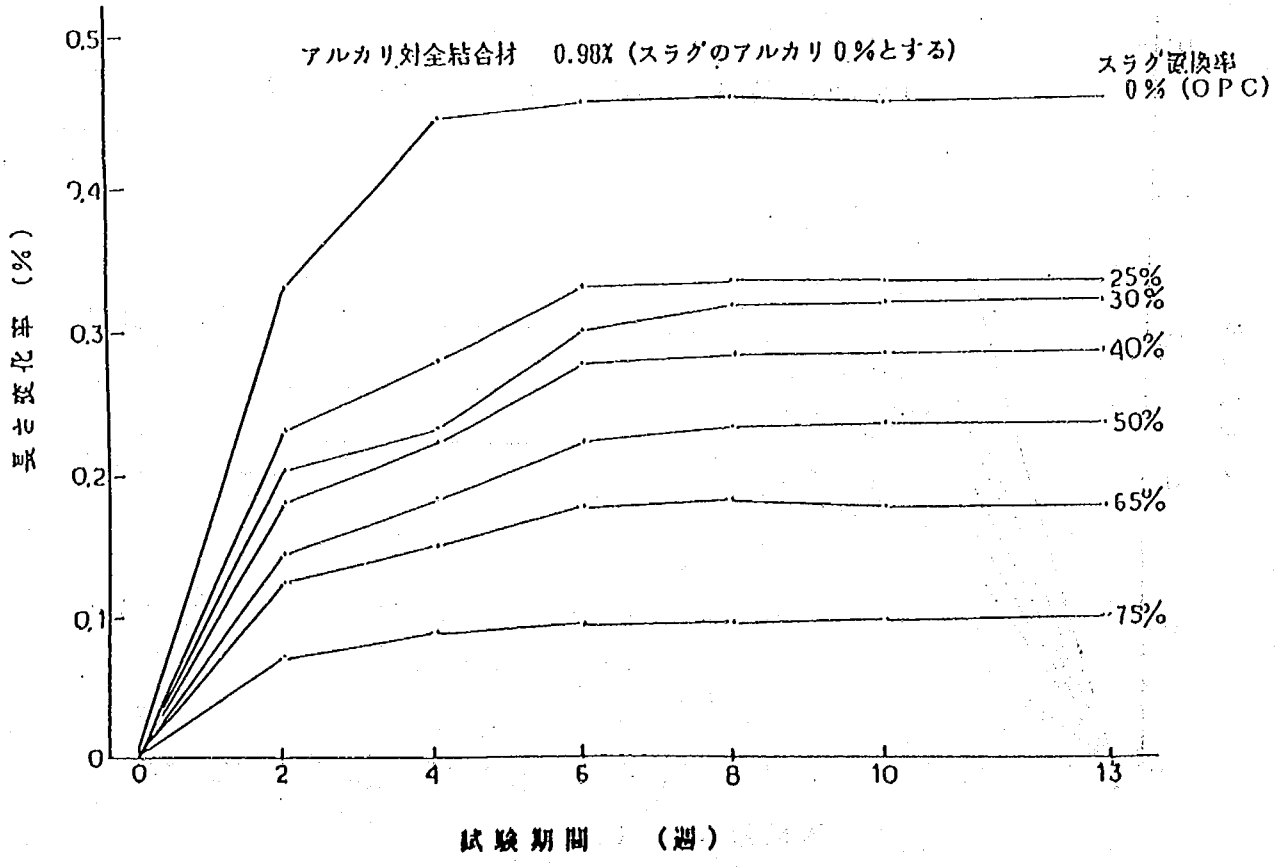


図7.4　試験期間と膨張量の関係（アルカリ量R_2O=0.98%）

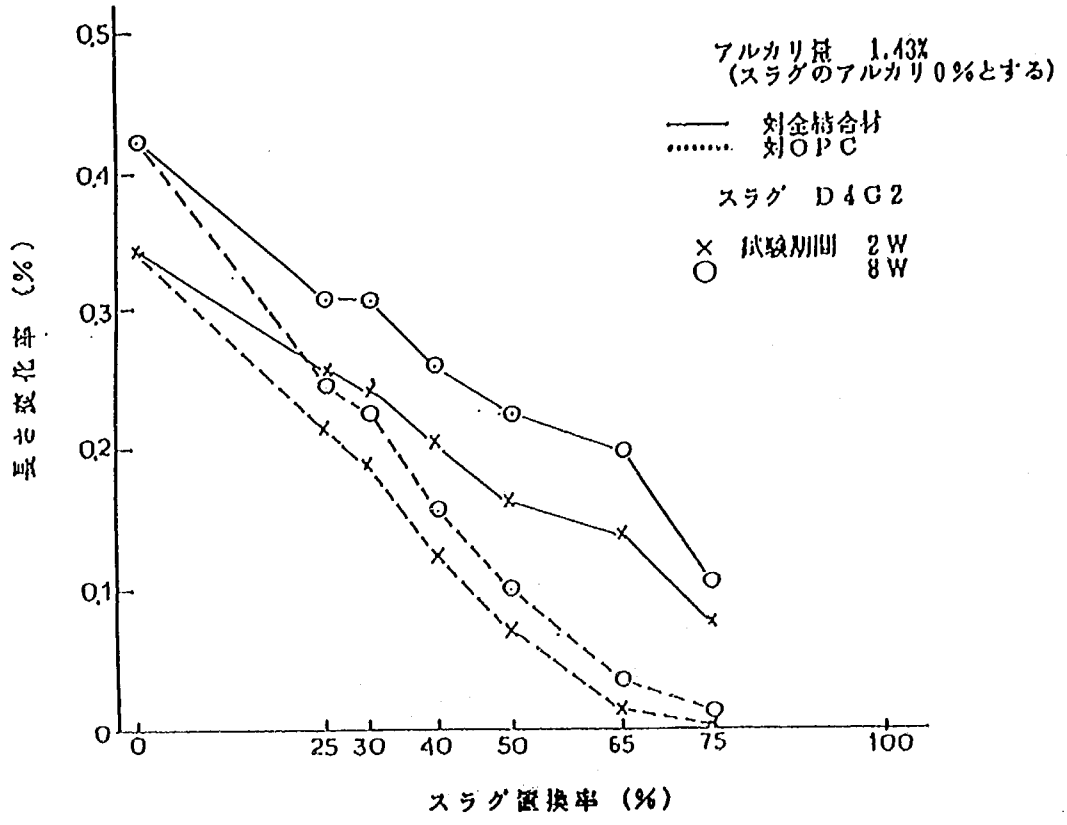


図7.5　スラグ置換率と膨張量の関係（アルカリ量R_2O＝1.43％）

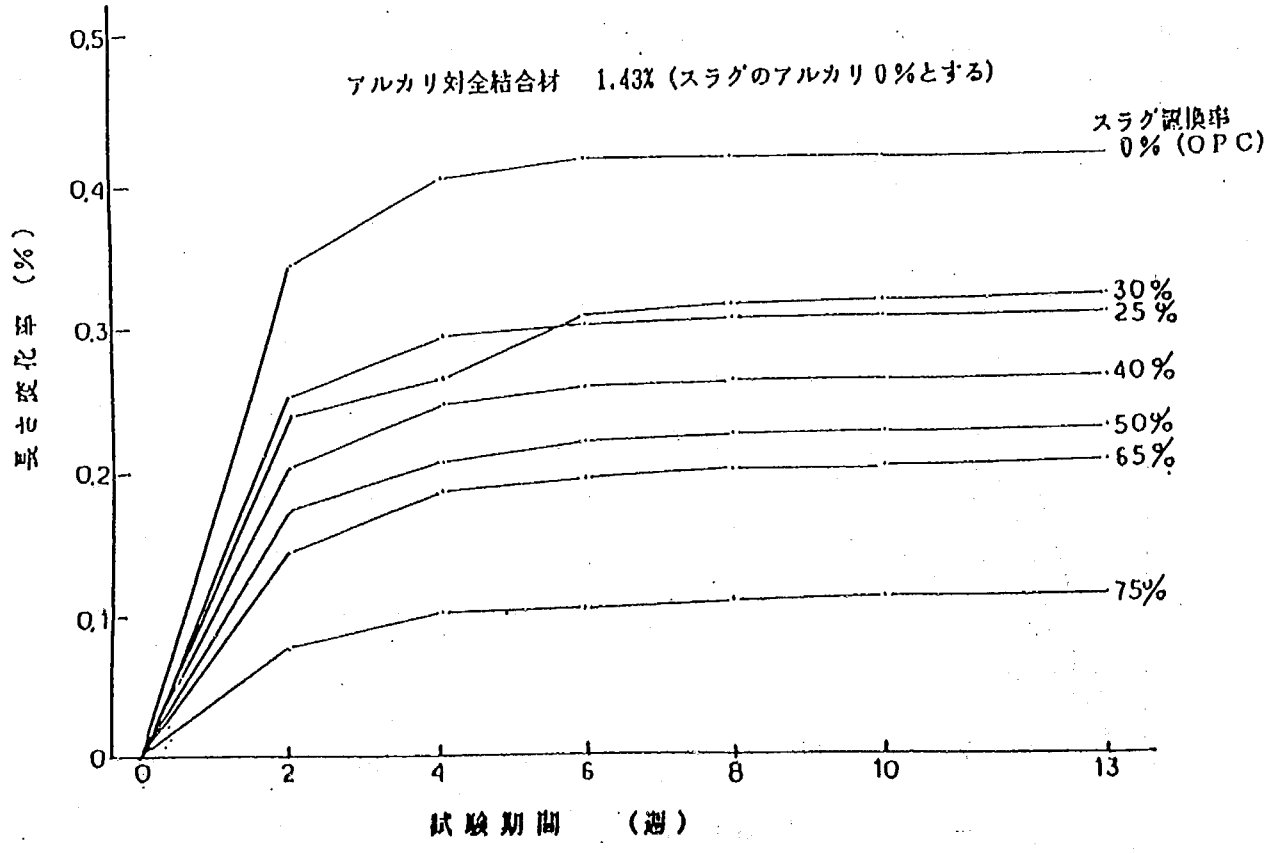


図7.6　試験期間と膨張量の関係（アルカリ量R_2O＝1.43％）

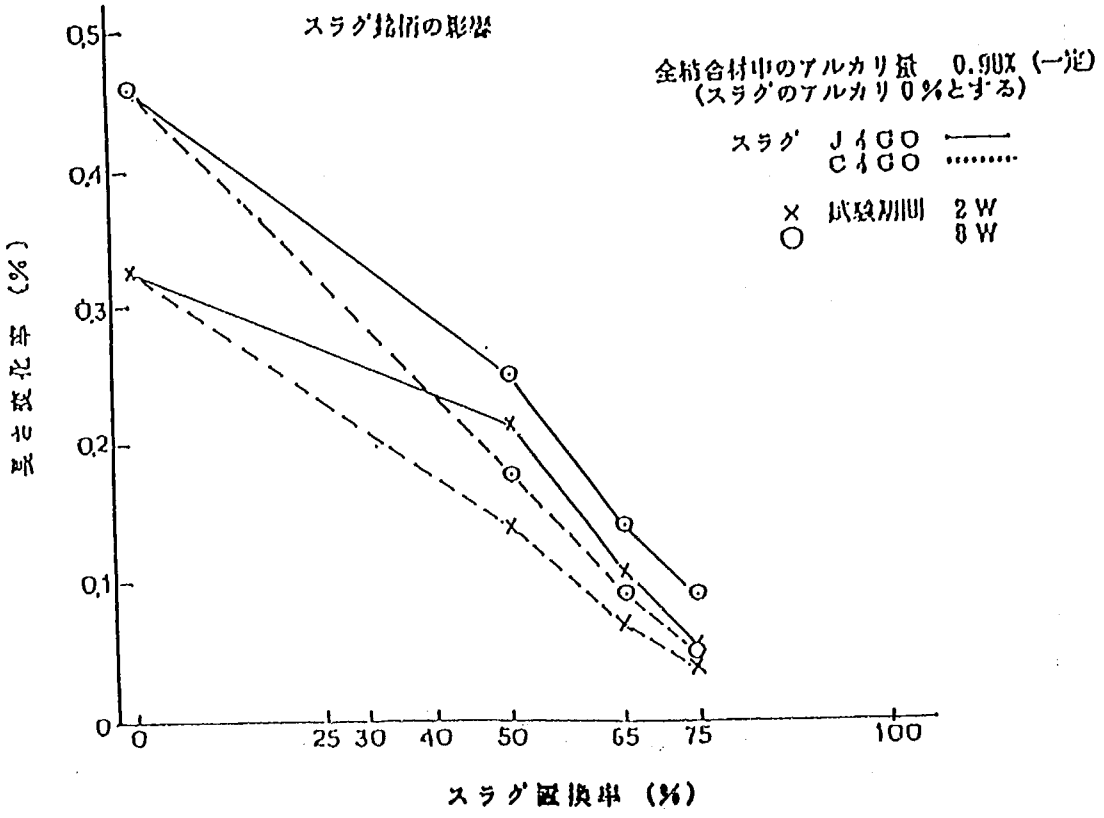


図7.7　スラグ置換率と膨張量の関係（アルカリ量$R_2O=0.98\%$）

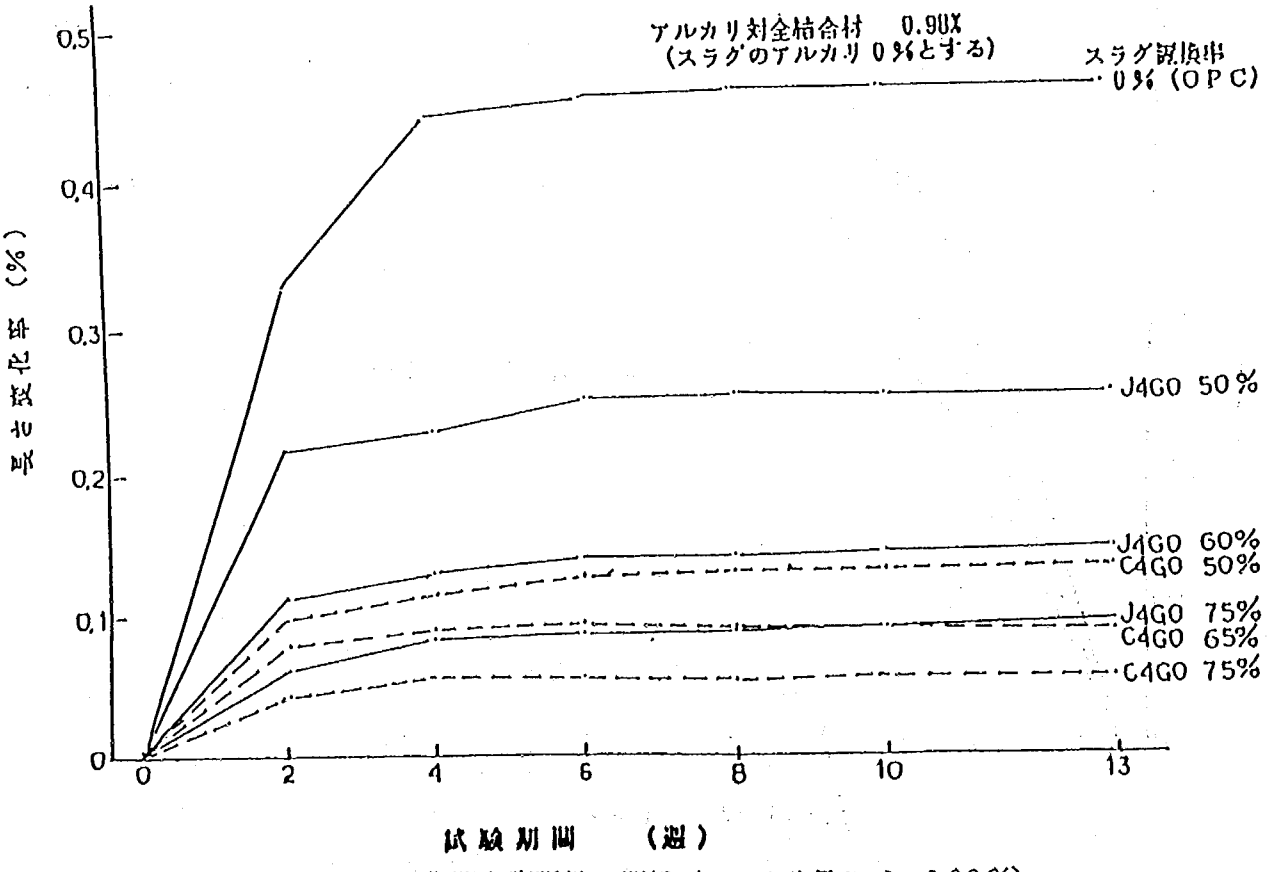


図7.8　試験期間と膨張量の関係（アルカリ量$R_2O=0.98\%$）

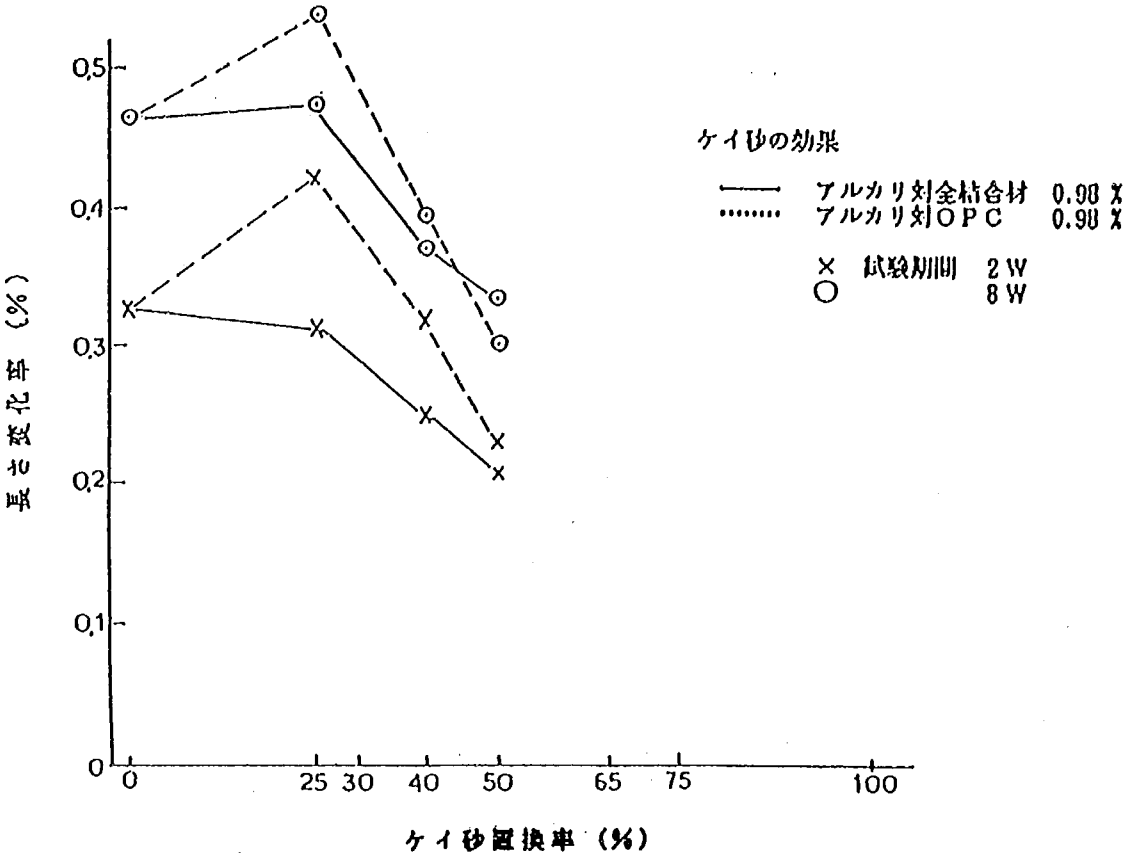


図 7.9　ケイ砂置換率と膨張量の関係（アルカリ量 $R_2O = 0.98\%$）

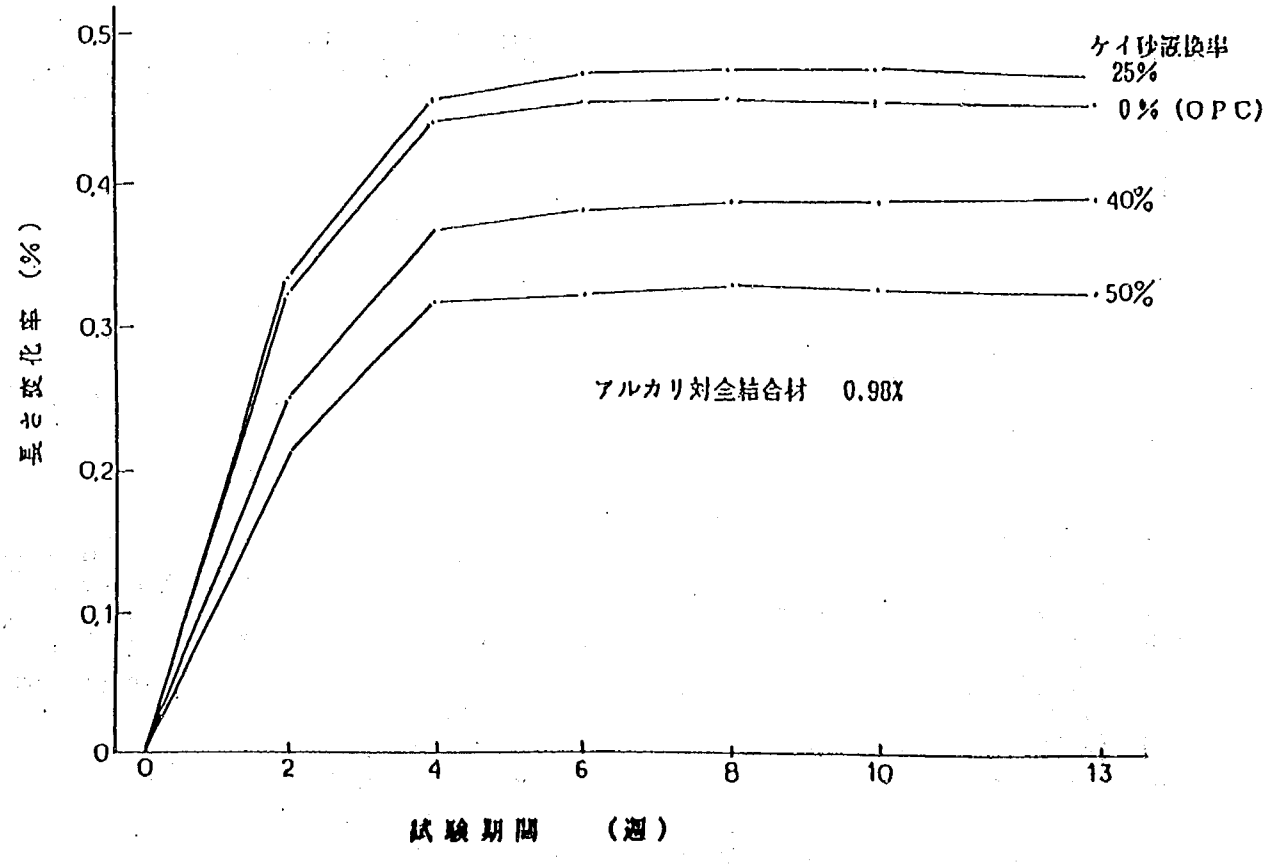


図 7.10　試験期間と膨張量の関係（アルカリ量 $R_2O = 0.98\%$）

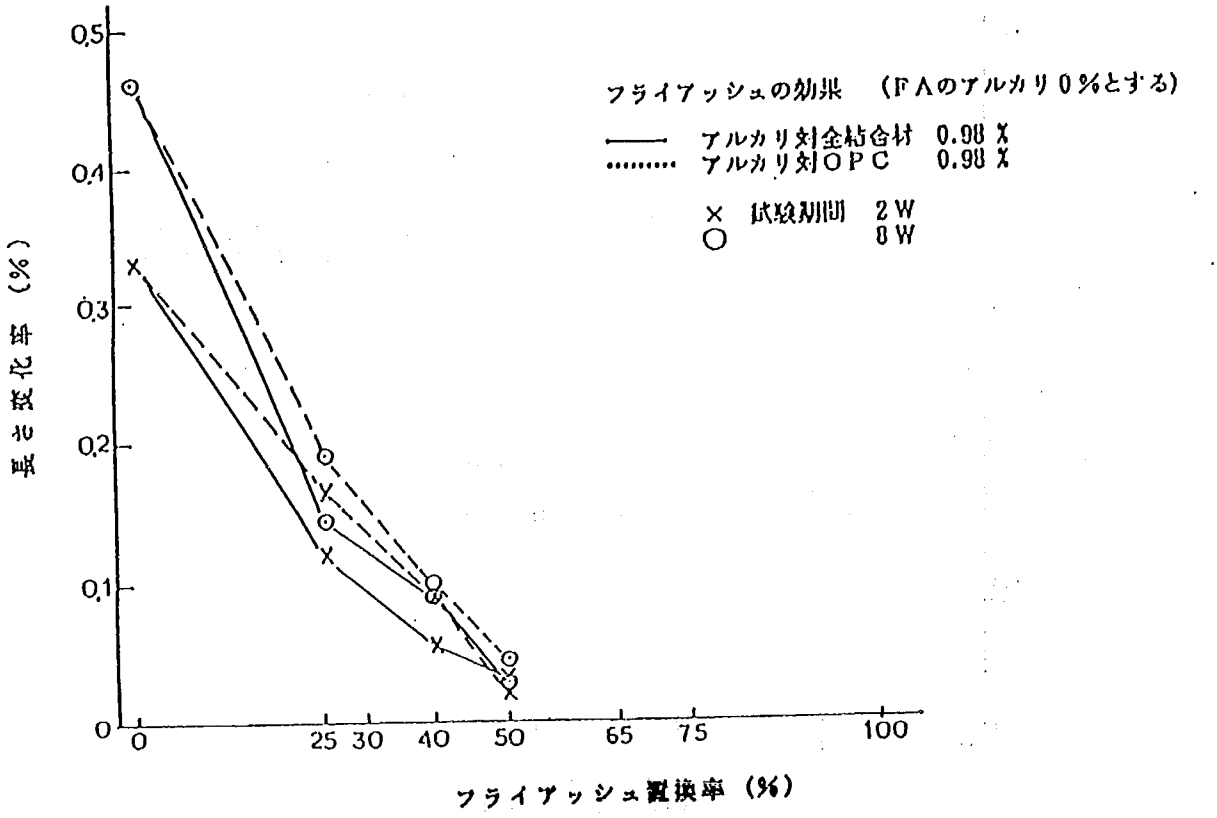


図7.11　フライアッシュ置換率と膨張量の関係（アルカリ量R_2O=0.98%）

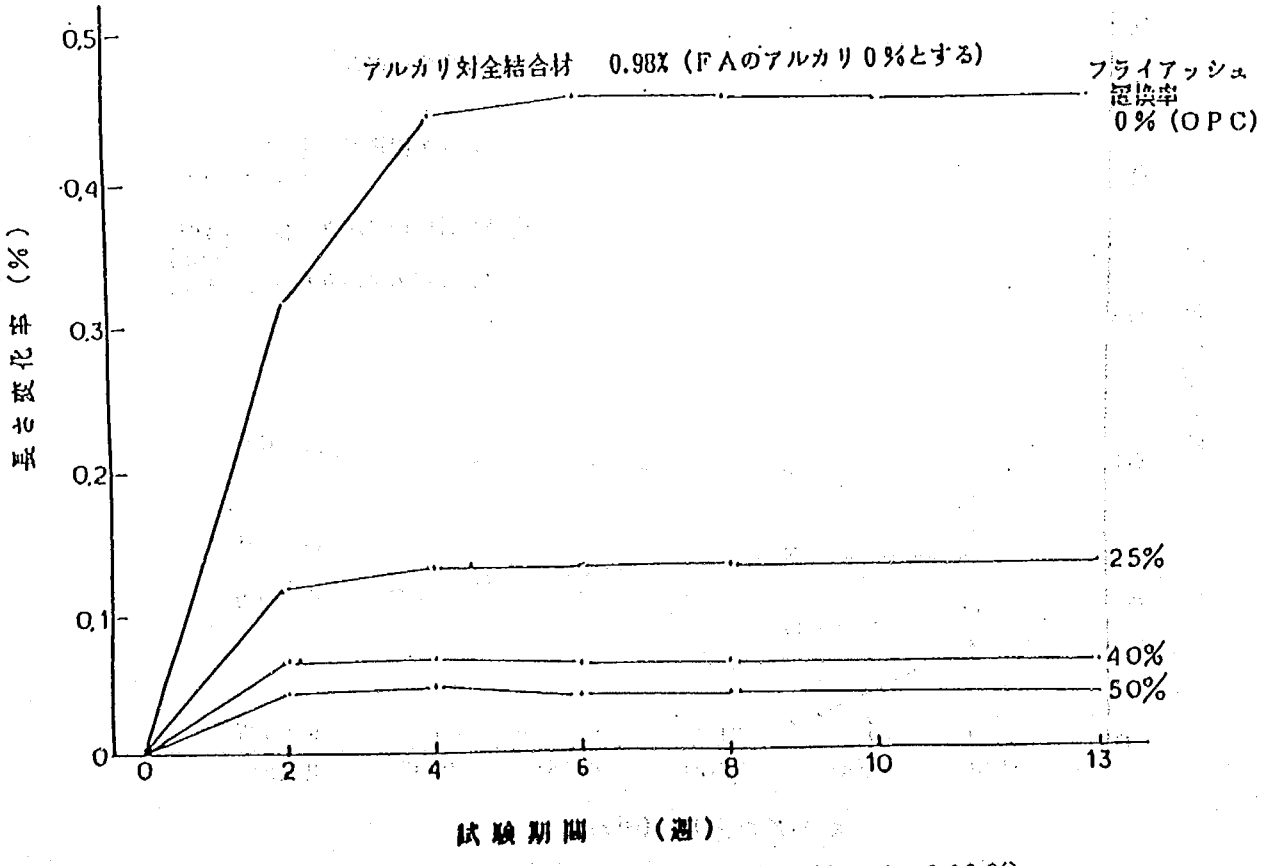


図7.12　試験期間と膨張量の関係（アルカリ量R_2O=0.98%）

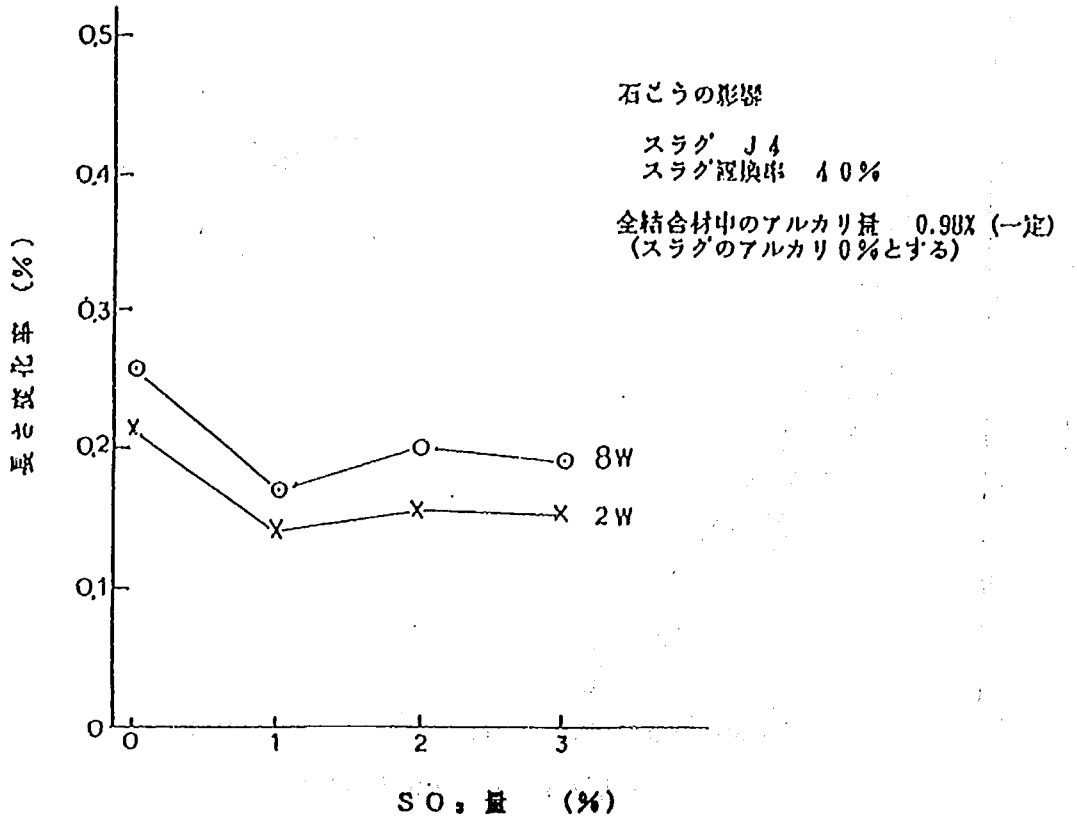


図 7.13　SO_3量と膨張量の関係（アルカリ量R_2O＝0.98％）

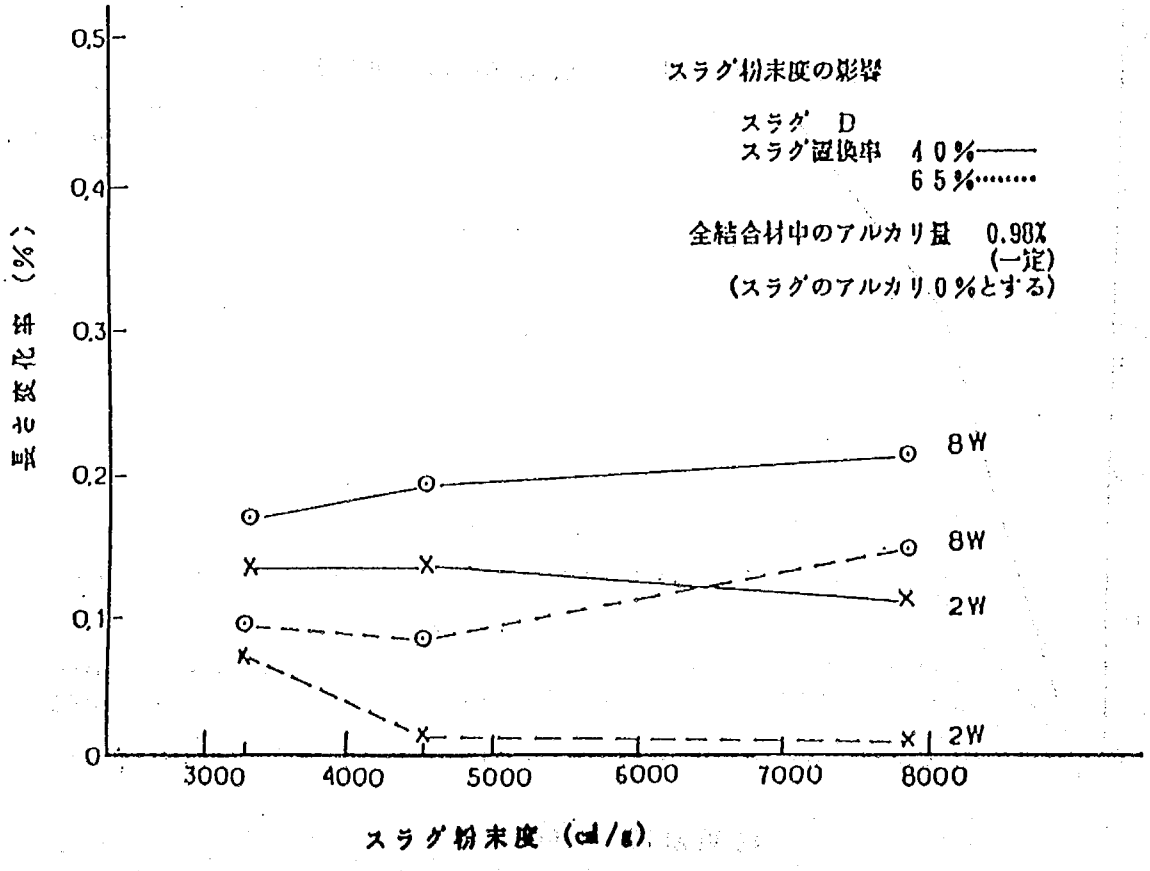


図 7.14　スラグ粉末度と膨張量の関係（アルカリ量R_2O＝0.98％）

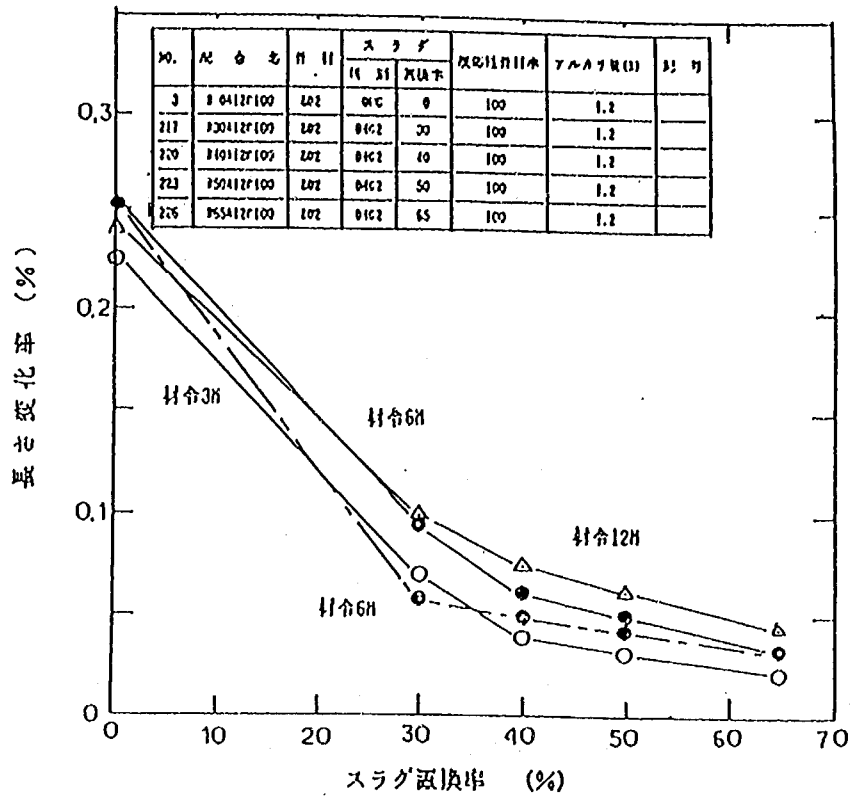


図 7.15 D4G2 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 1.2%）
の置換率と膨張量の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

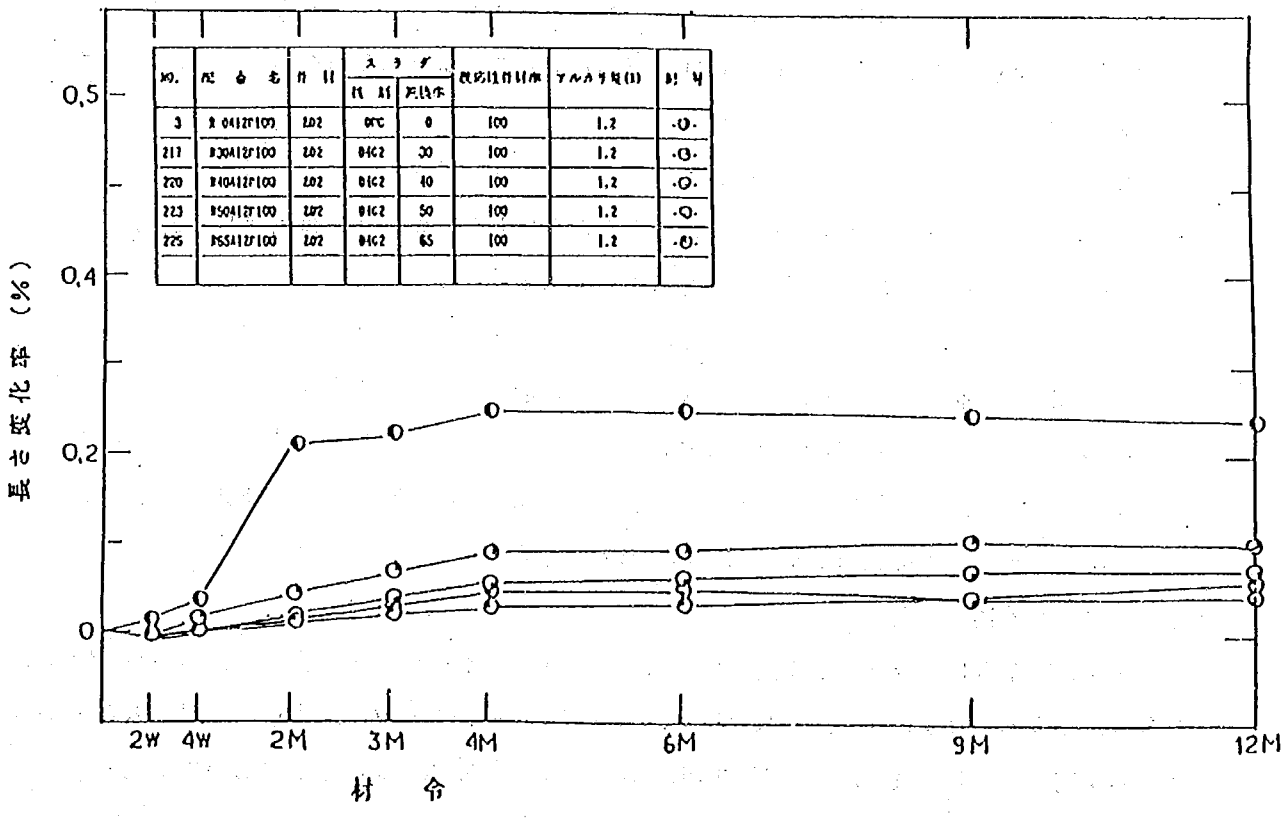


図 7.16 D4G2 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 1.2%）
の材令と膨張量の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

7.4 まとめ

7.4.1 試験期間とモルタル膨張量の関係

いずれの場合にも，骨材として反応速度の大きいパイレックスガラスを使用したためかモルタル膨張量は6～8週までに急速に増大し，それ以後の長さ変化はほとんど認められなかった。

7.4.2 スラグ置換率とモルタル膨張量の関係

スラグ置換率とモルタル膨張量の関係はアルカリ水準ごとに図7.1，図7.3，図7.5に示した。それぞれ，試験期間2週及び8週の膨張量について示した。図中において実線で結んだデータは，アルカリ量をスラグ中のアルカリは0とみなし，全結合材量（ポルトランドセメント＋スラグ）に対して一定水準とした場合の膨張量であり破線で示したデータは，アルカリ量をポルトランドセメント量に対して一定水準（すなわち，スラグ置換率の増大により，スラグ中のアルカリを0とみなせば，アルカリの稀釈も考えられる）とした場合の膨張量である。

これらの結果からわかる通り，アルカリの稀釈が考えられる場合には破線で示すようにスラグを置換することにより，モルタル膨張は大きく抑制される。この効果はとくに，アルカリレベルが低い場合に顕著であるが，アルカリレベルが高まるにつれて効果は少しずつうすれる。これに対して，アルカリ全結合材量に対して一定水準（スラグ中のアルカリは0とみなす）とした場合には，図中の実線で示したように，スラグ置換率の増大につれて，ほぼ直線的にモルタル膨張は抑制される。この傾向はアルカリレベルに関係なく，アルカリが高い場合においても同様である。また，この場合のモルタル膨張は，ポルトランドセメント単味（スラグ置換率0）の場合の膨張量の点とスラグ置換率100％（重量比）付近で膨張量0である点の2点を結んだ直線にほぼ沿った抑制傾向を示した。

これらのことから，以下のことが推察される。

- スラグ中のアルカリは，モルタル膨張にほとんど寄与しないか，または寄与したとしても，スラグの抑制効果に比べほとんど無視できる程度である。
- ポルトランドセメントの一部をスラグで置換することにより，アルカリの稀釈が考えられない場合でも膨張抑制効果があり，その効果はスラグ置換率の増大とともにほぼ直線的に増大する。したがって，スラグにはそれ固有のASRによる膨張を抑制する性能を有すると考えられる。
- スラグのASR抑制効果は，実際を考えた場合，スラグ固有の抑制効果とASRに寄与するセメント中のアルカリの稀釈効果が付加されたものと考えられる。

7.4.3 スラグ銘柄の影響

図7.7，図7.8にスラグ銘柄を変えた場合の，モルタル膨張を示す。スラグ銘柄のちがいにより多少，膨張抑制効果に差が認められるが，スラグ置換率とモルタル膨張量の傾向はスラグ銘柄によらず同様であり，また，スラグ置換率が大きくなると銘柄によるちがいも小さくなる。

7.4.4 フライアッシュ，ケイ砂とスラグの膨張抑制効果の比較

図7.9及び図7.11にそれぞれケイ砂粉末，フライアッシュを置換した場合のモルタル膨張を示

す。ケイ砂粉末を置換した場合は，置換率25％では，置換しない場合に比べて膨張は増大しており，40％，50％と置換率が増大するにつれて膨張抑制の効果が認められるものの，置換しない場合（ポルトランドセメント単味）に比べて，大きな効果は認められていない。したがって，ケイ砂粉末のASRによる膨張の抑制効果は本試験では明確にできなかった。

フライアッシュを置換した場合には，顕著な膨張抑制効果が認められ，フライアッシュの置換率の増大とともに，かなり急激にモルタル膨張は抑制され，フライアッシュ置換率が60％程度（重量比）でほぼ膨張量は0になる傾向がうかがわれる。したがって，フライアッシュにも，アルカリの稀釈による効果以外の固有の膨張抑制効果が存在すると考えられる。

7.4.5　石こう量の影響

図7.13に石こうに由来するSO_3量とモルタル膨張の関係を示す。石こうを添加することにより，無添加の場合に比べて，若干，膨張量は小さくなる傾向にあるがSO_3量を3％まで増大させても明確な傾向は認められなかった。したがって，スラグ中の石こうはSO_3量で3％程度までの添加では，ASRによる膨張の抑制効果にはほとんど影響を及ぼさないと考えられる。

7.4.6　スラグ粉末度の影響

図7.14にスラグ粉末度がモルタル膨張量に及ぼす影響について示した。スラグ粉末度のブレーン比表面積3,000～5,000 cm^2/gの範囲では，モルタル膨張量に差異は認められなかった。また粉末度8,000 cm^2/g程度になると，3,000～5,000 cm^2/gのスラグに比べて多少大きな膨張量を示す結果であった。高粉末度のスラグの結果に対しては，今後，膨潤量に対する影響などについて，さらに検討する必要があろう。

8. 考　察

8.1　パイレックスガラスモルタルバー試験による我が国の高炉スラグ粉末の評価

基準セメントモルタルの膨張量に対するスラグセメントモルタルの膨張量の比率を示す$R_e=((E_{opc}-E_{slag})/E_{opc})\times 100$において膨張量減少率$R_e=75$％（14日）を達成し得るスラグ置換率およびASTM C 595「混合セメント」に規定される14日膨張量の許容上限$E_{14}=0.02$％および8週膨張量の許容上限$E_{8W}=0.06$％に対応する置換率を表8.1に示す。なお，パイレックスモルタルバーの試験期間26週（6ケ月）までの各期間に対応するスラグ置換率も参考に示す。

表8.1　パイレックスモルタルバーから判断されるスラグ置換率の所要値

スラグの銘柄	R_6 =75%に対応する置換率 (%)					膨張量の許容値に対する置換率 (%)		
	14日	4週	8週	13週	26週	E_{14}= 0.02%	E_{8W}= 0.06%	E_{14}・E_{8W} の大きい方
A	41.3	44.3	44.3	44.5	44.3	49.2	48.4	49.2
B	47.5	48.5	50.4	50.9	51.1	56.3	53.4	56.3
C	44.5	49.0	52.6	51.9	51.9	55.2	56.6	56.6
D	32.1	35.0	37.9	38.9	39.2	40.0	42.0	42.2
E	39.8	44.1	44.1	45.2	46.6	47.8	49.1	49.1
F	39.5	44.6	44.8	45.5	45.8	47.7	48.7	48.7
G	33.3	36.0	36.8	37.1	37.6	41.5	41.3	41.5
H	46.3	46.0	47.4	47.7	47.7	55.8	53.0	55.8
I	42.3	46.5	45.5	45.7	45.4	54.8	50.3	54.8
J	54.6	55.9	59.0	59.0	59.3	62.3	62.2	62.3
K	46.1	47.7	49.8	48.6	48.8	57.5	48.0	57.5
L	46.8	48.9	52.4	51.9	52.9	55.9	56.1	56.1
(P)	(45.4)	(49.7	(48.3	(48.7)	(48.5)	(55.9)	(52.4)	(55.9)
min ～ max	32.1 ～54.6 (47.5)	35.0 ～55.9 (48.9)	36.8 ～59.0 (52.6)	37.1 ～59.0 (51.9)	37.6 ～59.3 (52.9)	40.0 ～62.3 (57.5)	41.3 ～62.2 (56.6)	42.0～ 62.3 (57.5)
$\bar{X}$	42.8 (41.8)	45.5 (44.6)	46.6 (46.0)	47.2 (46.2)	47.6 (46.5)	52.0 (51.1)	50.8 (49.7)	52.5 (51.6)
σ_{n-1}	6.26 (5.29)	5.65 (4.84)	6.34 (5.28)	5.93 (4.86)	5.94 (4.87)	6.75 (6.21)	5.97 (4.99)	6.39 (5.87)
90%信頼区間の上限値	46.0 (44.7)	48.4 (47.2)	49.9 (48.9)	50.3 (48.9)	50.7 (49.2)	55.5 (54.5)	53.9 (52.4)	56.7 (55.0)

Pは統計処理から外す。（ ）はJを省いた場合、 OPCのアルカリ量：1.02%R_2O
E_{opc}^{14d} =0.240%　　E_{opc}^{8W}=0.325%

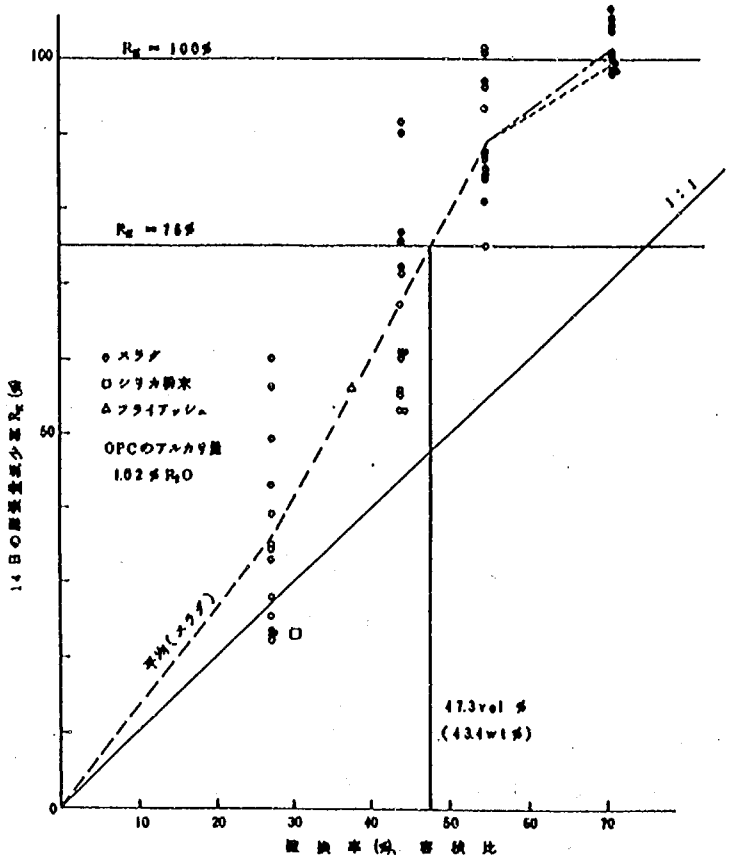


図8.1　パイレックスモルタルバーによるASTM C 441の材令14日における膨張量減少率

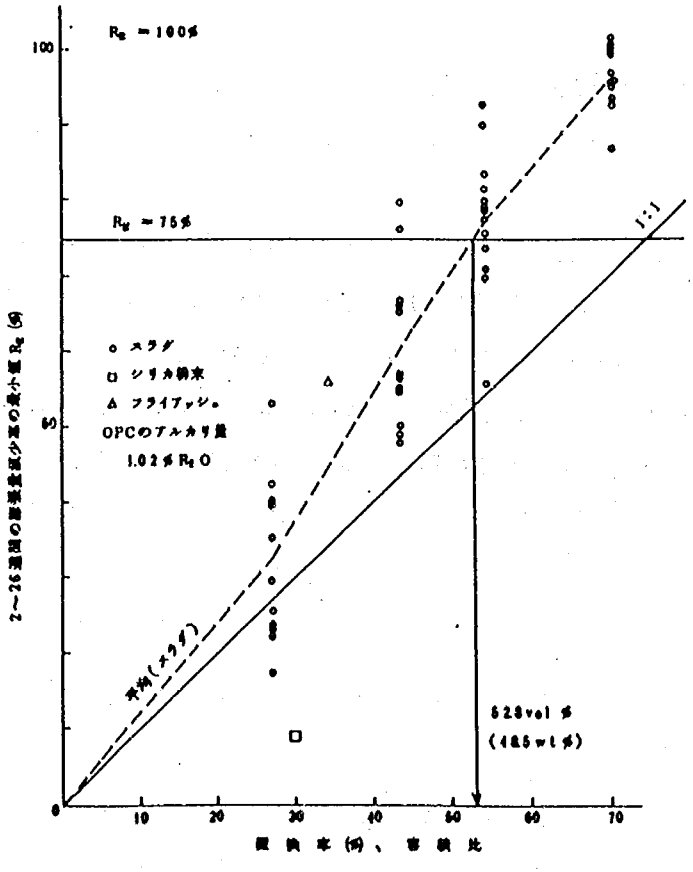


図8.2　パイレックスモルタルバーの材令2～26週間における膨張量減少率の最小値と置換率の関係

表8.1からASTM C 441に規定される14日の膨張量減少率R_eを満足するスラグ置換率は他の材令のR_eよりも過小のスラグ置換率になっているが，規定に従えば44.7%であった。またASTM C 595に規定される混合セメントモルタルの許容膨張量E_{14}及びE_{8W}に対応するスラグ置換率は，上記のR_eから求まるスラグ置換率よりも過大となり，規定に従えばそれぞれ54.5%および52.4%となった。

高炉セメントモルタルが他のセメントモルタルよりも膨潤作用による膨張量が大きい事実から（3章備考3参照），高炉スラグ粉末を用いたモルタルバーは膨張量の絶対値では厳密には評価できない。膨張量減少率による評価は膨潤量の大小の影響が軽減できるので，この両者を対比しながら考察する。

表8.1のR_e=75%に対応する試験結果を14日以上の長期材令も含めて安全側に解釈すれば，1.0%程度以上のアルカリ量のポルトランドセメントに対しては〔 〕内の26週のスラグ置換率値49.2%以上が必要とみられる。

スラグがアルカリの単なる稀釈材かあるいは積極的な固定抑制作用かを調べるため，5章で求めたデータをすべて容積比にして図8.1および図8.2に示す。図中に示した1：1の勾配よりも上方にあれば稀釈効果以上の抑制効果を示し，下方にあればスラグのフィラー効果によりポルトランドセメントのアルカリ活性が強まったことを意味する。

図8.2でR_e=75%に対応する平均置換率は48.5%（容積比52.8%）であって，表8.1の結果とほぼ同じであった。

スラグ置換率25%（容積比27.2%）の場合，一部のものは抑制効果は稀釈効果の域にまでに至っていない。フライアッシュの場合，置換率25%（容積比36.8%）ではいずれの材令でも稀釈以上の抑制作用がみられる。

しかしスラグの場合，膨張量減少率から判定される抑制効果が材令と共に低下する傾向にあるが，図8.2によって判断すれば，スラグ置換率40%（容積比43.7%）ではいずれの銘柄もまたいずれの材令でも単なる稀釈作用以上の抑制効果がみられることが分かる。

従って3.3「高炉スラグ粉末のASR抑制機構」の末尾に述べられているMatherらの指摘を考慮すると，高炉スラグ粉末による抑制対策は置換率40%以上で行うことが確実な結果を得るうえで必要である。

8.2 天然の反応性骨材を用いた土研法モルタルバーによる評価

(1) OPCのアルカリ量 1.16% R_2O の場合

表8.2 スラグ置換率と膨張量減少率 R_e (%)

1.16%R_2O

材料の組合せ 実験NO	2週	3か月	6か月	9か月	12か月	格付 (表 6.4)
ZD1-D4G2						
NO.79 (0)%	–	–	–	–	–	5
84 (30)	27.3	59.0	51.7	47.8	46.8	3
87 (40)	43.2	78.6	75.3	71.5	69.4	1.7
90 (50)	56.8	71.2	88.1	84.1	83.8	1
93 (65)	22.4	104.7	101.7	96.7	98.3	0
ZD2-D4G2						
NO. 3 (0)%	–	–	–	–	–	3.7
17 (30)	67.3	84.5	77.2	76.7	79.2	0
20 (40)	61.4	87.7	80.4	79.2	79.8	0.7
23 (50)	67.3	90.1	83.4	82.2	84.3	0
26 (65)	83.2	90.9	86.6	86.3	87.8	0
ZD3-D4G2						
NO.82 (0)%	–	–	–	–	–	5
96 (30)	49.0	75.3	79.0	75.5	76.3	1
99 (40)	60.0	79.6	82.4	81.4	81.0	1
102 (50)	77.1	86.1	77.7	87.0	85.9	1
105 (65)	93.0	95.6	93.4	93.5	91.8	0
ZD2-C4G0						
NO.54 (30)	66.7	85.9	79.5	79.1	80.2	0
57 (40)	76.9	91.8	85.3	85.0	83.4	0
60 (50)	69.5	89.6	86.1	86.1	85.6	0
63 (65)	76.3	83.0	86.8	87.3	87.5	0
ZD2-J4G0						
NO.42 (30)	12.8	82.1	73.2	75.3	71.8	1
45 (40)	61.4	87.0	82.9	82.4	81.6	0
48 (50)	70.4	89.7	85.8	85.1	83.2	0
51 (65)	59.8	88.9	83.8	83.5	85.6	0

なお、低アルカリ形ポルトランドセメント (0.55%) の場合の膨張量減少率はZD1,ZD2 および ZD3の骨材に対し、それぞれ94.2%(3M), 85.4%(12M),85.4%(3M)であった。

表8.2および図8.3はスラグD4G2と反応性骨材ZD1, ZD2, ZD3ついて置換効果を調べたものである。スラグの効果は著しく，単なる稀釈効果以上の抑制作用を示している。安山岩系のZD2とZD3は置換率の大小にあまり影響されずに有効である。一方チャート系ZD1は置換率によって効果が大きく変化する。アルカリレベル1.2%で材令12ケ月後で R_e = 75%を達成するには骨材ZD1に対して43.6%以上の置換がD4G2のスラグで必要である。

図8.4はスラグの違いがどのように影響するかを調べたものである。パイレックスガラス骨材を用いた判定では8.1の表8.1に示すとおりスラグ銘柄の影響は，

D4G2……パイレックスガラスモルタルに最も有効なもの

C4G0…… 〃 平均値なもの

J4G0…… 〃 最も効果が小さいもの

であった。しかし図8.4をみる限りD4G2の方がかえって効果が小さい。けれども天然の反応性骨材に対しては，アルカリレベル1.2％で置換率40％以上の場合は，スラグ銘柄の差を考慮しなくてもよい，と考えられる。

次に「低アルカリ形ポルトランドセメント＋反応性骨材」および「高アルカリ形ポルトランドセメント＋非反応性骨材（基準骨材）」のモルタルバーの長さ変化の上限を仮に0.05％（備考5参照）とし，これ以下に膨張量を抑制させる所要の置換率を図6.6より求めると，

ZD1 45％

ZD2 42％

ZD3 44％ 90％信頼区間の上限 46.3％

となる。

また，我が国の反応性骨材の判定基準であるモルタルバーの膨張量0.10％に対応するスラグ置換率は次のようである。

ZD1 34％

ZD2 25％

ZD3 26％ 90％信頼区間の上限 36.6％

〔備考5〕

6章に示した3種の反応性骨材と0.55％R_2Oの低アルカリ形ポルトランドセメントの組合わせおよび非反応性とみられる基準骨材と1.16％R_2Oの高アルカリ形ポルトランドセメントの組合わせのモルタルバーの試験期間中に示された膨張量の最大値は次のようであった。

骨材	ZD1	実験No.77	0.0119％（6か月）
	ZD2	No.1	0.0364％（9か月）
	ZD3	No.80	0.0340％（12か月）
	ZI	No.14	0.0490％（12か月）

$\bar{X}=0.0328\%$

$\Sigma(X_i-\bar{X})^2=0.000714$

ASR抑制効果が充分に見込まれる場合，土研法モルタルバーの膨張量は上記の値の水準を超さないと考えられる。しかし高炉セメントではポルトランドセメントよりも膨潤量が大きいので，そのことも考慮しなければならない（3.3.2備考3参照）。ここでは膨張量0.05％までを有害でない長さ変化の上限とする。

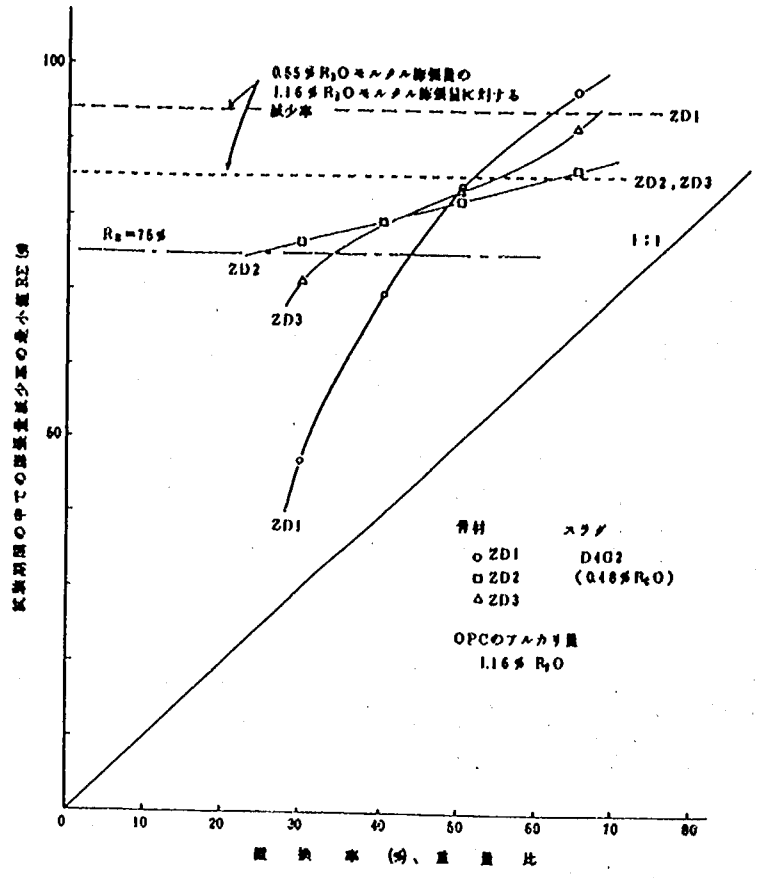


図8.3　天然の反応性骨材の違いの影響（OPCのアルカリ量1.16％R_2O）

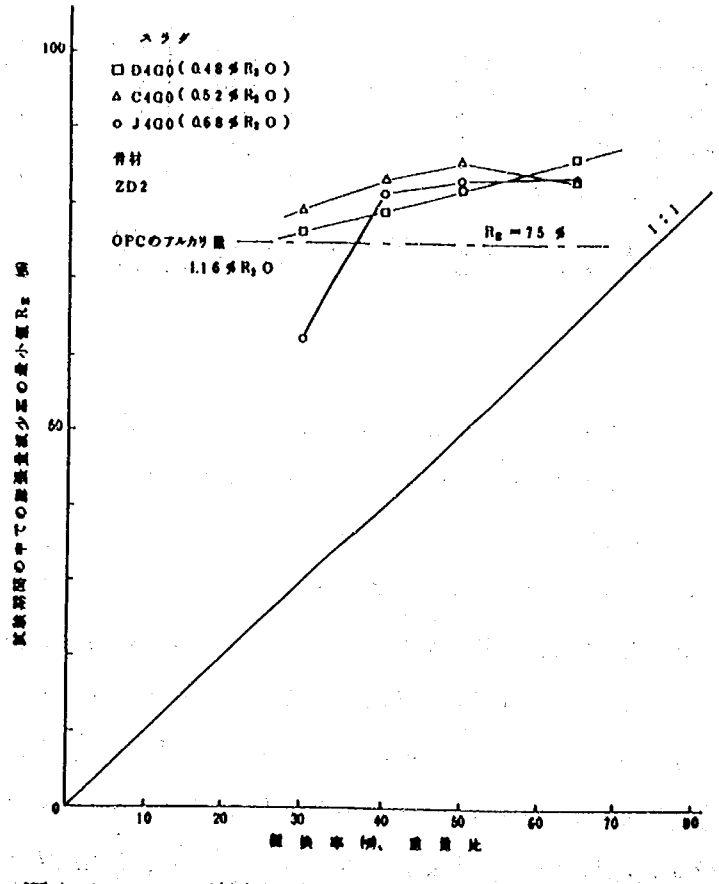


図8.4　スラグ銘柄の違いの天然骨材モルタルに対する影響

(2) OPCのアルカリ量0.86％ R_2O の場合。

表8.3 スラグ置換率と膨張量減少率 R_e (％)

0.86%R_2O

材料の組合せ 実験NO	3か月	6か月	9か月	12か月	格付 (表6.4)
ZD1-D4G2					
NO.78 (0)%	—	—	—	—	2.3
83 (30)	29.0	23.8	23.9	19.1	1
86 (40)	36.0	37.9	35.7	36.9	0.7
89 (50)	61.7	56.4	40.0	40.0	0.7
92 (65)	92.0	92.2	73.4	77.3	0
ZD2-D4G2					
NO. 2 (0)%	—	—	—	—	1.3
16 (30)	24.7	7.6	21.7	9.9	0
19 (40)	29.5	26.2	28.2	29.5	0
22 (50)	34.7	20.6	30.3	31.7	1
25 (65)	27.1	5.7	23.3	21.1	0
ZD3-D4G2					
NO.81 (0)%	—	—	—	—	1
95 (30)	27.5	36.9	23.5	30.9	0
98 (40)	34.1	38.2	32.8	33.2	0
101 (50)	50.2	52.5	47.9	47.8	0.7
104 (65)	76.9	70.8	68.0	64.4	0
ZD2-C4G0					
NO.53 (30)	32.2	33.7	40.9	33.9	0
56 (40)	48.5	40.1	46.1	43.8	0
59 (50)	45.3	45.0	53.3	46.8	0
62 (65)	45.8	44.9	62.3	53.3	0
ZD2-J4G0					
NO.41 (30)	20.6	26.6	33.8	32.6	0.7
44 (40)	35.0	33.3	37.1	32.6	0
47 (50)	27.1	34.6	39.8	30.1	0
50 (65)	26.3	27.8	34.1	33.8	0

なお低アルカリ形ポルトランドセメント (0.55%R_2O)の場合の膨張量減少率は、ZD1,ZD2,ZD3 の骨材に対し、それぞれ75.8%(6M),42.89%(9M),45.20%(3M)であった。

表8.3および図8.5はスラグD4G2と骨材ZD1，ZD2，ZD3の組合せによる置換効果を調べたものである。0.86％程度のアルカリ量に対しては，低アルカリ形ポルトランドセメントであっても膨張量減少率はZD2とZD3は40～50％であって R_e＝75％に達しなかった。また，これはOPCのアルカリレベルが低いので膨張率が小さいことに加えて，3.3.2〔備考3〕で述べたとおり，膨潤作用による膨張がASRによる膨張に加算されてかなり大きく影響しているとみられる。

したがって，このアルカリレベルに対しては「低アルカリ形ポルトランドセメント＋反応性骨材」および「高アルカリ形ポルトランドセメント＋非反応性骨材（基準骨材）」の組合せによるモルタルバーの膨張量の上限0.05％〔備考5〕まで膨張量を低減できるスラグ置換率で判断する。図8.6は図6.5の関係分を再録したものである。モルタルバーを長期間測定すると，測定時の乾

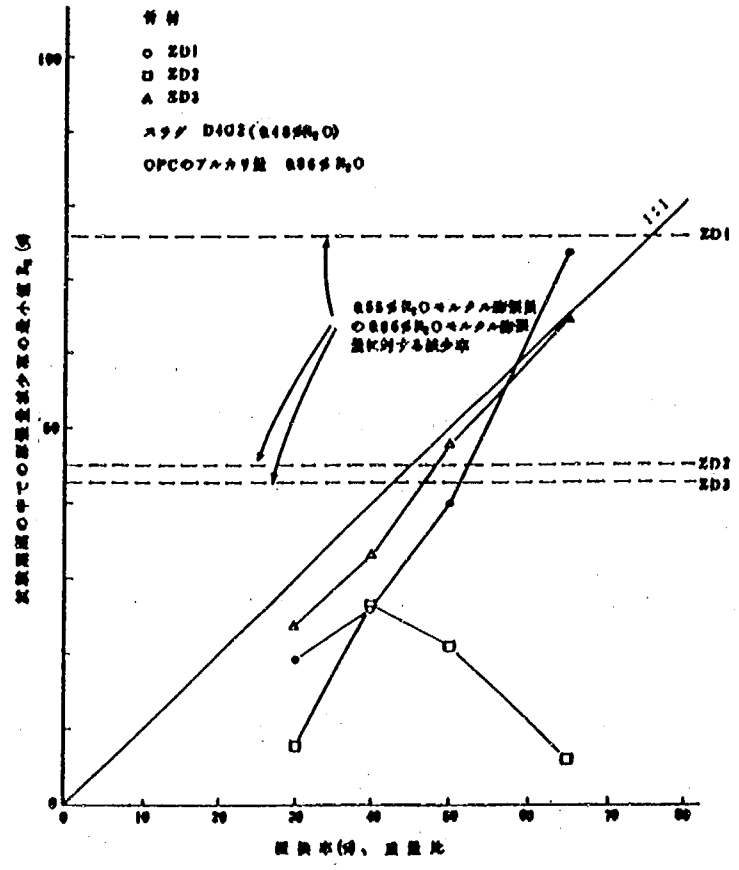


図8.5　天然の反応性骨材の違いの影響
（OPCのアルカリ量0.89％ R_2O）

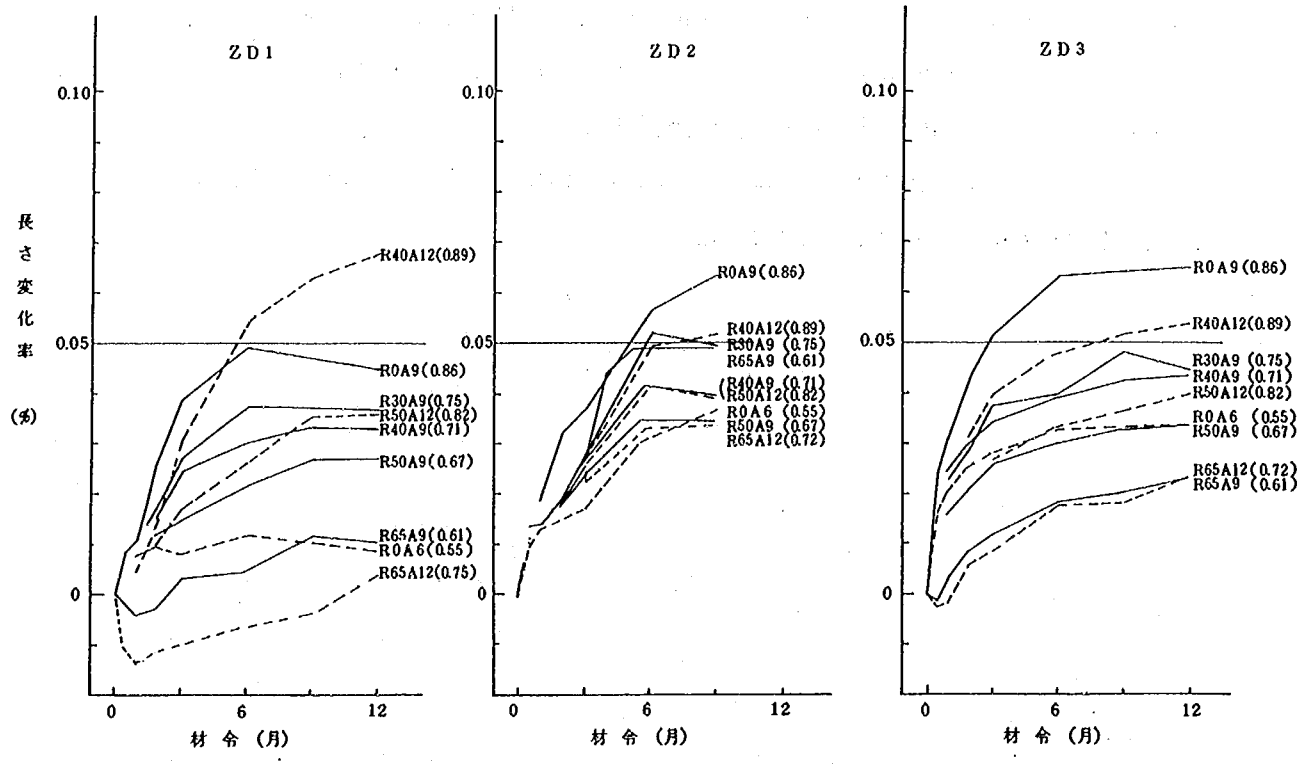


図8.6　OPCのアルカリレベルが0.86％ R_2O の場合のスラグの置換効果
（　）内の値は結合材の全アルカリ量

燥とかモルタルバーのひびわれによって膨張曲線が下向きに折れて長期間の測定結果がかえって膨張量が小さくなっているものがある。したがって図8.6の膨張曲線の上向き部分から判読し，膨張量が0.05％を超したもの，あるいはそのおそれのあるものとそうでないものをまとめて表8.4に示す。

表8.4　膨張量が0.05％を超す組合せ

OPC:0.86%R_2O

	R0A9	R30A9	R40A9	R50A9	R65A9
ZD1	○	×	×	×	×
ZD2	○	○	×	×	×
ZD3	○	×	×	×	×

この結果，「0.86％R_2OのOPCをスラグで40％置換すれば実験したすべての骨材の膨張を抑制できる」といえることがわかった。

なお，スラグ入りのモルタルバーのひびわれは6章による表6.4評価方法で格付「1」以下であって損傷は軽微であった。

8.3　試験結果の総合的評価――ポルトランドセメントのアルカリレベルとスラグ置換率

(1) 高アルカリのポルトランドセメント（1.0～1.2％）に対するスラグ置換率

前述の結果を一括して示すと表8.5のようになる。この場合，西ドイツやイギリスで示されているように置換率「50％以上」の規定値と照合している。

図8.2，図8.3および図8.4からみて，スラグ置換率の場合の抑制効果は稀釈効果以上に安定固定効果が有効に働いているとみられる。

表8.5　アルカリ量1.0～1.2%のOPCに対するスラグ置換率の所要値

検討事項	結果		備考
	個々の値	90%信頼区間の上限	
ZD1,ZD2,ZD3,土研法バーの膨張量0.05%に対して	ZD1=45% ZD2=42% ZD3=44%	46.3%	図 6.6
ZD1,ZD2,ZD3 土研法バーの膨張量0.10%に対して	ZD1=34% ZD2=25% ZD3=26%	36.6%	〃
パイレックスガラスによる12種類のスラグによるASTM C 989/C 441の材令14日について $R_E \geqq 75\%$	32.1～47.5%* (n=11)	44.7%*	表 8.1
同上、ただし試験期間中の膨張量減少率を最小とする材令について $R_E \geqq 75\%$	37.6～52.9%* (n=11)	49.2%*	表 8.1
ZD1,ZD2,ZD3 の土研法バー $R_E = 75\%$を適用**	ZD1=43.6%(46.1%) ZD2=24.5%(39.2%) ZD3=34.0%(40.2%)	48.1%**	図 8.3

注)　*　スラグ J を除いた場合
　　**　90%信頼区間の上限値を最小とする R_e の値は R_e =79%のときであって、このとき90%区間の上限値は48.1%となる。各値を( )に示す。

(2)　0.8%R_2O程度のポルトランドセメントに対するスラグ置換率

8.2(2)の結論としては，0.86%R_2OのOPCに対してスラグ置換率は最小限40%程度必要なことを表8.4によって示した。

OPCのアルカリ量がさらに小さくなれば，ＡＳＲ抑制に心要は置換率はさらに小さい値ですむかも知れないが，スラグの置換率が小さいとアルカリ有効性に対して別の要因も作用すると思われるので，これ以上置換率を下げないことがよい。

ちなみに図8.6に示されるように結合材中の全アルカリ量が0.9%以下となるOPCとスラグの全組合せについて（ZD2の場合R40A9はスラグJ，Cの組合せもあるが膨張量がDの場合よりも小さく0.0400%以下であるので図から省いている。），そのモルタルバーの膨張量が0.05%を超す限界を整理すると表8.6のようになり，結合材中の全アルカリ量は0.82%以下であればよい。

表8.6　膨張量が0.05%を超す組合せ

OPC:0.86～1.16%R_2O

結合材中の全アルカリR_2O(%) / スラグ / 骨材	0.89	0.86	0.82	0.79	0.75	0.72	0.72	0.71	0.67	0.61	0.55
	R40A12	R0A9	R50A12	R40A9	R30A9	R65A12	R40A9	R40A9	R50A9	R65A9	R0A6
	D	D	D	J	D	D	C	D	D	D	—
ZD1	○	○	×	—	×	×	—	×	×	×	×
ZD2	○	○	×	×	○*	×	×	×	×	×	×
ZD3	○	○	×	—	×	×	—	×	×	×	×

* 全アルカリ量が0.75%R_2O で ZD2の組合せは膨張量が0.05%を超すが、これはスラグ置換率30%の場合であって、8.1の末尾に示される結論あるいは 8.2(2)において天然の反応性骨材に対して結論づけた高炉スラグ粉末の最小所要量である置換率40%に満たない。このことから、この組合せは対象外となる。

(3) 結　論

試験結果を総合すると，高炉スラグはOPCのアルカリレベルによって抑制作用が異なることから，次の2つに分けた対策が考えられる。

表8.7　高炉スラグ粉末によるアルカリ骨材反応抑制対策

条　　件	有効な抑制作用に対するスラグ置換率
我が国の過去最大級のアルカリ量の水準 1.0~1.2%R_2O のポルトランドセメントに混合する場合	50%以上
アルカリ量の水準0.85%R_2O 以下のポルトランドセメントに混合する場合 *	40%以上

* 現在生産されているポルトランドセメントのアルカリ量は0.85%を上回るものはなく、かつ、これを混合して造った高炉セメントのアルカリは0.75%R_2O を上回るものはない、とみられる。

表8.7に示す品質の高炉セメントは低アルカリ形ポルトランドセメント（0.6%R_2O以下）と同等のASR抑制効果を有すると考えられ，土研法によるモルタルバーの膨張量は0.05%以下が期待できる。このうち高炉スラグの分量40%程度の高炉セメントのアルカリ骨材反応抑制効果は有害なアルカリの稀釈効果が主でこれに物理的あるいは化学的なアルカリ固定効果が補助的に作用しているものとみられて，低アルカリ形ポルトランドセメントに近い性能を示すとみられる。

9. あとがき

昭和60年度および61年度のわずか2か年の共同研究で期待したとおりの十分な成果をあげることができたのは，すでに外国において高炉スラグの有効性の研究が行われていたこととこの共同研究の各パートナーが事前から十分な予備知識を有していて，計画から試験の実施およびデータ解析に至るまで一致協力して全力を尽くして本研究を遂行したことによるものである。

高炉スラグ粉末によって高アルカリのポルトランドセメントを50%程度以上置換すればアルカリが物理的あるいは化学的に固定されることが明らかになった。

このことは外国における知見と同じである。ただし，スラグ置換率50%を超える高炉セメントは我が国ではダム以外にはあまり使用されていない実情を考えて，市販されている高炉セメントB種がアルカリ骨材反応の抑制対策として適用できるかどうかをその領域までアルカリ量とスラグ置換率の関係を求めて結論を出した。この点は外国の研究にはみられない我が国独自の結論であり，この研究の特筆すべき成果である。

今回得られた成果が我が国のアルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の被害対策として実際に実施されるためには，関係学界，各発注機関，施工業界，コンクリート製造業，骨材，セメント等の材料業界との調整が必要とみられる。とくに高炉スラグ粉末は我が国ではポルトランドセメントと事前混合されて高炉セメントとして使用されているのが殆どであるので，スラグ業界とセメント業界の密接な技術的連携が品質の安定化，保証あるいは信頼性の維持のうえからも望まれる。

おわりに

本研究を通して，我国の高炉スラグ微粉末のアルカリ骨材反応による膨張の抑制効果についても，確証が得られたといえよう。抑制効果のメカニズムや具体的な対策基準については，今後検討すべき事項もまだ多く残されている。本共同研究を遂行するにあたっては共同研究委員会に参加いただいた諸先生や，関係機関の委員の方々に多大な御指導をいただいた。紙面をおかりし，ここに深く感謝の意を表したい。

〔参考文献〕

1) ACI 201 2R-77, Guide to Durable Concrete 5.2.3 (b)

2) ASTM C 33—84, Concrete Aggregates, Appendix XI. 1

3) CSA Standard・CAN 3-A23: 1-M77 Concrete Materials and Methods of Concrete Construction, Appendix B

4) Design and Control of Concrete Mixtures, Canadian PCA, 4th ed 1984 p41

5) Vorbeugende Massnahmen gegen Alkalireaktion im Beton, Schriftenreihe der Zementindustrie Heft 40/1973, VDZ.e.V

6) R.F.M. Bakker; Uber die Ursache des erhohten Widerstandes von Beton mit Hochofenzement gegen die Alkali-Kieselsaurereaktion und den Sulfatangriff, Dissertation, RWTH Aachen (1980)

7) A.D. Buck, "Evaluation of two granulated iron blastfurnace slags for use in minimising alkali-silica reaction and sulphate attack" Workshop on Blastfurnace slag cements and concretes, York, 14th to 17ch Oct, 1985

8) A.D. Buck, "Use of Pozzolan to Control Expansion due to Alkali-Silica Reaction", ACI-RILEM. Symposium 85, Monterrey, Feb 1985, p501~512

9) B. Mather, "Laboratory Tests of Portland Blast-Furnace Slag Cements" Journal of ACI, Proceedings, vol 54, p205~232, 1957

10) L. Pepper and B. Mather, "Effectiveness of Mineral Admixtures in Preventing Excessive Expansion of Concrete due to Alkali-Aggregate Reaction," Proc. of ASTM, vol 59, p1178~1203, 1959

11) W.T. Moran and J.L. Gilliland, "Summary of Test Methods for Determining Pozzolanic Activity." ASTM STP NO.99, 1950

12) P.J. Nixon and M.E. Gage, "The Use of Fly Ash and Granulated Blastfurnace Slag to reduce Expansion due to Alkali-Aggregate Reaction," Proc. of 5th AAR Conference, Cape Town, 1981

13) L.U. Spellman, Use of Ground Granulated Slag to Overcome the Effects of Alkalis in Concrete and Mortar, Proc. of 6th AAR Conference, Copenhagen 1983. p55~60

14) 後藤幸正，尾坂芳夫監訳：ネビルのコンクリートの特性，技報堂　1979年11月，p280

15) 丸安隆和，小林一輔，阪本好夫：高炉セメントコンクリートの研究，土木学会コンクリートライブラリー第25号 1970年4月（東大生研報告第4号，1966年2月）

16) D.W. Hobbs, Influence of pulverized-fuel ash and granulated blastfurnace slag upon expansion caused by the alkali-silica reaction, Magazine of Concrete Research vol 34

NO 119, 1982, p83~94

17) 川村満紀，竹本邦夫，枷場重正，「2，3の反応性骨材を使用したモルタルにおけるポゾランによるアルカリ・シリカ膨張抑制効果」セメント技術年報 38，1984，p98～101
「混和材による細孔溶液中のアルカリ量の低減とアルカリシリカ膨張の抑制」，第 40 回土木学会年次学術講演会講演概要集，1985，p181～182

18) 山本親志，千賀平造，森山容州，沼田晋一，「高炉スラグ骨材コンクリートのアルカリ反応に対する安定性」日本コンクリート工学協会第 8 回コンクリート工学年次講演会論文集，1986，p157～160

19) P. Longuet, La protection des armatures dans le beton armé élaboré avec des ciments du laitier, Silicates Industriel, 1976, p321~328

20) H.G. Smolczyk, "Slag Cements and Alkali Reactive Aggregates, Proc. of VIth ICCC, Moscow, 1974

21) R.F.M. Bakker, 前出 6)

22) R.F.M. Bakker, "About the Cause of Resistance of Blastfurnace Cement Concrete to the Alkali-Silica Reaction, Proc. of 5th AAR Conference, Cape Town 1981

23) R.F.M. Bakker, "Permeability of Blended Cement Concrete" Proc. of CANMET/ACI First Intl. Conf. on the Use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and other Mineral By-Products in Concrete, ACI SP-79, 1983, p589~606

24) H.A. Brodersen, "Zur Abhangigkeit der Transportvorgange verschiedener Ionen im Beton von Struktur und Zusammensetzung des Zementsteins, Dissertation RWTH Aachen, 1982

25) H.G. Smolczyk und H. Romberg, "Der Einfluss der Nachbehandlung und der Lagerung auf die Nacherhartung und Porenverteilung von Beton," Tonindustrie Zeitung Ht 95 Nr4 1976, S349~357u, S381~390

26) D.M. Roy and G.M. Idorn, "Hydration, Structure and Properties of Blast Furnace Slag Cements, Mortars and Concrete," Proc. of ACI Journal, 1982, p444~457

27) R. Malek and D.M. Roy, "Effect of Slag Cements and Aggregate Type on Alkali-Aggregate Reaction and its Mechanism," Proc. of 6th AAR Conference, Copenhagen, 1983, p223~230

28) R. Malek and D.M. Roy, "Alkali-Aggregate Reaction Resistance of Ground Granulated Blast Furnace Slag Cement," Workshop on Slag Cements, PENN STATE U. 1984

29) S. Chatterji and N.F. Clausson-Kaas, "Prevention of Alkali-Silika Expansion by Using Slag-Portlond Cement," Cement and Concrete Research vol14, 1984, p816~818

30) Tang Ming-shu and Han Su-fen, "Effect of $Ca(OH)_2$ on alkali silica reactions," Proc of 7th ICCC, vol II, Paris, 1980

31) R.P.M. Bakker, "The Influence of Test Specimen Dimensions on the Expansion of Alkali Reactive Aggregate in Concrete." Proc. of 6th AAR Conference, Copenhagen, 1983 p369～375

32) L. Pepper and B. Mather, 前出 10)

巻末資料 1

パイレックスガラスを骨材とするセメント硬化体の物性およびガラス骨材の反応量の測定

共同研究委員会
担当：大門正機(東工大)

パイレックスガラスを用いたモルタルの長さ変化試験（ASTM C 441）の材令16週の測定が終了したモルタル供試体（4×4×16 cm）についてその物性試験及びガラス骨材の反応性の測定をおこなった。

1. 試験に使用した材料

(1) 普通ポルトランドセメント

(%)

化学成分													ASTM水溶性		
ig.loss	insol	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	MnO	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Na_2O	K_2O	R_2O
0.55	0.00	21.48	4.90	3.11	0.30	0.21	0.22	64.87	1.45	2.00	0.57	0.69	0.063	0.196	1.02

試験方法：JIS R 5202

比重	ブレーン比表面積 (cm^2/g)	88μ残分 (%)	凝結 (h-m) 水量 (%)	始発	終結	安定性	フロー値	曲げ強さ (kgf/cm^2) 3d	7d	28d	91d	圧縮強さ (kgf/cm^2) 3d	7d	28d	91d
3.16	3,350	1.1	27.6	2-35	3-25	良	245	35.8	55.3	63.4	66.6	167	278	371	425

試験方法：JIS R 5201

(2) 高炉スラグ

種類	ブレーン比表面積 (cm^2/g)	ガラス化率 (%)	化学成分 (%) ig.loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	R_2O	塩基度 b
水砕スラグ	—	99.9	+0.36	33.63	16.02	0.95	0.99	0.69	41.30	5.53	0.00	0.17	0.21	0.31	1.87
高炉スラグ粉末	3080	—	0.45	32.33	15.25	1.34	0.92	0.61	40.82	5.36	2.01	0.17	0.21	0.31	1.90* (1.86)
	4530	—	0.28	32.35	15.11	1.68	0.96	0.58	40.86	5.41	2.05	0.17	0.25	0.33	1.90 (1.85)
	5900	—	0.07	32.14	15.60	1.48	0.94	0.56	40.68	5.45	1.98	0.17	0.23	0.32	1.90 (1.88)

* 塩基度1.90は石こうを含む見かけ上の塩基度，( )内はスラグ塩基度推定値

(3) パイレックスガラスの品質試験結果

パイレックスガラス（岩城ガラス製）

#7740

① 比重試験

JIS A 1109 細骨材の比重及び吸水率試験方法

粒径 (mm)	絶乾比重
5 ～ 2.5	2.22
2.5 ～ 1.2	2.22
1.2 ～ 0.6	2.22
0.6 ～ 0.3	2.22
0.3 ～ 0.15	2.22

② 単位容積質量試験

JIS A 1104 骨材の単位容積重量及び実積率試験方法（ジッキング法）

粒　径　(mm)	単位容積質量(kg/ℓ)	実積率(%)
5　～ 2.5	1.22	55.1
2.5　～ 1.2	1.32	59.6
1.2　～ 0.6	1.31	59.0
0.6　～ 0.3	1.22	54.9
0.3　～ 0.15	1.24	56.0
粒 調 品*	1.48	66.7

* 粒調品混合割合(%) (ASTM C 227)
5 ～2.5 mm : 10
2.5～1.2 〃 : 25
1.2～0.6 〃 : 25
0.6～0.3 〃 : 25
0.3～0.15 〃 : 15

③ 化学成分

JIS R 3105 （ほうけい酸ガラスの分析方法）による化学成分

(%)

SiO_2	Al_2O_3	FeO	Na_2O	K_2O	B_2O_3	合 計	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
80.9	2.3	0.03	4.00	0.04	12.7	99.97	0.001	＜0.001

パイレックスガラスのASTM C 289化学法による試験結果

溶解シリカ量　Sc　778ミリモル/ℓ
アルカリ減少量　Rc　44ミリモル/ℓ
} 有害骨材

2. 試　料

(1) 試験の組合せ

試 料 名	スラグ粉末度 (cm²/g)	スラグ置換率(%)
基準モルタル	普通ポルトランドセメント	0
3080−50	3,080	50
4530−50	4,530	50
5900−50	5,900	50

(2) モルタルの配合

供試体寸法 / 項目 / ブレーン (cm²/g)		スラグ置換率 (%)	モルタル配合 (g) スラグ	ポルト	パイレックス	水	水セメント比 (%)	ASTMフロー率 (%)
cm 4×4×16	3,080	50	289.1	263.5	1,296	264	45.8	100.8
	4,530	50	289.3	263.3	1,296	257	46.5	106.7
	5,900	50	288.9	263.7	1,296	255	46.1	102.8
	基準モルタル	0	0	576.5	1,296	263	47.6	102.8

(3) 16週におけるモルタル（4×4×16 cm）の膨張率（%）

試料名	基準モルタル	3080−50	4530−50	5900−50
膨張率	+0.624	+0.060	+0.053	+0.051

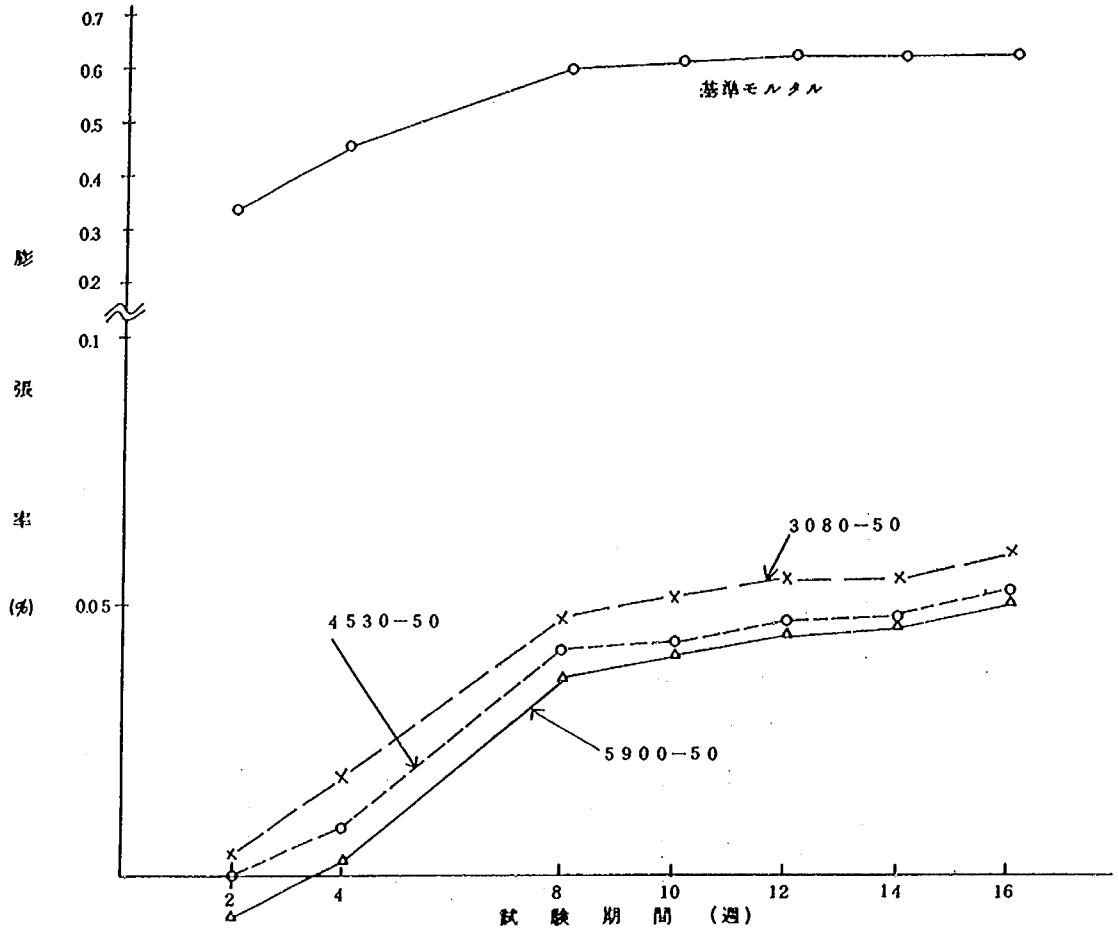


図1　パイレックスガラスを用いたモルタルの長さ変化試験（供試体寸法4×4×16 cm）

(4) 材令17週におけるモルタルの強さ試験

材令16週の長さ変化測定の終了したパイレックスガラスモルタルの供試体各配合それぞれ2個の強さ試験結果は次のとおりである。

試料名	曲げ（kg／cm²）	圧縮（kg／cm²）	試料名	曲げ（kg／cm²）	圧縮（kg／cm²）
3080−50	94.8	538	5900−50	89.6	664
	95.9	536		85.4	616
	$\bar{X}$= 95.4	$\bar{X}$= 537		$\bar{X}$= 87.5	$\bar{X}$= 640
4530−50	95.6	593	基準モルタル	64.6	463
	91.2	574		77.2	479
	$\bar{X}$= 93.4	$\bar{X}$= 584		$\bar{X}$= 70.9	$\bar{X}$= 471

3. 実　　験

(1) 水銀圧入

水銀圧入による細孔径分布は，図２に示すとおりである。

プレーン値が増加すると，細孔径の小さいものが増加する傾向にある。細孔容積は以下に示すとおりとなった。

試　　料	基準モルタル	3080−50	4530−50	5900−50
細孔容積〔cm^3/g〕	4.77×10^{-2}	3.43×10^{-2}	3.50×10^{-2}	3.34×10^{-2}

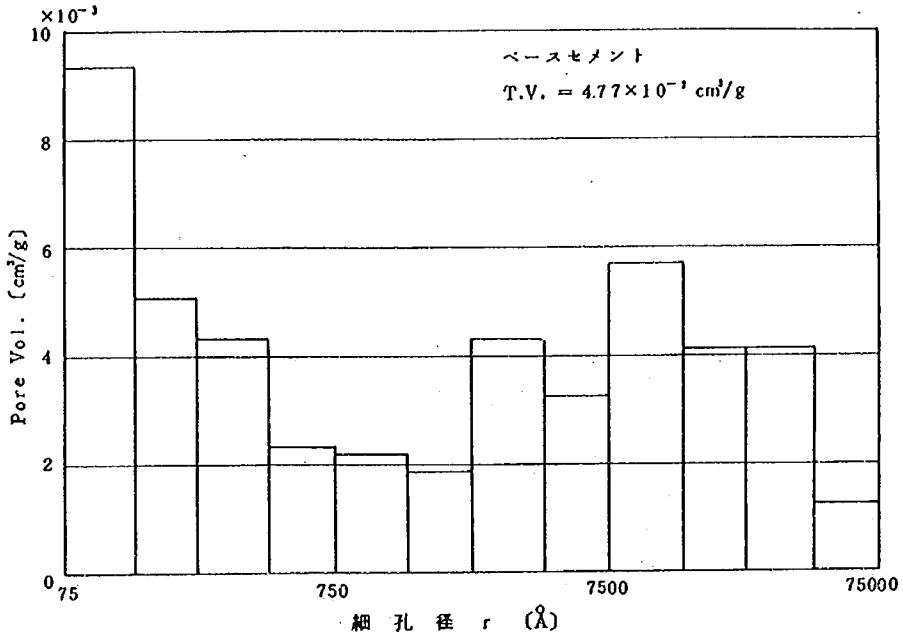


図２−(a)　水銀圧入による細孔径分布

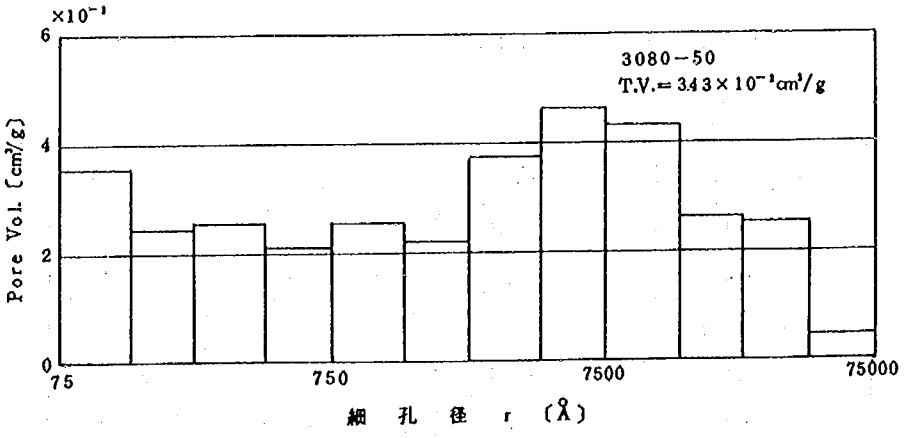


図２−(b)　水銀圧入による細孔径分布

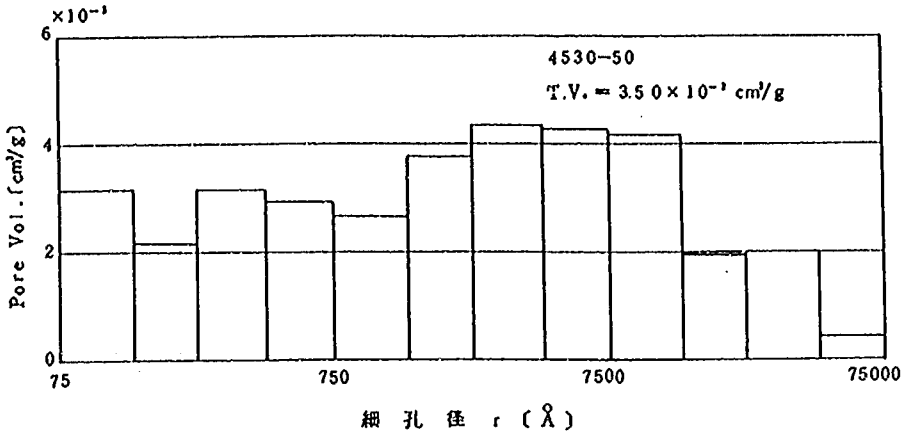


図2−(c) 水銀圧入による細孔径分布

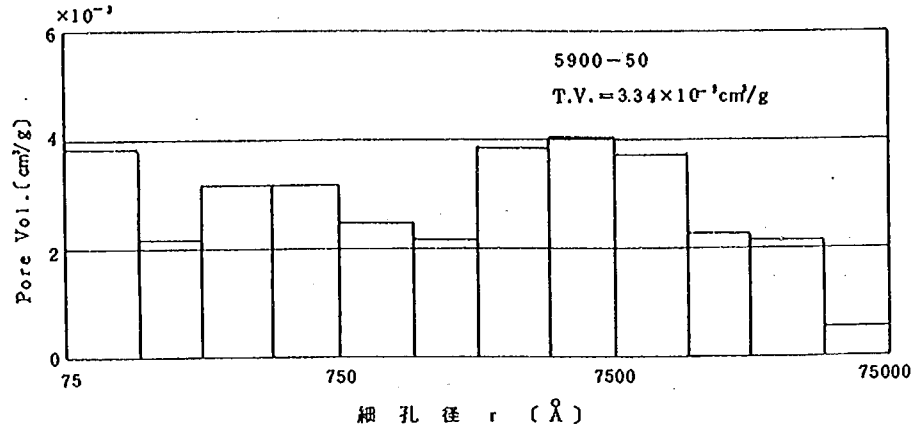


図2−(d) 水銀圧入による細孔径分布

(2) CHの定量

DSC (Differential Scanning Calorimeter) による測定の結果，$Ca(OH)_2$ の脱水に伴う $\Delta H = 23.4$ kcal/mol とすると，以下のとおりとなる。

試　料	吸熱量(mcal)	CHモル数(mol)	CH重量〔mg〕	試料重量〔mg〕	CH/試料〔%〕
ベースセメント	311.78	13.32×10^{-6}	0.99	25.0	3.94
3080−50	110.78	4.73×10^{-6}	0.35	28.2	1.24
4530−50	99.73	4.26×10^{-6}	0.32	33.1	0.95
5900−50	59.32	2.54×10^{-6}	0.19	23.5	0.80

(3) X線回折

粉末X線回折では，基準モルタル→3080−50→4530−50→5900−50の準CH量が減少して，C−S−H量が増加していることが定性的に確認できた。またモノサルフェートと C_3AH_{13} の固容体（AFm）と思われるピークが得られた。

(4) ガラス骨材の反応量の測定

未反応シリカの定量法については，『セメント－石英系水熱反応における未反応石英の定量』－窯業協会誌 90，397－400（1982）－による。

各試料の Ig. loss と Ignited ベースの溶解残率は以下のとおりである。

Ig. loss は基準モルタル→5900－50→4530－50→3080－50 と減少し，溶解残率は，基準モルタルが約67％で，スラグを混入したものはプレーン値にかかわらず約70％であった。

試　　料	Ig. loss〔％〕	溶解残率〔％〕
基準モルタル	5.36	67.07
3080－50	4.67	69.90
4530－50	5.07	69.64
5900－50	5.30	69.71

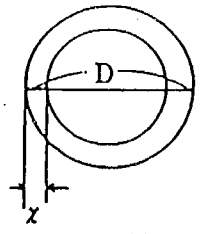
ここでセメントとガラスは，1：2.25 の比で混合されているから，モルタル中のガラスの割合は｛2.25／(1＋2.25)｝×100≒69.23〔％〕であり，Insol を 0.7％程度とすれば，約70％となる。したがって，スラグを混入したモルタル中ではシリカは消失しておらず，セメントとガラスのみのものは｛(70－67)／70｝×100≒4.3〔％〕のシリカが，消失していることになる。

このことから，骨材であるガラスを球として反応厚さを算出する。ガラスのデータから平均粒径を 1.0 ㎜ として，反応率を α，反応厚みを x とすると，

$$x = \frac{D}{2}\left(1-\sqrt[3]{1-\alpha}\right)$$

$$= \frac{1.0}{2}\left(1-\sqrt[3]{1-0.043}\right)$$

$$= 7.3\times10^{-3}\ 〔mm〕 = 7.3\ 〔\mu m〕$$



以上のことから，パイレックスガラスを骨材とした普通ポルトランドセメントのモルタルでは，アルカリ骨材反応がみられるが，普通ポルトランドセメントの50％を高炉スラグ粉末で置換したモルタルでは，アルカリ骨材反応が確認できないといえる。

水銀圧入や，シリカの定量法では，プレーン値による差は，誤差の範囲にあるといえる。CH の量は基準モルタルが最も大きく，スラグの粉末度が大きくなると順次小さくなった。このことは DSC，X線回折の両方の試験で同様の傾向が確認された。

この試料は材令の大きなものと思われるので，材令のもっと小さな試料ではプレーン値の影響が確認できるかもしれない。

また，スラグ置換率の異なるものを用いれば，シリカの反応率にちがいがでると考えられる。

高炉水砕スラグのＡＳＲ抑制メカニズムに関する所見

スラグのＡＳＲ抑制効果には，稀釈効果以外の固有の抑制効果があり，コンクリート中における骨材反応量が顕著に低下している。スラグの水和により，コンクリート中の固相水酸化カルシウム量および液相水酸化カルシウム濃度が低下するために，生成ゲルの流動性が大きくなり，このことがＡＳＲによる膨張を抑制するメカニズムであると考える説もあるが，本プロジェクトの一連の試験結果はこの説を支持するものではない。

反応が抑制されていることは，薄片の顕微鏡観察によっても，選択溶解法の測定結果からも明らかであるが，反応は骨材表面全体から均一に進行するのではなく，骨材内部に亀裂を貫入しながら不均一に進行している。均質な化学組成を有するパイレックスガラスを骨材として使用しながら，このような実験結果を得たことは，ＡＳＲによる膨張メカニズムに関して有意義な知見となると考えられるが，今後の充分な検討が必要である。

反応抑制効果としては以下の３点を挙げることができるが，すべての効果が相乗的に現われていると考えられ，いずれが特に優勢であるかは未だ明らかではなく，その情況は試験条件によって変化しているかもしれない。

①稀釈効果　　スラグ混入率の増加にともなう膨張量の減少が『直線的』であることは，主たるＡＳＲ抑制効果が稀釈効果であるかのような印象を与えるものの，混入率を50％にするとかなり過酷な条件下においても著しい膨張抑制効果を示し，稀釈効果以外の積極的な抑制効果が存在することは明らかで，特にスラグ混入率が大きい場合にこの作用は著しい。またこの効果については，種々の考え方が提唱されているが，大別すれば，吸着固定化効果と，移動抑止効果である。

②吸着固定化効果　　吸着による固定化効果は，フライアッシュなどに比べると小さいようである。未反応スラグへの吸着はほとんどないとしても，水和生成物は，クリンカー化合物からの生成物より低Ｃ／Ｓ比となるはずであり，アルカリイオンなどの吸着量はいくらかでも大きくなるはずであるが，吸着固定化効果による細孔溶液のアルカリ濃度減少は，稀釈効果による減少より著しく大きくならないであろう。

③移動抑止効果　　スラグを含むコンクリート中におけるアルカリイオンなどの移動速度は遅いことも既に多くの研究者によって明らかにされており，この効果もスラグのＡＳＲ抑制効果一翼をになっているにちがいない。この効果は上記の吸着現象のように化学的に固定化するメカニズムではないが，場合によっては，『固定化』と同様なＡＳＲ抑制効果を示し得るであろう。『多量の水分とともに溶液中のアルカリイオンを固相中に取りこむ』とも表現される所以である。

巻末資料 2

スラグ・モルタルバー試験結果

共同研究委員会
担当：(財)土木研究センター

目　　次

1. 試験概要 …… 2－1

2. 材料・配合・試験機器 …… 2－1

3. 試験方法 …… 2－3

4. 試験結果 …… 2－7

4.1　モルタルバー試験　シリーズⅠ・Ⅱ …… 2－7

4.2　モルタルバー試験　シリーズⅢ …… 2－12

4.3　モルタルバー試験　シリーズⅣ …… 2－19

4.4　モルタルバー試験　シリーズⅤ …… 2－42

4.5　モルタルバー試験　シリーズⅥ …… 2－50

4.6　モルタルバー試験　シリーズⅦ …… 2－55

4.7　モルタルバー試験　シリーズⅧ …… 2－64

4.8　モルタルバー試験　シリーズⅨ …… 2－68

5. 試験結果のまとめ …… 2－74

巻末資料　　モルタルバー試験　長さ変化測定結果データ集 …… 2－83

1. 試験概要

高炉スラグ粉末によるアルカリ・シリカ反応の抑止効果を把握するため反応性骨材1種類，基準骨材1種類を用いて次の項目についてモルタルバー試験を実施した。

① セメントのアルカリ量とモルタルバーの長さ変化量から，骨材の反応性状を把握する。

② 反応性骨材についてペシマムに関する試験をする。

③ 高炉スラグ粉末7種類を用いて，反応性骨材のアルカリ・シリカ反応の抑止効果を試験する。

2. 材料，配合，試験機器

2.1 材　料

1) セメント

セメントは三菱鉱業社製普通ポルトランドセメント（略称OPC，以下OPCと称す。），アルカリ量0.51%のものを使用した。

2) 骨　材

モルタルバー試験に使用した骨材は反応性骨材として，建設省土木研究所より支給された九州地方産砕石（略号ZD2，以下ZD2と称す。）及び反応性が極めて少ない骨材（基準骨材）として財団法人　土木研究センターが準備した奥多摩産硬質砂岩系砕石（略号ZI，以下ZIと称す。）の2種類とした。

3) 高炉スラグ粉末

高炉スラグ粉末は，鐵鋼スラグ協会より支給されたC4G0，D4G0，D3G2，D4G2，D5G2，D8G2，J4G0の7種類を使用した。スラグ略号のうち，C，D，Jは銘柄の別，2桁目の数字はスラグの粉末度（3:3000 cm^2/g級，4:4000 cm^2/g級，5:5000 cm^2/g級，8:8000 cm^2/g級）を示し，末尾の数字は石膏添加率（0:0%，2:2%）を示す。なお，粉末度及び石膏添加率については鐵鋼スラグ協会より提示された成績表に基づいた。

4) 練り混ぜ水

モルタル練り混ぜ用練り混ぜ水はイオン交換水を用いた。なお，アルカリ調整のために用いる水酸化ナトリウム水溶液の溶媒としても同様にイオン交換水を用いた。

5) 水酸化ナトリウム

アルカリ調整用の水酸化ナトリウムは特級試薬を用いた。

2.2 配　合

1) モルタルの配合基本条件

モルタルの配合は，基本的にASTM C 227法に準ずることとし，セメント骨材比を重量比でC:A＝1:2.25とし，1バッチの計量重量はセメントは600g（セメントの一部をスラグで置換した場合，セメントとスラグの合計重量は600g），骨材は1350gとした。また，練り混ぜ水量は，本試験に先立ち水量決定の予備試験を実施し，モルタルのコンシステンシーがJIS法のフロー試験においてフロー値が170～190㎜の範囲内となる水量を決定した。

2）配合の種類

モルタルバーの配合はASR共同研究委員会仕様に基づく70ケースの他，建設省土木研究所との協議のうえ追加された31ケースの合せて101ケースについて実施した。モルタルバーの配合は目的に応じたシリーズ（Ⅰ～Ⅸ）区分をし表3に示した。

3）配合の表示方法

モルタルの配合の表示はR（スラグ置換率：S／S+C；%），A（アルカリ量：%），P（反応性骨材率：ZD2／ZD2＋ZI；%）の組合せで表し，添え数字でスラグ置換率あるいは反応性骨材率を示した。また，アルカリ量についてはOPC（アルカリ量0.51%）をA6とし，アルカリ量0.86，1.16，1.96%については整数化しA9，A12，A20として表した。

2.3 試験機器

1）ジョークラッシャー及びミルクラッシャー

骨材の製砂に用いたジョークラッシャー及びミルクラッシャーは以下の性能のものを用いた。

表1 ジョークラッシャー及びミルクラッシャー

	ジョークラッシャー	ミルクラッシャー
形　　式	MARUTO MODEL №1032B	ハードディスクブラウン
電　動　機	2.2KW	3.7KW

2）ふるい

骨材のふるい分けには振動ふるいを用いた。

3）計量器

セメント，スラグ，骨材，練り混ぜ水の計量は精度0.1gのディジタル計量器を用いた。

4）型　枠

モルタルバー成型用の型枠はJIS R 5201に規定されている40㎜×40㎜×160㎜のモルタル供試体成形用型枠を用いた。

5）ゲージプラグ

長さ変化測定用の標点として，JIS A 1129に規定されているステンレス製のゲージプラグを用いた。

6) モルタル練り混ぜ機

モルタル練り混ぜ用の練り混ぜ機はJIS R 5201に規定される性能を有するモルタルミキサーを使用した。

7) フローテーブル及びつき棒

フロー試験用のフローテーブル，フローコーン，つき棒はJIS R 5201に規定されるものを用いた。

8) モルタル成形用つき棒

モルタル成形用のつき棒はJIS A 5201に規定されるものを用いた。

9) 初期養生箱

モルタル成形から脱形までの初期養生は，温度20℃，湿度95%以上を確保出来る初期養生箱を使用した。

10) 38℃養生貯蔵室

モルタルバーの養生は，温度38±1℃，が確保できる恒温・恒湿室において，所定の材令に至るまでアクリル製の箱形容器に貯蔵した。

11) 長さ変化測定器

モルタルバーの長さ変化測定器として，測長枠頂部にJIS B 7509に規定された1/1000㎜精度を有するダイヤルゲージ式コンパレータを使用した。

3. 試験方法

3.1 骨材の製砂・ふるい分け・計量

1) 製　砂

反応性骨材ZD2は，建設省土木研究所よりASTM C 227法に示された粒度分布に近い状態に製砂された骨材の支給を受けた。また，ZI骨材については砕石の状態で均一となるように撹拌したのち，ジョークラッシャー及びミルクラッシャーを用いて製砂を行った。

2) ふるい分け

ASTM C 227法に準拠した粒度分布に調整するため，振動ふるいを用いて5～2.5，2.5～1.2，1.2～0.6，0.6～0.3，0.3～0.15㎜の5段階にふるい分け，更に各粒度から試料をサンプリングし，JIS A 1102に基づくふるい分け試験を実施して確認した。

3) 計　量

ふるい分けされた骨材について，表2に示す重量を計量した。なお，ペシマム試験用骨材は，各粒度の重量をZD2，ZIの混合比で比例配分した。

表2　骨材の粒度及び計量重量

粒　度（mm）	重　量（g）	百分率（%）
5.0～2.5	135.0	10
2.5～1.2	337.5	25
1.2～0.6	337.5	25
0.6～0.3	337.5	25
0.3～0.15	202.5	15
合　計	1350.0	100

3.2　アルカリ量の調整

セメント中のアルカリ量を調整するために，目標アルカリ量（A9＝0.86%，A12＝1.16%，A20＝1.96%）からセメントのアルカリ量（OPC＝0.51%）を差し引いた値に相当する水酸化ナトリウム水溶液を練り混ぜ水に添加した。水酸化ナトリウム水溶液は水酸化ナトリウムをイオン交換水に溶かし，ほぼ3規定の濃度を目標とした。なお，モルタルバーの製作にあたっては，事前に塩酸滴定による定量分析を実施，水溶液の規定数を確認した。水酸化ナトリウム水溶液の添加量はセメント量，セメントのアルカリ量，目標アルカリ量，水酸化ナトリウム水溶液の濃度から以下の計算式を求めた。

$$A=\frac{C\times\left[\frac{A_n-A_o}{100}\right]}{N}$$

A：水酸化ナトリウム水溶液添加量（g）

C：セメント量（g）

A_n：目標アルカリ量（%）

A_o：セメントアルカリ量（%）

N：水酸化ナトリウム水溶液の濃度から計算される溶液1mℓ中のアルカリ量（g）

3.3　供試体の製作

1）練り混ぜ

モルタルの練り混ぜは以下の方法で行った。

① 練り鉢に所定の練り混ぜ水を投入する。

② ミキサーを回転させながら，セメントを投入する。

③ 骨材を30秒間で投入する。

④ 60秒間の練り混ぜを行う。

⑤ 20秒間ミキサーを停止させ，その間にパドル，練り鉢に付着したモルタルのかき落しをする。

⑥ 再び120秒間の練り混ぜを行って完了とする。

以上をタイムスケールで示すと図1のとおりである。

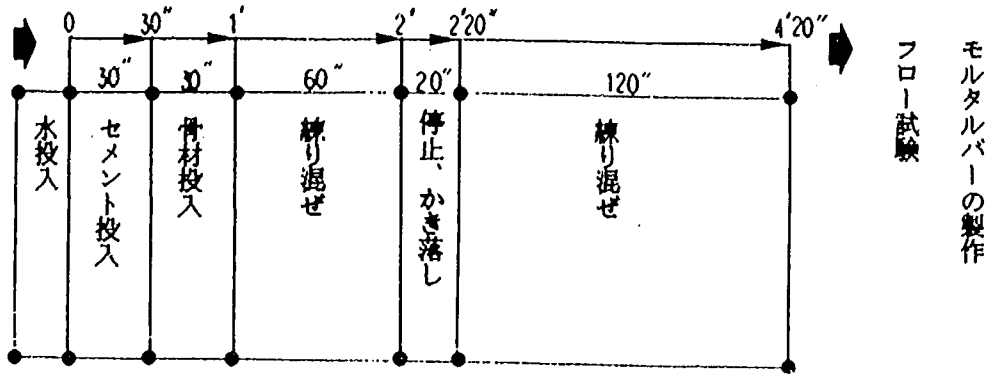


図1　モルタル練り混ぜタイムスケール

2）フロー試験

水量決定のためのフロー試験及び供試体を製作した配合のフロー確認試験は以下の方法で行った。

① フローコーンへのモルタルの充填は2層づめとし，つき棒により1層15回のつき固めを行った。なお，2層目についてはつき固め完了後，表面のナイフエッジ仕上を行った。

② フローテーブルの落下は1秒間に1回の割合とし15回とした。

③ フロー値の測定はフローしたモルタルの2方向について㎜単位で測定した。

なお，フロー試験は練り混ぜ完了後直ちに行うものとし，又，フロー試験後のモルタルは廃棄した。

3）成　型

練り混ぜ完了後，直ちに所定の型枠を用いて以下の方法により供試体の成型を行った。

① 型枠の漏水を防ぐためメタルタッチ部分に充分なグリース処理を行う。

② モルタルの充填は2層づめとし，1層ごと15回のつき固めを行い，更にナイフエッジでスページング及び木つちで型枠を軽く叩き，気泡の追出しを行う。

③ モルタルの打設面はブリージングによる沈降を防ぐため5㎜程度の余盛を行う。

④ 以上完了後約4時間，初期養生箱に格納する。

⑤ モルタル打設面の仕上は打設4時間後ストレートエッジにて仕上を行う。

⑥ 脱型は打設後おおむね24時間後とする。

4）養　生

初期測定を行った後，モルタルバーを38℃の養生を行った。養生方法はモルタルバーに吸取紙を巻つけ，イオン交換水を含ませた後，ビニール袋にいれ38℃養生貯蔵室におかれたアクリル製貯蔵容器に格納した。

3.4　長さ変化の測定

1）長さ変化の測定

モルタルバーの長さ変化の測定は，2週，4週，2ケ月，3ケ月，4ケ月，6ケ月，9ケ月，12ケ月時において実施した。

測定方法は20℃の恒温室におかれたコンパレータに標準棒をセットし，ダイヤルゲージの中央値を1000と合せた後モルタルバーをセットした。長さ変化の読取りは膨張方向を1001，1002，収縮方向を999，998と読取った。なお，モルタルバーは測定時のおおむね24時間前に容器ごと20℃恒温室に移した。

2）長さ変化率の算定

長さ変化率の算定は各測定材令時の測定値から初期値を差引，その値を基準長140㎜で除し百分率で示した。なお，各配合の長さ変化率はモルタルバー3本の平均値とした。

	粒度 (㎜)	絶乾比重	吸水率 (%)	ジッキング法		つき棒法	
				単位容積重量 (g/l)	実積率 (%)	単位容積重量 (g/l)	実積率 (%)
ZD2	5 ～2.5	2.69	1.65	1505	55.9	1443	53.6
	2.5～1.2	2.70	1.84	1503	55.7	1424	52.7
	1.2～0.6	〃	〃	1480	54.8	1414	52.4
	0.6～0.3	〃	〃	1549	57.4	1471	54.5
	0.3～0.15	〃	〃	1483	54.9	1414	52.4
	5 ～0	〃	〃	1721	63.7	1656	61.3
ZI	5 ～2.5	2.64	0.84	1487	56.8	1458	55.7
	2.5～1.2	2.62	〃	1459	56.2	1419	54.6
	1.2～0.6	〃	〃	1473	56.7	1425	55.1
	0.6～0.3	〃	〃	1470	54.7	1367	52.6
	0.3～0.15	〃	〃	1386	53.4	1340	51.6
	5 ～0	〃	0.85	1687	64.9	1620	62.4

5～25㎜の比重・吸水率は、ＪＩＳ　Ａ　1110　5～0㎜の比重・吸水ＪＩＳ　Ａ　1109　で求めた。

表3　モルタルバー試験シリーズ一覧表

シリーズ	スラグ	骨材	備　　考
I	—	ZD2	反応性骨材 ZD2について、セメント中のアルカリ量をA9、A12 、A20 の4 水準に変化させ、長さ変化量からZD2 の反応性状を調べ、スラグ置換モルタルバー試験の基準とした。
II	—	ZI	基準骨材 ZI について、セメント中のアルカリ量をA12 、A20 の2 水準に変化させ、長さ変化量からZIの反応性状を調べ、一連のモルタルバー試験の基準とした。
III	—	ZD2･ZI	反応性骨材 ZD2に基準骨材 ZI を混合し、その割合を、重量比で100 、80、60、50、40、20、0%の7 水準とし、セメント中のアルカリ量をA 、A9、A12 、A20 に変化させ、アルカリ各水準におけるZD2 骨材のペシマム量を調べた。
IV	C4G0 D4G2 J4G0	ZD2	セメントの一部を重量比で30、40、50、65% の4 水準の置換を行い、なおかつセメント中のアルカリ量をA9、A12 、A20. の3 水準とし、スラグ置換による抑止効果を調べた。なお、アルカリの調整は、置換後のセメント重量に対して、所定のアルカリ量となるように調整した。
V	D4G2	ZD2	スラグ置換による長さ変化抑止が『稀釈効果』か『抑止効果』かを確認するためにIVシリーズのうちD4G2スラグについてアルカリ量の調整をバインダー全量(セメント+ スラグ) に対して行い、比較をした。
VI	C4G0 D4G0 J4G0	ZD2	スラグの粉末度及び石膏添加率が同じ3 銘柄について、アルカリ量をA12 、スラグ置換率を40、50、65% の3 水準とし、銘柄の比較を行った。
VII	D3G2 D4G2 D5G2 D8G2	ZD2	石膏添加率が2.0%で、スラグの粉末度が異るD3(3000cm²/g 級) 、D4(4000cm²/g 級) 、D5(5000cm²/g 級) 、D8(8000cm²/g 級) について、アルカリ量をA12 、スラグ置換率を40、50、65% の3 水準とし粉末度の比較を行った。
VIII	D4G0 D4G2	ZD2	スラグの粉末度が同じで、石膏添加量が0 、2.0%と異るD4について、アルカリ量をA12 、スラグ置換率を40、50、65% の3 水準とし、石膏添加率の影響を調べた。
IX	D4G2	ZD2･ZI	IIIシリーズの条件にスラグ置換を加え、その影響を調べた。

4. 試験結果

4.1 モルタルバー試験　シリーズⅠ・Ⅱ

4.1.1 目　　的

反応性骨材（ZD2）及び基準骨材（ZI）のアルカリに対する反応性状を調べスラグ置換モルタルバー試験の基準とする。

4.1.2 試験方法

シリーズⅠ：ZD2骨材にアルカリ量をOPC（0.51%）及び水酸化ナトリウム水溶液で調整したA9，A12，A20の4水準とし，モルタルバーの長さ変化量から骨材のアルカリ反応性状を調べる。

シリーズⅡ：ZI骨材にアルカリ量をA12，A20の2水準としモルタルバーの長さ変化量から骨材のアルカリ反応性状を調べる。

4.1.3　モルタルの配合及びフロー試験結果

『シリーズⅠ（表4　）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
1	R0A6P100	ZD2	OPC	0	600	−	270.0	−	1350	0	193
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	600	−	245.9	24.1	1350	0	180
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	600	−	170.1	99.9	1350	0	158
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	600	−	170.1	99.9	1350	0	172
	＊アルカリ	後添加									

『シリーズⅡ（表5　）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
14	R0A12P100	ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	−	1350	176
15	R0A20P100	ZI	OPC	0	600	−	185.8	84.2	−	1350	173

4.1.4　モルタルバーの長さ変化測定結果

ZD2及びZI骨材のアルカリ各水準における材令と長さ変化率の関係を図2，3に示した。また，表6，7に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『シリーズⅠ（表6　）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
1	R0A6P100	ZD2	OPC	0	100	0.55	0.0171	0.0304	0.0222
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	0.0369	0.0564	0.0555
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	0.4436	0.4795	0.4719
④	R0A20P100＊	ZD2	OPC	0	100	2.00	0.4257	0.4562	0.4476
	＊アルカリ	後添加							

『シリーズⅡ（表7　）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
14	R0A12P100	ZI	OPC	0	0	1.20	0.0321	0.0486	0.0490
15	R0A20P100	ZI	OPC	0	0	2.00	0.0643	0.2069	0.2855

4.1.5　骨材のアルカリ骨材反応性状

『シリーズⅠ　ZD2骨材』

1）長さ変化の傾向（図2参照）

No.1（A6），No.2（A9）は初期から12ケ月にかけて僅かづつ膨張し，12ケ月でNo.1は0.02％程度，No.2は0.06％程度となっている。No.3（A12）は4週から2ケ月にかけて0.2％程度まで急激な膨張を示している。2ケ月から4ケ月まではやや増加するものの6ケ月以降12ケ月まではほぼ停止状態にあり，12ケ月での長さ変化率は0.24％程度となっている。No.4（A20）及びアルカリを後添加したNo.4（A20）も2週から2ケ月にかけて0.4％程度まで急激な膨張を示し，その後4ケ月までは0.46％程度までやや増加し，4ケ月以降はほぼ停止状態を示している。

2）アルカリ量と長さ変化率の関係

材令3，6，12ケ月における長さ変化率とアルカリ量の関係を図4に示した。ZD2骨材はアルカリ量が0.9％以下では膨張量が0.05％程度であるが0.9％を越えるとアルカリ量に比例して長さ変化率が大きくなり，反応性が著しい結果となっている。

『シリーズⅠ　ZI骨材』

1）長さ変化の傾向（図3参照）

No.14（A12）は初期から12ケ月にかけてなだらかな膨張を呈し，12ケ月で0.05％程度となっている。またNo.15（A20）は初期から2ケ月まではNo.14と同程度であるが，2ケ月以降6ケ月までは膨張をみせ6ケ月では0.2％程度に至っている。6ケ月以降12ケ月までは長さ変化の増加傾向が小さくなりS字型の曲線を示している。12ケ月では0.3％程度となっている。

2）アルカリ量と長さ変化率の関係

材令3，6，12ケ月における長さ変化率とアルカリ量の関係を図5に示した。ZI骨材はアルカリ量が1.2％では長さ変化が0.05％程度と小さな値を示している。しかし，アルカリ量が2.0％では6ケ月で0.2％を上回る結果となっておりアルカリ量によっては反応性状が現れるものと思われる。なお，材令12ケ月でのZD2，ZI骨材の長さ変化率を比較するとA12ではZI／ZD2＝0.2，A20ではZI／ZD2＝0.6となっている。

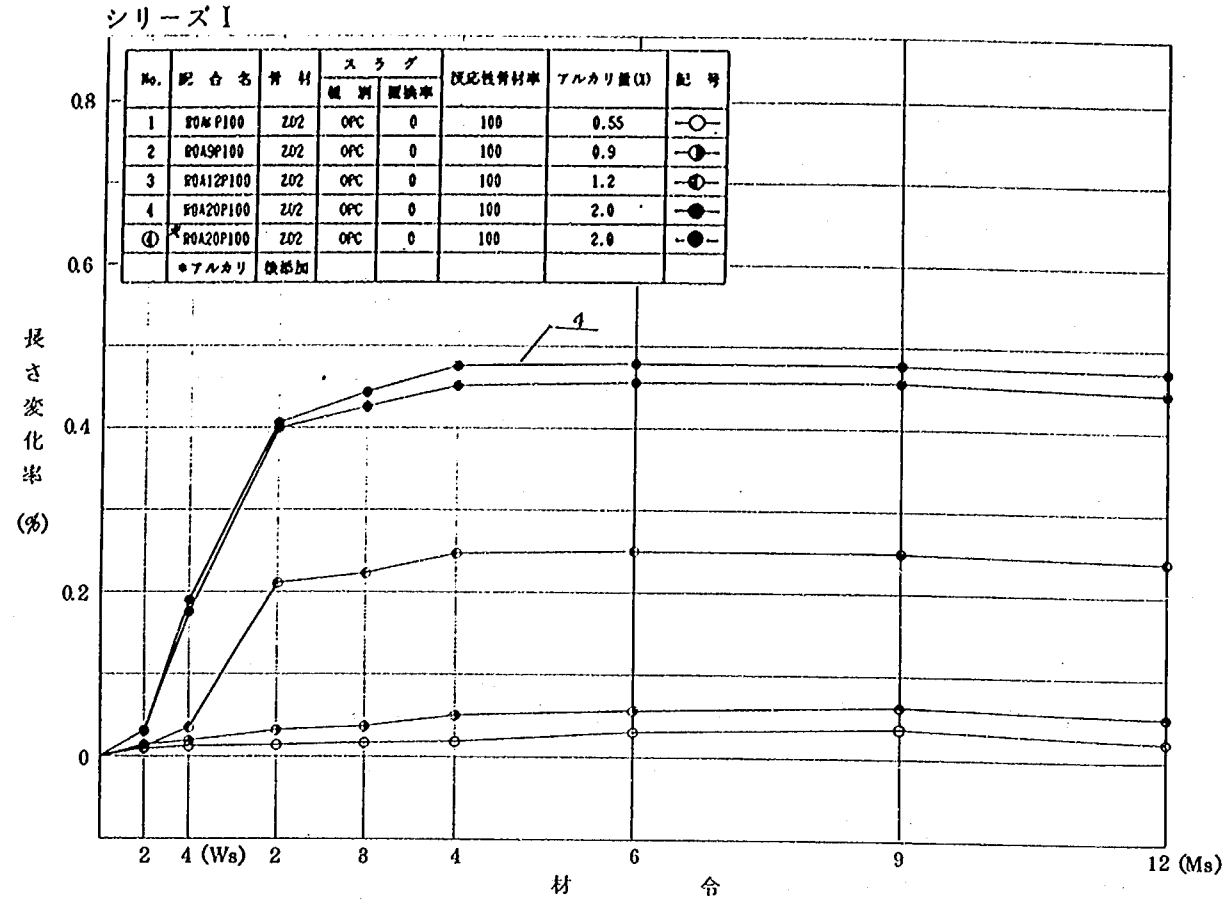


図 2　反応性骨材（ZD2）の材令と長さ変化率の関係（アルカリ量 0.55，0.9，1.2，2.0%）

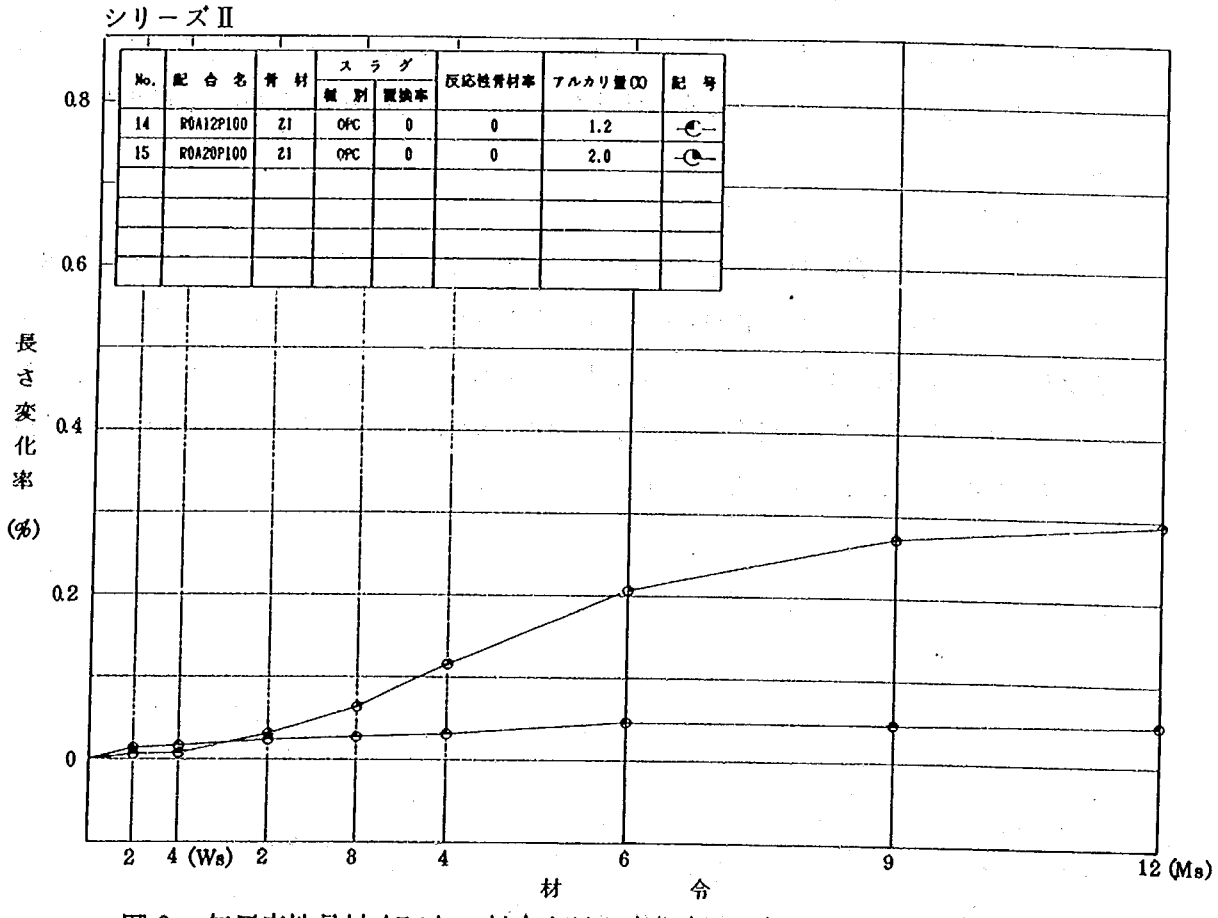


図 3　無反応性骨材（ZI）の材令と長さ変化率の関係（アルカリ量 1.2，2.0%）

シリーズⅠ

No.	配合名	骨材	スラグ 種別	スラグ 置換率	反応性骨材率	アルカリ量(%)	記号
1	RBA8P100	ZD2	OPC	0	100	0.55	
2	RBA9P100	ZD2	OPC	0	100	0.9	
3	RBA12P100	ZD2	OPC	0	100	1.2	
4	RBA20P100	ZD2	OPC	0	100	2.0	
④※	RBA20P100	ZD2	OPC	0	100	2.0	
	※アルカリ	微調整					

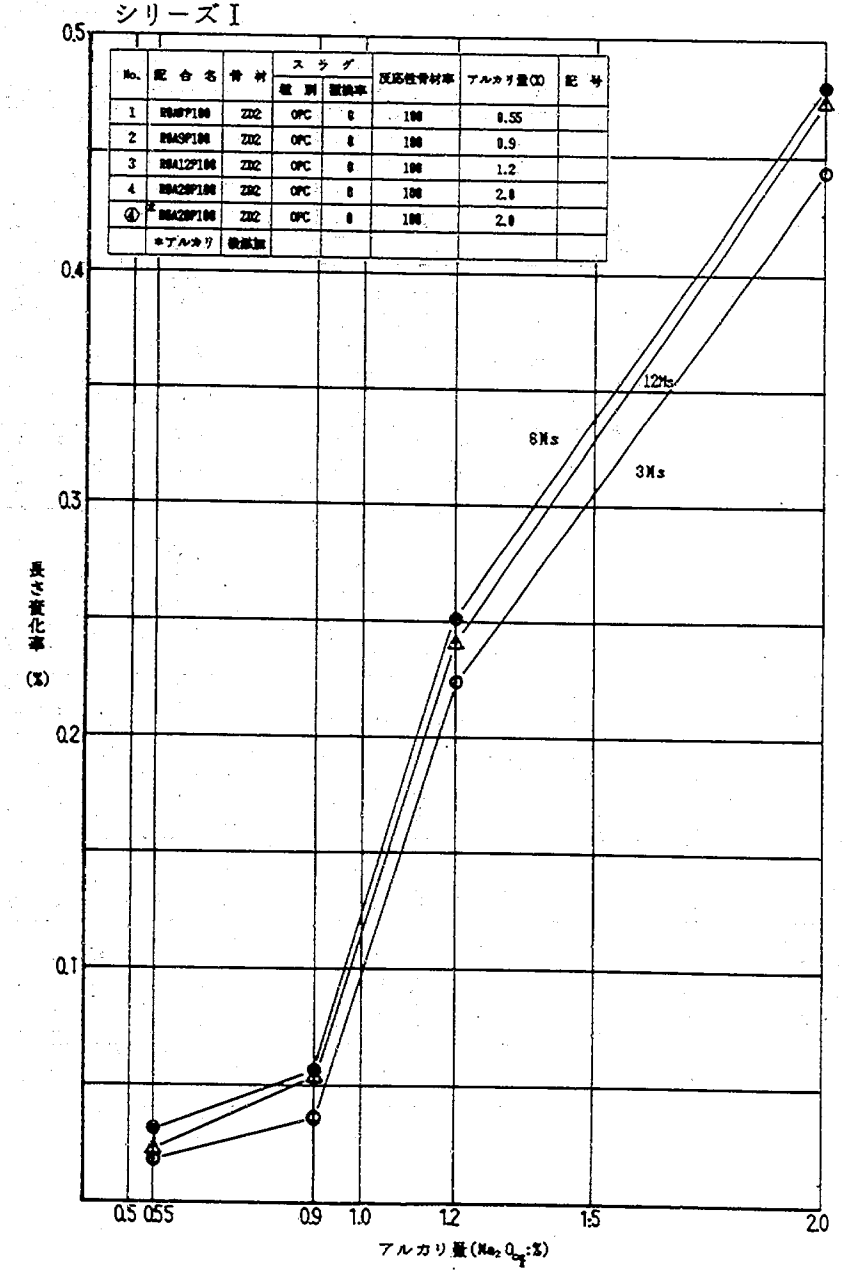


図4　ZD2 骨材のアルカリ量と長さ変化率の関係

シリーズⅡ

No.	配合名	骨材	スラグ 種別	スラグ 置換率	反応性骨材率	アルカリ量(%)	記号
14	RBA12P100	ZI	OPC	0	0	1.2	
15	RBA20P100	ZI	OPC	0	0	2.0	

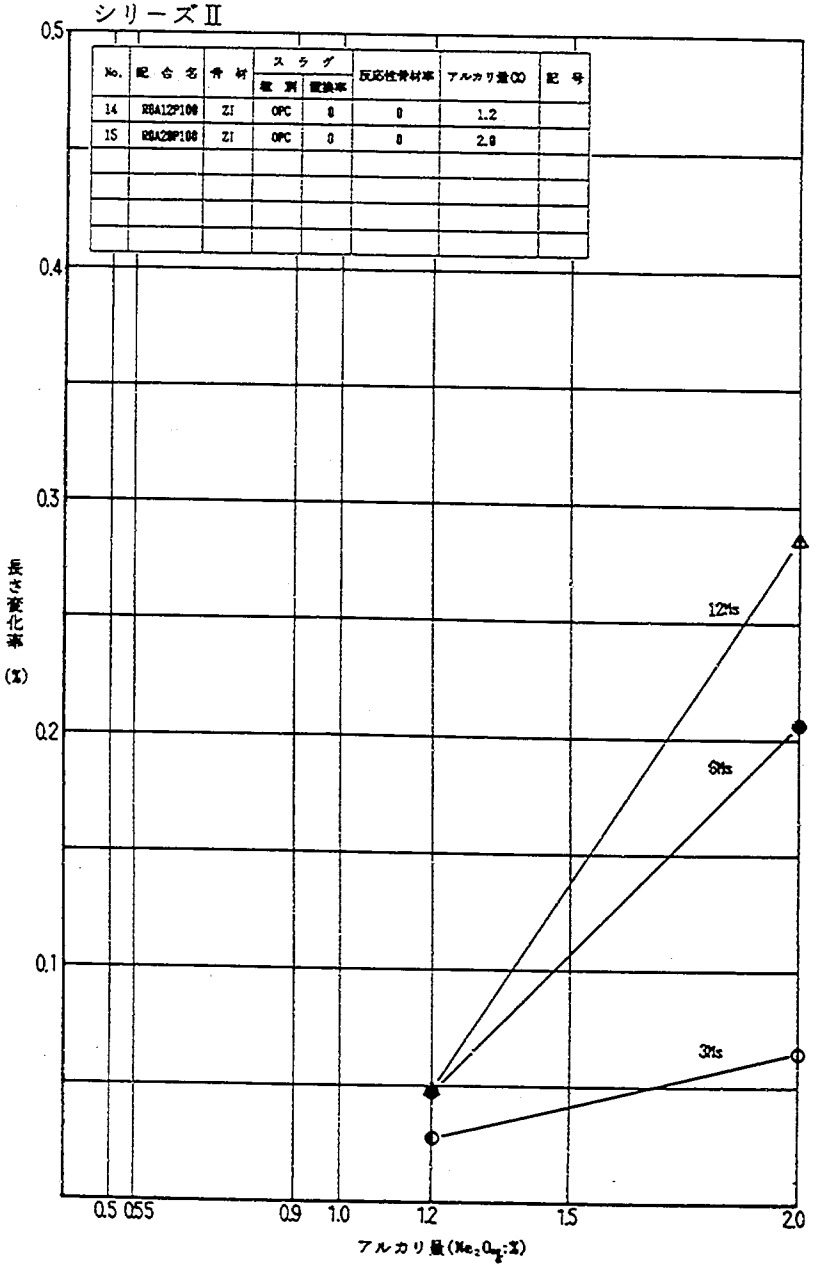


図5　ZI 骨材のアルカリ量と長さ変化率の関係

4.2　モルタルバー試験　シリーズⅢ

4.2.1　目　　的

反応性骨材（ZD2）のアルカリ反応におけるペシマム量を調べる。

4.2.2　試験方法

反応性骨材ZD2に基準骨材ZIの混合割合を0，20，40，60，80，100％の6水準，セメントのアルカリ量をA6，A9，A12，A20の4水準とし，モルタルバーの長さ変化の比較を行う。

4.2.3　モルタルの配合及びフロー試験結果

『アルカリ量A6（表8）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
1	R0A6P100	ZD2	OPC	0	600	−	270.0	−	1350	0	193
301	R0A6P40	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	270.0	−	540	810	185
302	R0A6P20	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	540	810	184

『アルカリ量A9（表9）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	600	−	245.9	24.1	1350	0	180
5	R0A9P80	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	249.7	20.3	1080	270	186
8	R0A9P60	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	249.7	20.3	810	540	179
11	R0A9P50	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	249.7	20.3	675	675	185

『アルカリ量A12（表10）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
6	R0A12P80	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	1080	270	186
9	R0A12P60	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	810	540	178
12	R0A12P50	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	675	675	182
302	R0A12P40	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	540	810	184
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	−	1350	176

『アルカリ量A20（表11）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	600	−	170.1	99.9	1350	0	158
7	R0A20P80	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	185.8	84.2	1080	270	180
10	R0A20P60	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	185.8	84.2	810	540	174
13	R0A20P50	ZD2·ZI	OPC	0	600	−	185.8	84.2	675	675	178
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	600	−	185.8	84.2	−	1350	173

4.2.4　モルタルバーの長さ変化測定結果

アルカリ4水準におけるモルタルバーの材令と長さ変化の関係を図6～8に示した。また，表12～15に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『アルカリ量A6（表12）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
1	R0A6P100	ZD2	OPC	0	100	0.55	0.0171	0.0304	0.0222
301	R0A6P40	ZD2·ZI	OPC	0	40	0.55	0.0129	0.0190	0.0150
307	R0A6P20	ZD2·ZI	OPC	0	20	0.55	0.0167	0.0212	0.0129

『アルカリ量A9（表13）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	0.0369	0.0564	0.0555
5	R0A9P80	ZD2·ZI	OPC	0	80	0.90	0.0390	0.1100	0.1255
8	R0A9P60	ZD2·ZI	OPC	0	60	0.90	0.0366	0.1288	0.1507
11	R0A9P50	ZD2·ZI	OPC	0	50	0.90	0.0429	0.1879	0.1897

『アルカリ量A12（表14）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
6	R0A12P80	ZD2·ZI	OPC	0	80	1.20	0.3086	0.3648	0.3614
9	R0A12P60	ZD2·ZI	OPC	0	60	1.20	0.3112	0.3967	0.4136
12	R0A12P50	ZD2·ZI	OPC	0	50	1.20	0.2969	0.4129	0.4222
302	R0A12P40	ZD2·ZI	OPC	0	40	1.20	0.2571	0.2998	0.3022
308	R0A12P20	ZD2·ZI	OPC	0	20	1.20	0.1317	0.2002	0.2093
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	0	1.20	0.0274	0.0464	0.0490

『アルカリ量A20 (表15)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	0.4436	0.4795	0.4719
7	R0A20P80	ZD2・ZI	OPC	0	80	2.00	0.4726	0.5152	0.5082
10	R0A20P60	ZD2・ZI	OPC	0	60	2.00	0.4576	0.5050	0.4972
13	R0A20P50	ZD2・ZI	OPC	0	50	2.00	0.4288	0.4850	0.4886
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	0	2.00	0.0643	0.2069	0.2855

4.2.5 ZD2骨材のペシマム

1) 長さ変化の傾向

『アルカリ量A6 (図6参照)』

ZIを混合しないNo.1での長さ変化は初期から9ケ月にかけて0.04%程度膨張し，その後12ケ月では収縮し0.02%程度となっている。これに対しZIを混合したNo.301 (反応性骨材率40%)，No.307 (反応性骨材率20%)での長さ変化傾向は長さ変化率及び長さ変化傾向もほぼNo.1と同様となっている。

『アルカリ量A9 (図7－1参照)』

No.2は12ケ月まで0.03%程度なだらかに増加している。これに対し反応性骨材率60，80%のNo.5，8は4ケ月まではNo.2と同様であるが4ケ月から6ケ月にかけて0.12%程度の増加をみせ，その後12ケ月では0.14%前後となっている。また，No.11は3ケ月から増加が現れ6ケ月では0.18%程度，12ケ月では0.19%程度となっている。

『アルカリ量A12 (図7－2参照)』

長さ変化の傾向は，No.14を除く他のケースは4ケ月から6ケ月にかけて2次曲線的に膨張し，6ケ月以降はほぼ膨張が停止状態にある。

『アルカリ量A20 (図8参照)』

反応性骨材率が100%のNo.4及び反応性骨材率が80，60，50%のいずれのケースも，初期から2ケ月にかけて0.4%程度まで著しい膨張を呈し，その後6ケ月までは0.6%程度に至っている。6ケ月から12ケ月まではほぼよこばい状態となっている。

2) ZD2骨材のペシマム

『反応性骨材率100%の場合』を基準(1.0)とし，アルカリ各水準における長さ変化率を『長さ変化率の比』として表16～19に示した。また図9には反応性骨材率と長さ変化率の関係を示した。

『アルカリ量A6（表16）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
1	R0A6P100	ZD2	OPC	0	100	0.55	1.000	1.000	1.000
301	R0A6P40	ZD2·ZI	OPC	0	40	0.55	0.754	0.625	0.676
307	R0A6P20	ZD2·ZI	OPC	0	20	0.55	0.977	0.697	0.581
No.1の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量A9（表17）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	1.000	1.000	1.000
5	R0A9P80	ZD2·ZI	OPC	0	80	0.90	0.938	1.171	1.201
8	R0A9P60	ZD2·ZI	OPC	0	60	0.90	1.100	1.625	1.512
11	R0A9P50	ZD2·ZI	OPC	0	50	0.90	1.100	1.708	1.512
No.2の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量A12（表18）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
6	R0A12P80	ZD2·ZI	OPC	0	80	1.20	1.383	1.455	1.503
9	R0A12P60	ZD2·ZI	OPC	0	60	1.20	1.385	1.582	1.720
12	R0A12P50	ZD2·ZI	OPC	0	50	1.20	1.331	1.647	1.756
302	R0A12P40	ZD2·ZI	OPC	0	40	1.20	1.152	1.196	1.257
308	R0A12P20	ZD2·ZI	OPC	0	20	1.20	0.590	0.799	0.870
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	0	1.20	0.123	0.185	0.204
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量A20（表19）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	1.000	1.000	1.000
7	R0A20P80	ZD2·ZI	OPC	0	80	2.00	1.065	1.074	1.077
10	R0A20P60	ZD2·ZI	OPC	0	60	2.00	1.032	1.053	1.054
13	R0A20P50	ZD2·ZI	OPC	0	50	2.00	0.967	1.011	1.035
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	20	2.00	0.145	0.431	0.624
No.4の長さ変化率を1.000とした。									

この結果，ZD2骨材はペシマムが存在し，かつ，ペシマム量はA6は明瞭でないが，A9は50%程度，A12は50%，A20は80%にありアルカリ量によってペシマム量が変動する結果となっている。

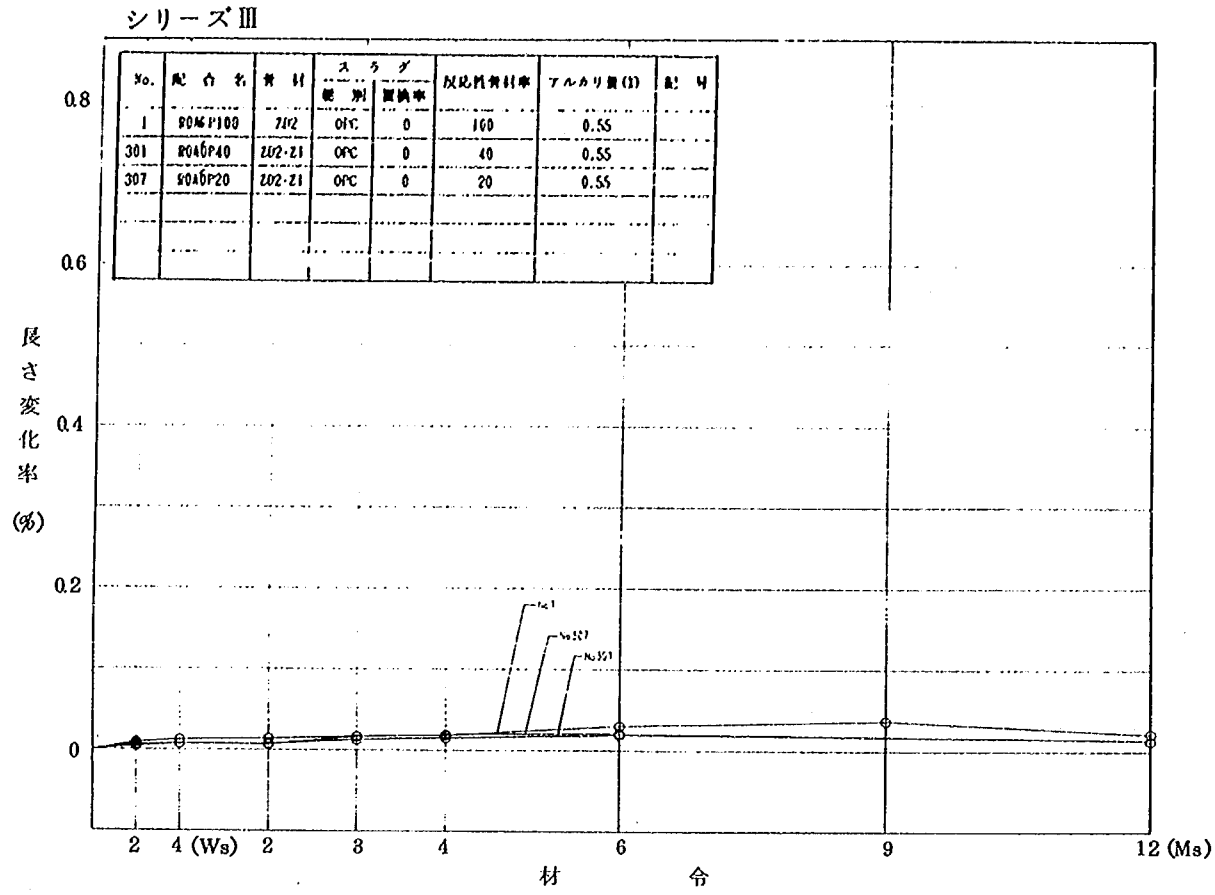


図6　反応性骨材率を変化させたモルタルバーの材令と長さ変化率の関係（アルカリ量0.55％）

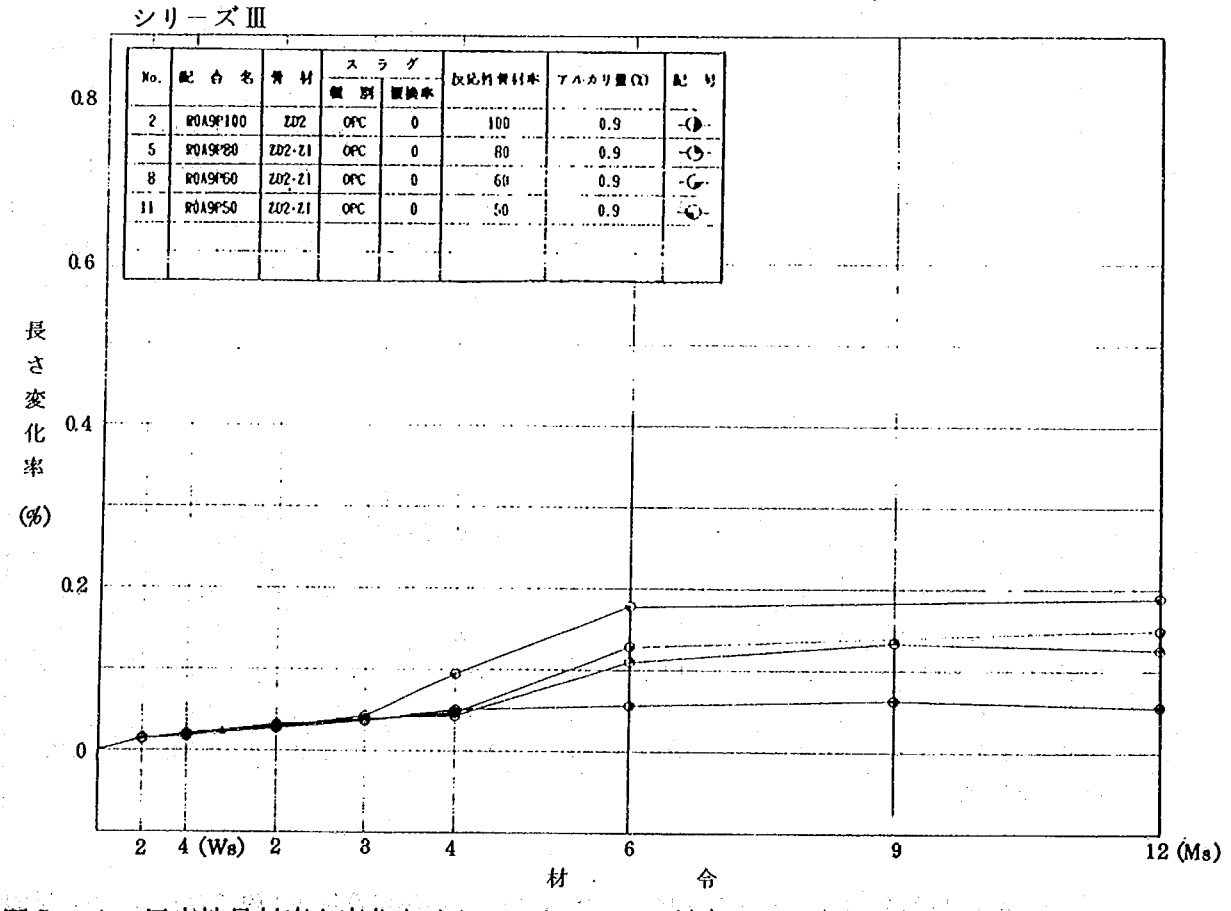


図7－1　反応性骨材率を変化させたモルタルバーの材令と長さ変化率の関係（アルカリ量0.9％）

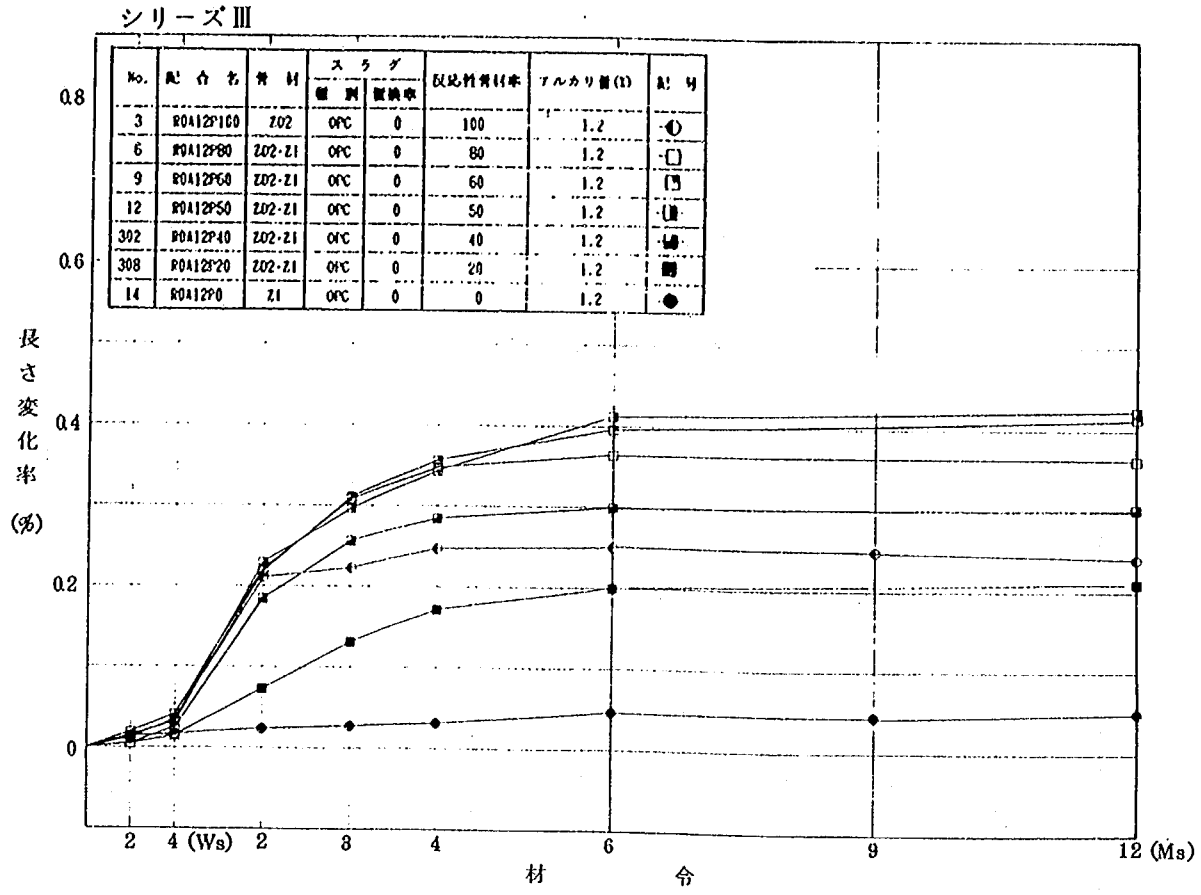


図7－2　反応性骨材率を変化させたモルタルバーの材令と長さ変化率の関係（アルカリ量1.2%）

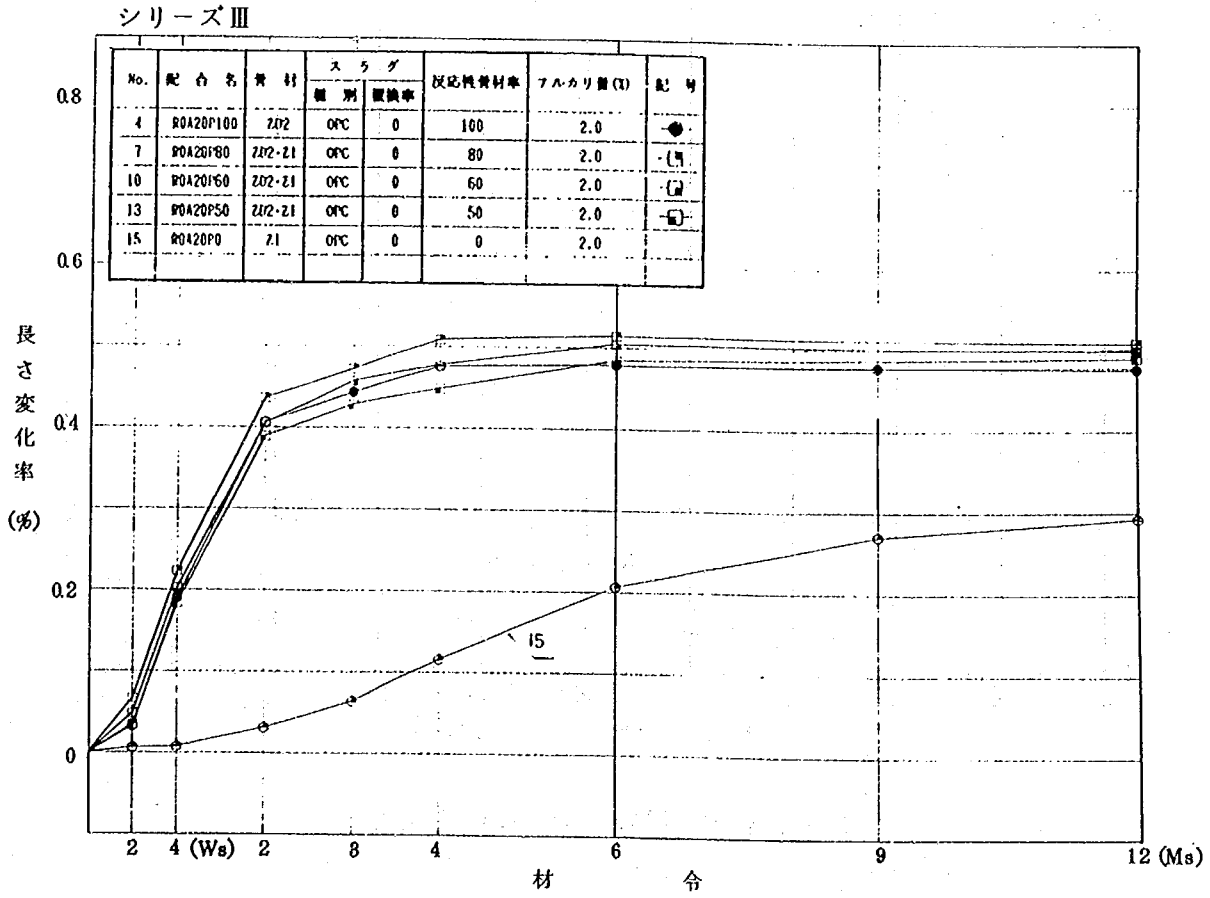


図8　反応性骨材率を変化させたモルタルバーの材令と長さ変化率の関係（アルカリ量2.0%）

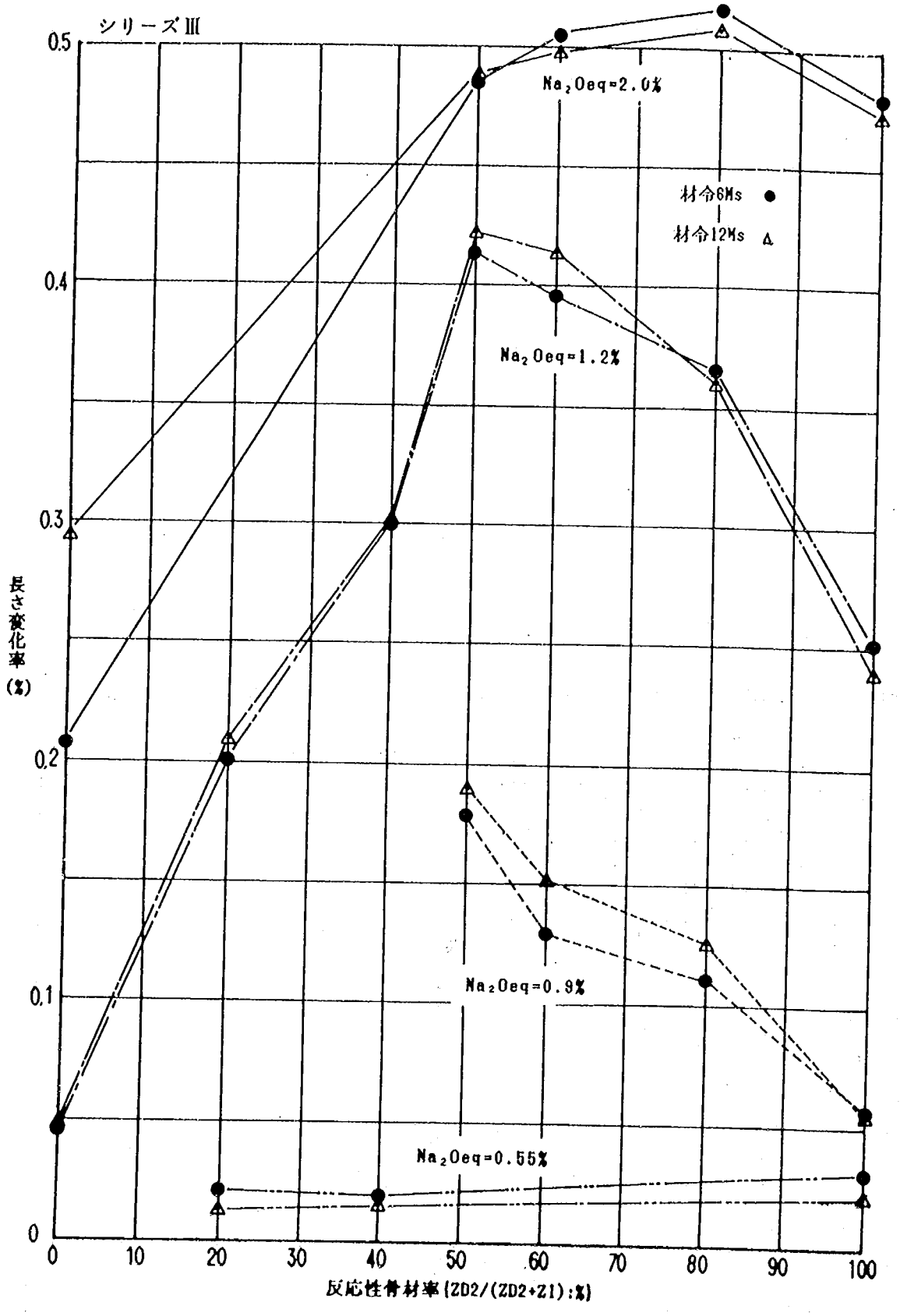


図 9　反応性骨材率と長さ変化率の関係

4.3 モルタルバー試験 シリーズⅣ

4.3.1 目 的

高炉スラグ粉末のアルカリ骨材反応の抑制効果をモルタルバーの長さ変化により確認する。

4.3.2 試験方法

反応性骨材ZD2を用い，セメントの一部として高炉スラグ粉末C4G0，D4G2，J4G0を重量比（S/S+C）で30，40，50，65%の置換を行う。アルカリ量はOPC重量に対し，A9，A12，A20の3水準としモルタルバーの長さ変化の比較を行う。

4.3.3 モルタルの配合及びフロー試験結果

『C4G0 アルカリ量A9 (表20)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	600	−	245.9	24.1	1350	0	180
53	R30A9P100	ZD2	C4G0	30	420	180	253.1	16.9	1350	0	189
56	R40A9P100	ZD2	C4G0	40	360	240	255.5	14.5	1350	0	187
59	R50A9P100	ZD2	C4G0	50	300	300	257.9	12.1	1350	0	191
62	R65A9P100	ZD2	C4G0	65	210	390	261.6	8.4	1350	0	188

『C4G0 アルカリ量A12 (表21)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
54	R30A12P100	ZD2	C4G0	30	420	180	238.7	31.3	1350	0	190
57	R40A12P100	ZD2	C4G0	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	188
60	R50A12P100	ZD2	C4G0	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	192
63	R65A12P100	ZD2	C4G0	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	191

『C4G0 アルカリ量A20 (表22)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	600	−	170.1	99.9	1350	0	158
55	R30A20P100	ZD2	C4G0	30	420	180	200.1	69.9	1350	0	173
58	R40A20P100	ZD2	C4G0	40	360	240	210.1	59.9	1350	0	173
61	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	300	300	220.1	49.9	1350	0	178
64	R65A20P100	ZD2	C4G0	65	210	390	235.0	35.0	1350	0	185

『D4G2 アルカリ量A9 (表23)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	600	−	245.9	24.1	1350	0	180
16	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	420	180	253.1	16.9	1350	0	193
19	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	360	240	255.5	14.5	1350	0	184
22	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	300	300	257.9	12.1	1350	0	182
25	R65A9P100	ZD2	D4G2	65	210	390	261.6	8.4	1350	0	170

『D4G2 アルカリ量A12 (表24)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
17	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	420	180	238.7	31.3	1350	0	195
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	195
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	188
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	180
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	600	−	232.3	37.7	−	1350	176

『D4G2 アルカリ量A20 (表25)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	600	−	170.1	99.9	1350	0	158
18	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	420	180	200.1	69.9	1350	0	185
21	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	360	240	210.1	59.9	1350	0	187
24	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	300	300	257.9	12.1	1350	0	182
27	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	210	390	235.0	35.0	1350	0	180
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	600	−	185.8	84.2	−	1350	173

『J4G0 アルカリ量A9 (表26)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	600	−	245.9	24.1	1350	0	180
41	R30A9P100	ZD2	J4G0	30	420	180	253.1	16.9	1350	0	193
44	R40A9P100	ZD2	J4G0	40	360	240	255.5	14.5	1350	0	189
47	R50A9P100	ZD2	J4G0	50	300	300	257.9	12.1	1350	0	189
50	R65A9P100	ZD2	J4G0	65	210	390	261.6	8.4	1350	0	185

『J4G0 アルカリ量A12 (表27)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
42	R30A12P100	ZD2	J4G0	30	420	180	238.7	31.3	1350	0	192
45	R40A12P100	ZD2	J4G0	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	188
48	R50A12P100	ZD2	J4G0	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	190
51	R65A12P100	ZD2	J4G0	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	184

『J4G0 アルカリ量A20 (表28)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	600	−	170.1	99.9	1350	0	158
43	R30A20P100	ZD2	J4G0	30	420	180	200.1	69.9	1350	0	174
46	R40A20P100	ZD2	J4G0	40	360	240	210.1	59.9	1350	0	170
49	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	300	300	220.1	49.9	1350	0	178
52	R65A20P100	ZD2	J4G0	65	210	390	235.0	35.0	1350	0	180
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	600	−	185.8	84.2	−	1350	173

4.3.4　モルタルバーの長さ変化測定結果

巻末にC4G0，D4G2，J4G0スラグ置換モルタルバーの長さ変化測定結果を掲げ，また，表29～37に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『C4G0 アルカリ量A9 (表29)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ケ月	6ケ月	12ケ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	0.0369	0.0564	0.0555
53	R30A9P100	ZD2	C4G0	30	100	0.90	0.0250	0.0374	0.0367
56	R40A9P100	ZD2	C4G0	40	100	0.90	0.0190	0.0338	0.0312
59	R50A9P100	ZD2	C4G0	50	100	0.90	0.0202	0.0310	0.0295
62	R65A9P100	ZD2	C4G0	65	100	0.90	0.0229	0.0311	0.0259

『C4G0 アルカリ量A12 (表30)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
54	R30A12P100	ZD2	C4G0	30	100	1.20	0.0314	0.0514	0.0476
57	R40A12P100	ZD2	C4G0	40	100	1.20	0.0183	0.0369	0.0400
60	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	100	1.20	0.0233	0.0348	0.0347
63	R65A12P100	ZD2	C4G2	65	100	1.20	0.0179	0.0331	0.0300

『C4G0 アルカリ量A20 (表31)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	0.4436	0.4795	0.4719
55	R30A20P100	ZD2	C4G0	30	100	2.00	0.1827	0.2274	0.2305
58	R40A20P100	ZD2	C4G0	40	100	2.00	0.0831	0.1331	0.1514
61	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	100	2.00	0.0219	0.0426	0.0504
64	R65A20P100	ZD2	C4G0	65	100	2.00	0.0143	0.0264	0.0226

『D4G2 アルカリ量A9 (表32)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	0.0369	0.0564	0.0456
16	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	100	0.90	0.0278	0.0521	0.0405
19	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	100	0.90	0.0260	0.0416	0.0391
22	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	100	0.90	0.0241	0.0448	0.0379
25	R65A9P100	ZD2	D4G2	65	100	0.90	0.0269	0.0532	0.0438

『D4G2 アルカリ量A12 (表33)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
17	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20	0.0345	0.0571	0.0506
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.0274	0.0491	0.0467
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.0221	0.0415	0.0367
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.0203	0.0331	0.0295
14	R0A12P0	Z1	OPC	0	0	1.20	0.0274	0.0464	0.0490

『D4G2 アルカリ量A20（表34）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	0.4436	0.4795	0.4719
18	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	100	2.00	0.1136	0.1721	0.1703
21	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	100	2.00	0.0419	0.0705	0.0922
24	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	100	2.00	0.0234	0.0452	0.0467
27	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	100	2.00	0.0245	0.0312	0.0238
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	0	2.00	0.0643	0.2069	0.2855

『J4G0 アルカリ量A9（表35）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	0.0369	0.0564	0.0555
41	R30A9P100	ZD2	J4G0	30	100	0.90	0.0293	0.0414	0.0374
44	R40A9P100	ZD2	J4G0	40	100	0.90	0.0240	0.0376	0.0374
47	R50A9P100	ZD2	J4G0	50	100	0.90	0.0269	0.0369	0.0388
50	R65A9P100	ZD2	J4G0	65	100	0.90	0.0272	0.0407	0.0367

『J4G0 アルカリ量A12（表36）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
42	R30A12P100	ZD2	J4G0	30	100	1.20	0.0400	0.0674	0.0679
45	R40A12P100	ZD2	J4G0	40	100	1.20	0.0290	0.0429	0.0443
48	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	100	1.20	0.0229	0.0357	0.0405
51	R65A12P100	ZD2	J4G2	65	100	1.20	0.0248	0.0405	0.0378

『J4G0 アルカリ量A20（表37）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	0.4436	0.4795	0.4719
43	R30A20P100	ZD2	J4G0	30	100	2.00	0.2348	0.2781	0.2778
46	R40A20P100	ZD2	J4G0	40	100	2.00	0.1281	0.1821	0.1962
49	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	100	2.00	0.0350	0.0721	0.0862
52	R65A20P100	ZD2	J4G0	65	100	2.00	0.0243	0.0419	0.0443
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	0	2.00	0.0643	0.2069	0.2943

4.3.5　スラグ置換したモルタルバーの長さ変化

1）C4G0

アルカリ各水準における材令と長さ変化率の関係を図10，12，14に示し，図11，13，15には材令3，6，12ケ月におけるスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。また，表38～40及び図11，13，15にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

長さ変化率の比

『アルカリ量　A9（表38）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量 (%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	1.000	1.000	1.000
53	R30A9P100	ZD2	C4G0	30	100	0.90	0.678	0.663	0.661
56	R40A9P100	ZD2	C4G0	40	100	0.90	0.515	0.599	0.562
59	R50A9P100	ZD2	C4G0	50	100	0.90	0.547	0.550	0.531
62	R65A9P100	ZD2	C4G0	65	100	0.90	0.542	0.511	0.467
No.2の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量　A12（表39）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
54	R30A12P100	ZD2	C4G0	30	100	1.20	0.141	0.205	0.198
57	R40A12P100	ZD2	C4G0	40	100	1.20	0.082	0.147	0.166
60	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	100	1.20	0.104	0.139	0.198
63	R65A12P100	ZD2	C4G2	65	100	1.20	0.080	0.132	0.125
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量　A20（表40）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	1.000	1.000	1.000
55	R30A20P100	ZD2	C4G0	30	100	2.00	0.412	0.474	0.488
58	R40A20P100	ZD2	C4G0	40	100	2.00	0.187	0.276	0.321
61	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	100	2.00	0.049	0.055	0.056
64	R65A20P100	ZD2	C4G0	65	100	2.00	0.014	0.026	0.022
No.4の長さ変化率を1.000とした。									

図16にスラグC4G0置換モルタルバーのアルカリ各水準における置換率と長さ変化率の関係を示した。この図からスラグ置換したモルタルバーの長さ変化率をASTM C 227判定値（6ケ月＝0.1％）と本試験結果（材令6ケ月）を比較した場合，A9，A12のR30～R65およびA20のR50，65が0.1％をクリヤーするものの，A20のR30，40では長さ変化率が0.23％，0.13％程度を示し，判定値を大きく上廻っている。

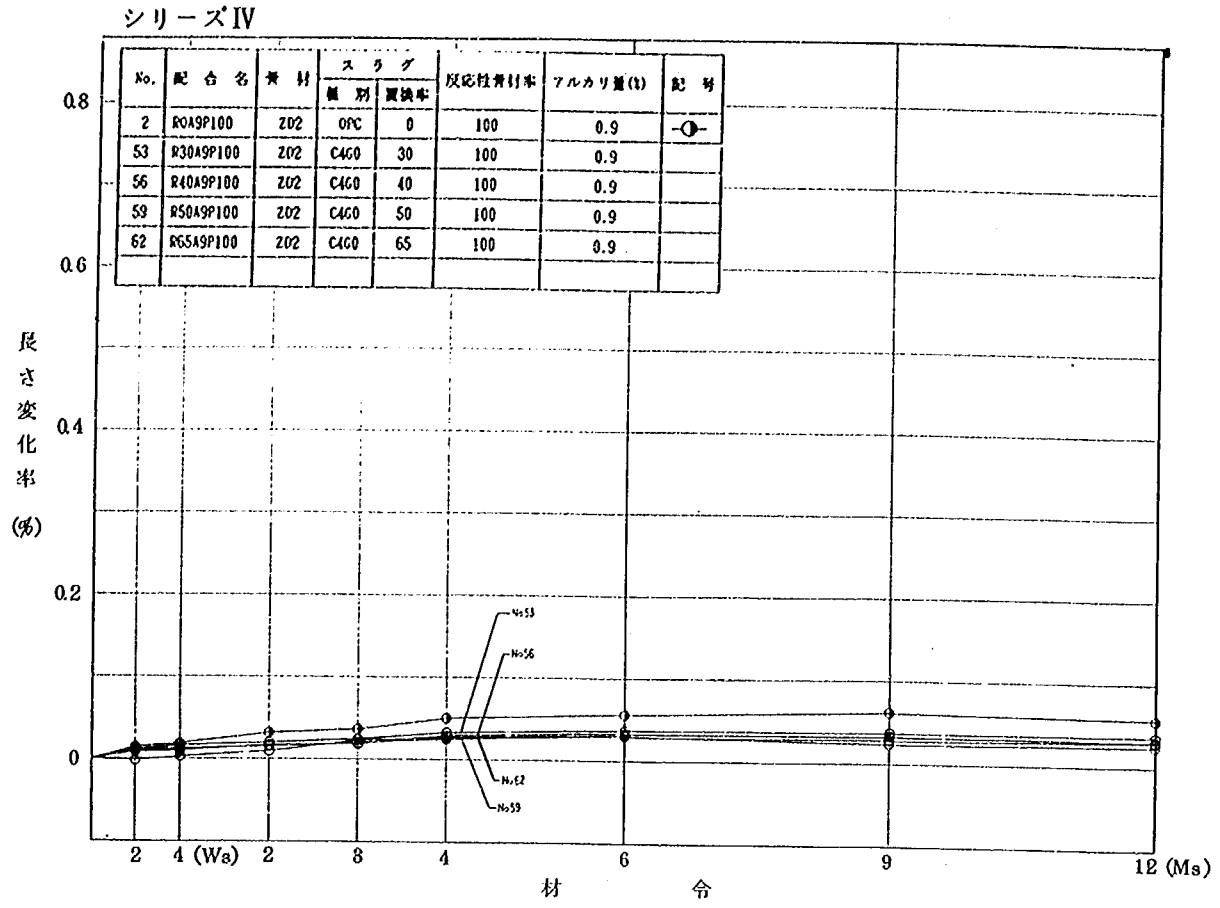


図10　C4G0 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 0.9%）の材令と長さ変化率の関係

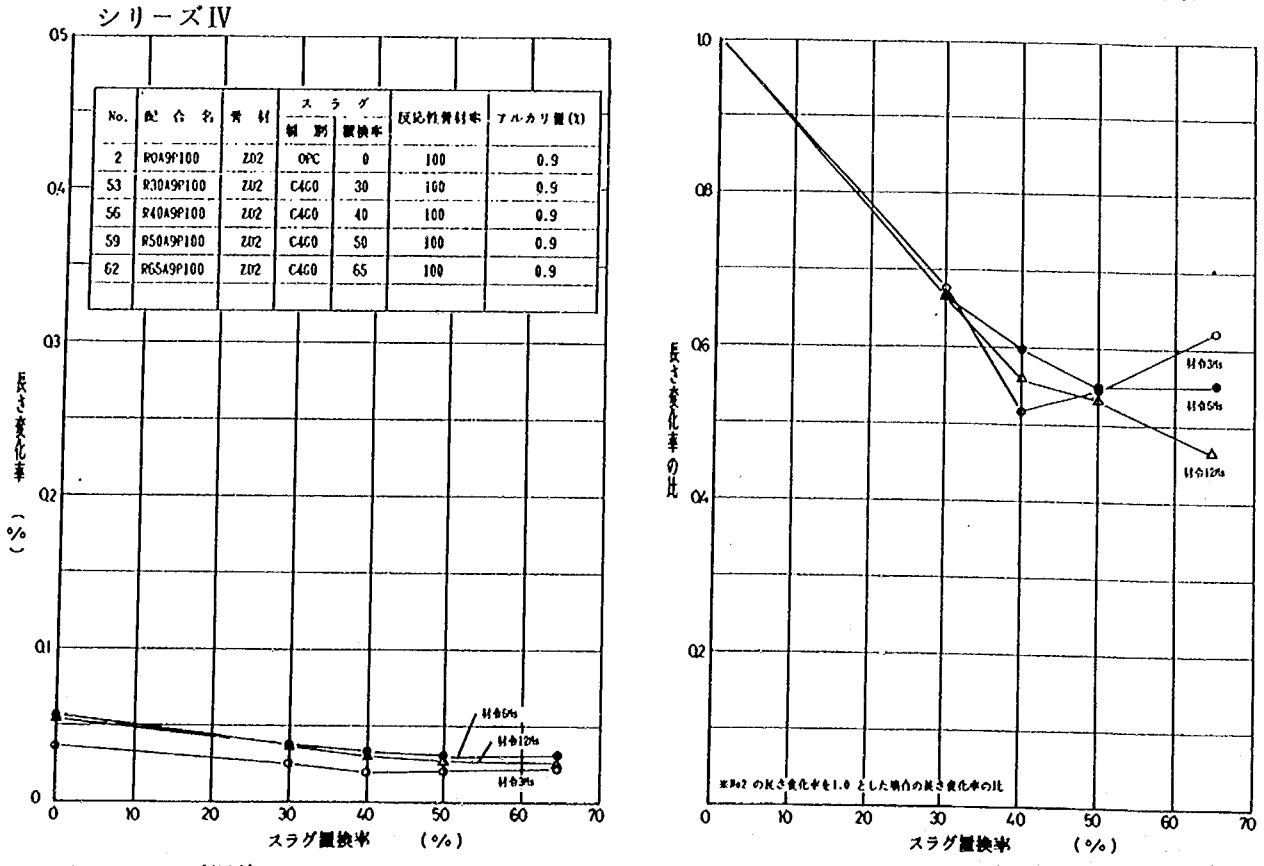


図11　C4G0 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 0.9%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

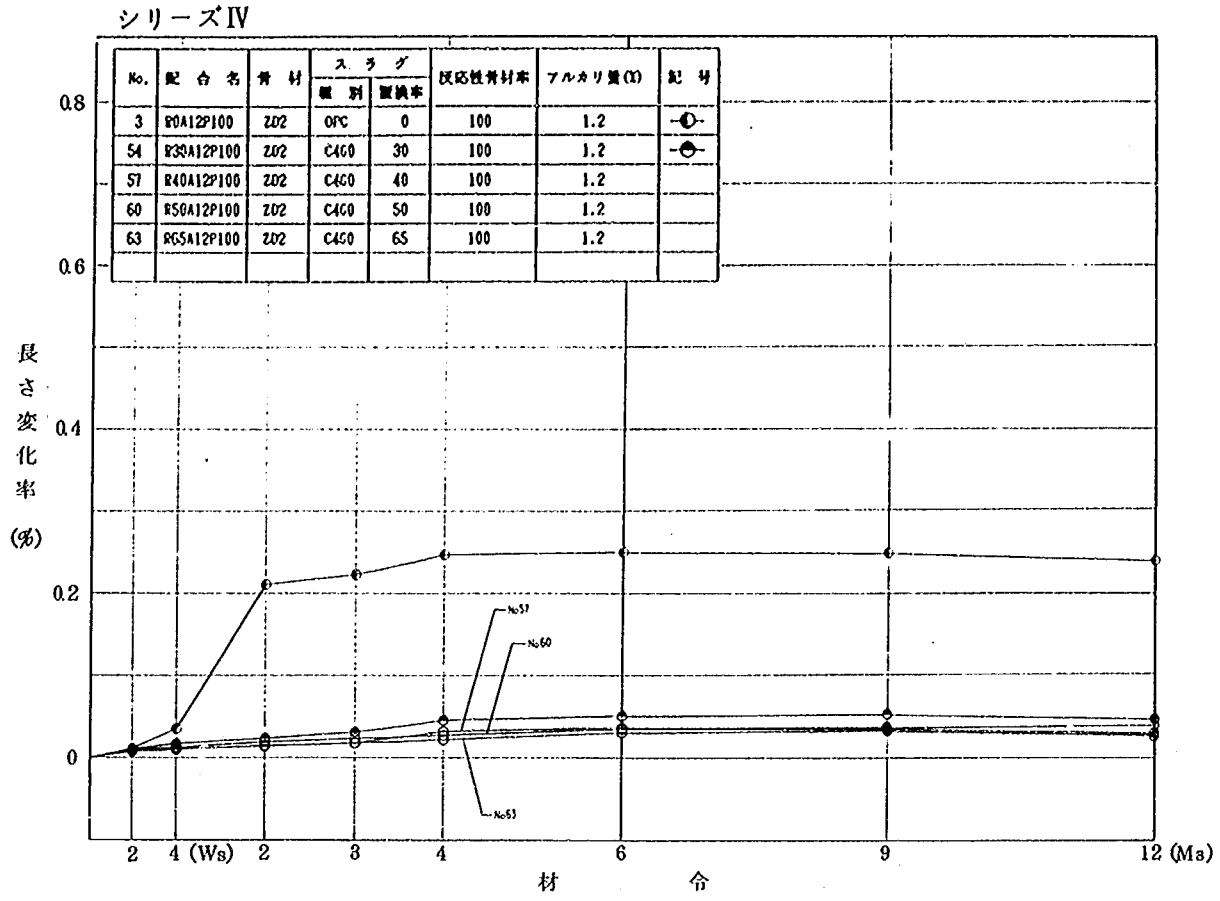


図12　C4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

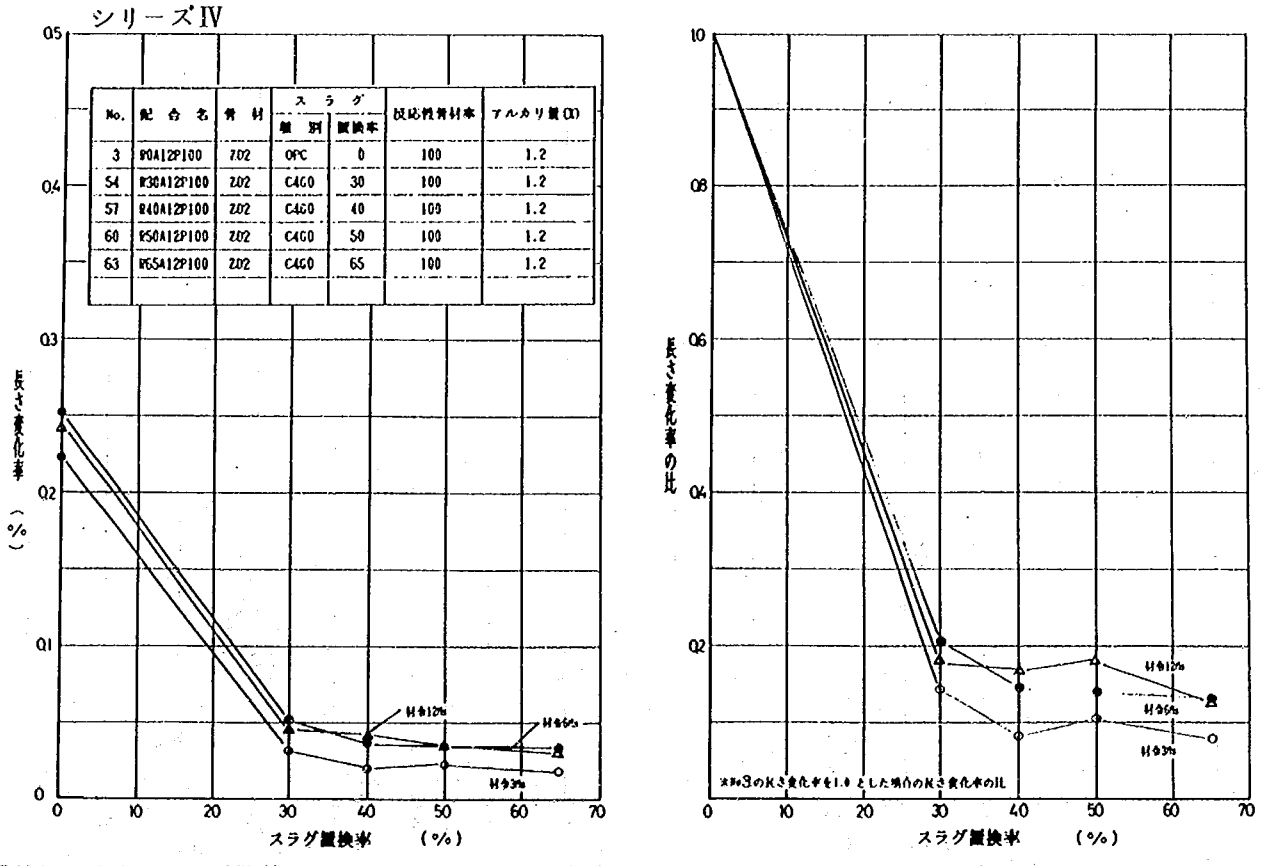


図13　C4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

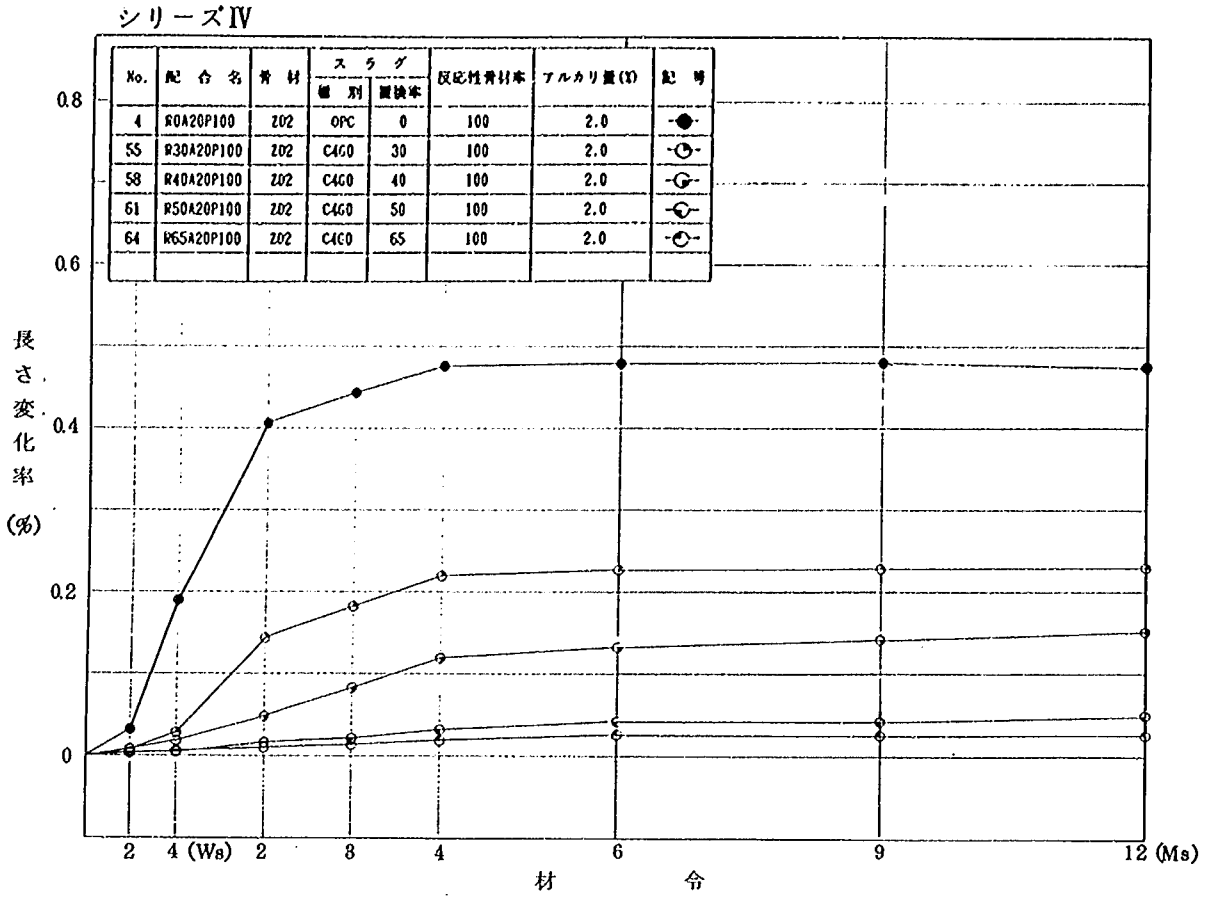


図14　C4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の材令と長さ変化率の関係

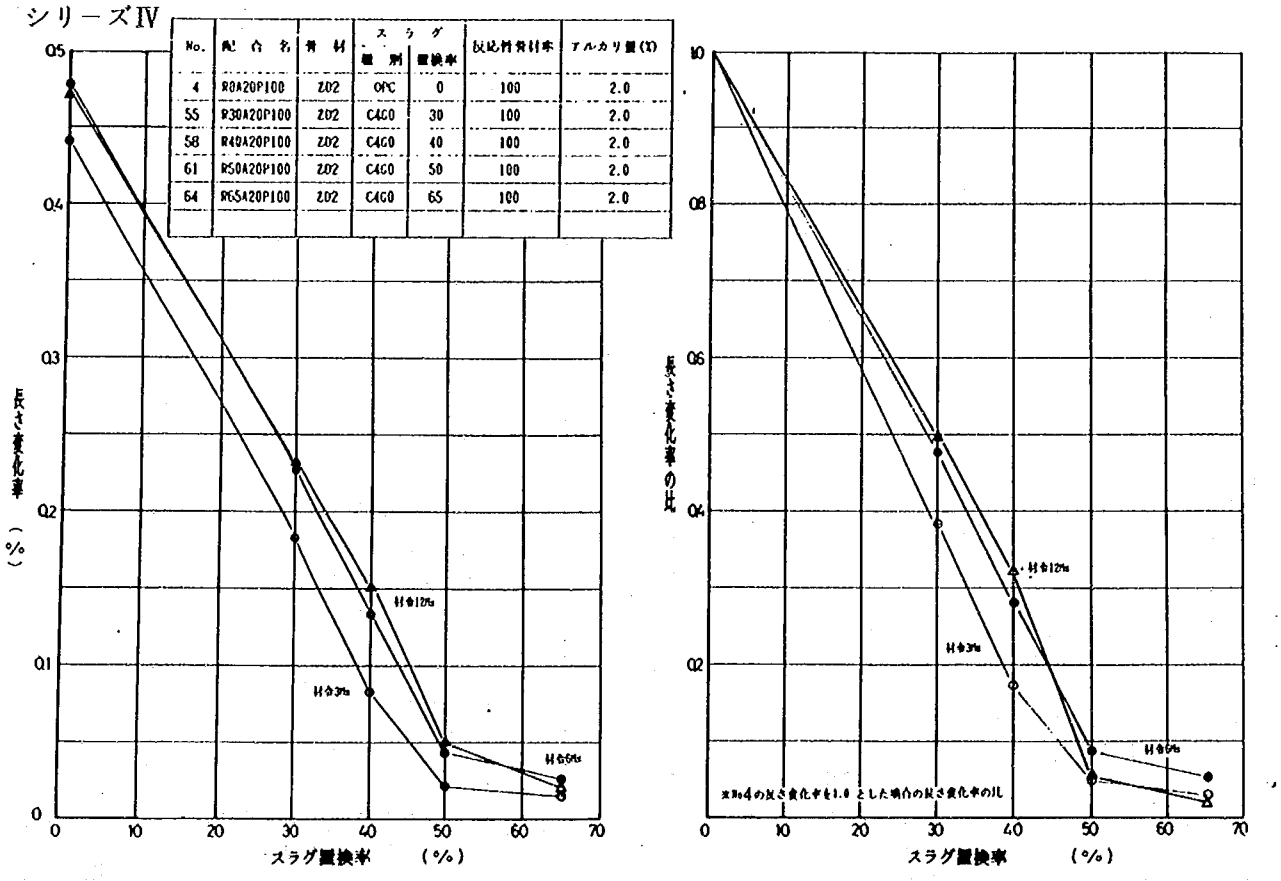


図15　C4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

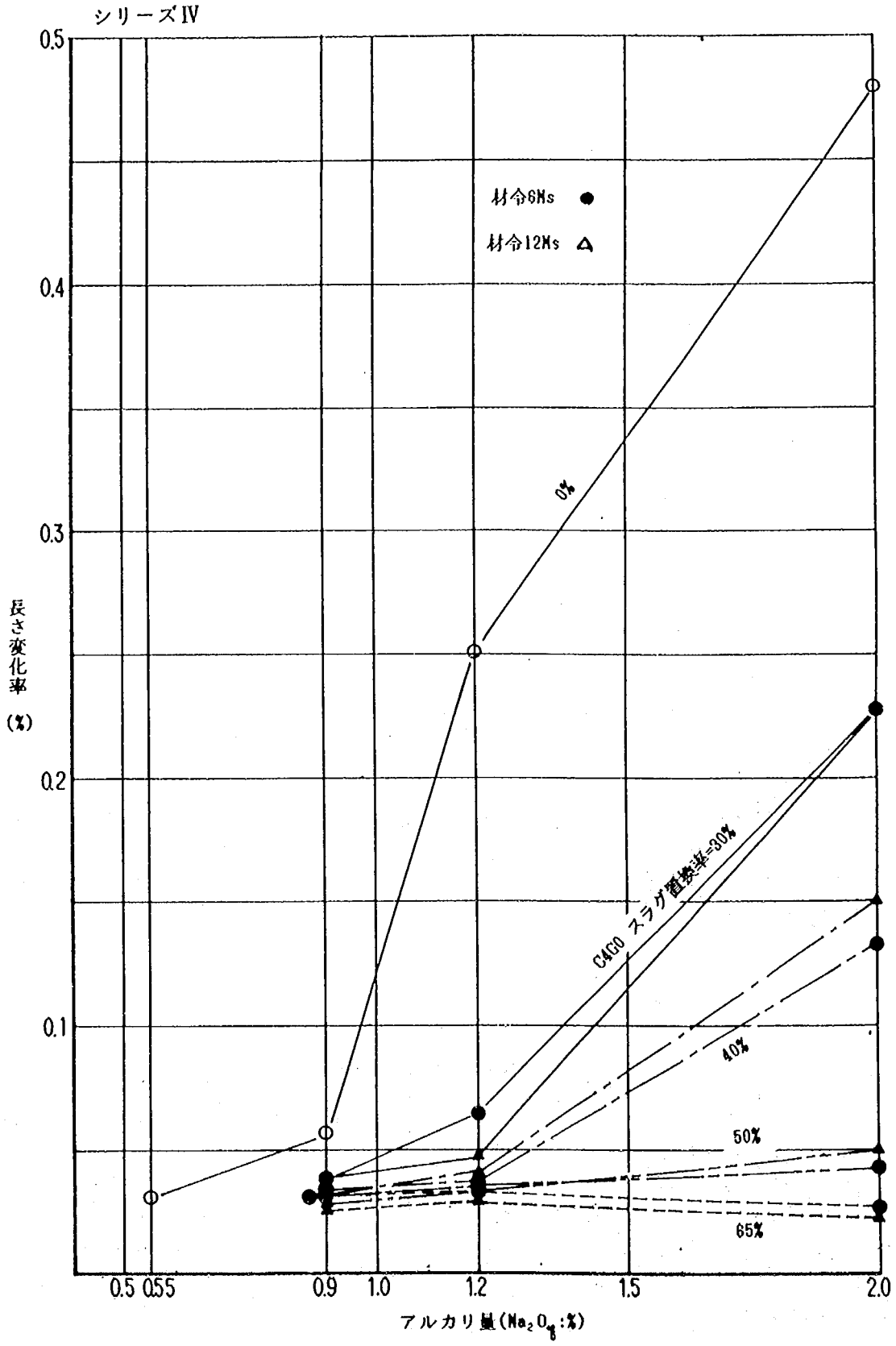


図16　C4GO スラグ置換率と長さ変化率の関係（アルカリ量 0.55，0.9，1.2，2.0%）

2） D4G2

アルカリ各水準における材令と長さ変化率の関係を図17，19，21に示し，図18，20，22には材令3，6，12ケ月におけるスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。また，表41～43及び図18，20，22にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

長さ変化率の比

『アルカリ量 A9 （表41）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	1.000	1.000	1.000
16	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	100	0.90	0.753	0.924	0.730
19	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	100	0.90	0.704	0.738	0.705
22	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	100	0.90	0.653	0.794	0.623
25	R65A9P100	ZD2	D4G2	65	100	0.90	0.729	0.943	0.739
No.2の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量 A12 （表42）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
17	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20	0.155	0.228	0.208
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.123	0.196	0.153
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.099	0.165	0.164
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.091	0.132	0.123
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量 A20 （表43）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化の比		
			種別	置換			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	1.000	1.000	1.000
18	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	100	2.00	0.256	0.359	0.361
21	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	100	2.00	0.094	0.147	0.195
24	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	100	2.00	0.053	0.094	0.099
27	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	100	2.00	0.055	0.065	0.050
15	R0A20P0	Z1	OPC	0	0	2.00	0.145	0.431	0.624
No.4の長さ変化率を1.000とした。									

図23にスラグD4G2置換モルタルバーのアルカリ各水準における置換率と長さ変化率の関係を示した。この図からスラグ置換したモルタルバーの長さ変化率をASTM C 227判定値（6ケ月＝0.1％）と本試験結果（材令6ケ月）を比較した場合，A20のR30を除く他の試験水準では0.1％をクリヤーする結果となっている。

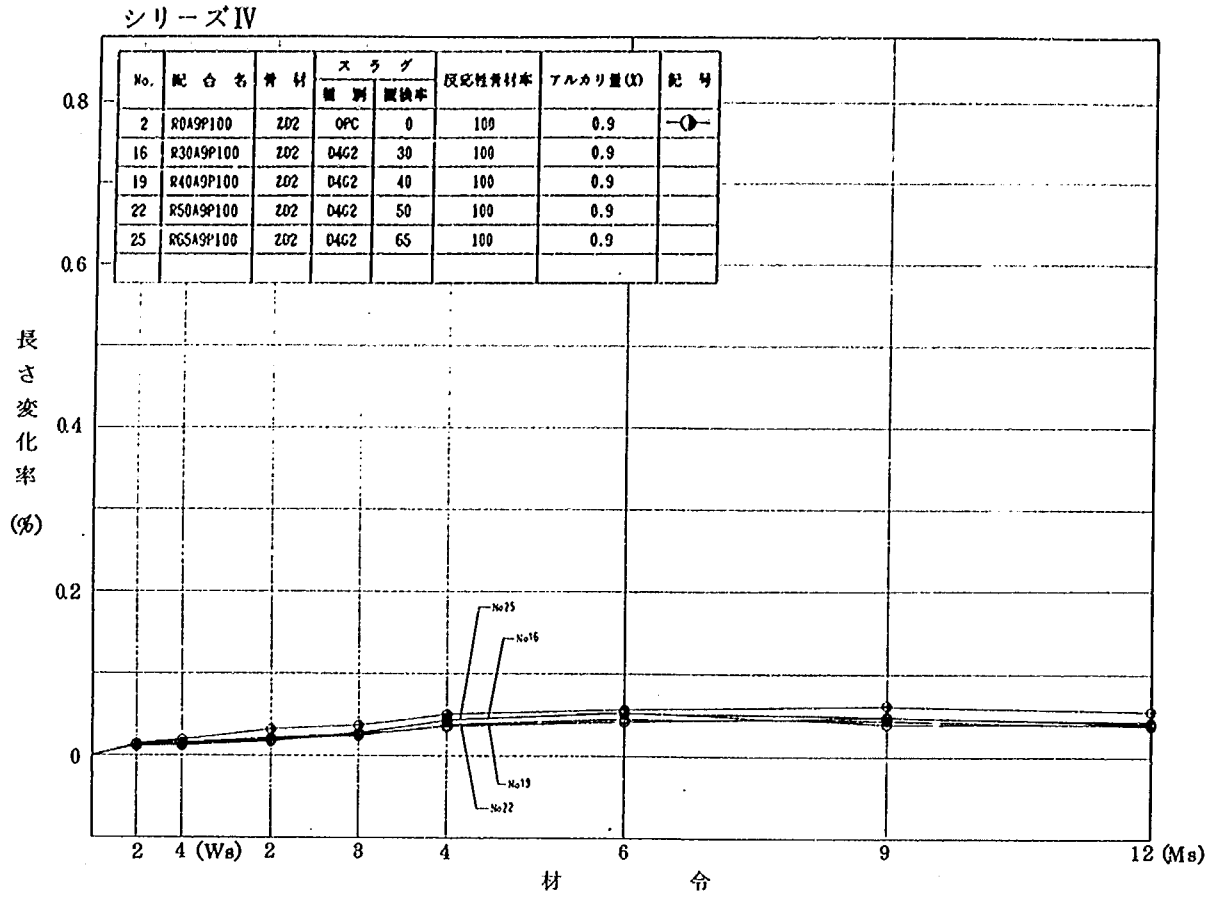


図17　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量0.9%）の材令と長さ変化率の関係

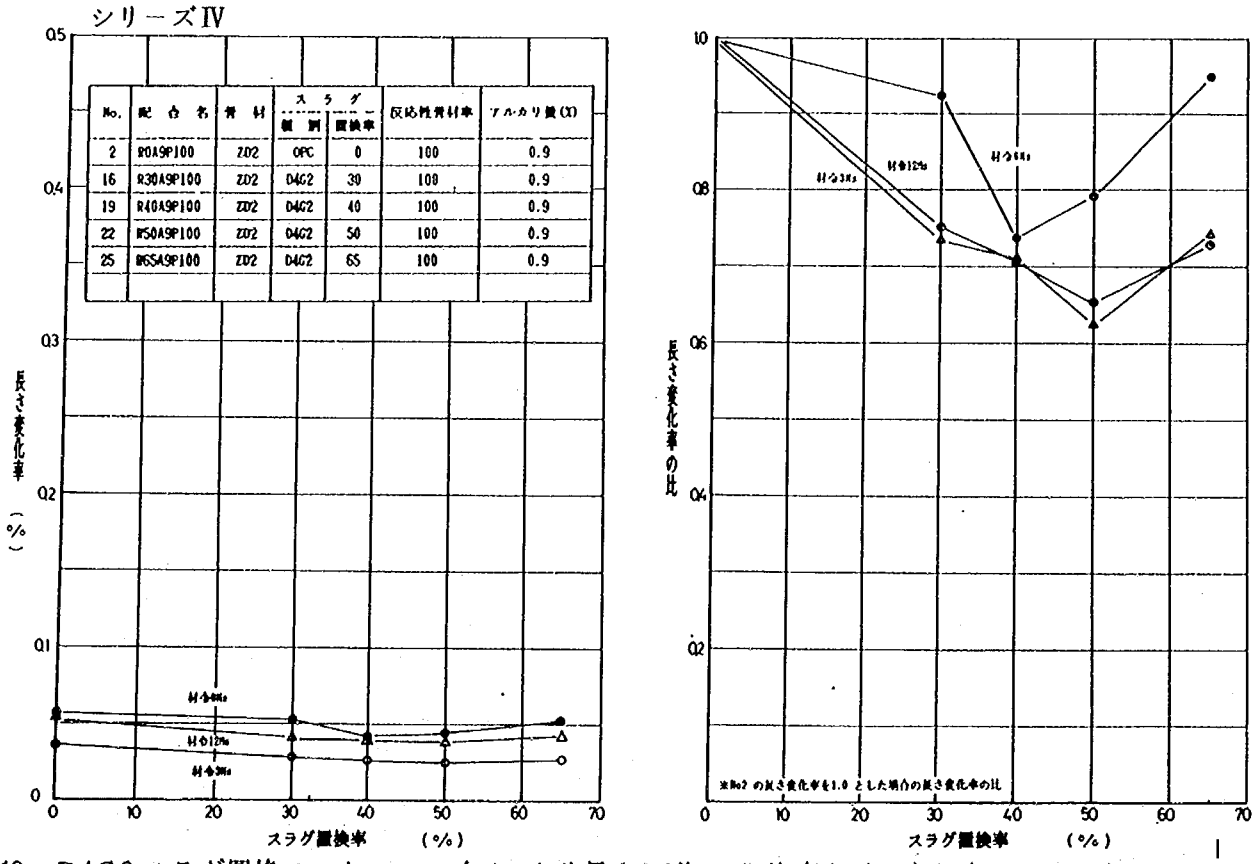


図18　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量0.9%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

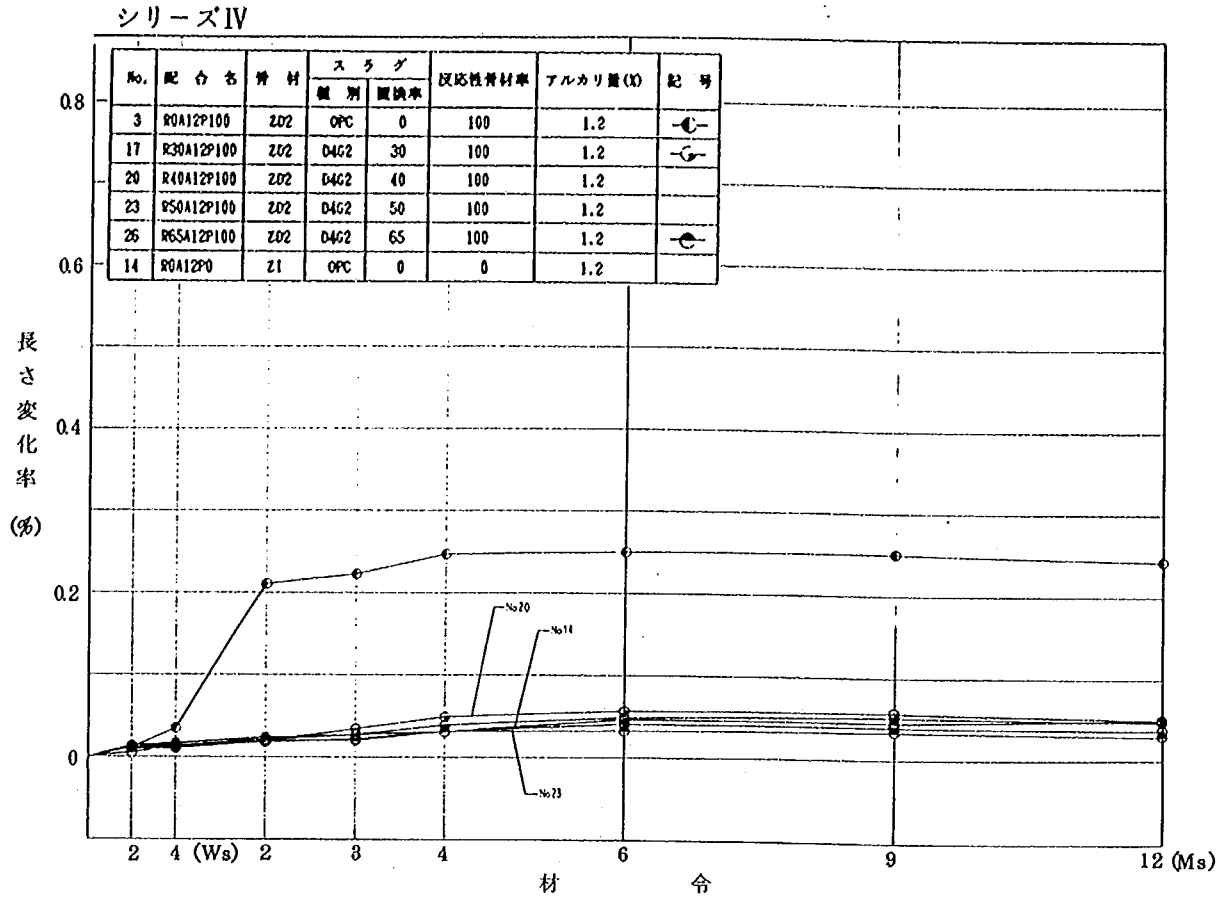


図19　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

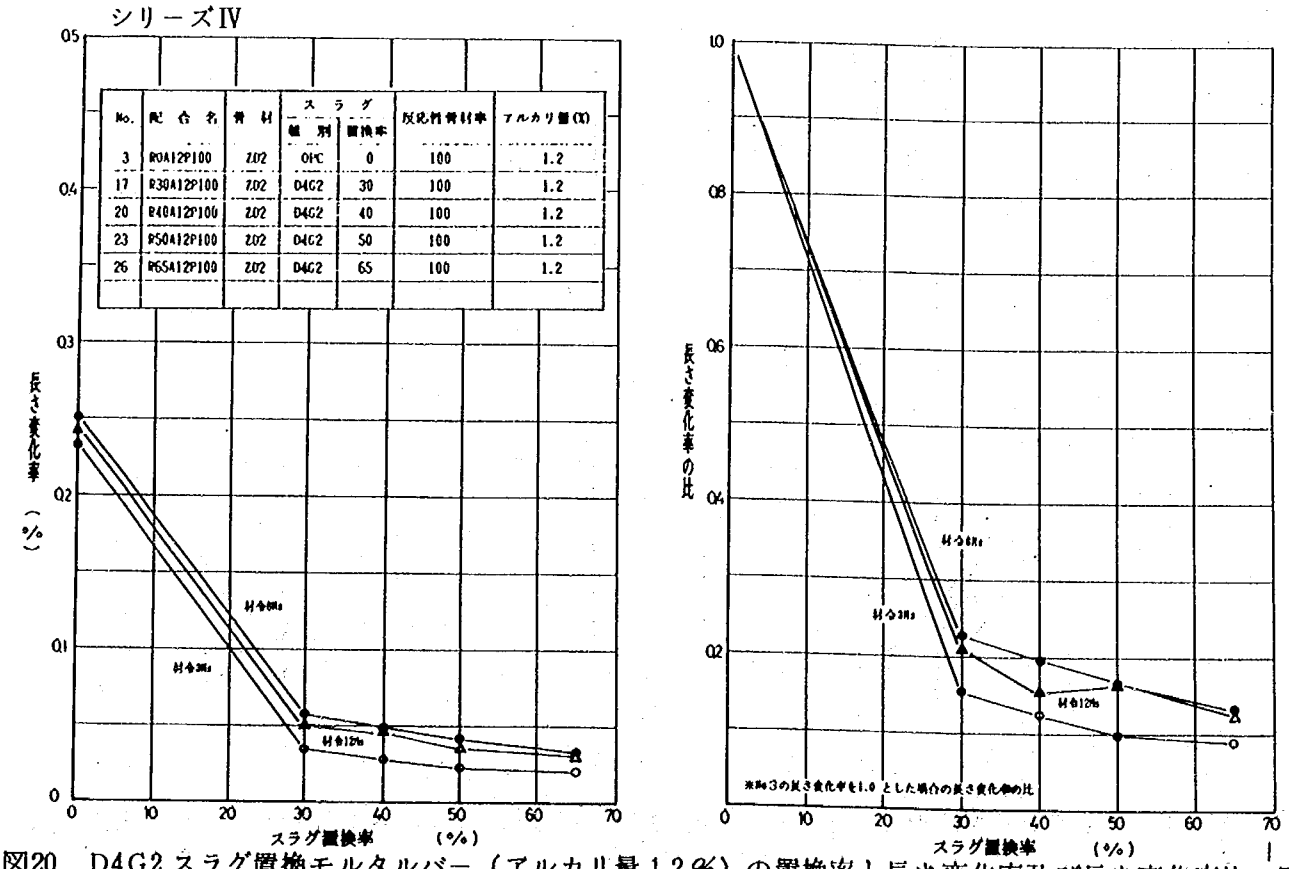


図20　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

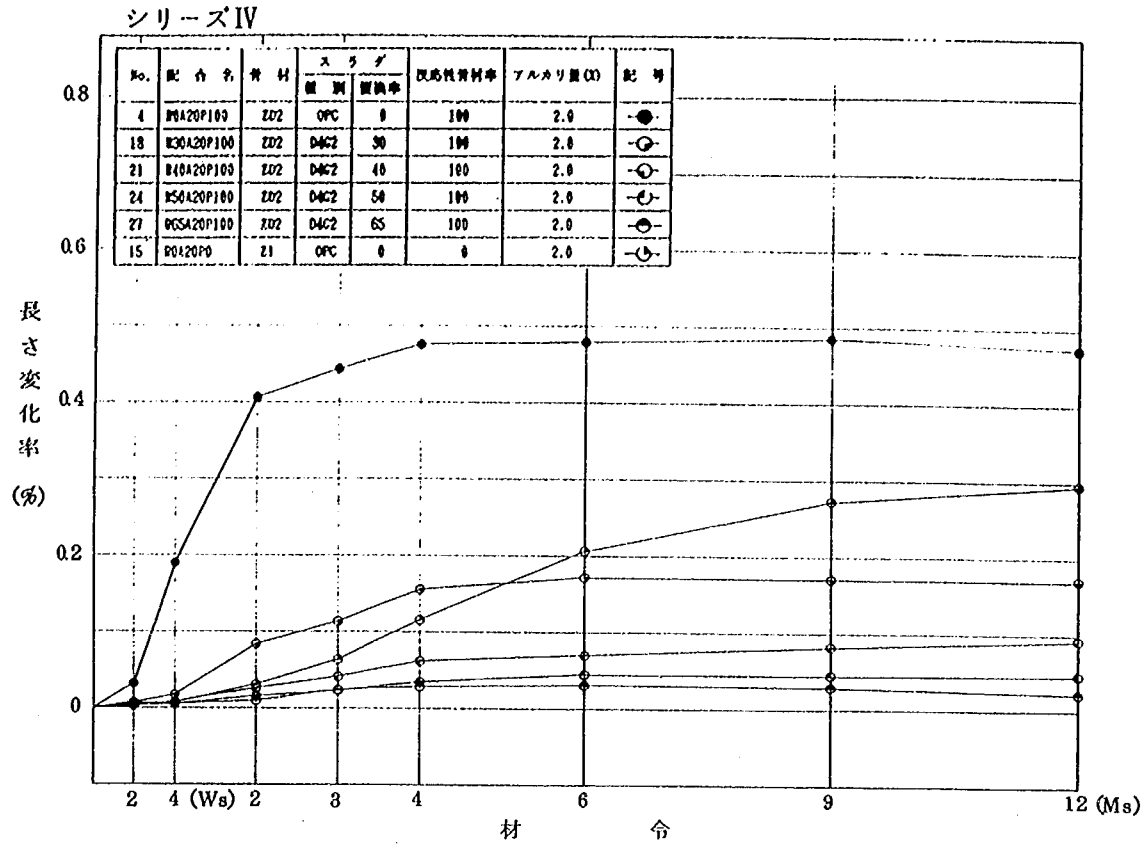


図21　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の材令と長さ変化率の関係

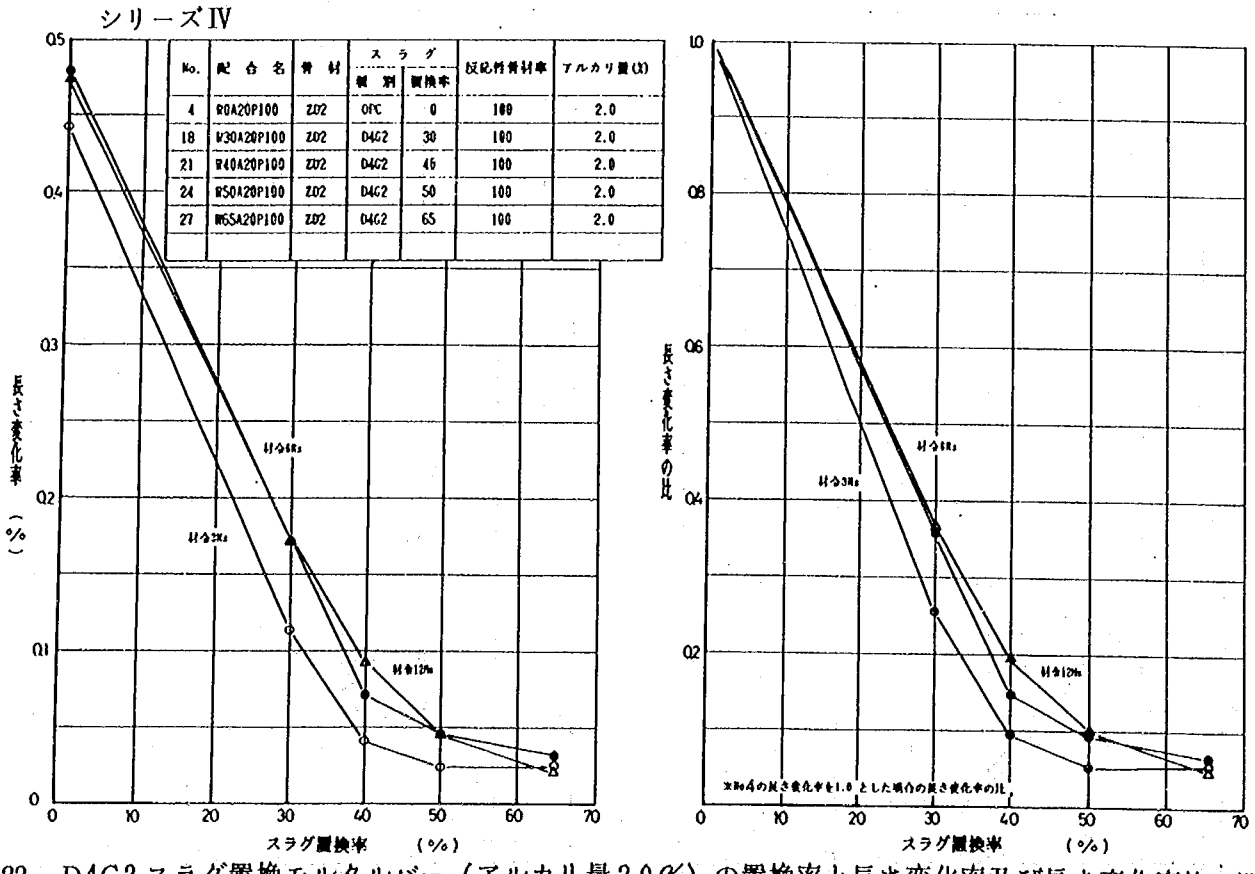


図22　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

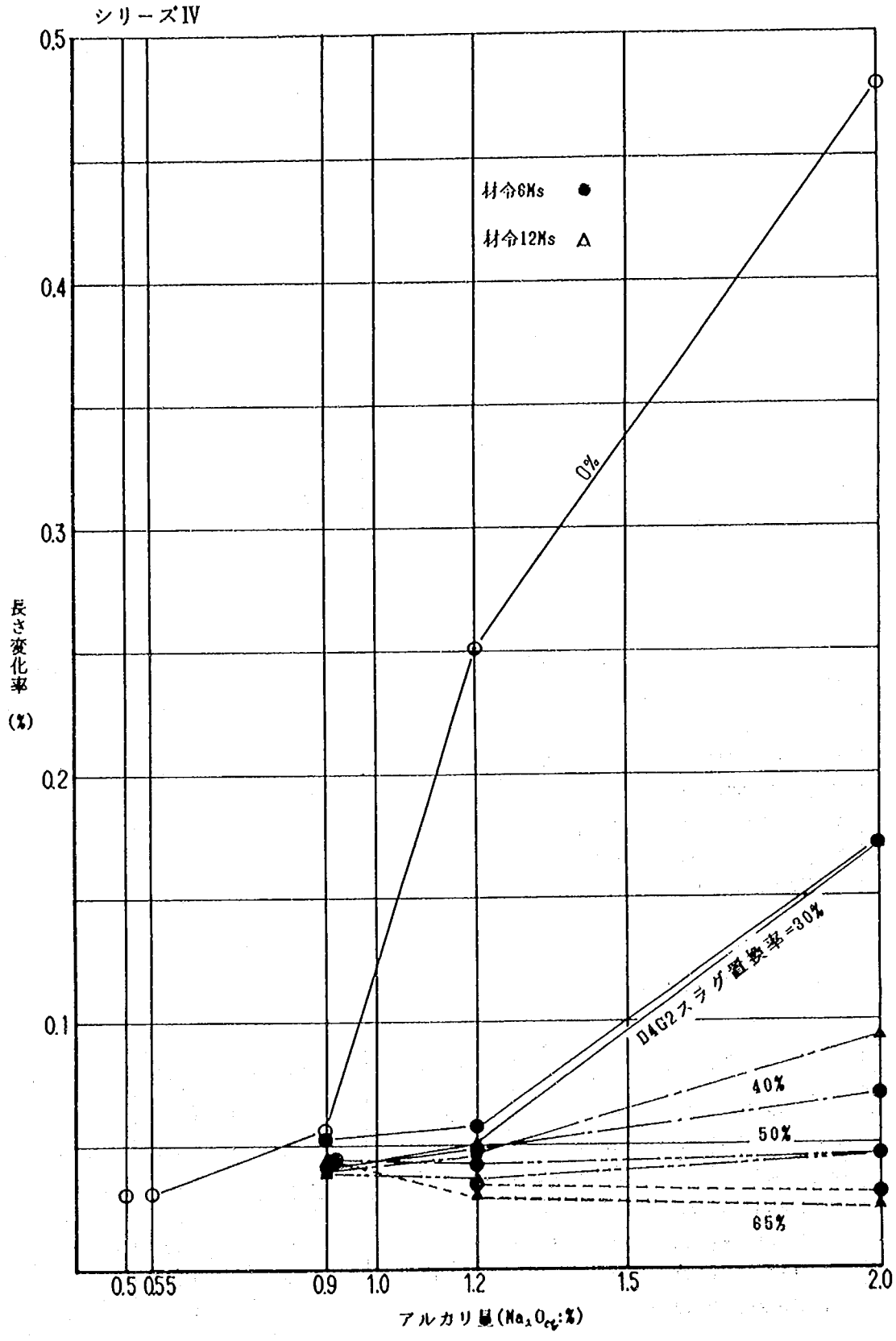


図23　D4G2スラグ置換率と長さ変化率の関係（アルカリ量0.55，0.9，1.2，2.0%）

3） J4G0

アルカリ各水準における材令と長さ変化率の関係を図24，26，28に示し，図25，27，29には材令3，6，12ケ月におけるスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。また，表44～46及び図25，27，29にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

長さ変化率の比

『アルカリ量 A9（表44）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	1.000	1.000	1.000
41	R30A9P100	ZD2	J4G0	30	100	0.90	0.794	0.734	0.674
44	R40A9P100	ZD2	J4G0	40	100	0.90	0.650	0.667	0.674
47	R50A9P100	ZD2	J4G0	50	100	0.90	0.729	0.654	0.699
50	R65A9P100	ZD2	J4G0	65	100	0.90	0.737	0.721	0.661
NO.2の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量 A12（表45）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
42	R30A12P100	ZD2	J4G0	30	100	1.20	0.179	0.269	0.282
45	R40A12P100	ZD2	J4G0	40	100	1.20	0.130	0.171	0.184
48	R50A12P100	ZD2	J4G0	50	100	1.20	0.103	0.142	0.168
51	R65A12P100	ZD2	J4G2	65	100	1.20	0.111	0.162	0.157
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量 A20（表46）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	1.000	1.000	1.000
43	R30A20P100	ZD2	J4G0	30	100	2.00	0.529	0.560	0.589
46	R40A20P100	ZD2	J4G0	40	100	2.00	0.289	0.380	0.416
49	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	100	2.00	0.079	0.150	0.183
52	R65A20P100	ZD2	J4G0	65	100	2.00	0.055	0.087	0.094
15	R0A20P0	ZI	OPC	0	0	2.00	0.145	0.430	0.624
No.4の長さ変化率を1.00とした。									

図30にスラグJ4G0置換モルタルバーのアルカリ各水準における置換率と長さ変化率の関係を示した。この図からスラグ置換したモルタルバーの長さ変化率をASTM C 227判定値（6ケ月＝0.1％）と本試験結果（材令6ケ月）を比較した場合，A20のR30が0.28程度，R40が0.18％程度と0.1％を上回る膨張量となっている。この他の試験水準では0.1％をクリヤーする結果となっている。

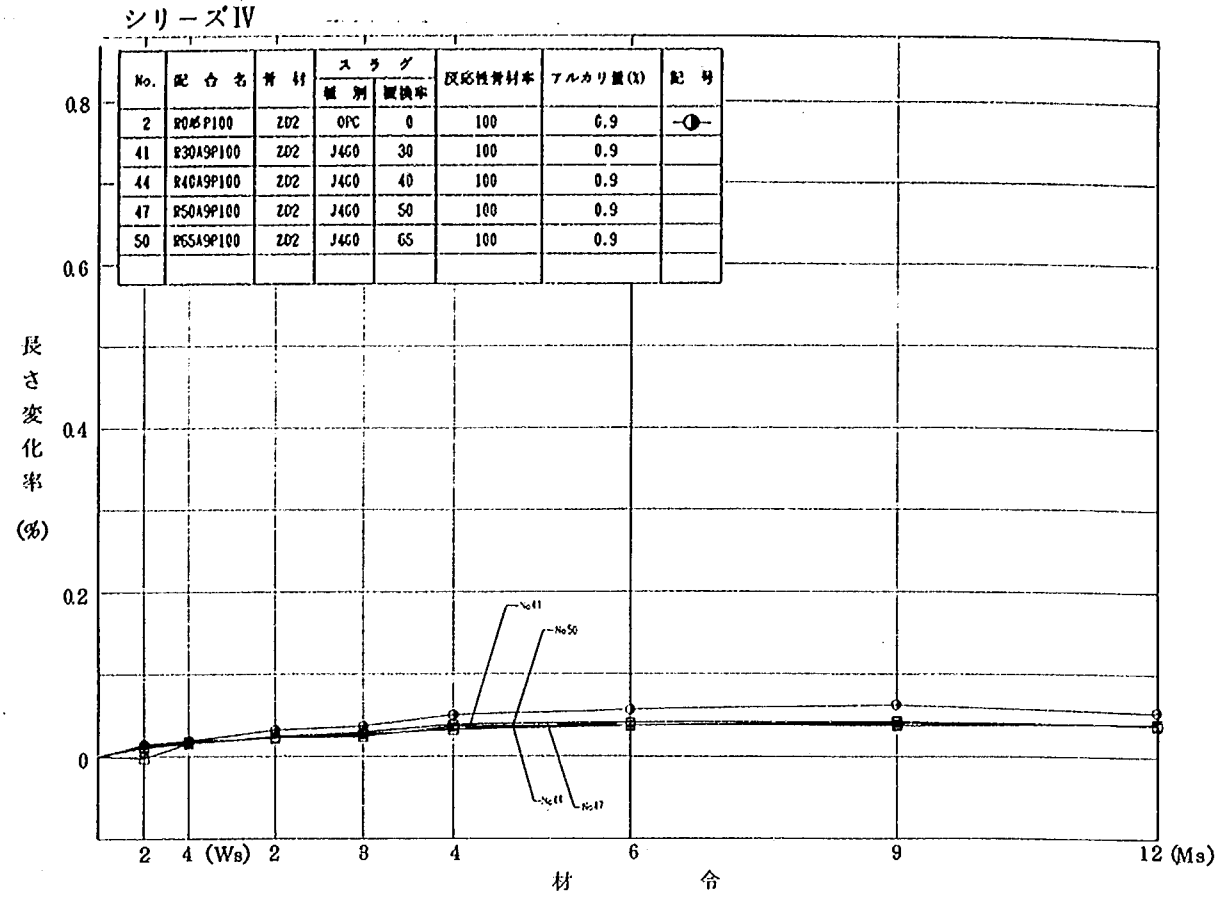


図24　J4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量0.9%）の材令と長さ変化率の関係

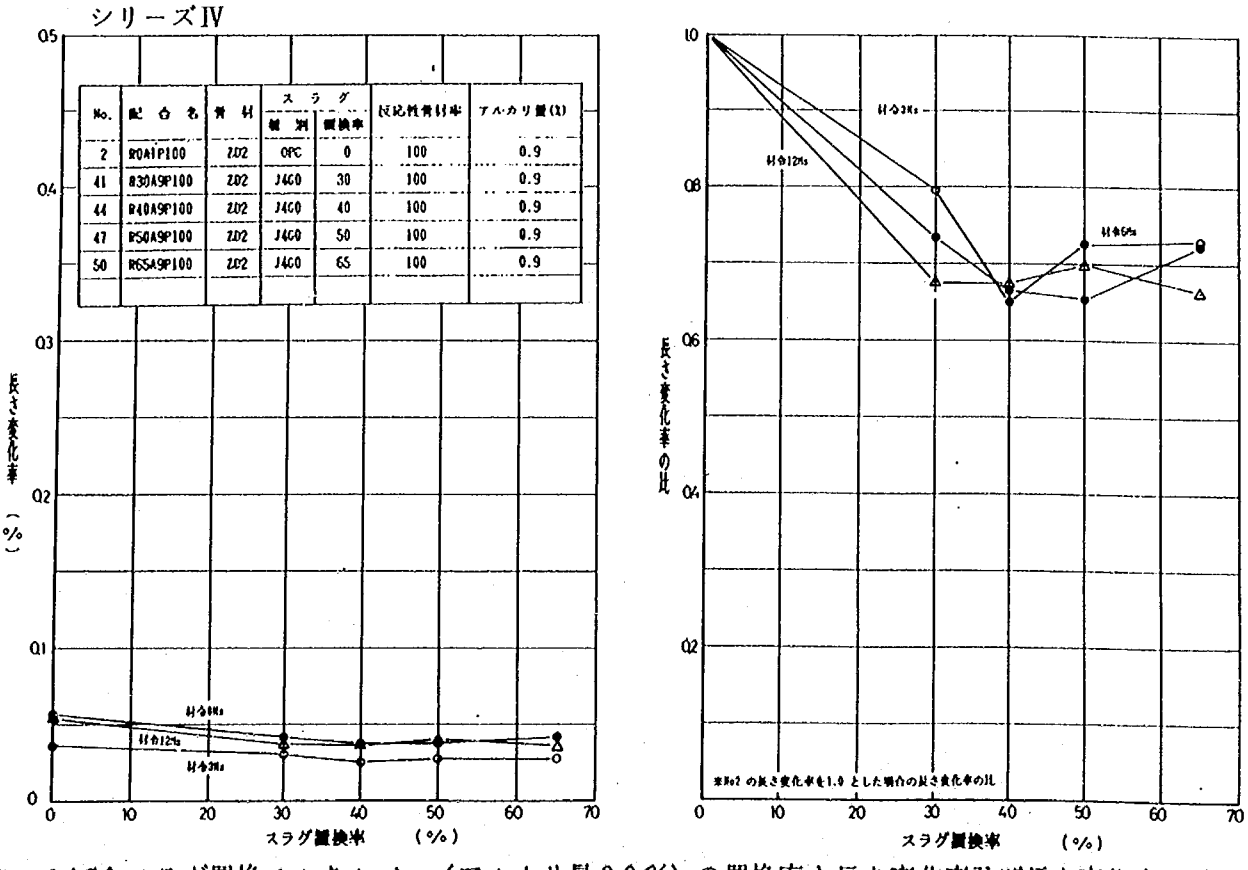


図25　J4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量0.9%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

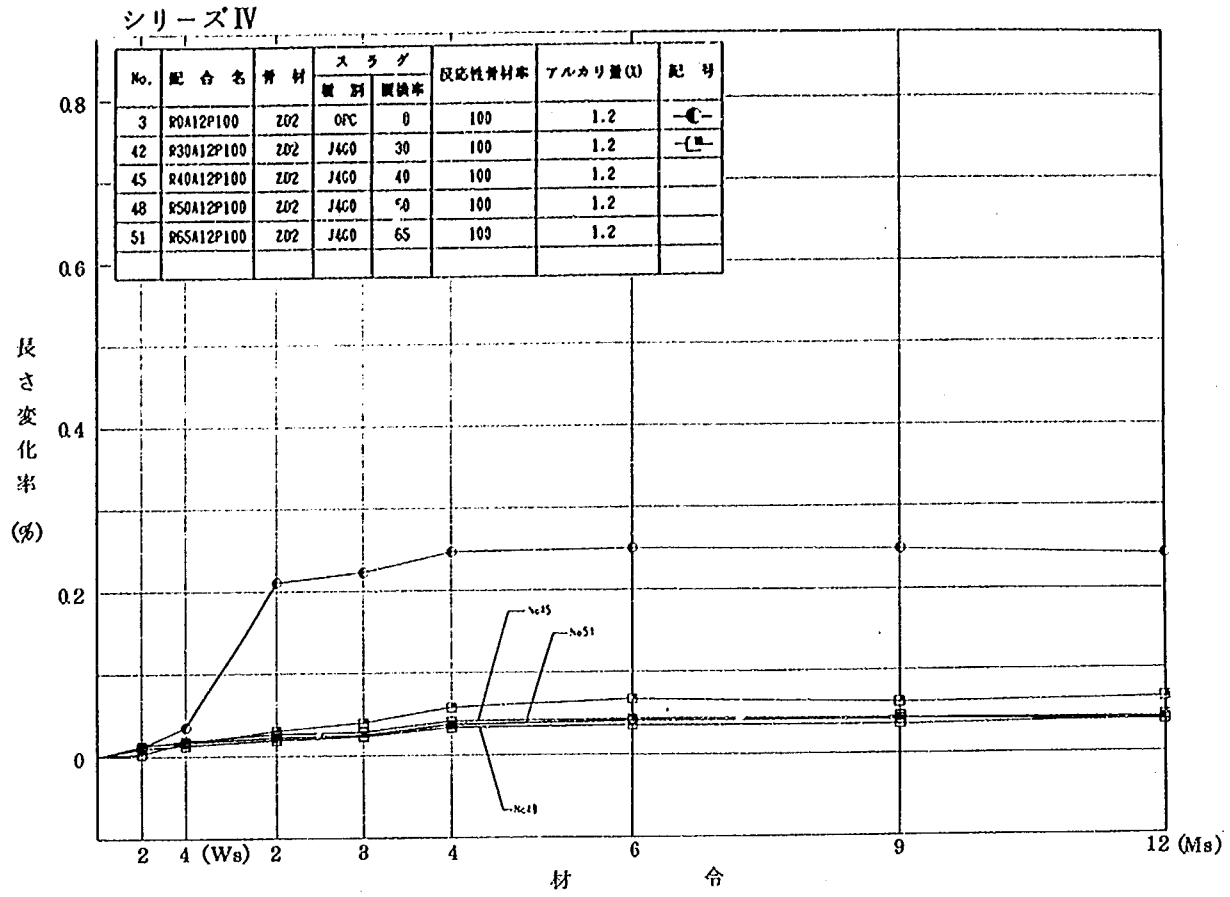


図26　J4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

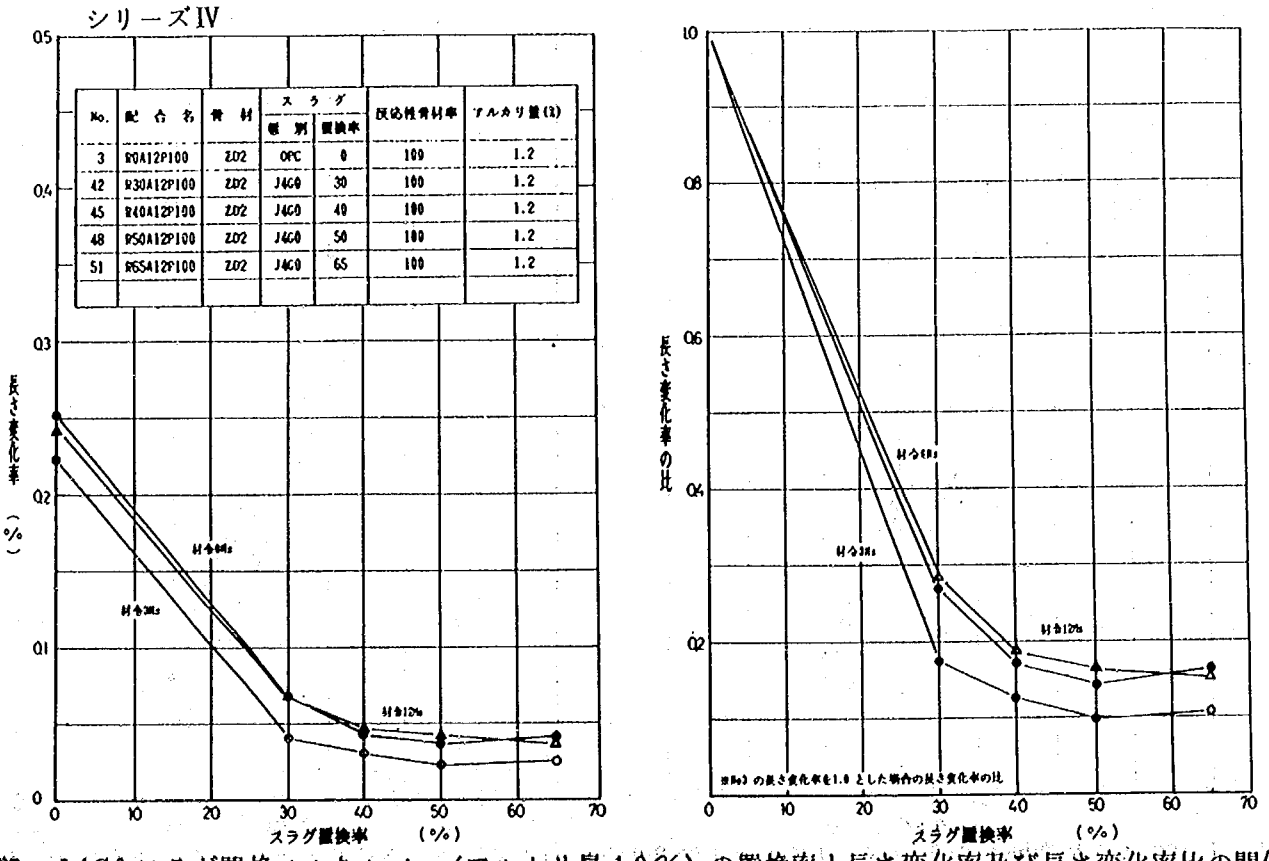


図27　J4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

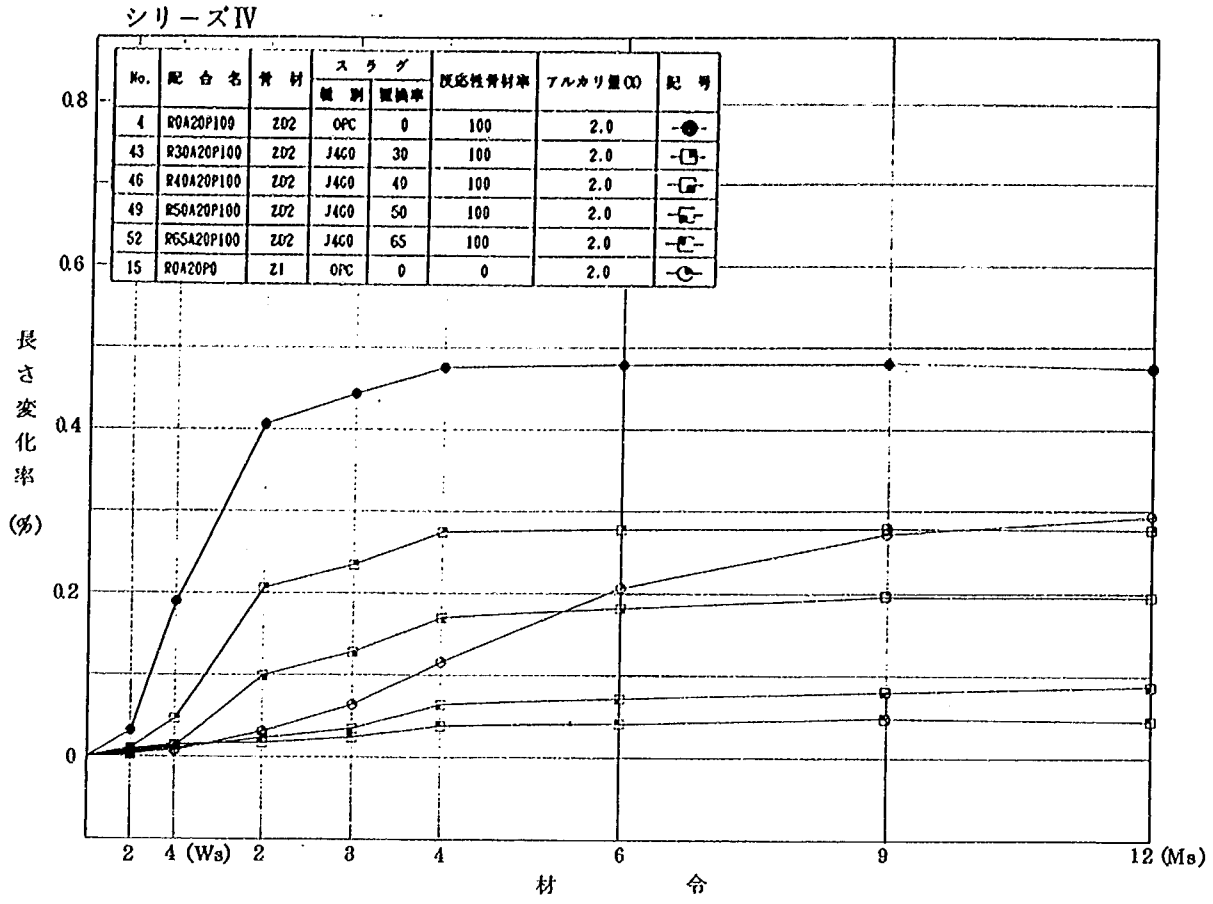


図28　J4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の材令と長さ変化率の関係

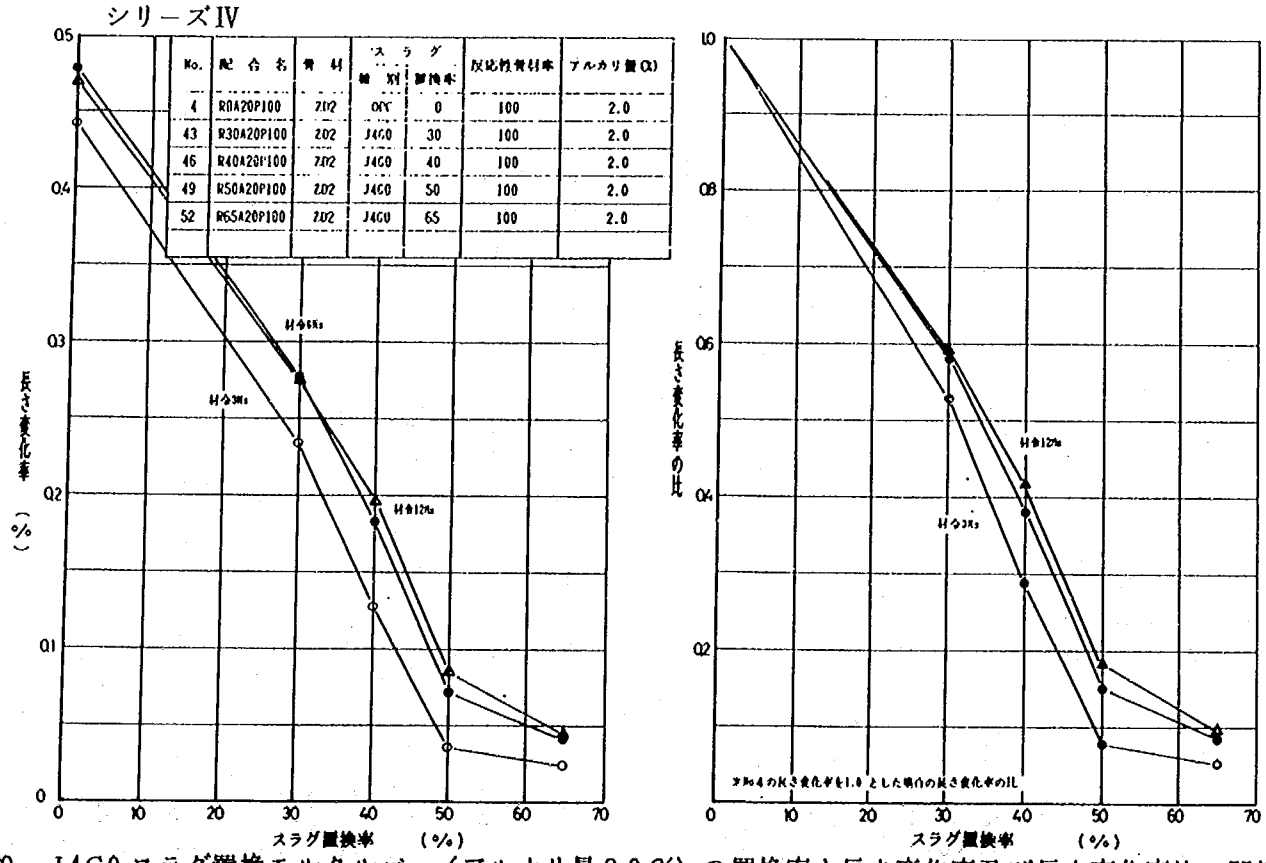


図29　J4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

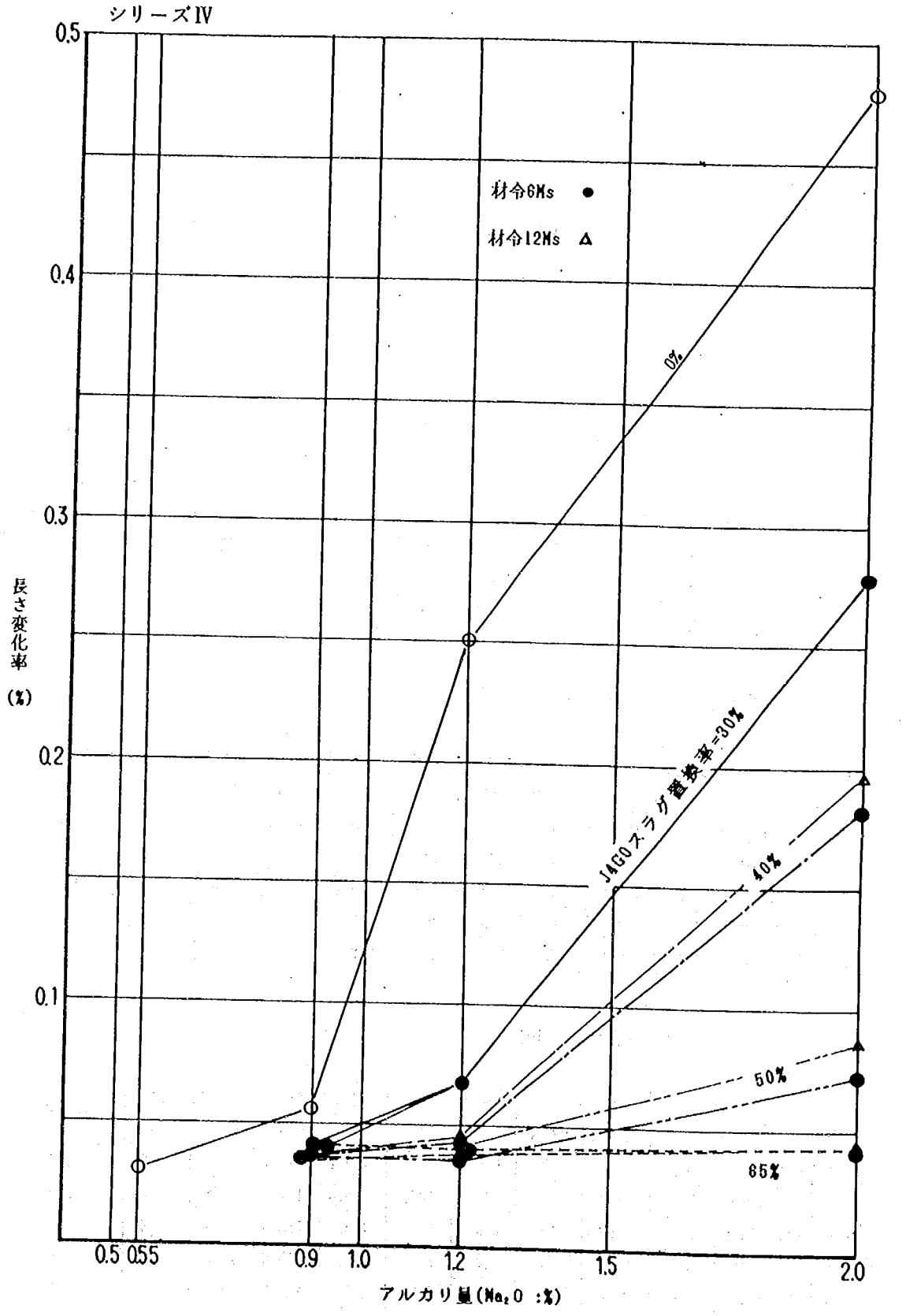


図30　J4G0スラグ置換率と長さ変化率の関係（アルカリ量0.55，0.9，1.2，2.0%）

4.4 モルタルバー試験 シリーズV

4.4.1 目 的

シリーズIVに対応させ，高炉スラグ粉末のアルカリ骨材反応の抑止がスラグ置換による『セメント中のアルカリ稀釈効果』か又は，スラグの『抑制効果』かを確認する。

4.4.2 試験方法

シリーズIVの試験条件のうちD4G2を用いたケースについて，アルカリの調整方法をバインダー全量(C+S)に対しA9，A12，A20となるようにし，モルタルバーの長さ変化をシリーズIVと比較する。

4.4.3 モルタルの配合及びフロー試験結果

『D4G2 アルカリ量 A9 (表47)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	600	−	245.9	24.1	1350	0	180
216	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	420	180	234.5	35.5	1350	0	189
219	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	360	240	230.7	39.3	1350	0	188
222	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	300	300	226.9	43.1	1350	0	189
225	R65A9P100	ZD2	D4G2	65	210	390	221.3	48.7	1350	0	182

『D4G2 アルカリ量 A12 (表48)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
217	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	420	180	213.9	56.1	1350	0	185
220	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	360	240	210.1	59.9	1350	0	187
223	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	300	300	206.3	63.7	1350	0	182
226	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	210	390	200.6	69.4	1350	0	186

『D4G2 アルカリ量 A20 (表49)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	600	−	170.1	99.1	1350	0	158
218	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	420	180	158.8	111.5	1350	0	180
221	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	360	240	155.0	115.0	1350	0	181
224	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	300	300	151.2	118.8	1350	0	180
227	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	210	390	145.5	124.5	1350	0	176

4.4.4　モルタルバーの長さ変化測定結果

巻末にD4G2スラグ置換モルタルバーの長さ変化測定結果を掲げ，また，表50～52に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『D4G2 アルカリ量 A9 (表50)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	0.0369	0.0564	0.0555
216	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	100	0.90	0.0319	0.0436	0.0493
219	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	100	0.90	0.0312	0.0395	0.0495
222	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	100	0.90	0.0259	0.0345	0.0431
225	R60A9P100	ZD2	D4G2	60	100	0.90	0.0161	0.0252	0.0350

『D4G2 アルカリ量 A12 (表51)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
217	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20	0.0691	0.0943	0.1071
220	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.0396	0.0614	0.0745
223	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.0312	0.0495	0.0622
226	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.0205	0.0338	0.0438

『D4G2 アルカリ量 A20 (表52)』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	0.4436	0.4796	0.4719
218	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	100	2.00	0.1814	0.2314	0.2423
221	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	100	2.00	0.1474	0.1971	0.2112
224	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	100	2.00	0.1407	0.1903	0.2052
227	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	100	2.00	0.0919	0.1383	0.1595

4.4.5　スラグ置換したモルタルバーの長さ変化

アルカリ各水準における材令と長さ変化率の関係を図32，34，36に示し，図33，35，37には材令3，6，12ケ月におけるスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。また，表53～55及び図33，35，

37にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

長さ変化率の比

『アルカリ量 A9 （表53）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	1.000	1.000	1.000
216	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	100	0.90	0.864	0.773	0.888
219	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	100	0.90	0.846	0.750	0.631
222	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	100	0.90	0.702	0.612	0.683
225	R60A9P100	ZD2	D4G2	60	100	0.90	0.436	0.447	0.631
No.2の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量 A12 （表54）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
217	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20	0.310	0.376	0.445
220	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.177	0.245	0.310
223	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.140	0.197	0.259
226	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.092	0.135	0.182
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

『アルカリ量 A20 （表55）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	1.000	1.000	1.000
218	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	100	2.00	0.409	0.483	0.513
221	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	100	2.00	0.332	0.411	0.448
224	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	100	2.00	0.317	0.397	0.435
227	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	100	2.00	0.207	0.279	0.338
No.4の長さ変化率を1.000とした。									

4.4.6　アルカリの調整方法による長さ変化の比較

アルカリをバインダー全量に対して調整したシリーズⅤはシリーズⅣのD4G2に比べ総体的に長さ変化率が大きくなっている。（図23，38参照）図31を用いて比較するとA9及びA12のR65，R50，R40では長さ変化率が小さいため，その差は認められない。しかし，置換率が小さいR30

のA12及びA20のR30，40，50，65の場合はシリーズV側に偏っており，単位アルカリ量の大小による影響が顕在化している。

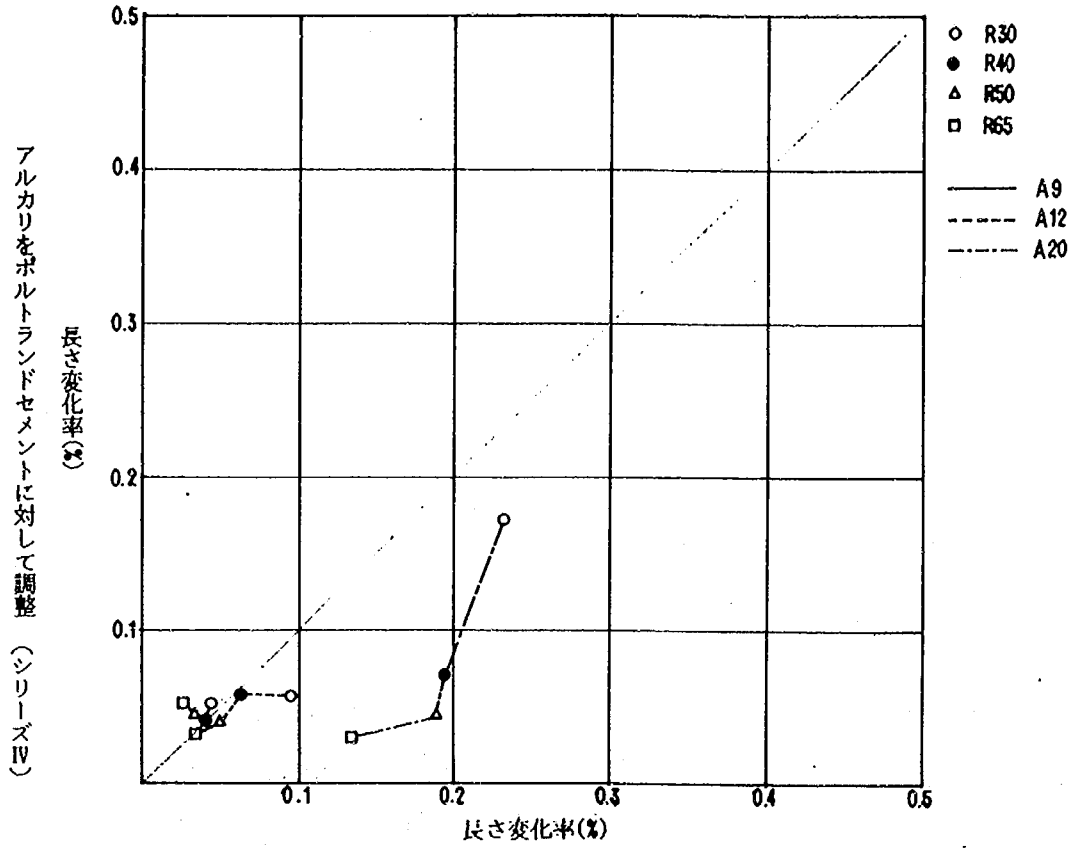


図31　アルカリをバインダー全量に対して調整（シリーズV）

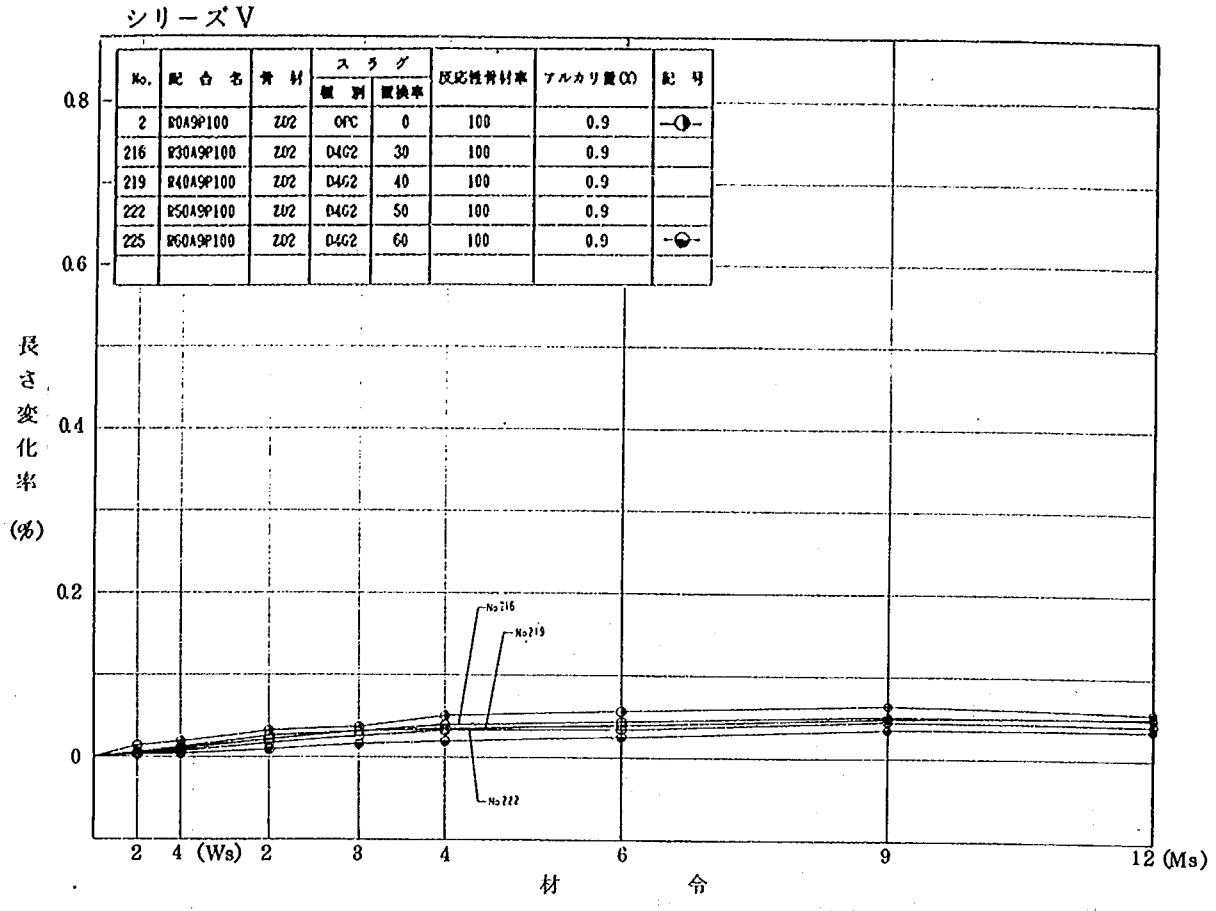


図32　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量0.9%）の材令と長さ変化率の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

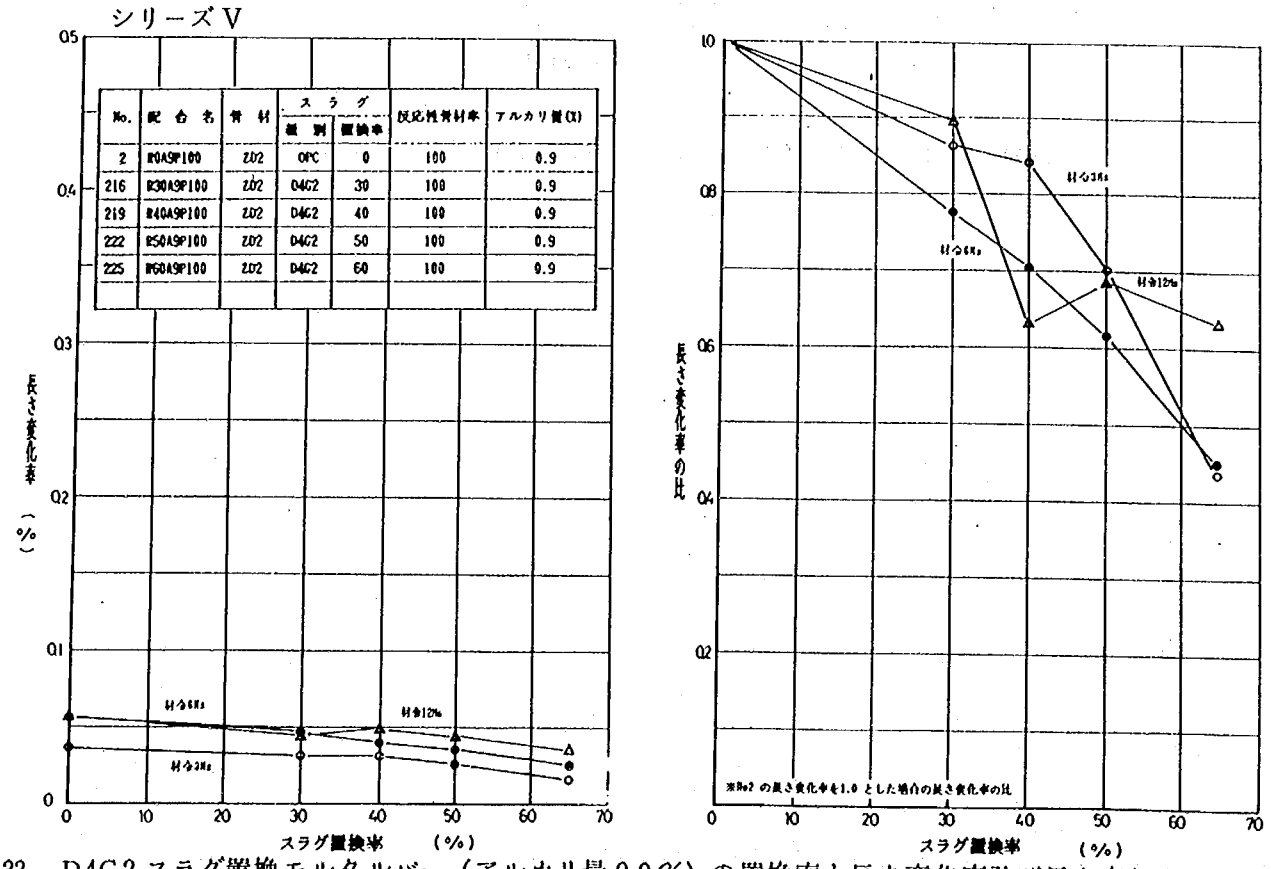


図33　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量0.9%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

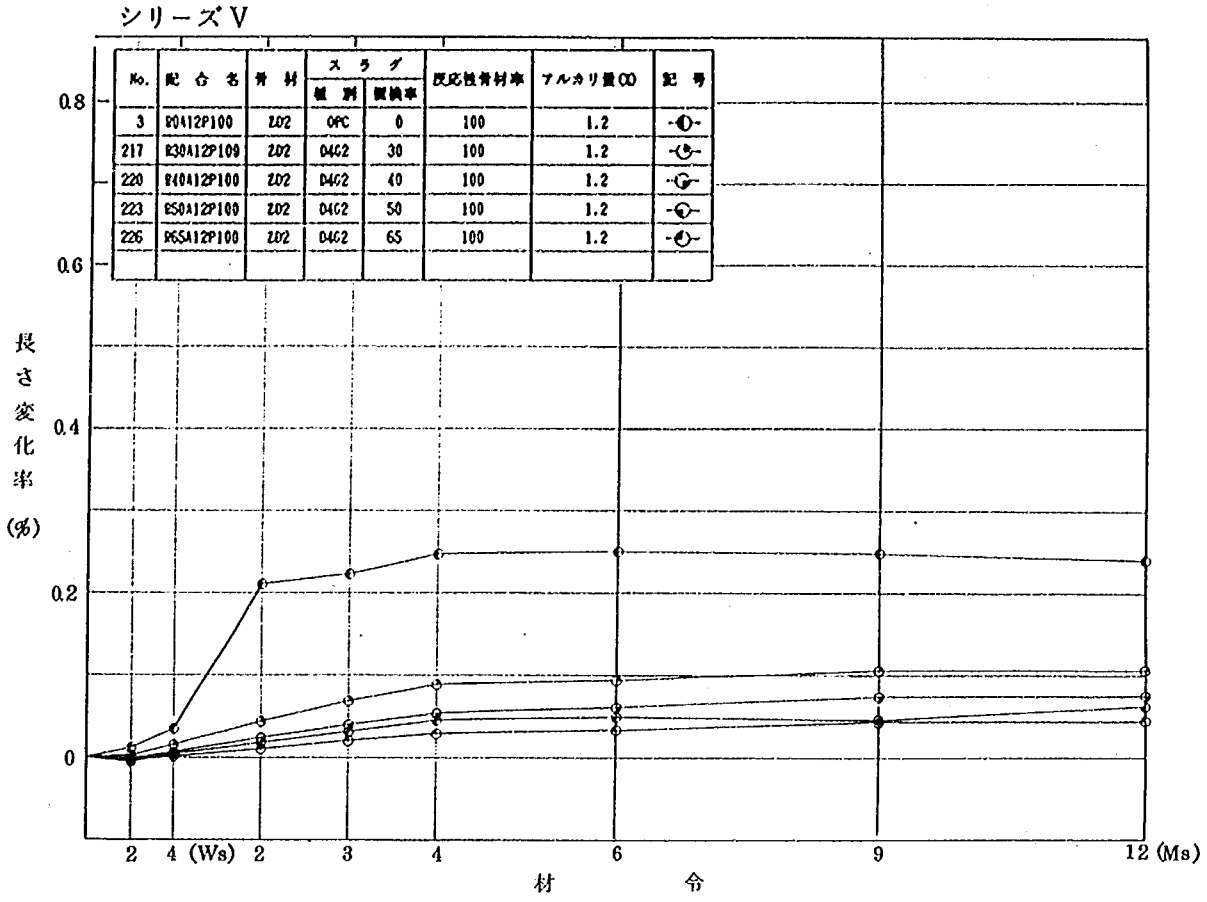


図34　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

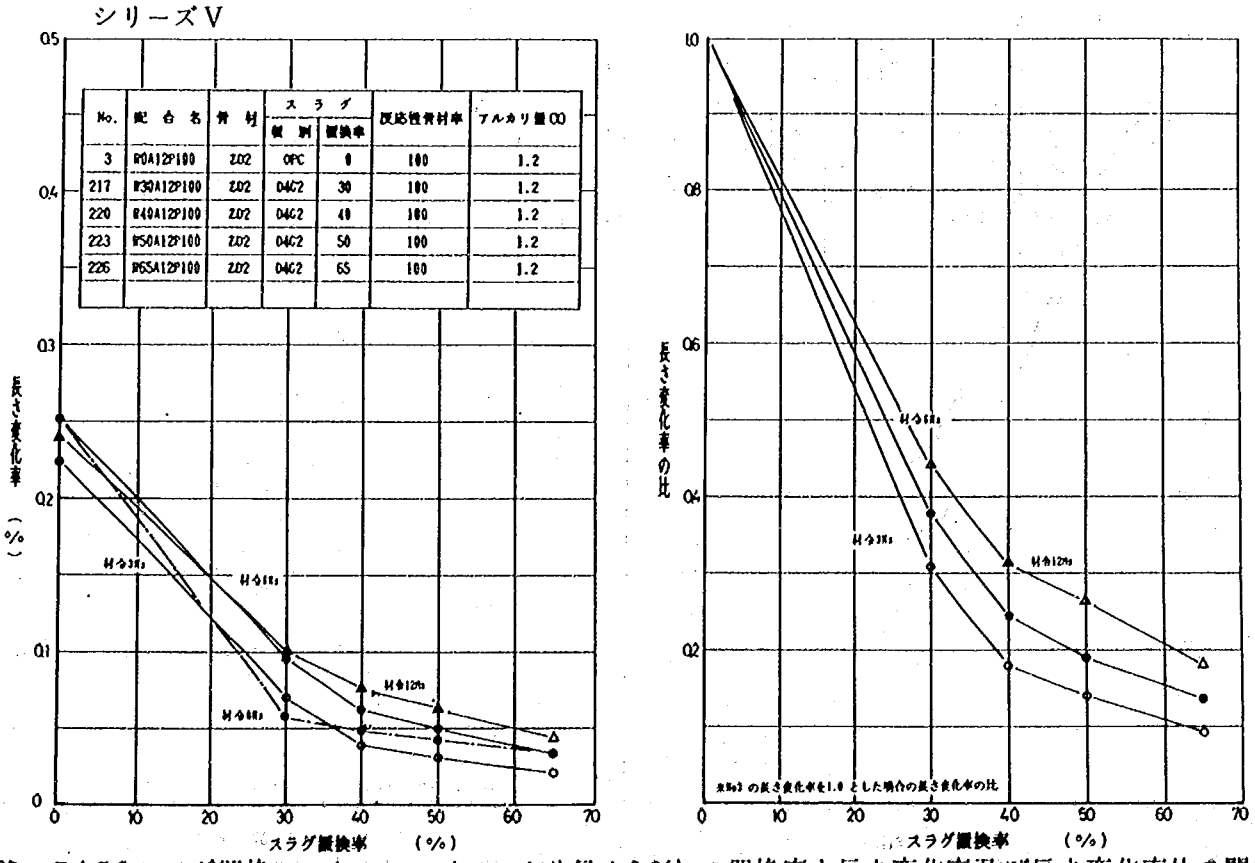


図35　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

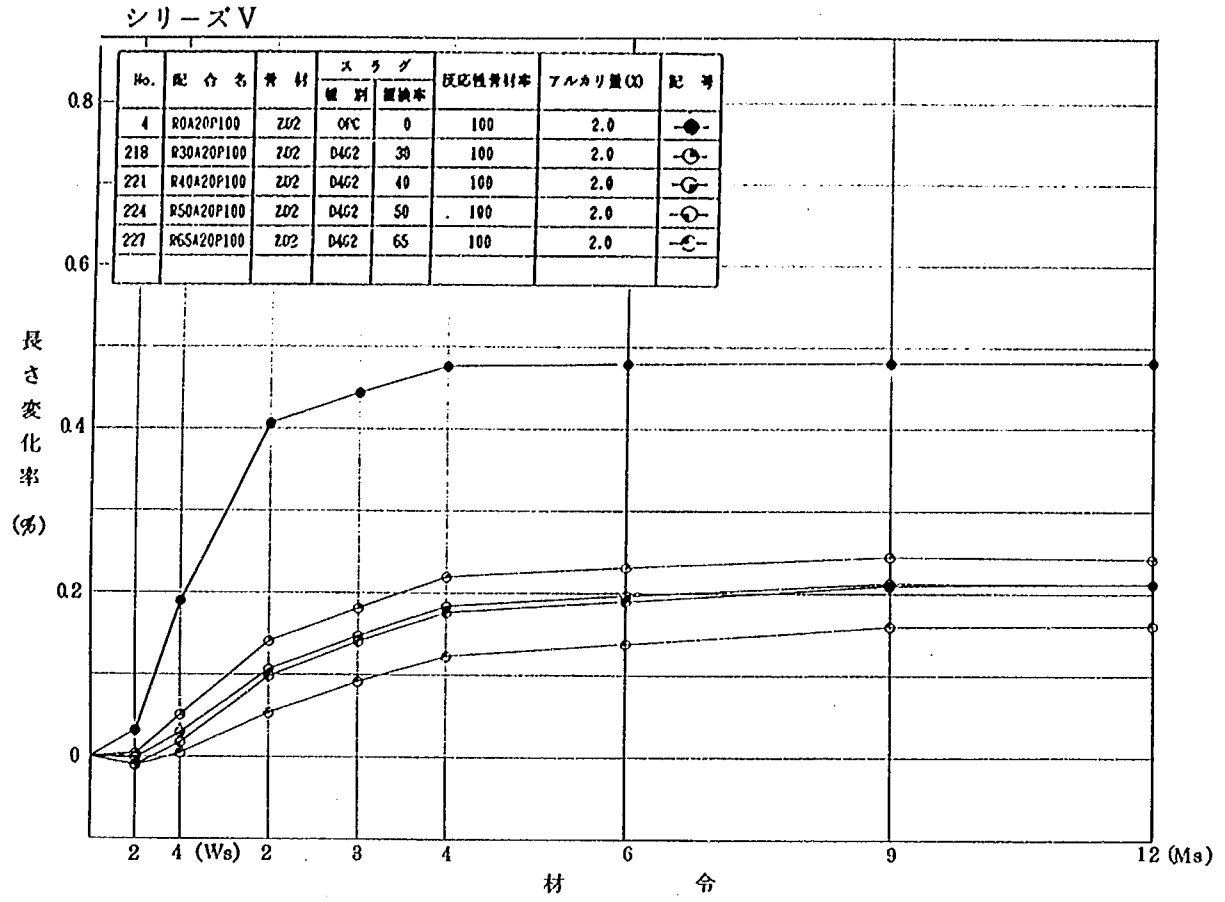


図36　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の材令と長さ変化率の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

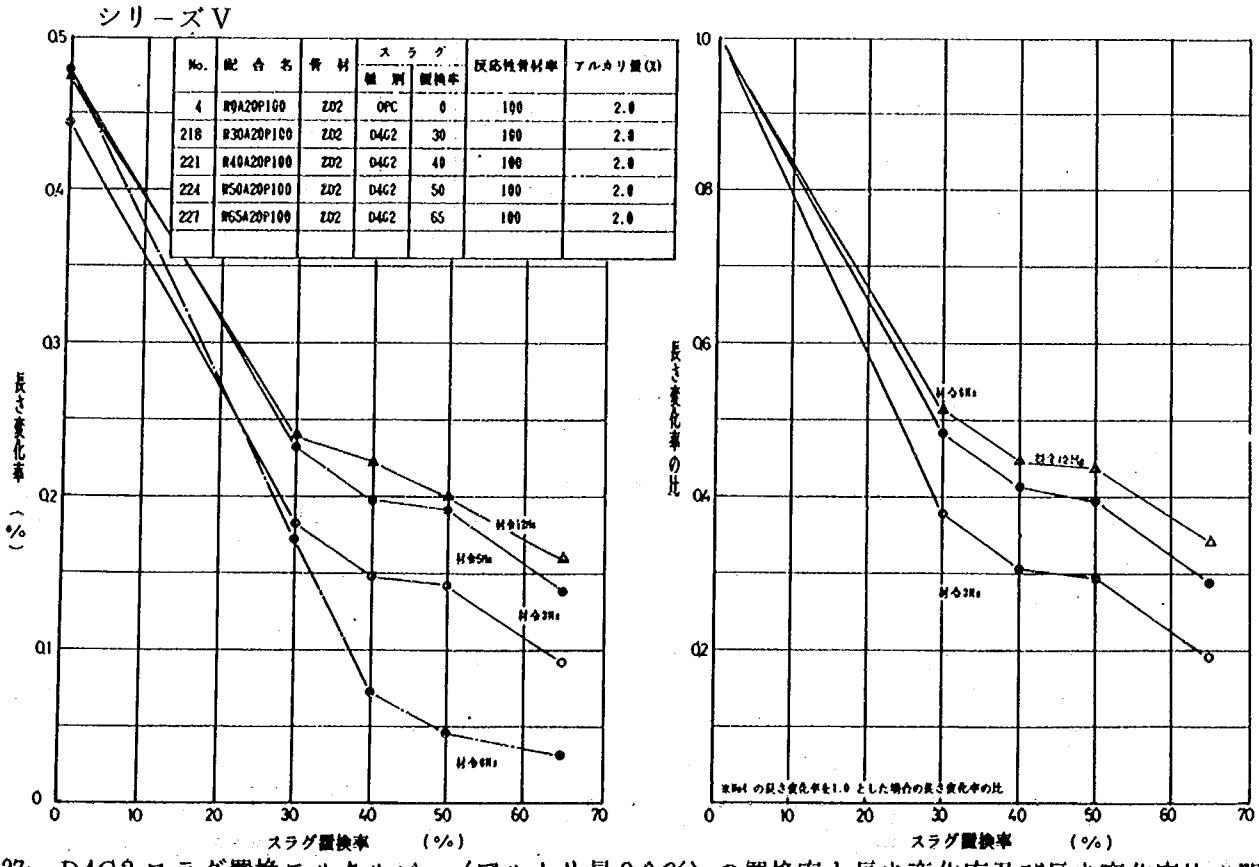


図37　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量2.0%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

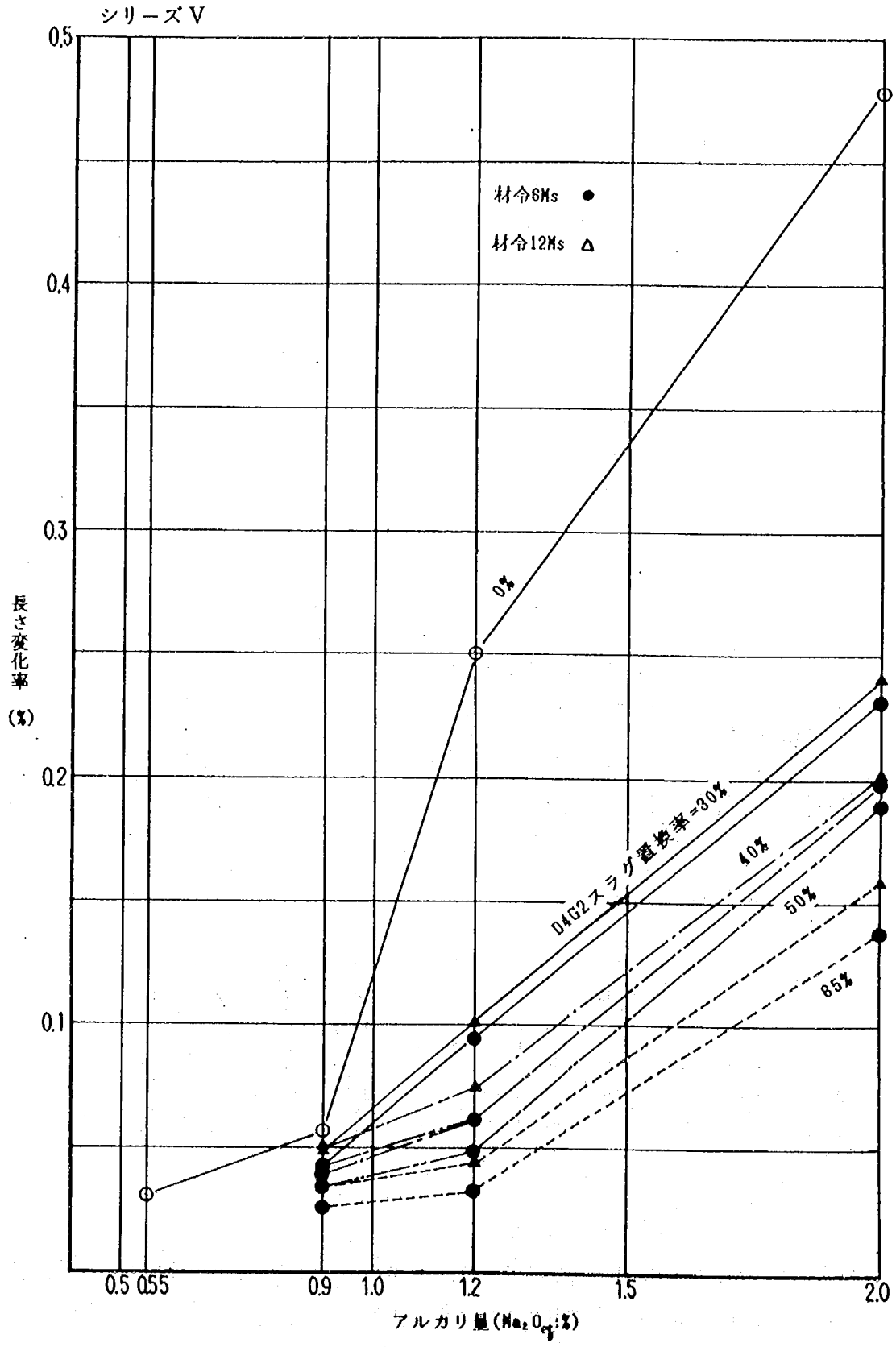


図38　D4G2スラグ置換率と長さ変化率の関係（アルカリ量0.55，0.9，1.2，2.0%）
（アルカリはバインダー全量に対して調整）

4.5 モルタルバー試験 シリーズVI

4.5.1 目　的

高炉スラグ粉末によるアルカリ骨材反応の抑制効果をスラグの銘柄別に比較する。

4.5.2 試験方法

粉末度及び石膏添加率が同じC4G0，D4G0，J4G0について，スラグ置換率を40，50，65%の3水準，アルカリ量をA12としてモルタルバーの長さ変化の比較を行う。

4.5.3 モルタルの配合及びフロー試験結果

『C4G0（表56）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
57	R40A12P100	ZD2	C4G0	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	188
60	R50A12P100	ZD2	C4G0	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	192
63	R65A12P100	ZD2	C4G0	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	191

『D4G0（表57）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
74	R40A12P100	ZD2	D4G0	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	196
75	R50A12P100	ZD2	D4G0	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	191
76	R65A12P100	ZD2	D4G0	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	194

『J4G0（表58）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	−	225.2	44.8	1350	0	178
45	R40A12P100	ZD2	J4G0	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	188
48	R50A12P100	ZD2	J4G0	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	190
51	R65A12P100	ZD2	J4G0	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	184

4.5.4 モルタルバーの長さ変化測定結果

巻末にC4G0，D4G0，J4G0スラグ置換モルタルバーの長さ変化測定結果を掲げ，また，表59～61に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『C4G0（表59）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
57	R40A12P100	ZD2	C4G0	40	100	1.20	0.0183	0.0369	0.0400
60	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	100	1.20	0.0233	0.0348	0.0347
63	R65A12P100	ZD2	C4G2	65	100	1.20	0.0179	0.0331	0.0300

『D4G0（表60）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
74	R40A12P100	ZD2	D4G0	40	100	1.20	0.0271	0.0483	0.0493
75	R50A20P100	ZD2	D4G0	50	100	1.20	0.0229	0.0381	0.0374
76	R65A12P100	ZD2	D4G0	65	100	1.20	0.0255	0.0393	0.0374

『J4G0（表61）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
45	R40A12P100	ZD2	J4G0	40	100	1.20	0.0290	0.0429	0.0443
48	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	100	1.20	0.0229	0.0357	0.0405
51	R65A12P100	ZD2	J4G2	65	100	1.20	0.0248	0.0405	0.0378

4.5.5　スラグ置換モルタルバーの長さ変化

1）C4G0

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図39に示し，又，表62にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表62）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
57	R40A12P100	ZD2	C4G0	40	100	1.20	0.082	0.147	0.166
60	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	100	1.20	0.104	0.139	0.198
63	R65A12P100	ZD2	C4G2	65	100	1.20	0.080	0.132	0.125
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

2) D4G0

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図40に示し，又，表63にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表63）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
74	R40A12P100	ZD2	D4G0	40	100	1.20	0.121	0.193	0.205
75	R50A20P100	ZD2	D4G0	50	100	1.20	0.103	0.152	0.156
76	R65A12P100	ZD2	D4G0	65	100	1.20	0.114	0.157	0.156
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

3) J4G0

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図41に示し，又，表64にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表64）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
45	R40A12P100	ZD2	J4G0	40	100	1.20	0.130	0.171	0.184
48	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	100	1.20	0.103	0.142	0.168
51	R65A12P100	ZD2	J4G2	65	100	1.20	0.111	0.162	0.157
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

4.5.6 スラグ銘柄による長さ変化の比較

図42に材令6ケ月におけるスラグ銘柄と長さ変化率の関係を示した。スラグ3水準とも長さ変化率が0.07%以下と極めて小さな値を示しており銘柄間の格差は小さなものとなっている。しかしながらR30，40ではC4G0，J4G0，D4G0の順でやや長さ変化率が大きくなる傾向にある。ただし，R50，65ではその差が見られない。

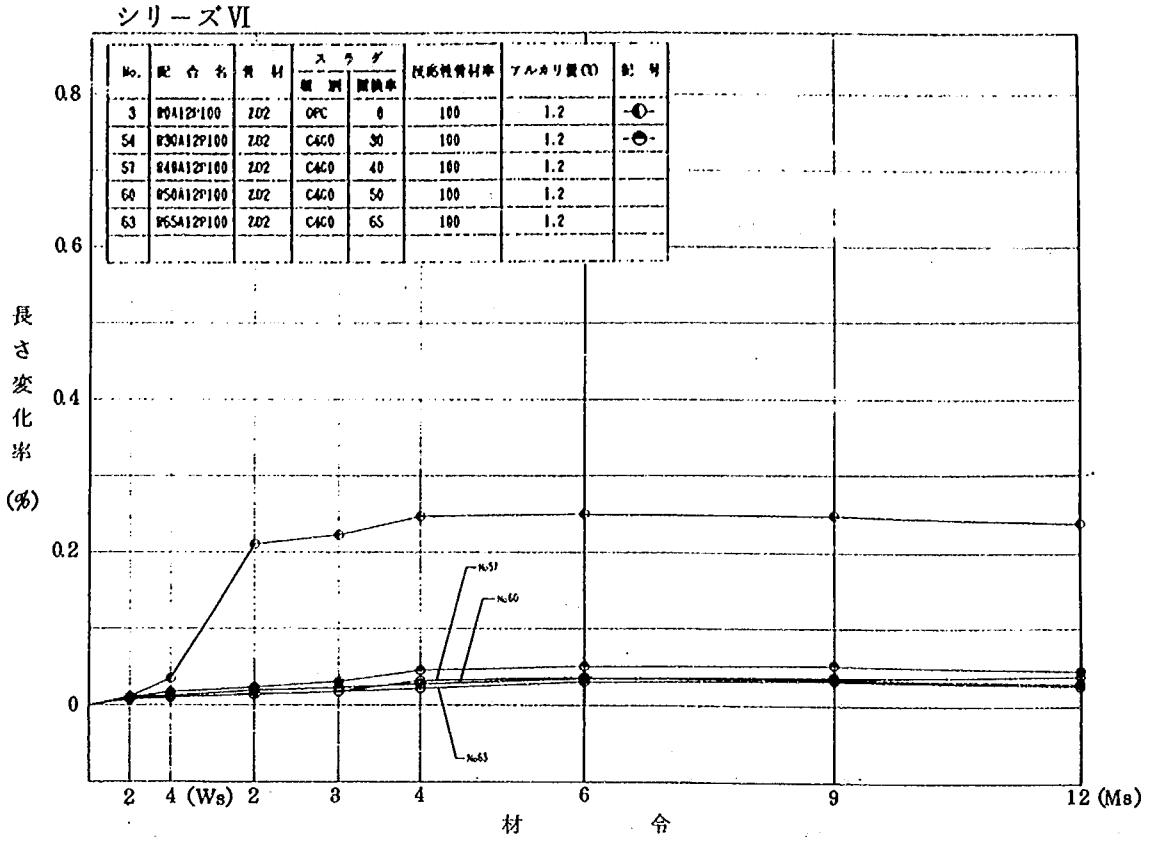


図39　C4G0 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 1.2%）の材令と長さ変化率の関係

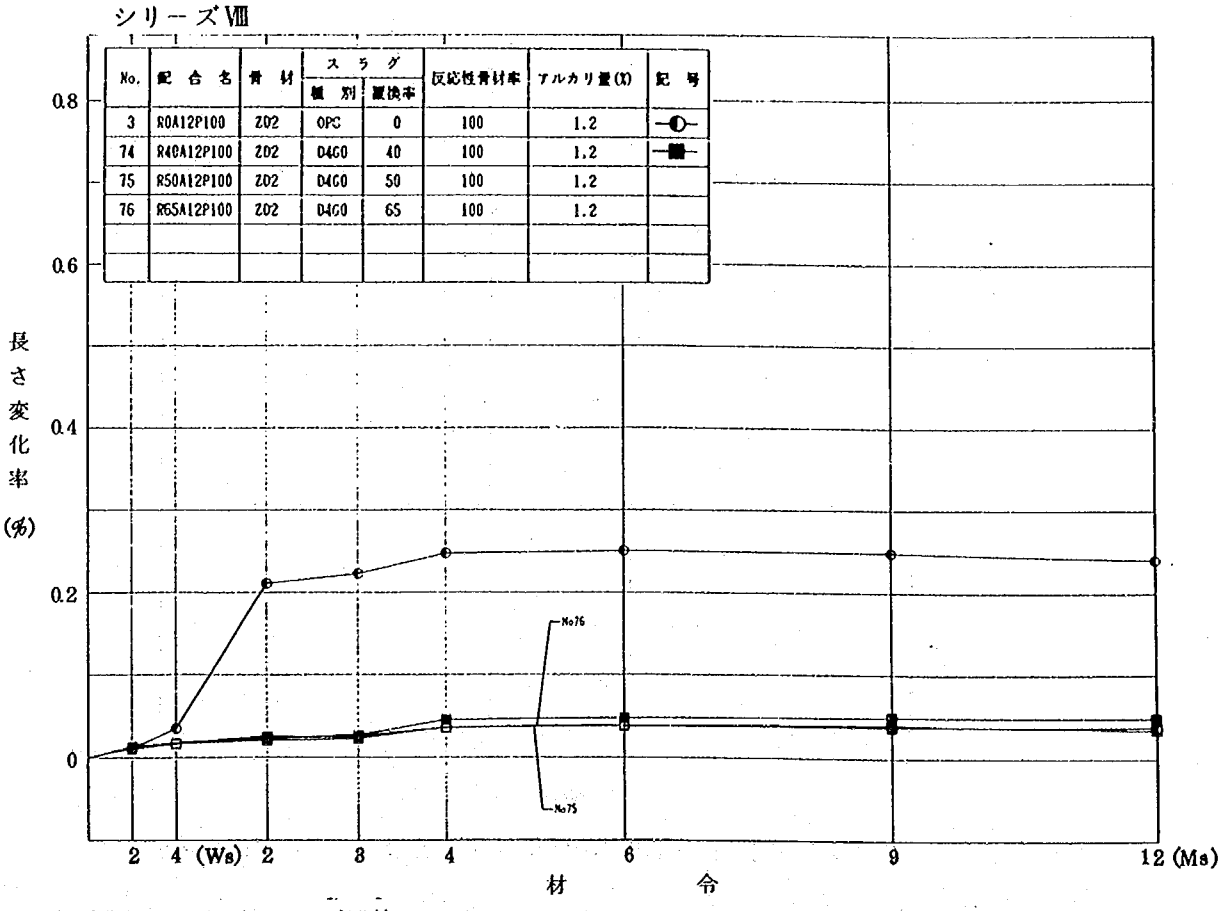


図40　D4G0 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 1.2%）の材令と長さ変化率の関係

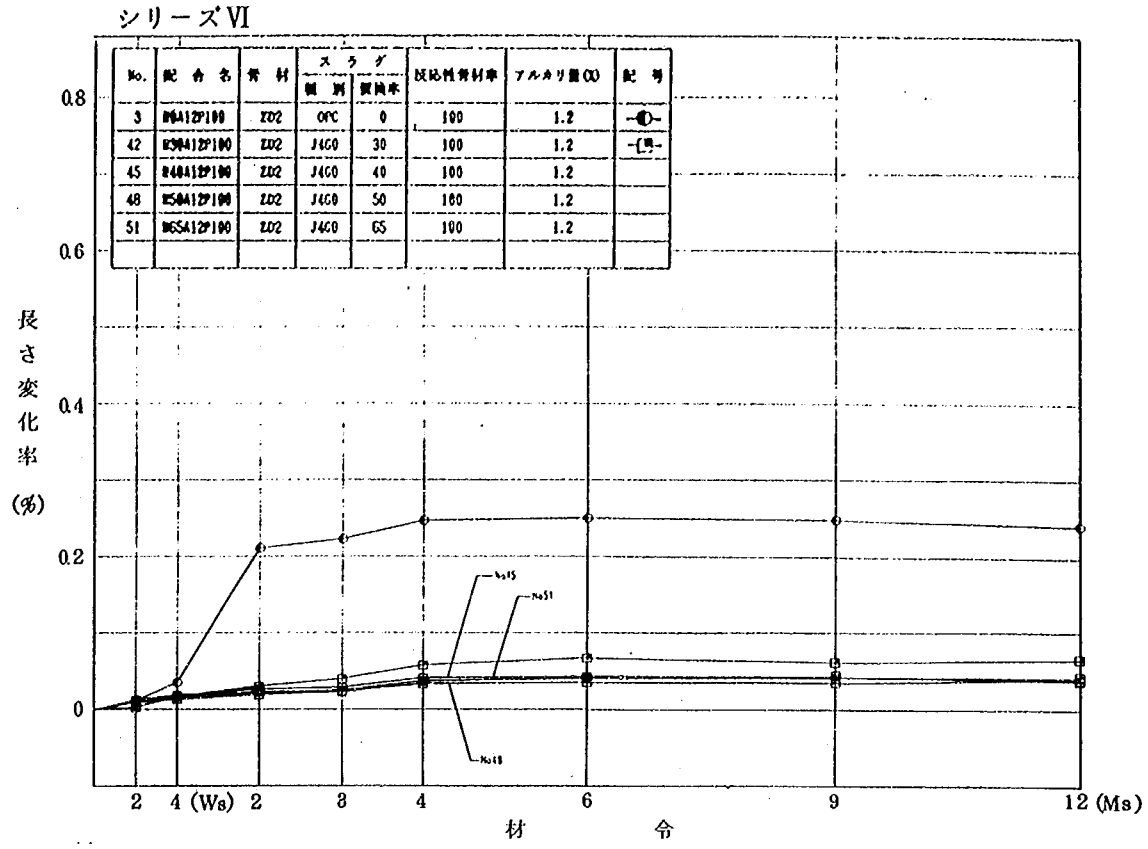


図41　J4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

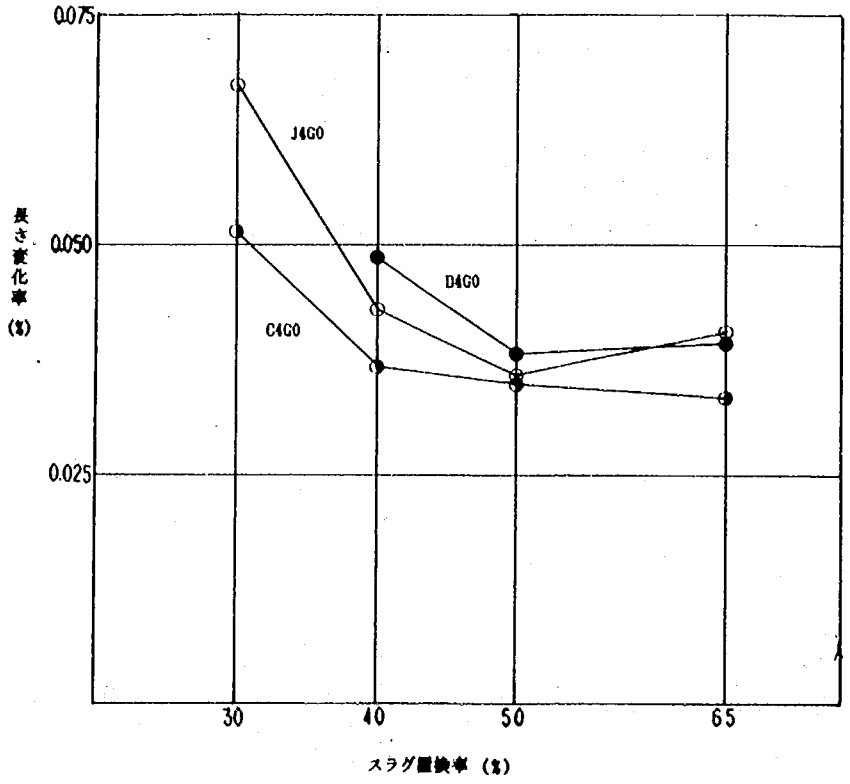


図42　スラグブランドと長さ変化率の関係（アルカリ量1.2%，材令6ヶ月）

4.6 モルタルバー試験 シリーズⅦ

4.6.1 目 的

高炉スラグ粉末によるアルカリ骨材反応の抑制効果を粉末度により比較する。

4.6.2 試験方法

石膏添加率及び銘柄が同じで粉末度が異るD3G2，D4G2，D5G2，D8G2について，アルカリ量をA12スラグ置換率を40，50，65％の3水準としてモルタルバーの長さ変化の比較を行う。

4.6.3 モルタルの配合及びフロー試験結果

『D3G2（表65）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
65	R40A12P100	ZD2	D3G2	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	186
66	R50A12P100	ZD2	D3G2	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	189
67	R65A12P100	ZD2	D3G2	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	170

『D4G2（表66）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	195
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	188
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	180

『D5G2（表67）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
68	R40A12P100	ZD2	D5G2	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	182
69	R50A12P100	ZD2	D5G2	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	185
70	R65A12P100	ZD2	D5G2	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	166

『D8G2（表68）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
71	R40A12P100	ZD2	D8G2	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	185
72	R50A12P100	ZD2	D8G2	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	185
73	R65A12P100	ZD2	D8G2	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	177

4.6.4　モルタルバーの長さ変化測定結果

巻末にD3G2，D4G2，D5G2，D8G2スラグ置換モルタルバーの長さ変化測定結果を掲げ，また，表69～72に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『D3G2（表69）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
65	R40A12P100	ZD2	D3G2	40	100	1.20	0.0190	0.0340	0.0331
66	R50A20P100	ZD2	D3G2	50	100	1.20	0.0198	0.0317	0.0329
67	R65A12P100	ZD2	D3G2	65	100	1.20	0.0176	0.0295	0.0324

『D4G2（表70）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.0274	0.0491	0.0467
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.0221	0.0415	0.0367
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.0203	0.0331	0.0295

『D5G2（表71）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
71	R40A12P100	ZD2	D8G2	40	100	1.20	0.0316	0.0509	0.0560
72	R50A12P100	ZD2	D8G2	50	100	1.20	0.0331	0.0514	0.0536
73	R65A12P100	ZD2	D8G2	65	100	1.20	0.0462	0.0624	0.0612

『D8G2（表72）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
68	R40A12P100	ZD2	D5G2	40	100	1.20	0.0247	0.0421	0.0431
69	R50A12P100	ZD2	D5G2	50	100	1.20	0.0176	0.0324	0.0350
70	R65A12P100	ZD2	D5G2	65	100	1.20	0.0159	0.0266	0.0295

4.6.5　スラグ置換したモルタルバーの長さ変化

1）D3G2

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図43に示し，図44にスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。又，表73及び図44にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表73）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
65	R40A12P100	ZD2	D3G2	40	100	1.20	0.085	0.136	0.138
66	R50A12P100	ZD2	D3G2	50	100	1.20	0.089	0.126	0.137
67	R65A12P100	ZD2	D3G2	65	100	1.20	0.079	0.118	0.135
NO.3の長さ変化率を1.000とした。									

2）D4G2

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図45に示し，図46にスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。又，表74及び図46にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表74）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.123	0.196	0.153
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.099	0.165	0.164
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.091	0.132	0.123
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

3）D5G2

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図47に示し，図48にスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。又，表75及び図48にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表75）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
68	R40A12P100	ZD2	D5G2	40	100	1.20	0.111	0.168	0.179
69	R50A12P100	ZD2	D5G2	50	100	1.20	0.079	0.129	0.146
70	R65A12P100	ZD2	D5G2	65	100	1.20	0.071	0.106	0.123
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

4) D8G2

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図49に示し，図50にスラグ置換率と長さ変化率の関係を示した。又，表76及び図50にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表76）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
71	R40A12P100	ZD2	D8G2	40	100	1.20	0.142	0.102	0.233
72	R50A12P100	ZD2	D8G2	50	100	1.20	0.148	0.103	0.223
73	R65A12P100	ZD2	D8G2	65	100	1.20	0.207	0.124	0.254
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

4.6.6 スラグ粉末度による長さ変化の比較

図51にスラグ粉末度と長さ変化率の関係を示した。各試験水準もスラグ置換により，長さ変化率が0.06％以下と小さな値となっている。粉末度による長さ変化率を図51で比較すると，置換率3水準ともD3G2の長さ変化がもっとも小さく，次にD5G2，D4G2，D8G2の順序となっている。

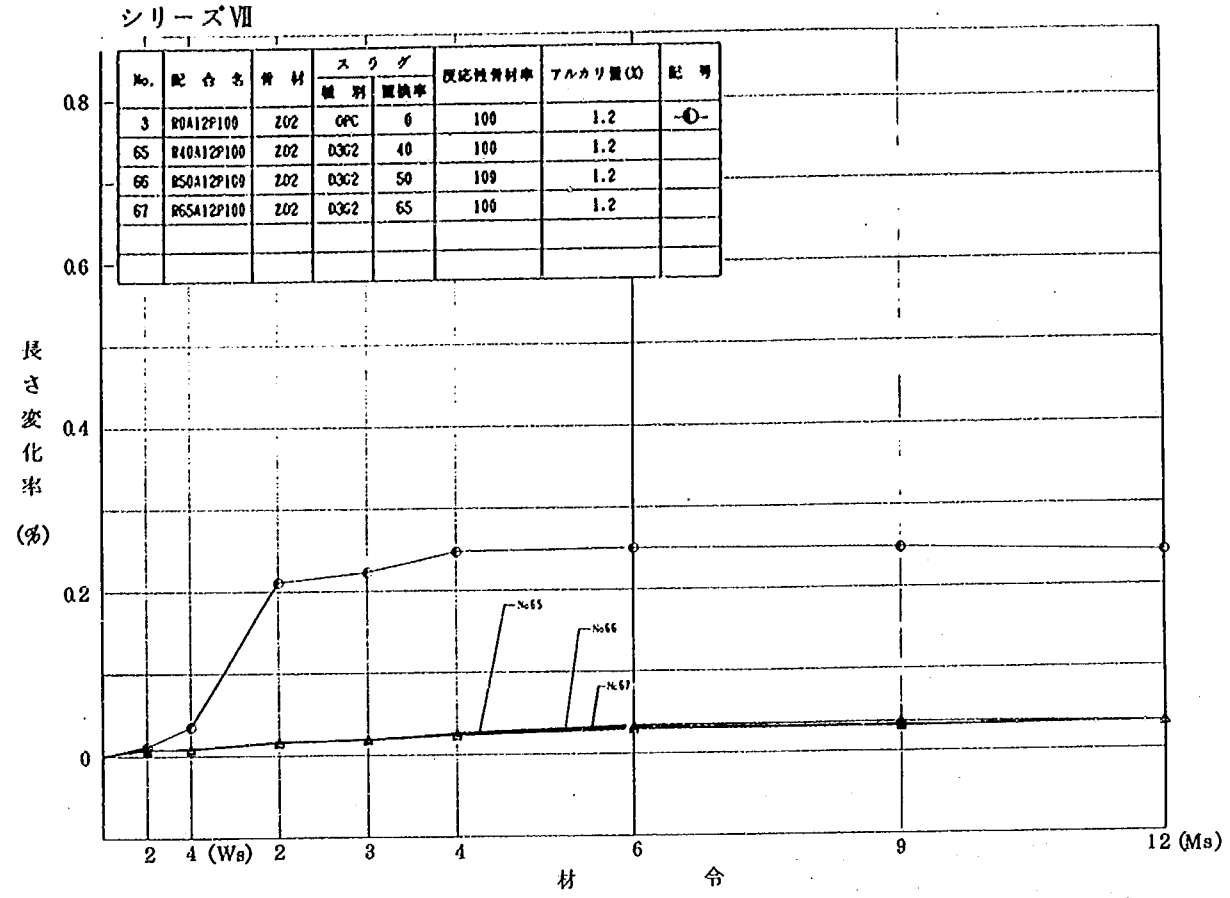


図43　D3G2 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 1.2%）の材令と長さ変化率の関係

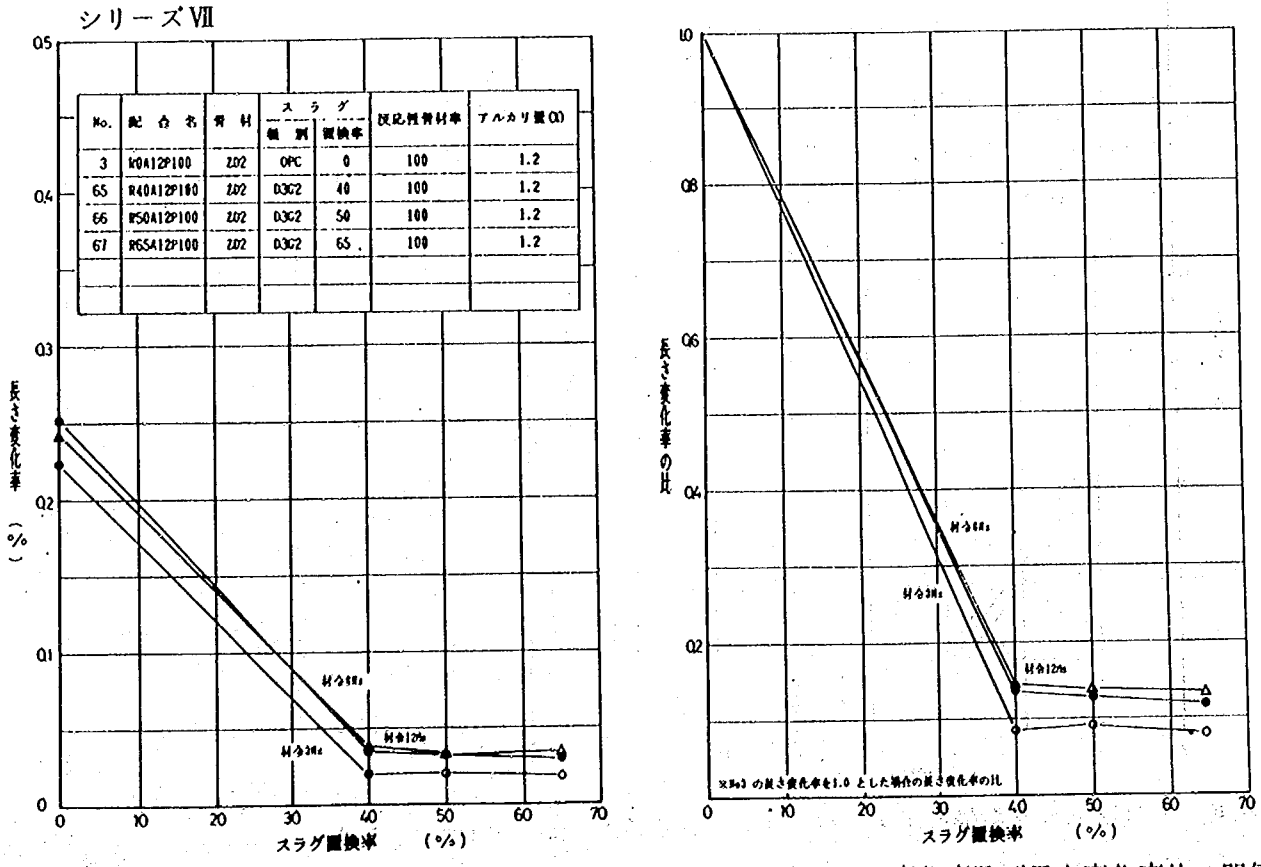


図44　D3G2 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

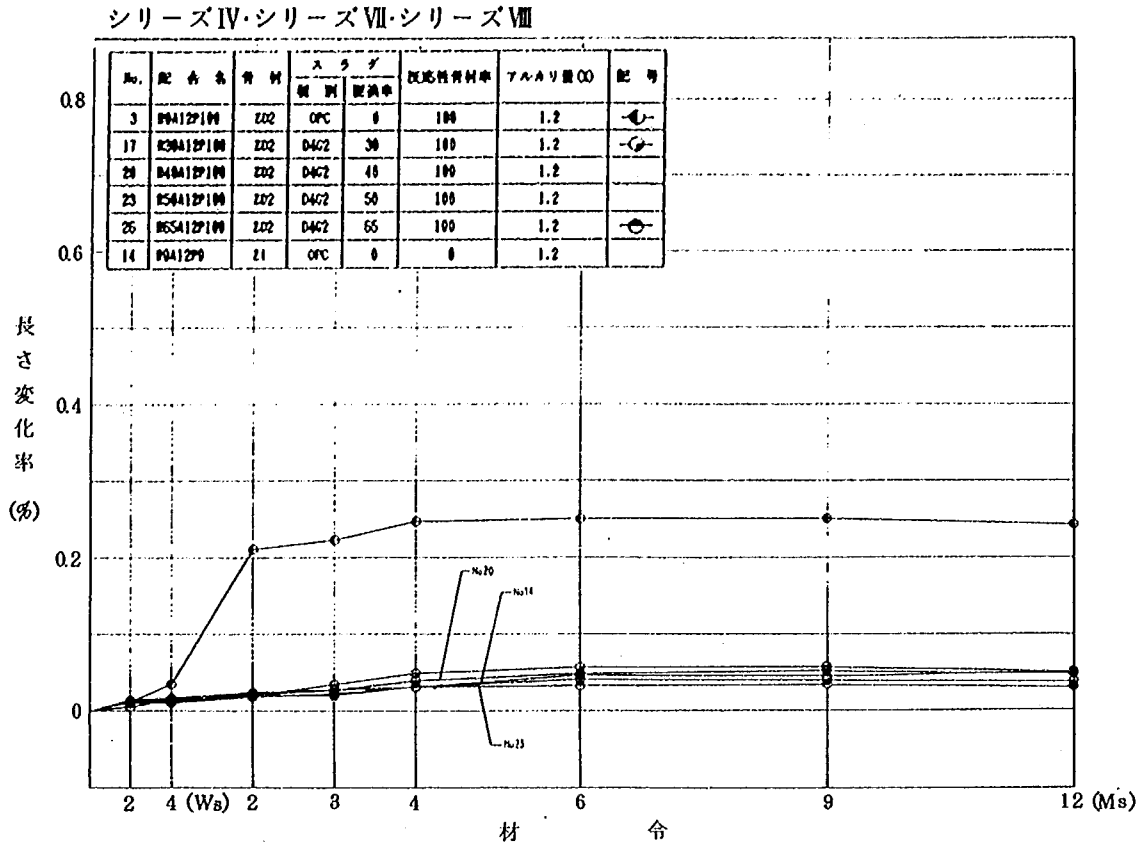


図45　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

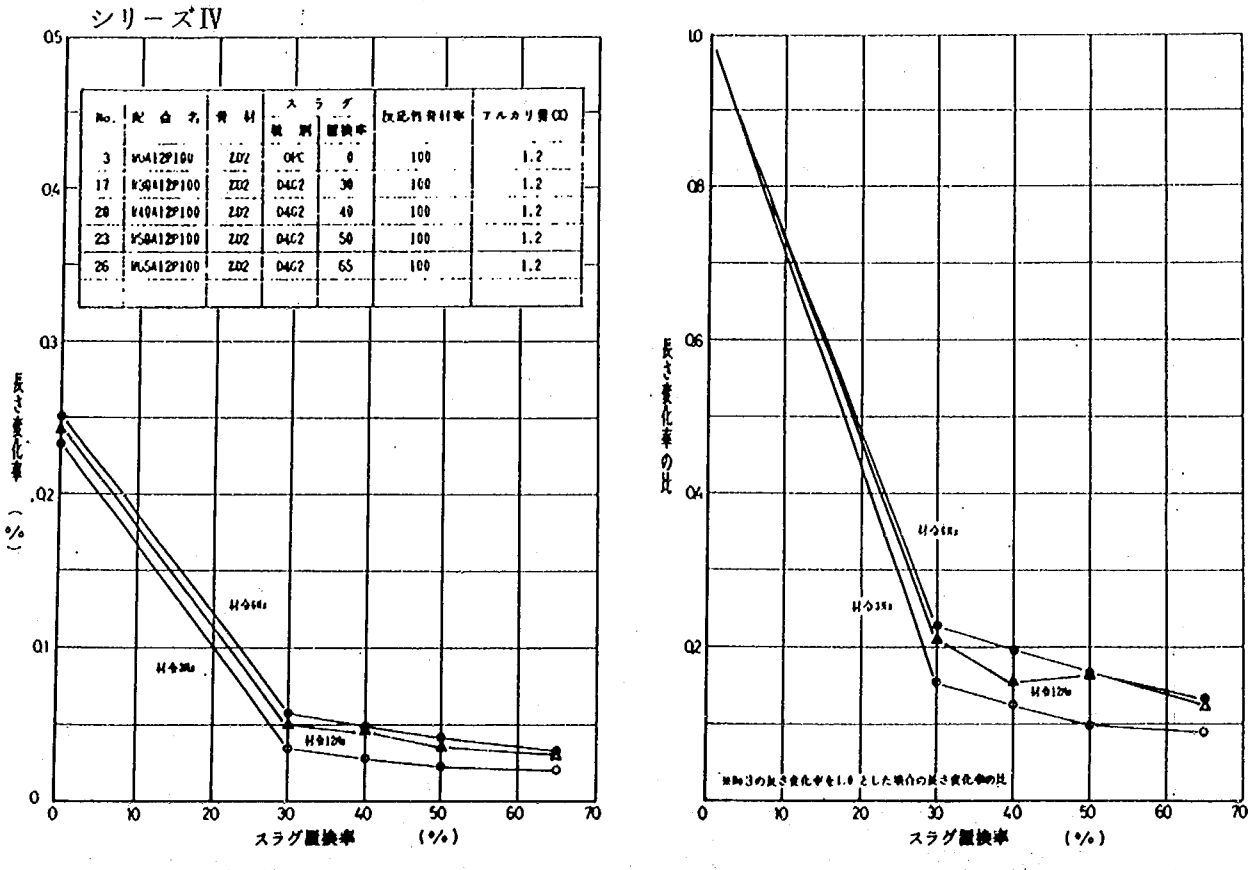


図46　D4G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

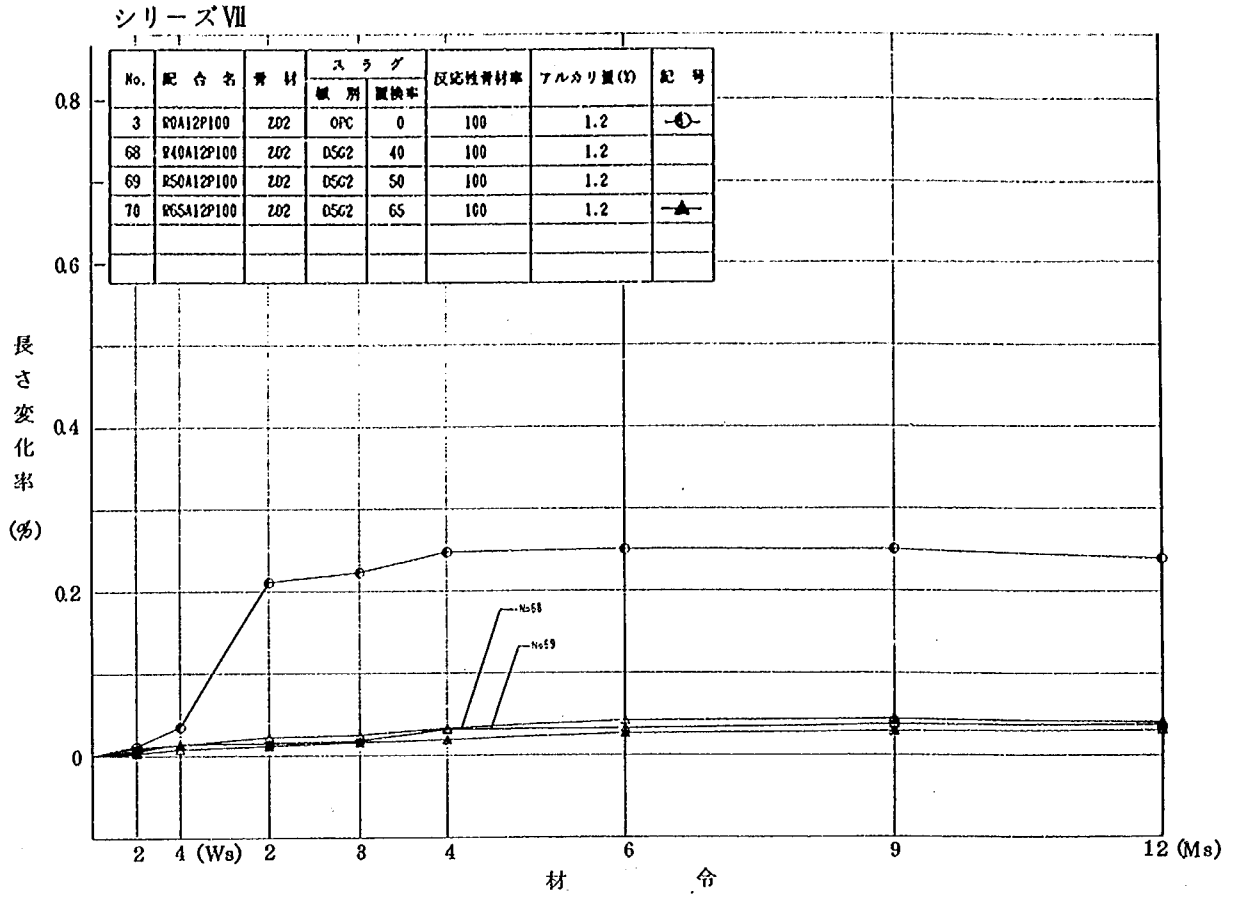


図47　D5G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

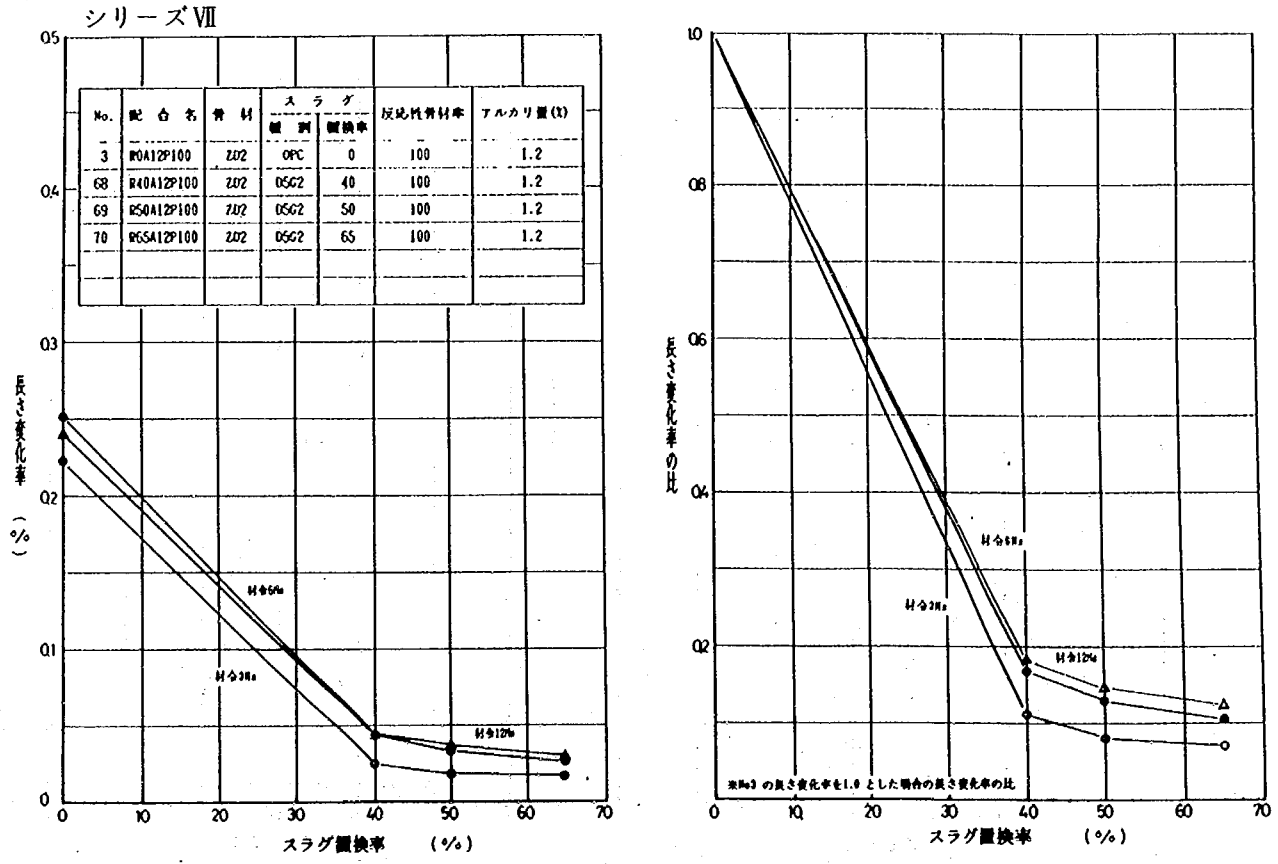


図48　D5G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

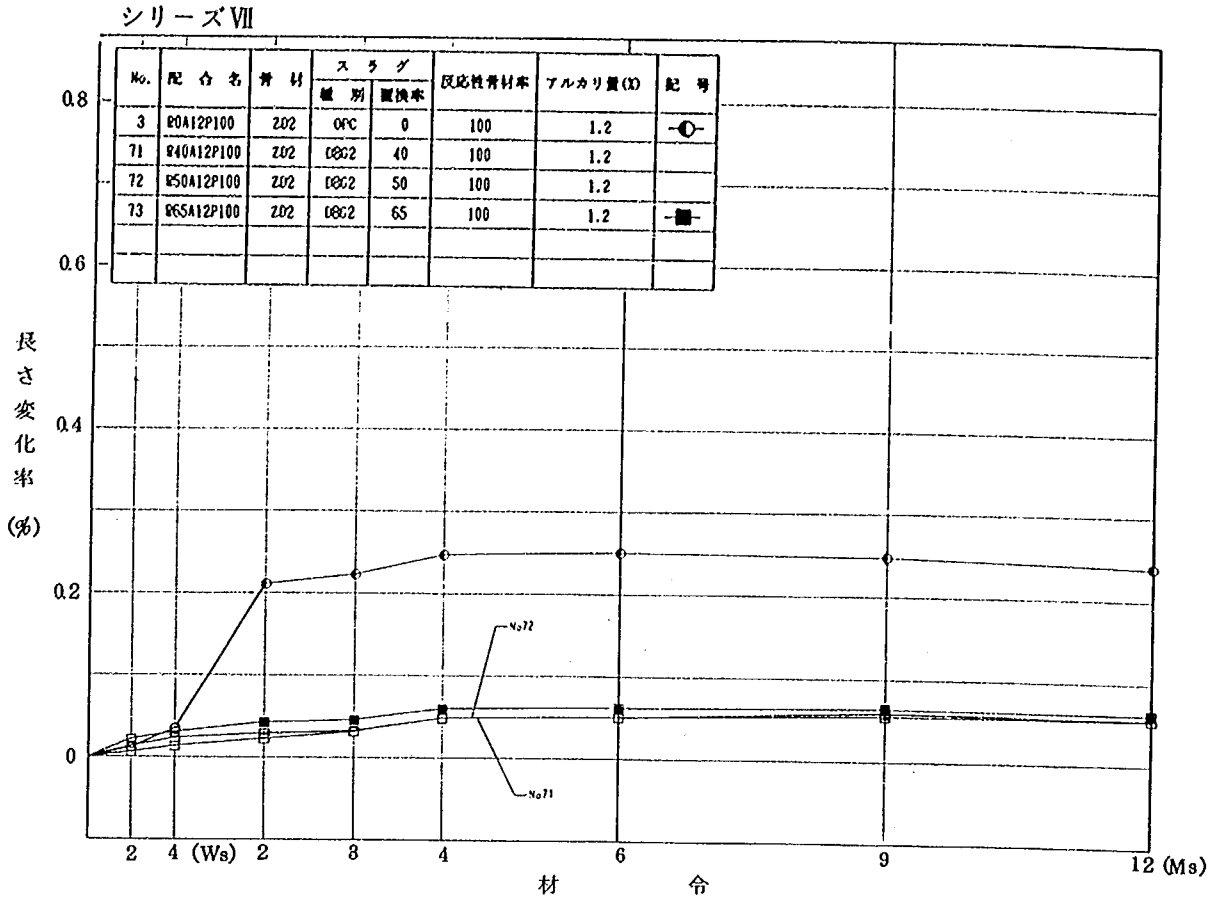


図49　D8G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

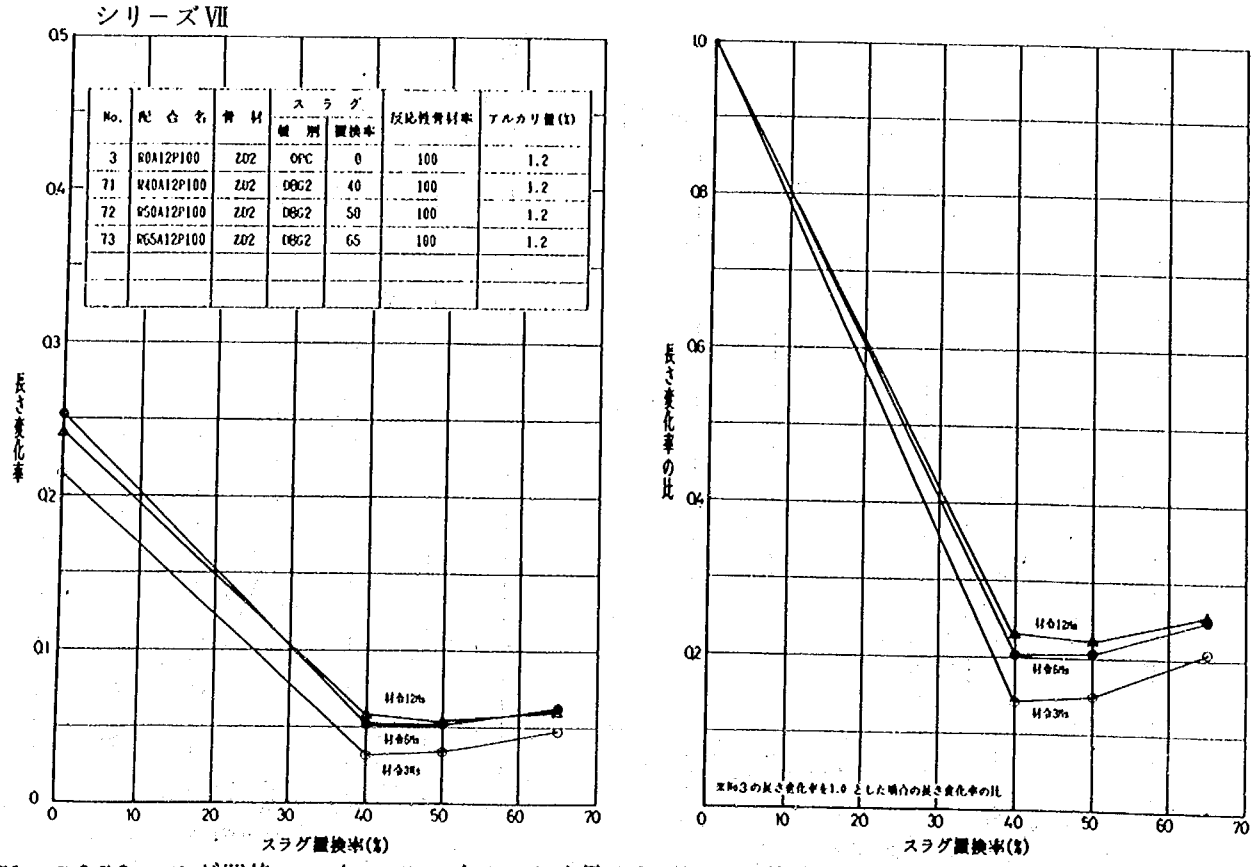


図50　D8G2スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の置換率と長さ変化率及び長さ変化率比の関係

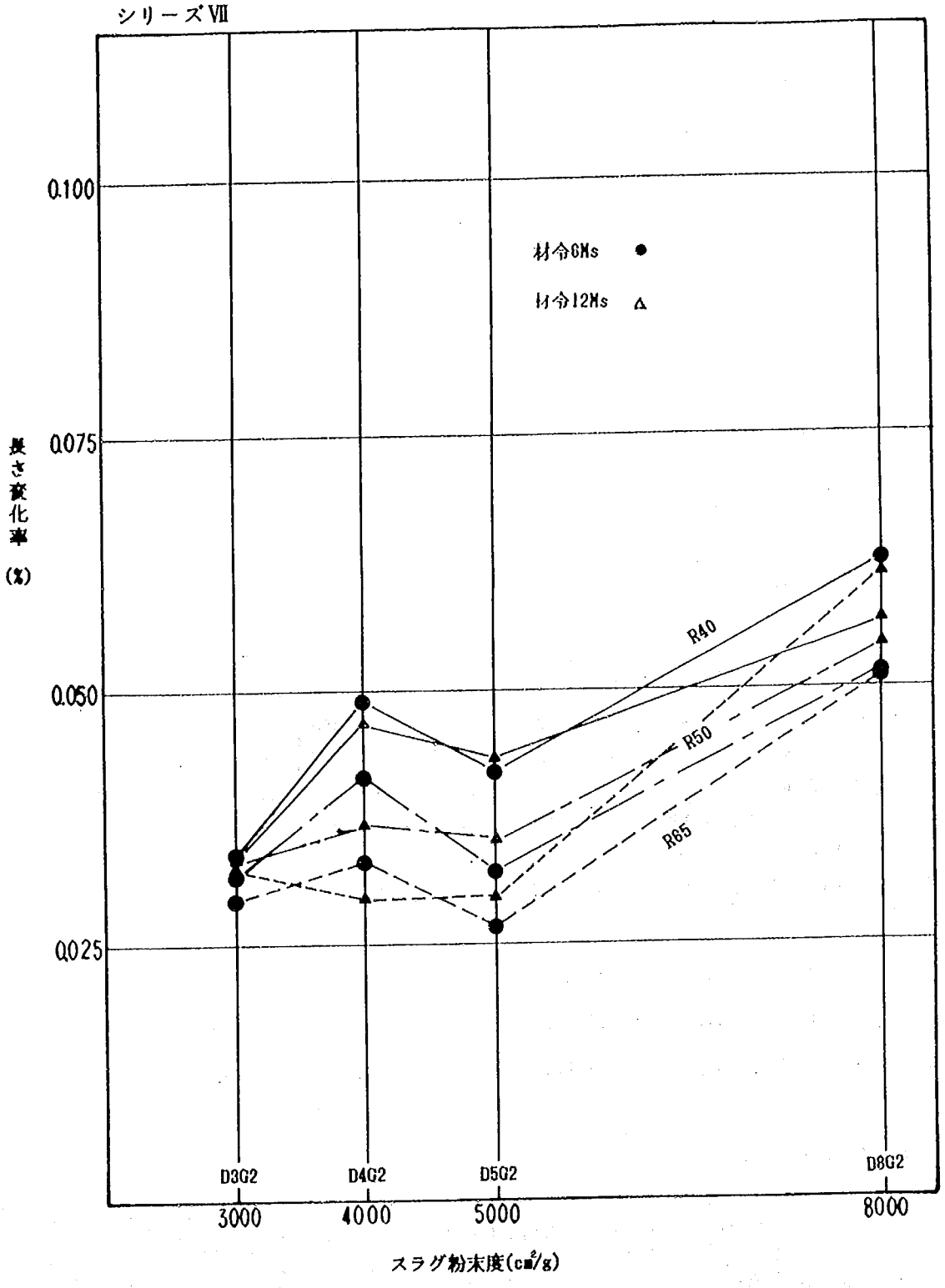


図51　スラグ粉末度と長さ変化率の関係（アルカリ量 1.2%）

4.7 モルタルバー試験 シリーズⅧ

4.7.1 目 的

高炉スラグ粉末によるアルカリ骨材反応の抑制効果を石膏添加率により比較する。

4.7.2 試験方法

スラグの銘柄が同じで石膏添加率が異るD4G0，D4G2について，アルカリ量をA12，スラグ置換率を40，50，65%の3水準としてモルタルバーの長さ変化の比較を行う。

4.7.3 モルタルの配合及びフロー試験結果

『D4G0（表77）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	--	225.2	44.8	1350	0	178
74	R40A12P100	ZD2	D4G0	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	196
75	R50A12P100	ZD2	D4G0	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	191
76	R65A12P100	ZD2	D4G0	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	194

『D4G2（表78）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	--	225.2	44.8	1350	0	178
17	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	420	180	238.7	31.3	1350	0	195
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	360	240	243.1	26.9	1350	0	195
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	300	300	247.6	22.4	1350	0	188
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	210	390	254.3	15.7	1350	0	180
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	600	-	232.3	37.7	-	1350	176

4.7.4 モルタルバーの長さ変化測定結果

巻末にD4G0，D4G2スラグ置換モルタルバーの長さ変化測定結果を掲げ，また，表79～80に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『D4G0（表79）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
74	R40A12P100	ZD2	D4G0	40	100	1.20	0.0271	0.0483	0.0493
75	R50A12P100	ZD2	D4G0	50	100	1.20	0.0229	0.0381	0.0374
76	R65A12P100	ZD2	D4G0	65	100	1.20	0.0255	0.0393	0.0374

『D4G2（表80）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率(%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.0231	0.0367	0.0405
17	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20	0.0345	0.0571	0.0500
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.0274	0.0491	0.0467
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.0221	0.0415	0.0367
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.0203	0.0331	0.0295
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	0	1.20	0.0274	0.0464	0.0490

4.7.5　スラグ置換したモルタルバーの長さ変化

1）D4G0

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図52に示し，また，表81にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表81）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
74	R40A12P100	ZD2	D4G0	40	100	1.20	0.121	0.193	0.205
75	R50A12P100	ZD2	D4G0	50	100	1.20	0.103	0.152	0.156
76	R65A12P100	ZD2	D4G0	65	100	1.20	0.114	0.157	0.156
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

2）D4G2

スラグ置換3水準における材令と長さ変化率の関係を図53に示し，また，表82にはスラグ無置換モルタルバーの長さ変化率を基準（1.000）として，スラグ置換したモルタルバーの長さ変化率を『長さ変化率の比』として表した。

『長さ変化率の比（表82）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率の比		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	1.000	1.000	1.000
17	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20	0.155	0.228	0.208
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20	0.123	0.196	0.153
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20	0.099	0.165	0.164
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20	0.091	0.132	0.123
No.3の長さ変化率を1.000とした。									

4.7.6　スラグ石膏添加率による長さ変化の比較

図54に材令6ケ月における石膏添加率と長さ変化率の関係を示した。スラグ2水準とも長さ変化率が0.05%前後と極めて小さな値を示しており石膏添加率間の格差は小さなものとなっている。しかしながらR40，50では若干，石膏添加を行っているD4G2がD4G0に比べ長さ変化率が大きくなっている。ただしR65ではその傾向が逆転している。

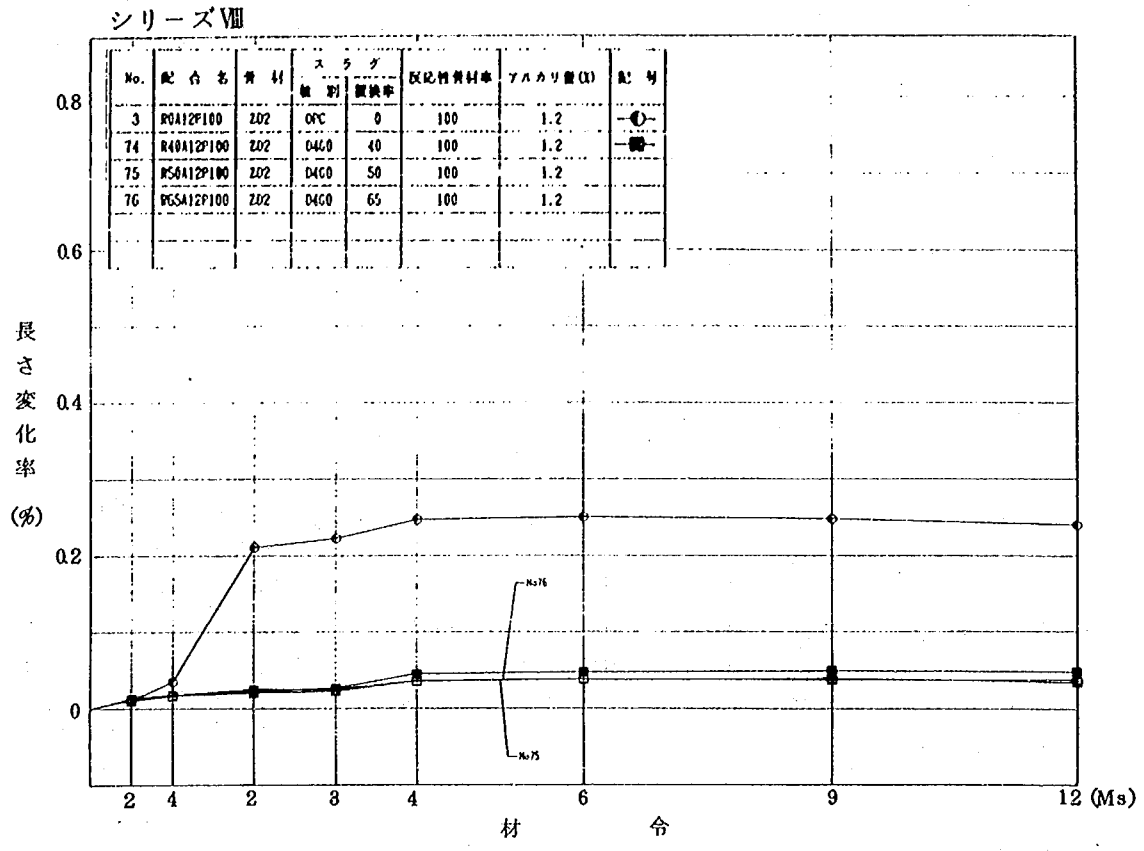


図52　D4G0スラグ置換モルタルバー（アルカリ量1.2%）の材令と長さ変化率の関係

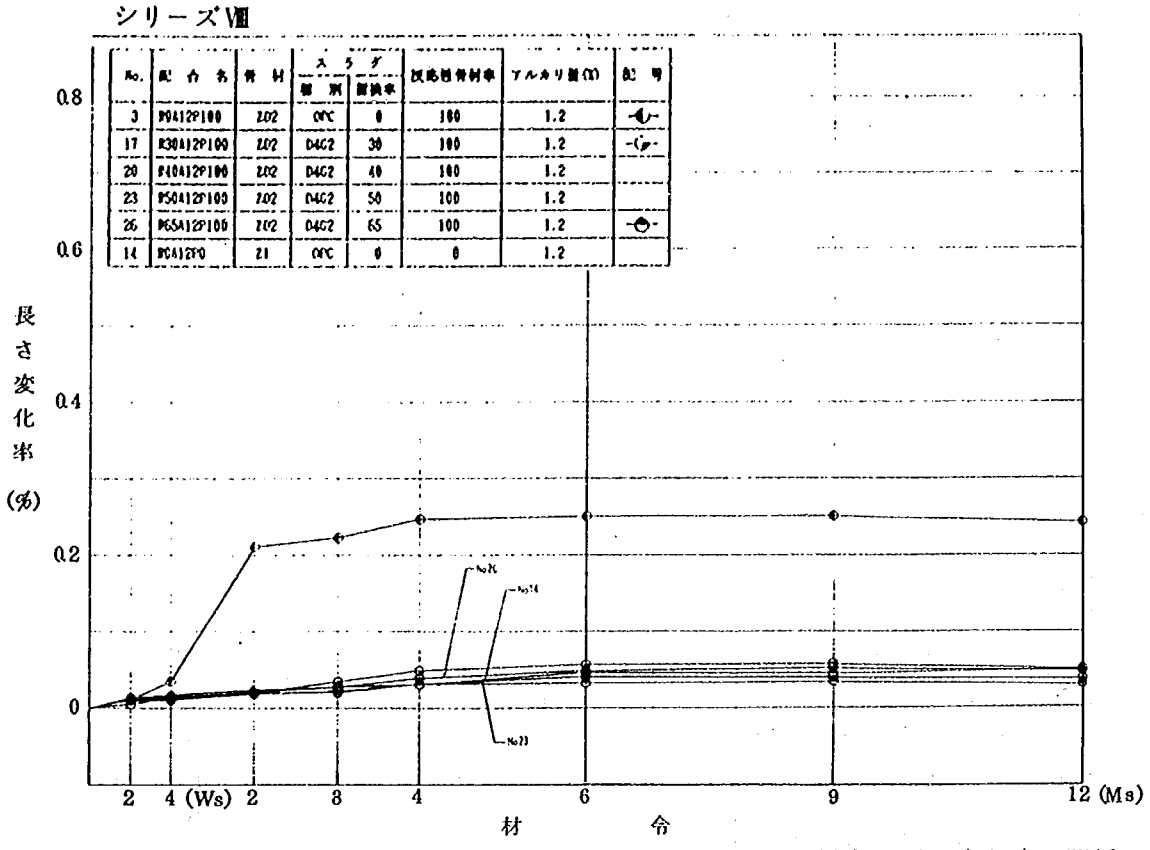


図53 D4G2 スラグ置換モルタルバー（アルカリ量 1.2%）の材令と長さ変化率の関係

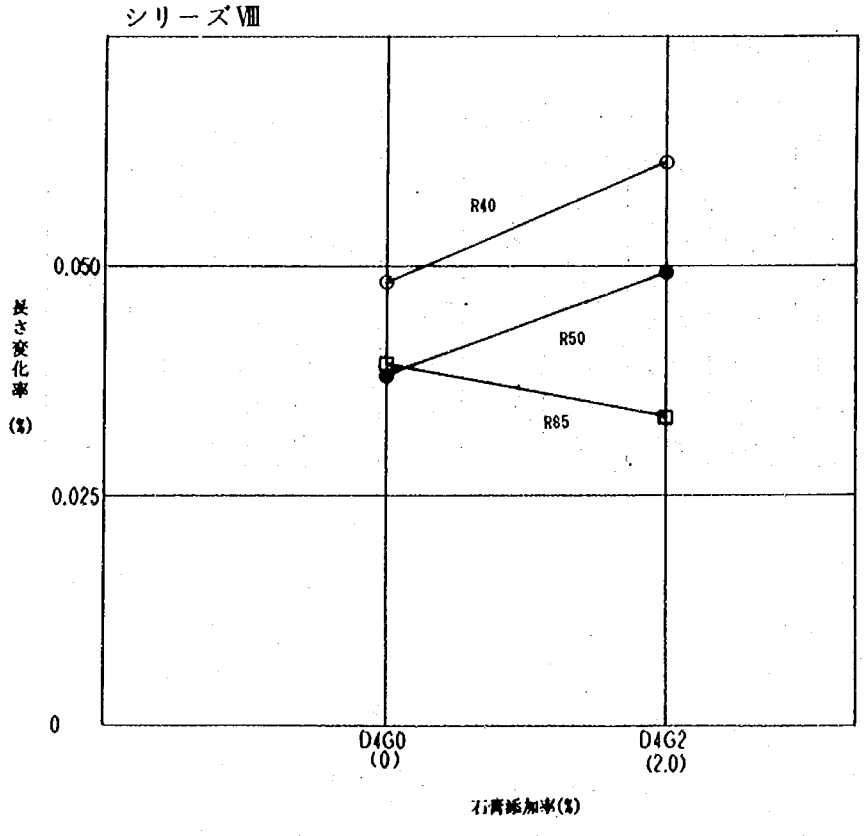


図54 石膏添加率と長さ変化率の関係（アルカリ量 1.2%）

4.8 モルタルバー試験 シリーズIX

4.8.1 目 的

シリーズIIIの条件にセメントの一部にスラグを置換する条件を加えモルタルバーの長さ変化を調べる。

4.8.2 試験方法

反応性骨材ZD2に基準骨材ZIの混合割合を0，20，40，60，80，100%の6水準，スラグはD4G2を用い，置換率は30，40，50，65%の4水準，アルカリ量はA12とし，モルタルバーの長さ変化の比較を行う。

4.8.3 モルタルの配合及びフロー試験結果

『スラグ置換率 30% (表83)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
28	R30A12P80	ZD2·ZI	D4G2	30	420	180	243.6	26.4	1080	270	190
32	R30A12P60	ZD2·ZI	D4G2	30	420	180	243.6	26.4	810	540	186
36	R30A12P50	ZD2·ZI	D4G2	30	420	180	243.6	26.4	675	675	189
303	R30A12P40	ZD2·ZI	D4G2	30	420	180	243.6	26.4	540	810	188
309	R30A12P20	ZD2·ZI	D4G2	30	420	180	243.6	26.4	270	1080	183
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	600	—	232.3	37.7	—	1350	176

『スラグ置換率 40% (表84)』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
29	R40A12P80	ZD2·ZI	D4G2	40	360	240	247.4	22.6	1080	270	188
33	R40A12P60	ZD2·ZI	D4G2	40	360	240	247.4	22.6	810	540	186
37	R40A12P50	ZD2·ZI	D4G2	40	360	240	247.4	22.6	675	675	190
304	R40A12P40	ZD2·ZI	D4G2	40	360	240	247.4	22.6	540	810	188
310	R40A12P20	ZD2·ZI	D4G2	40	360	240	247.4	22.6	270	1080	186
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	600	—	232.3	37.7	—	1350	176

『スラグ置換率 50％（表85）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
30	R50A12P80	ZD2·ZI	D4G2	50	300	300	251.1	18.9	1080	270	189
34	R50A12P60	ZD2·ZI	D4G2	50	300	300	251.1	18.9	810	540	185
38	R50A12P50	ZD2·ZI	D4G2	50	300	300	251.1	18.9	675	675	185
305	R50A12P40	ZD2·ZI	D4G2	50	300	300	251.1	18.9	540	810	187
311	R50A12P20	ZD2·ZI	D4G2	50	300	300	251.1	18.9	270	1080	184
14	R0A12P0	ZI	D4G2	50	600	—	232.3	37.7	—	1350	176

『スラグ置換率 65％（表86）』

No.	配合名	骨材	スラグ		バインダー(g)		水量(g)		骨材量(g)		フロー値(mm)
			種別	置換率	C	S	W	NaOH	ZD2	ZI	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	600	—	225.2	44.8	1350	0	178
31	R65A12P80	ZD2·ZI	D4G2	65	210	390	256.8	13.2	1080	270	175
35	R65A12P60	ZD2·ZI	D4G2	65	210	390	256.8	13.2	810	540	165
39	R65A12P50	ZD2·ZI	D4G2	65	210	390	256.8	13.2	675	675	172
306	R65A12P40	ZD2·ZI	D4G2	65	210	390	256.8	13.2	540	810	178
312	R65A12P20	ZD2·ZI	D4G2	65	210	390	256.8	13.2	270	1080	180
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	600	—	232.3	37.7	—	1350	176

4.8.4　モルタルバーの長さ変化測定結果

スラグ置換率4水準におけるモルタルバーの材令と長さ変化の関係を図55～58に示した。また，表87～90に材令3ケ月，6ケ月，12ケ月における長さ変化率一覧表を示した。

『スラグ置換率 30％（表87）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
28	R30A12P80	ZD2·ZI	D4G2	30	80	1.20	0.0264	0.0350	0.0333
32	R30A12P60	ZD2·ZI	D4G2	30	60	1.20	0.0259	0.0374	0.0374
36	R30A20P50	ZD2·ZI	D4G2	30	50	1.20	0.0309	0.0448	0.0447
303	R30A12P40	ZD2·ZI	D4G2	30	40	1.20	0.0207	0.0486	0.0517
309	R30A12P20	ZD2·ZI	D4G2	30	20	1.20	0.0269	0.0360	0.0338
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	0	1.20	0.0274	0.0464	0.0490

『スラグ置換率 40％（表88）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
29	R40A12P80	ZD2･ZI	D4G2	40	80	1.20	0.0205	0.0333	0.0293
33	R40A12P60	ZD2･ZI	D4G2	40	60	1.20	0.0231	0.0336	0.0340
37	R40A20P50	ZD2･ZI	D4G2	40	50	1.20	0.0190	0.0397	0.0321
304	R40A12P40	ZD2･ZI	D4G2	40	40	1.20	0.0183	0.0271	0.0282
310	R40A12P20	ZD2･ZI	D4G2	40	20	1.20	0.0183	0.0257	0.0271
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	0	1.20	0.0179	0.0464	0.0490

『スラグ置換率 50％（表89）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
30	R50A12P80	ZD2･ZI	D4G2	50	80	1.20	0.0205	0.0307	0.0255
34	R50A12P60	ZD2･ZI	D4G2	50	60	1.20	0.0229	0.0295	0.0312
38	R50A20P50	ZD2･ZI	D4G2	50	50	1.20	0.0195	0.0293	0.0217
305	R50A12P40	ZD2･ZI	D4G2	50	40	1.20	0.0114	0.0226	0.0229
311	R50A12P20	ZD2･ZI	D4G2	50	20	1.20	0.0138	0.0226	0.0314
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	0	1.20	0.0274	0.0464	0.0490

『スラグ置換率 65％（表90）』

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率 (%)		
			種別	置換率			3ヶ月	6ヶ月	12ヶ月
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	0.2231	0.2507	0.2405
31	R65A12P80	ZD2･ZI	D4G2	65	80	1.20	0.0118	0.0238	0.0214
35	R65A12P60	ZD2･ZI	D4G2	65	60	1.20	0.0172	0.0255	0.0219
39	R65A20P50	ZD2･ZI	D4G2	65	50	1.20	0.0127	0.0207	0.0191
306	R65A12P40	ZD2･ZI	D4G2	65	40	1.20	0.0122	0.0167	0.0343
312	R65A12P20	ZD2･ZI	D4G2	65	20	1.20	0.0021	0.0093	0.0078
14	R0A12P0	ZI	OPC	0	0	1.20	0.0274	0.0464	0.0490

4.8.5　スラグ置換によるモルタルバーの長さ変化

シリーズⅢのアルカリ量A12では，反応性骨材率が50％程度にペシマムが存在し，6ヶ月での長さ変化率は0.42％程度に達している。これに対しD4G2でスラグ置換した場合は図59に示されるように6ヶ月での長さ変化率が0.05％以下に減少し，さらにペシマムと判断されるような長さ変化率のピークも見られない。

シリーズIX

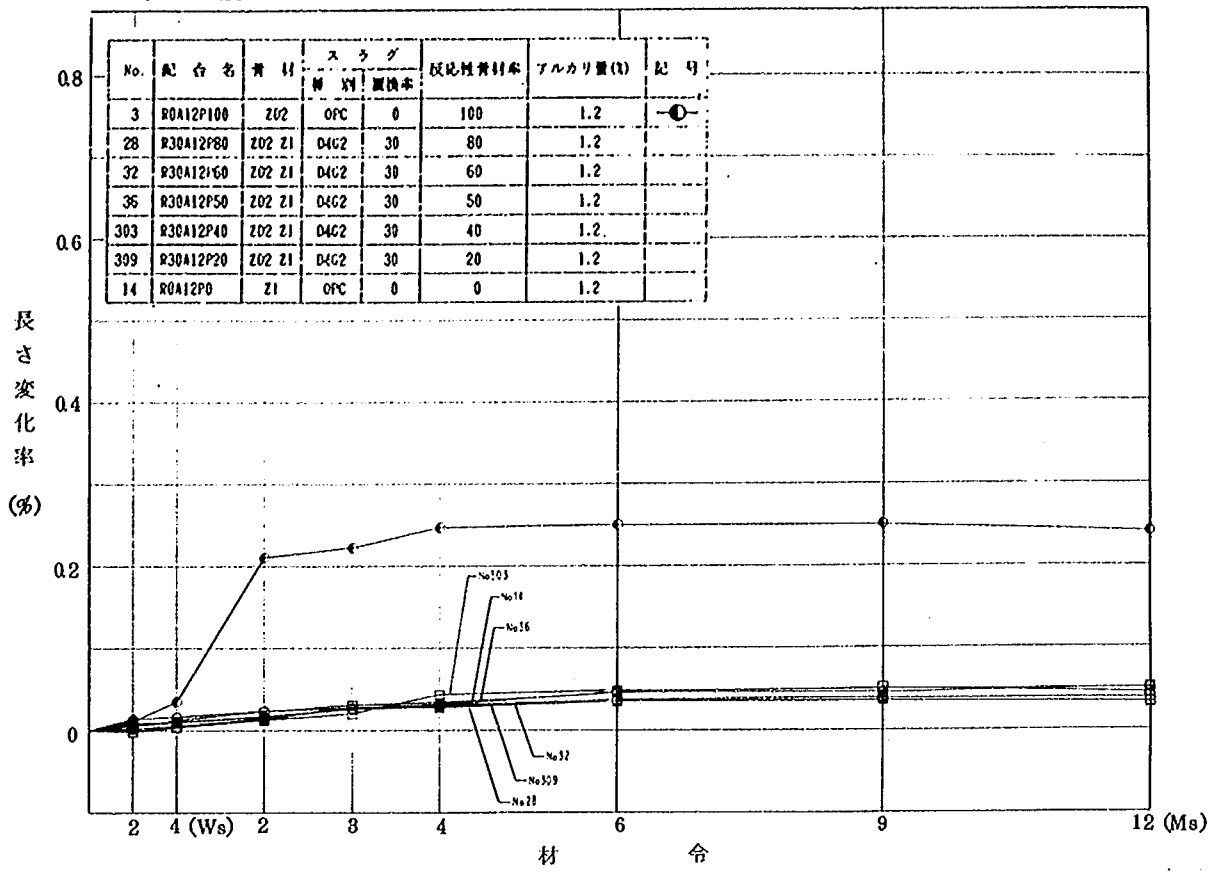


図55　スラグ置換，ZD2，ZI 骨材混合（ペシマム）モルタルバーの材令と長さ変化率の関係
（スラグ置換率 30%）

シリーズIX

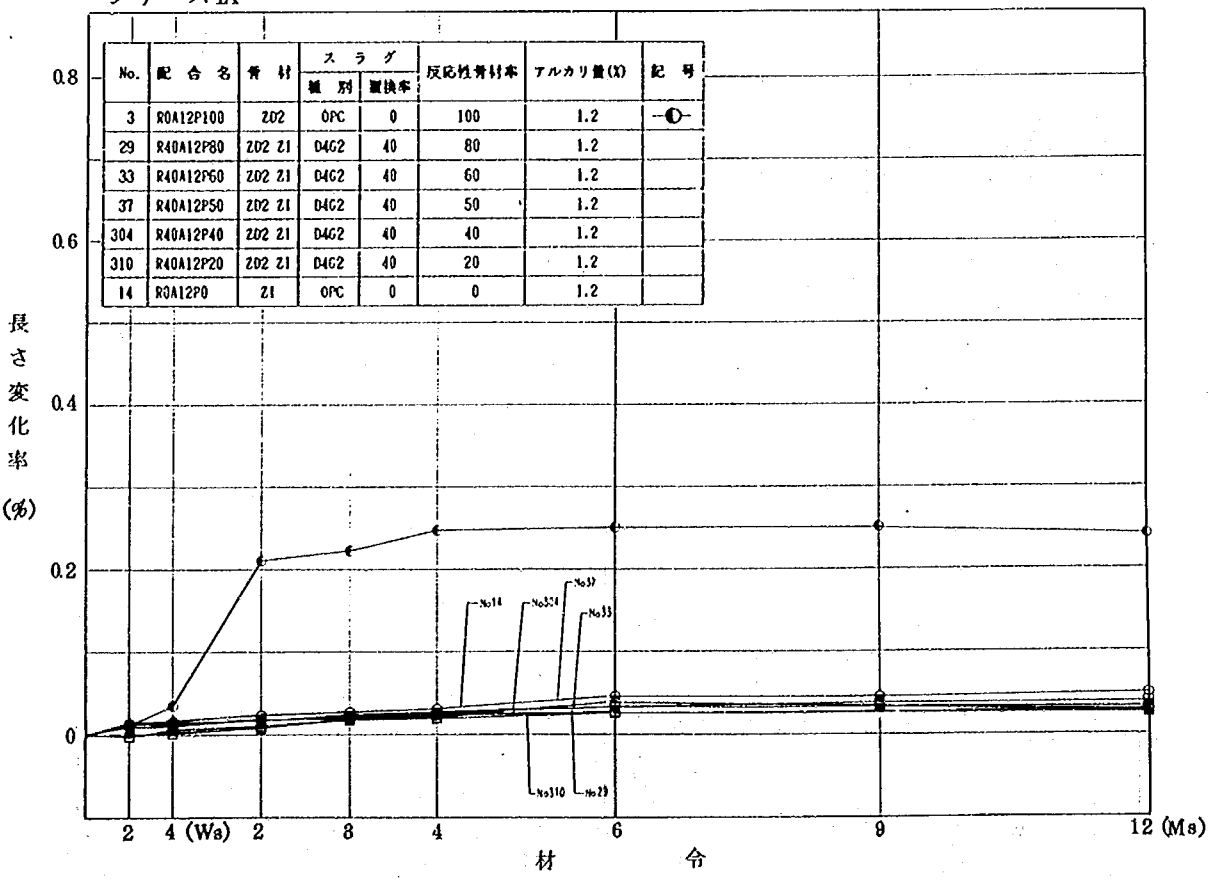


図56　スラグ置換，ZD2，ZI 骨材混合（ペシマム）モルタルバーの材令と長さ変化率の関係
（スラグ置換率 40%）

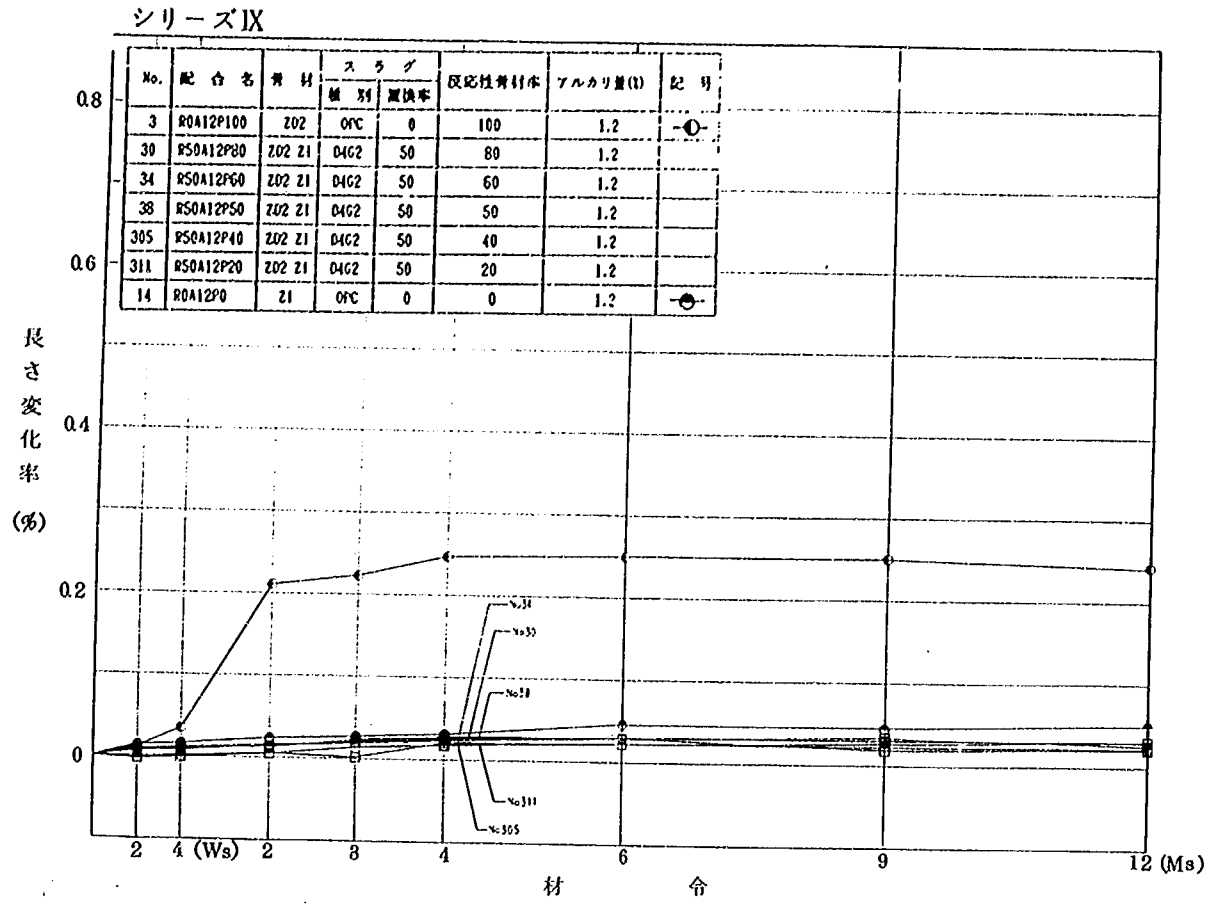


図57　スラグ置換，ZD2，ZI 骨材混合（ペシマム）モルタルバーの材令と長さ変化率の関係
（スラグ置換率50%）

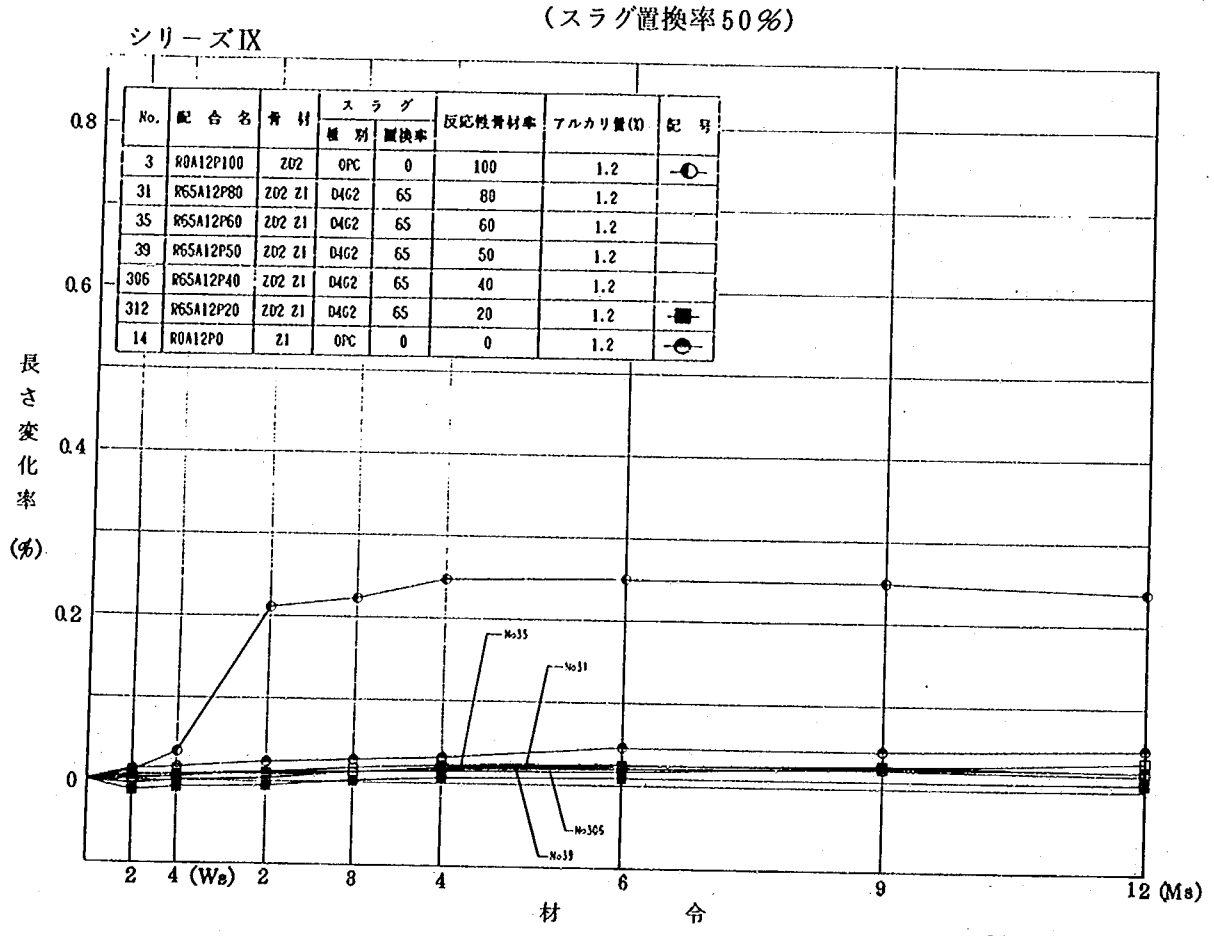


図58　スラグ置換，ZD2，ZI 骨材混合（ペシマム）モルタルバーの材令と長さ変化率の関係
（スラグ置換率65%）

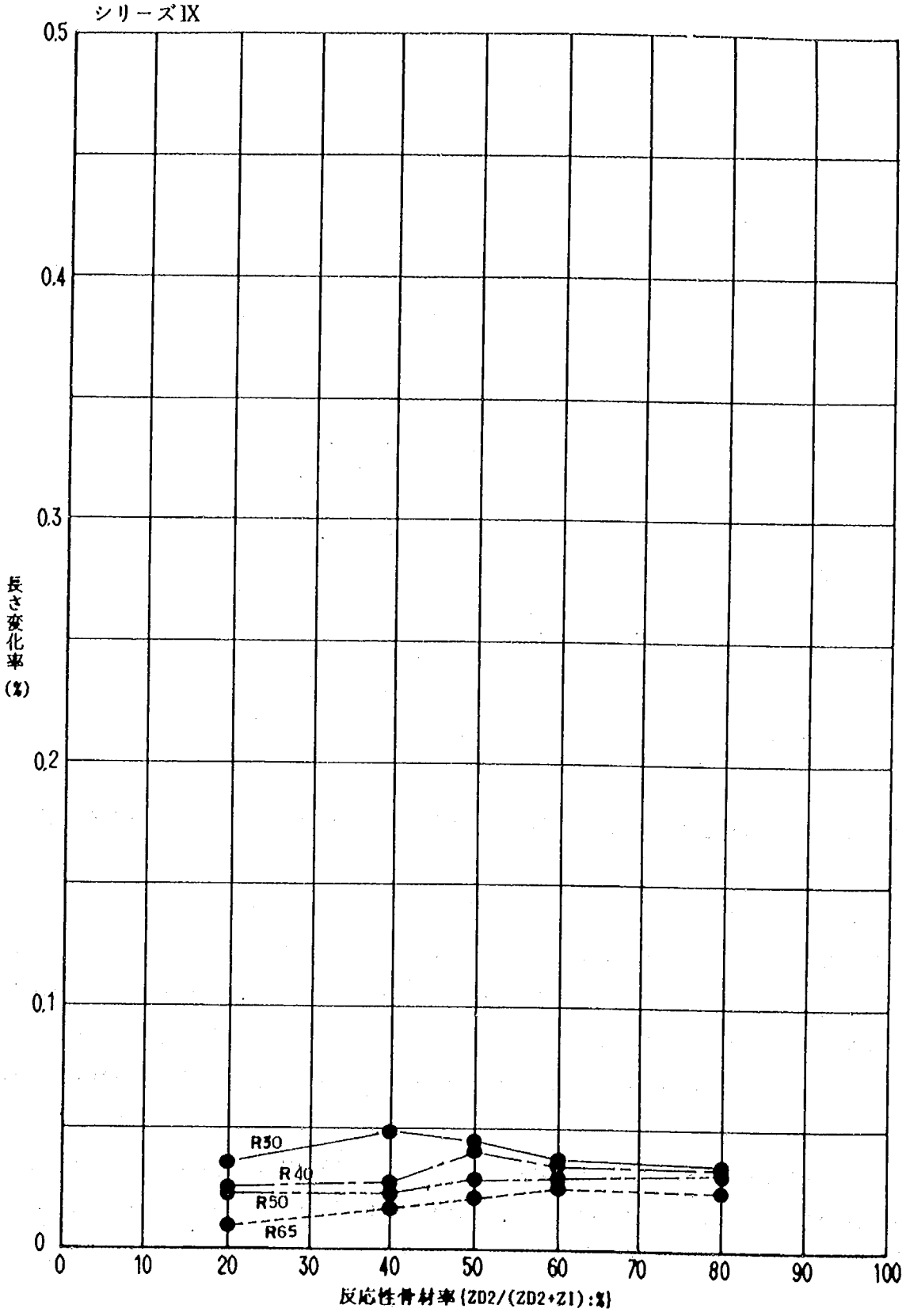


図59　スラグ置換したモルタルバーの反応性骨材率と長さ変化率の関係
（スラグ D4G2，アルカリ量 1.2%，材令 6 ケ月）

5. 試験結果のまとめ

図60－1～60－5にモルタルバー試験の材令3，6ケ月における長さ変化率のヒストグラムを掲げた。

5.1 ZD2，ZI骨材のアルカリ骨材反応性状

ZD2骨材は，アルカリ量がA6，A9では，さほどの長さ変化を示していないが，A12は6ケ月で0.25%，A20では0.48%と極めて大きな変化を示し，アルカリに対する反応性状が著しい事を示している。また，A12，A20での反応速度（材令と長さ変化率の関係）は2週から4週にかけてが最も著しく4ケ月でほぼピークに達し，4ケ月以後はほぼ横ばいにある。

従って，ZD2骨材はA12，A20といった比較的に高いアルカリに対し著しい反応を示し，かつ，比較的短時間でその反応が現れる性状があると云える。

一方，基準骨材としたZIはA12での長さ変化が極めて小さなものとなっているがA20では2ケ月以降変化が現れ，12ケ月では0.3%程度に達し，かつ，さらに反応が進む気配を呈している。

5.2 ZD2骨材のペシマム

アルカリ量が0.51%の場合，長さ変化率が小さく，反応性混合率による長さ変化率のピークは認られない。しかしながら，A9，A12では反応性骨材率が50%付近で，A20では80%付近において長さ変化率のピークが現れている。従って，ZD2骨材にはペシマム量が存在し，かつ，ペシマム量はアルカリ量に応じて変化する性状がある。

5.3 スラグC4G0，D4G0，J4G0のセメント置換によるアルカリ稀釈のアルカリ骨材反応抑制効果（材令6ケ月において）

シリーズⅣではセメントの一部をスラグ置換し，さらに残りのOPC重量に対しアルカリ量がA9，A12，A20となるように調整している。従って，単位アルカリ量もスラグ置換率に応じて減少している。この試験条件において，スラグ3水準とも，セメント置換したモルタルバーの長さ変化率は無置換に比べ，やや小さくなっている。アルカリA9でのR0の長さ変化率がさほど大きくないため明確でないがR0を基準とすると，C4G0がもっとも大きく，ついでJ4G0，D4G2の順となっている。

A12，A20ではR0の長さ変化率が大きいため，スラグ置換による稀釈効果は明確に現れ，抑制率（長さ変化率の比を%とし100から差し引いた値：%）として表わすと下表のとおりとなる。

スラグ置換によるZD2骨材の反応抑止率(%)

スラグ	アルカリ量	R30	R40	R50	R65
C4G0	A9	33.7	40.1	45.0	48.9
	A12	79.5	85.3	86.1	86.8
	A20	52.6	72.4	94.5	97.4
D4G2	A9	7.6	26.2	20.6	5.7
	A12	77.2	80.4	83.5	86.8
	A20	64.7	85.3	90.6	93.5
J4G0	A9	26.6	33.3	34.6	27.9
	A12	73.1	82.9	85.8	83.8
	A20	44.0	62.0	85.0	91.3

5.4 スラグD4G2のアルカリ骨材反応抑止効果（材令6ケ月において）

スラグ置換したモルタル中の単位アルカリ量をR0と同量となるようにした場合，アルカリ3水準ともR0に比べ長さ変化率が小さくなり，抑止率は下表のとおりとなっている。

スラグ置換によるZD2骨材の反応抑止率(%)

	R30	R40	R50	R60
A9	22.7	25.0	38.8	55.3
A12	62.4	75.5	80.3	86.5
A20	51.7	58.9	60.3	72.1

この結果から，スラグはスラグそのものに反応を抑止する作用があると云え，5.3の試験結果には稀釈効果の他にスラグのもつ抑止効果も加重されているものではないかと考えられる。

5.5 スラグ銘柄別による抑制効果

スラグ置換による長さ変化率が小さなため明確ではないが，R30，R40では抑止効果がC4G0＞J4G0＞D4G0の順となっている。R50，R65ではその差は殆どない。

5.6 スラグ粉末度による比較（材令6ケ月において）

スラグ置換により長さ変化率が小さいものとなっているため明確ではないが，粉末度が高いスラグより低いスラグの長さ変化率が小さくなる傾向にある。

5.7　石膏添加率による比較（材令6ケ月において）

スラグ置換により長さ変化率が小さいため明確ではないが，R40，R50では石膏添加した場合の長さ変化率が僅かに大きくなる傾向にある。しかしR65では逆転しており，石膏添加の影響については明確ではない。

5.8　DZ2骨材にZIを混合し，更にスラグD4G2を置換したモルタルバーの長さ変化（材令6ケ月において）

アルカリ量A12においてZD2にZIを重量比で20～80％混合し，更にD4G2をR30～R65の範囲で置換した場合の長さ変化は，いずれの試験水準とも材令6ケ月では0.05％を下回っている。

シリーズⅢのアルカリ量A12では，反応性骨材率が50％程度にペシマムが存在し，6ケ月での長さ変化率は0.42％程度に達している。これに対しD4G2でスラグ置換した場合はペシマムと判断されるような長さ変化率のピークも見られない。従ってZD2骨材のペシマムはスラグを置換することによって消失する結果となっている。

図60－1　スラグモルタルバー試験　長さ変化率ヒストグラム

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率ヒストグラム（単位：%）　上段：3Ms　下段：6Ms
			種別	置換率			0.05　0.10　0.20　0.30　0.40　0.50
1	R0A6P100	ZD2	OPC	0	100	0.00	
2	R0A9P100	ZD2	OPC	0	100	0.90	
3	R0A12P100	ZD2	OPC	0	100	1.20	
4	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	
④	R0A20P100	ZD2	OPC	0	100	2.00	
5	R0A9P80	ZD2-ZI	OPC	0	80	0.90	
8	R0A9P60	ZD2-ZI	OPC	0	60	0.90	
11	R0A9P50	ZD2-ZI	OPC	0	50	0.90	
6	R0A12P80	ZD2-ZI	OPC	0	80	1.20	
9	R0A12P60	ZD2-ZI	OPC	0	60	1.20	
12	R0A12P50	ZD2-ZI	OPC	0	50	1.20	
302	R0A12P40	ZD2-ZI	OPC	0	40	1.20	
308	R0A12P20	ZD2-ZI	OPC	0	20	1.20	
7	R0A20P80	ZD2-ZI	OPC	0	80	2.00	
10	R0A20P60	ZD2-ZI	OPC	0	60	2.00	
13	R0A20P50	ZD2-ZI	OPC	0	50	2.00	
14	R0AI2PI00	ZI	OPC	0	0	1.20	
15	R0A20PI00	ZI	OPC	0	0	2.00	
40	R50A20P80	ZD2-ZI	B4G2	50	80	2.00	
301	R040P40	ZD2-ZI	OPC	0	40	0.55	
307	R040P20	ZD2-ZI	OPC	0	20	0.	

図60－2　スラグモルタルバー試験　長さ変化率ヒストグラム

No.	配合名	骨材	スラグ		反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)
			種別	置換率		
18	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	100	0.90
19	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	100	0.90
22	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	100	0.90
25	R65A9P100	ZD2	D4G2	65	100	0.90
217	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20
20	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20
23	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20
26	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20
18	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	100	2.00
21	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	100	2.00
24	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	100	2.00
27	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	100	2.00
216	R30A9P100	ZD2	D4G2	30	100	0.90
219	R40A9P100	ZD2	D4G2	40	100	0.90
222	R50A9P100	ZD2	D4G2	50	100	0.90
225	R65A9P100	ZD2	D4G2	65	100	0.90
217	R30A12P100	ZD2	D4G2	30	100	1.20
220	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20
223	R50A12P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20
226	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20
218	R30A20P100	ZD2	D4G2	30	100	2.00
221	R40A20P100	ZD2	D4G2	40	100	2.00
224	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	100	2.00
227	R65A20P100	ZD2	D4G2	65	100	2.00

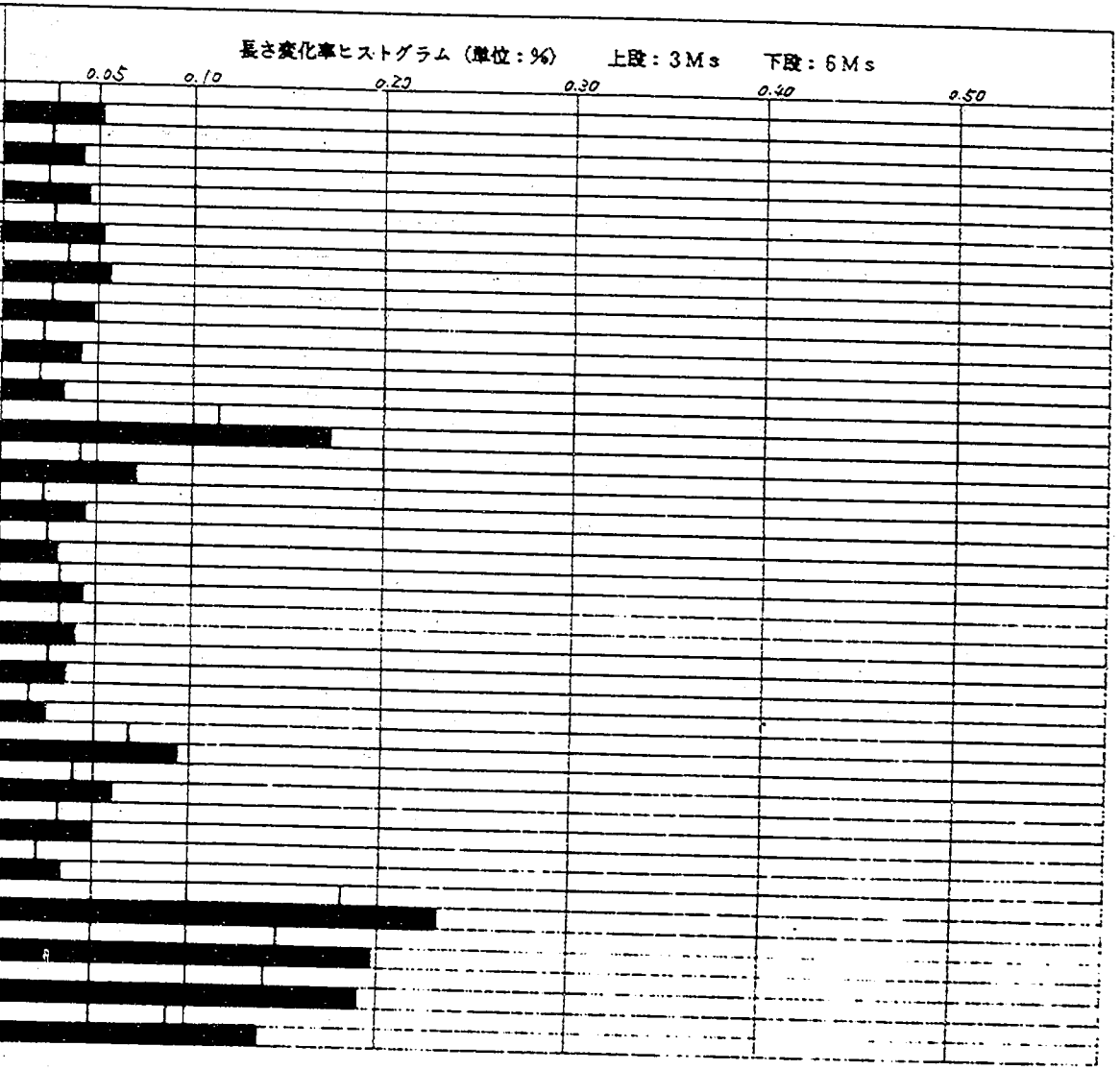


図60－3　スラグモルタルバー試験　長さ変化率ヒストグラム

No.	配合名	骨材	スラグ 種別	スラグ 置換率	反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)
41	R30A9P100	ZD2	J4G0	30	100	0.90
44	R40A9P100	ZD2	J4G0	40	100	0.90
47	R50A9P100	ZD2	J4G0	50	100	0.90
50	R65A9P100	ZD2	J4G0	65	100	0.90
[illegible]	R30A12P100	ZD2	J4G0	30	100	1.20
45	R40A12P100	ZD2	J4G0	40	100	1.20
48	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	100	1.20
51	R65A12P100	ZD2	J4G0	65	100	1.20
[illegible]	R30A20P100	ZD2	J4G0	30	100	2.00
[illegible]	R40A20P100	ZD2	J4G0	40	100	2.00
[illegible]	R50A20P100	ZD2	J4G0	50	100	2.00
52	R65A20P100	ZD2	J4G0	65	100	2.00
65	R40A12P100	ZD2	D3G2	40	100	1.20
66	R50A20P100	ZD2	D3G2	50	100	1.20
67	R65A12P100	ZD2	D3G2	65	100	1.20
68	R40A12P100	ZD2	D5G2	40	100	1.20
69	R50A20P100	ZD2	D5G2	50	100	1.20
70	R65A12P100	ZD2	D5G2	65	100	1.20
[illegible]	R40A12P100	ZD2	D8G2	40	100	1.20
[illegible]	R50A12P100	ZD2	D8G2	50	100	1.20
[illegible]	R65A12P100	ZD2	D8G2	65	100	1.20

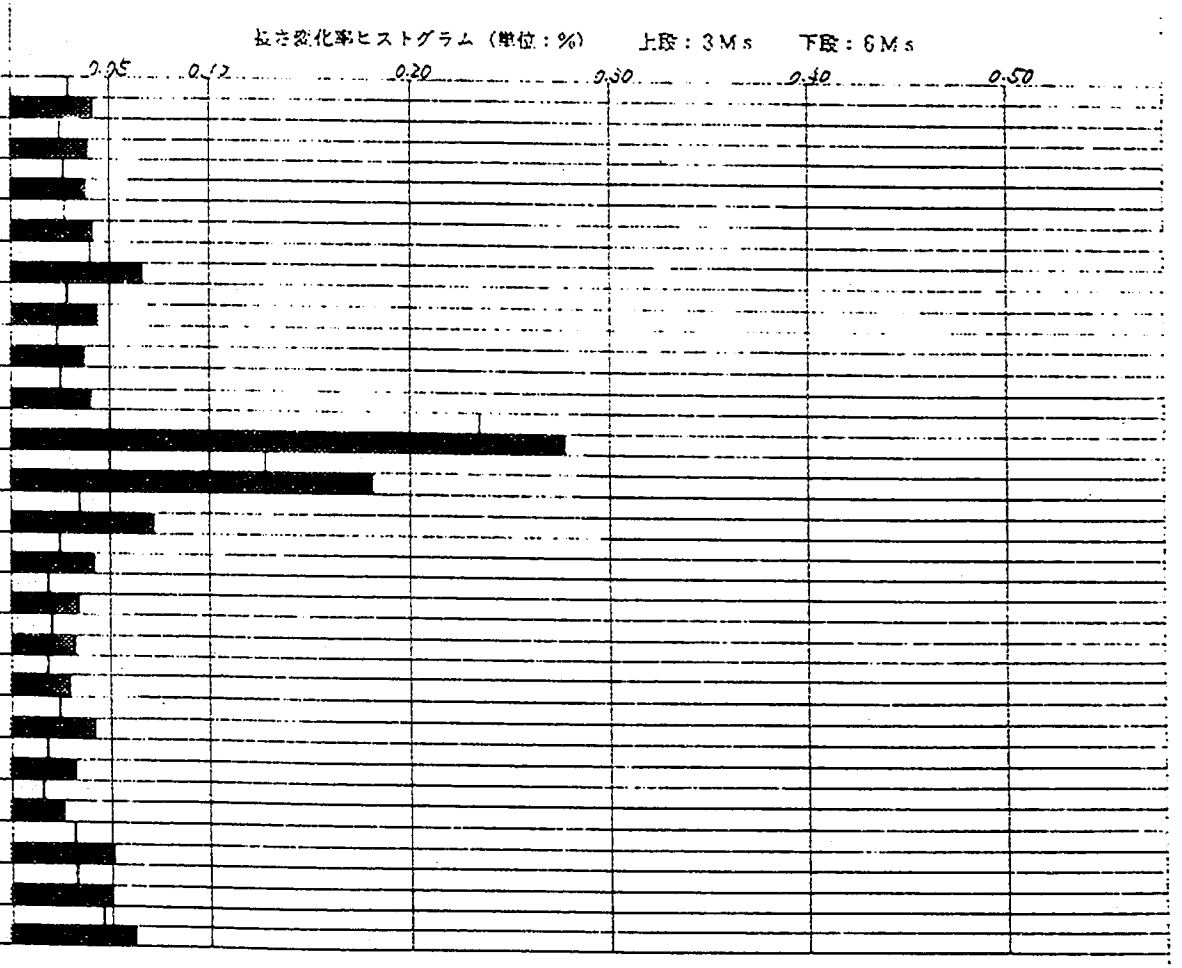


図60－4　スラグモルタルバー試験　長さ変化率ヒストグラム

No.	配合名	骨材	スラグ 種別	スラグ 置換率	反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)
74	R40A12P100	ZD2	D4G2	40	100	1.20
75	R50A20P100	ZD2	D4G2	50	100	1.20
76	R65A12P100	ZD2	D4G2	65	100	1.20
53	R30A9P100	ZD2	C4G0	30	100	0.90
56	R40A9P100	ZD2	C4G0	40	100	0.90
59	R50A9P100	ZD2	C4G0	50	100	0.90
62	R65A9P100	ZD2	C4G0	65	100	0.90
54	R30A12P100	ZD2	C4G0	30	100	1.20
57	R40A12P100	ZD2	C4G0	40	100	1.20
60	R50A12P100	ZD2	C4G0	50	100	1.20
63	R65A12P100	ZD2	C4G0	65	100	1.20
[redacted]	R30A20P100	ZD2	C4G0	30	100	2.00
[redacted]	R40A20P100	ZD2	C4G0	40	100	2.00
61	R50A20P100	ZD2	C4G0	50	100	2.00
64	R65A20P100	ZD2	C4G0	65	100	2.00
28	R30A12P80	ZD2-ZI	D4G2	30	80	1.20
32	R30A12P60	ZD2-ZI	D4G2	30	60	1.20
36	R30A12P50	ZD2-ZI	D4G2	30	50	1.20
303	R30A12P40	ZD2-ZI	D4G2	30	40	1.20
309	R30A12P20	ZD2-ZI	D4G2	30	20	1.20

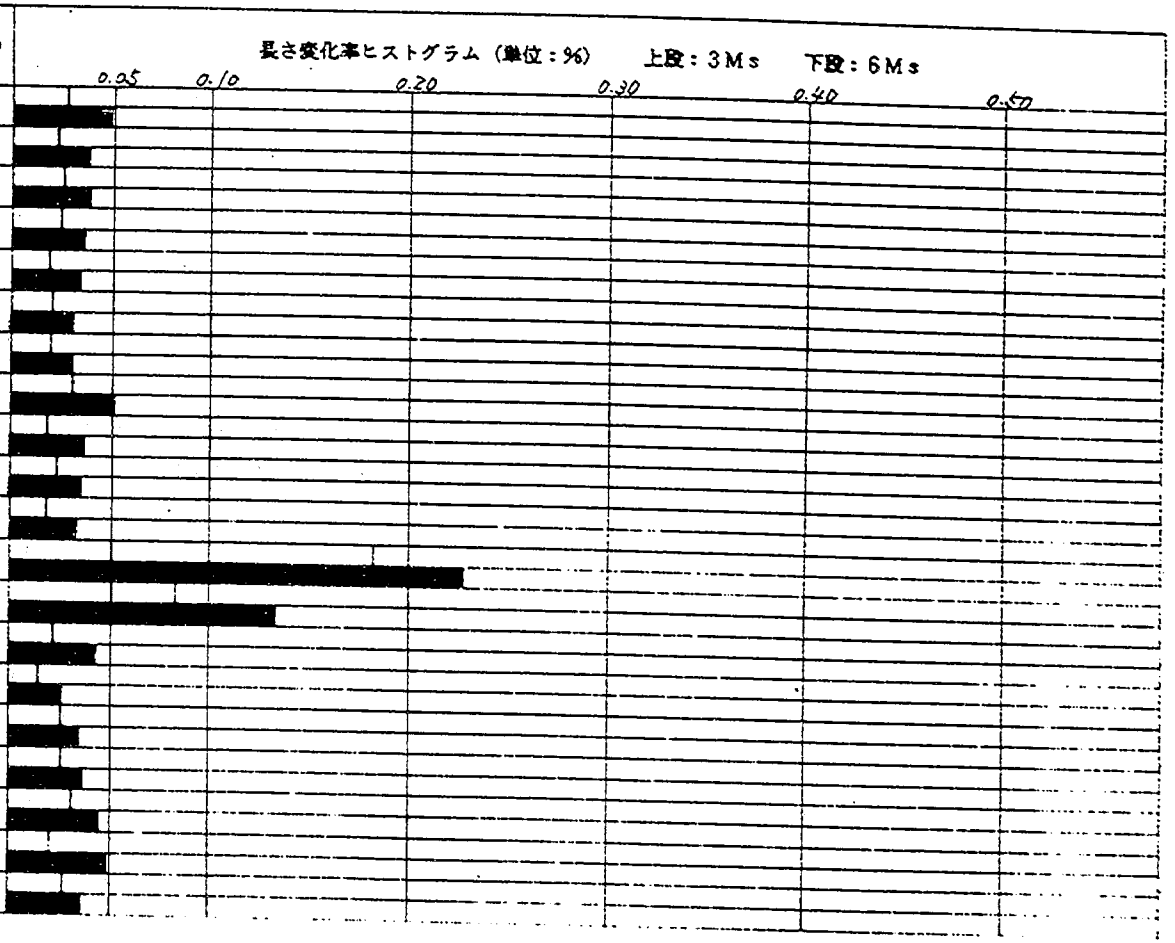


図60－5　スラグモルタルバー試験　長さ変化率ヒストグラム

No.	配合名	骨材	スラグ 種別	スラグ 置換率	反応性骨材率(%)	アルカリ量(%)	長さ変化率ヒストグラム（単位：%）　上段：3Ms　下段：6Ms 0.25 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50
29	R40A12P80	ZD2-ZI	D4G2	40	80	1.20	
33	R40A12P60	ZD2-ZI	D4G2	40	60	1.20	
37	R40A20P50	ZD2-ZI	D4G2	40	50	1.20	
304	R40A12P40	ZD2-ZI	D4G2	40	40	1.20	
310	R40A12P20	ZD2-ZI	D4G2	40	20	1.20	
30	R50A12P80	ZD2-ZI	D4G2	50	80	1.20	
34	R50A12P60	ZD2-ZI	D4G2	50	60	1.20	
38	R50A20P50	ZD2-ZI	D4G2	50	50	1.20	
305	R50A12P40	ZD2-ZI	D4G2	50	40	1.20	
311	R50A12P20	ZD2-ZI	D4G2	50	20	1.20	
31	R65A12P80	ZD2-ZI	D4G2	65	80	1.20	
35	R65A12P60	ZD2-ZI	D4G2	65	60	1.20	
39	R65A20P50	ZD2-ZI	D4G2	65	50	1.20	
306	R65A12P40	ZD2-ZI	D4G2	65	40	1.20	
312	R65A12P20	ZD2-ZI	D4G2	65	20	1.20	

モルタルバー試験　長さ変化測定結果
データ集

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その1）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化 2週 長さ変化量	2週 長さ変化率	1ヶ月 長さ変化量	1ヶ月 長さ変化率	2ヶ月 長さ変化量	2ヶ月 長さ変化率	3ヶ月 長さ変化量	3ヶ月 長さ変化率	4ヶ月 長さ変化量	4ヶ月 長さ変化率	6ヶ月 長さ変化量	6ヶ月 長さ変化率
1	OPC	ZD2	P100	0	0.55	1	13	0.0093	17	0.0121	19	0.0136	17	0.0171	42	0.0300	45	0.0321
						2	13	0.0093	18	0.0129	20	0.0143	22	0.0157	42	0.0300	45	0.0321
						3	14	0.0100	18	0.0129	20	0.0143	26	0.0186			38	0.0271
						平均		0.0095		0.0126		0.0141		0.0171		0.0300		0.0304
2	〃	〃	〃	〃	0.90	1	21	0.0150	27	0.0193	45	0.0321	54	0.0386	72	0.0514	76	0.0543
						2	22	0.0157	26	0.0186	45	0.0321	46	0.0329	66	0.0471	79	0.0564
						3	16	0.0114	26	0.0186	45	0.0321	55	0.0393	74	0.0529	82	0.0586
						平均		0.0140		0.0188		0.0321		0.0369		0.0505		0.0564
3	〃	〃	〃	〃	1.20	1	17	0.0121	48	0.0343	301	0.2150	321	0.2293	356	0.2543	360	0.2571
						2	12	0.0086	50	0.0357	281	0.2007	298	0.2129	334	0.2386	340	0.2429
						3	18	0.0129	51	0.0364	304	0.2171	318	0.2271	349	0.2493	353	0.2521
						平均		0.0112		0.0355		0.2109		0.2231		0.2474		0.2507
4	〃	〃	〃	〃	2.00	1	51	0.0364	272	0.1943	579	0.4136	634	0.4529	673	0.4807	677	0.4836
						2	45	0.0321	265	0.1893	558	0.3986	608	0.4343	653	0.4664	658	0.4700
						3	39	0.0279	261	0.1864	571	0.4079	621	0.4436	674	0.4814	679	0.4850
						平均		0.0321		0.1900		0.4067		0.4436		0.4762		0.4795
④	〃	〃	〃	〃	〃	1	44	0.0314	247	0.1764	544	0.3886	586	0.4186	622	0.4443	628	0.4486
						2	45	0.0321	254	0.1814	575	0.4107	615	0.4393	654	0.4671	661	0.4721
						3	39	0.0279	238	0.1700			587	0.4193	621	0.4436	627	0.4479
						平均		0.0305		0.1759		0.3997		0.4257		0.4517		0.4562
5	〃	ZD2 ZI	P80	〃	0.90	1	22	0.0157	28	0.0200	41	0.0293	51	0.0364	62	0.0443	165	0.1179
						2	21	0.0150	29	0.0207	42	0.0300	54	0.0386	58	0.0414	112	0.0800
						3	14	0.0100	27	0.0193	44	0.0314	59	0.0421	62	0.0443	185	0.1321
						平均		0.0136		0.0200		0.0302		0.0390		0.0433		0.1100
6	〃	〃	〃	〃	1.20	1	30	0.0214	57	0.0407	303	0.2164	425	0.3036	485	0.3464	517	0.3693
						2	24	0.0171	56	0.0400	313	0.2236	443	0.3164	497	0.3550	515	0.3679
						3	25	0.0179	62	0.0443	316	0.2257	428	0.3057	478	0.3414	500	0.3571
						平均		0.0188		0.0417		0.2219		0.3086		0.3476		0.3648
7	〃	〃	〃	〃	2.00	1	99	0.0707	326	0.2329	618	0.4414	679	0.4850	730	0.5214	738	0.5271
						2	87	0.0621	314	0.2243	633	0.4521	673	0.4807	723	0.5164	728	0.5200
						3	95	0.0679	300	0.2143	582	0.4157	633	0.4521	687	0.4907	698	0.4986
						平均		0.0669		0.2238		0.4364		0.4726		0.5095		0.5152
8	〃	〃	P60	〃	0.90	1	23	0.0164	25	0.0179	39	0.0279	51	0.0364	61	0.0436	235	0.1679
						2	21	0.0150	28	0.0200	39	0.0279	52	0.0371	70	0.0500	146	0.1043
						3	21	0.0150	24	0.0171	38	0.0271	51	0.0364	66	0.0471	160	0.1143
						平均		0.0155		0.0183		0.0276		0.0366		0.0469		0.1288
9	〃	〃	〃	〃	1.20	1	19	0.0136	44	0.0314	311	0.2221	428	0.3057	498	0.3557	557	0.3979
						2	21	0.0150	44	0.0314	292	0.2086	426	0.3043	488	0.3486	536	0.3829
						3	19	0.0136	47	0.0336	316	0.2257	453	0.3236	514	0.3671	573	0.4093
						平均		0.0141		0.0321		0.2188		0.3112		0.3571		0.3967

※④はアルカリ水溶液後添加

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	長さ変化 9ヶ月 長さ変化率	長さ変化 12ヶ月 長さ変化量	長さ変化 12ヶ月 長さ変化率
1	OPC	ZD2	P100	0	0.55	1	50	0.0357	36	0.0257
						2	46	0.0329	25	0.0179
						3	57	0.0364	32	0.0229
						平均		0.0364		0.0222
2	〃	〃	〃	〃	0.90	1	80	0.0571	66	0.0471
						2	105	0.0750	89	0.0636
						3	81	0.0586	78	0.0557
						平均		0.0636		0.0555
3	〃	〃	〃	〃	1.20	1	356	0.2543	349	0.2493
						2	339	0.2421	322	0.2300
						3	351	0.2507	339	0.2421
						平均		0.2490		0.2405
4	〃	〃	〃	〃	2.00	1	679	0.4850	669	0.4779
						2	658	0.4700	643	0.4593
						3	679	0.4850	670	0.4786
						平均		0.4800		0.4719
④	〃	〃	〃	〃	〃	1	630	0.4500	617	0.4407
						2	663	0.4736	643	0.4593
						3	620	0.4479	620	0.4429
						平均		0.4572		0.4476
5	〃	ZD2 ZI	P80	〃	0.90	1	196	0.1400	184	0.1314
						2	163	0.1164	138	0.0986
						3	209	0.1493	205	0.1464
						平均		0.1352		0.1255
6	〃	〃	〃	〃	1.20	1	中	止	512	0.3657
						2			509	0.3636
						3			497	0.3550
						平均				0.3614
7	〃	〃	〃	〃	2.00	1	中	止	730	0.5214
						2			720	0.5143
						3			684	0.4886
						平均				0.5081
8	〃	〃	P60	〃	0.90	1	中	止	234	0.1671
						2			182	0.1300
						3			217	0.1550
						平均				0.1507
9	〃	〃	〃	〃	1.20	1	中	止	571	0.4079
						2			575	0.4107
						3			591	0.4221
						平均				0.4136

※④はアルカリ水溶液後添加

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その2）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化 2週		1ヶ月		2ヶ月		3ヶ月		4ヶ月		6ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
I0	OPC	ZD2 ZI	P60	0	2.00	1	74	0.0529	291	0.2079	556	0.3971	656	0.4686	681	0.4864	725	0.5179
						2	67	0.0479	289	0.2064	597	0.4264	645	0.4607	679	0.4850	720	0.5143
						3	62	0.0443	273	0.1950	551	0.3936	621	0.4436	649	0.4636	676	0.4829
						平均		0.0484		0.2031		0.4057		0.4576		0.4783		0.5050
I1	OPC	〃	P50	0	0.90	1	18	0.0129	26	0.0186	43	0.0307	61	0.0436	131	0.0936	242	0.1729
						2	22	0.0157	25	0.0179	41	0.0293	67	0.0479	138	0.0986	263	0.1879
						3	18	0.0129	22	0.0157	35	0.0250	52	0.0371	129	0.0921	246	0.1757
						平均		0.0138		0.0174		0.0283		0.0429		0.0948		0.1788
I2	〃	〃	〃	〃	1.20	1	18	0.0129	53	0.0379	324	0.2314	439	0.3136	509	0.3636	593	0.4236
						2	21	0.0150	44	0.0314	345	0.2464	374	0.2671	438	0.3129	550	0.3929
						3	20	0.0143	46	0.0329	296	0.2114	434	0.3100	496	0.3543	591	0.4221
						平均		0.0141		0.0341		0.2297		0.2969		0.3436		0.4129
I3	〃	〃	〃	〃	2.00	1	51	0.0364	266	0.1900	562	0.4014	623	0.4450	647	0.4621	702	0.5014
						2	46	0.0329	251	0.1793	535	0.3821	592	0.4228	624	0.4457	669	0.4779
						3	48	0.0343	257	0.1836	538	0.3843	586	0.4186	615	0.4393	666	0.4757
						平均		0.0345		0.1843		0.3893		0.4288		0.4490		0.4850
I4	〃	ZI	P100	〃	1.20	1	15	0.0107	21	0.0150	32	0.0229	37	0.0264	45	0.0321	65	0.0464
						2	14	0.0100	18	0.0129	28	0.0200	33	0.0236	38	0.0271	62	0.0443
						3	28	0.0200	30	0.0214	39	0.0279	45	0.0321	49	0.0350	68	0.0486
						平均		0.0136		0.0164		0.0236		0.0274		0.0314		0.0464
I5	〃	〃	〃	〃	2.00	1	4	0.0029	6	0.0043	41	0.0293	87	0.0621	170	0.1214	286	0.2043
						2	10	0.0071	15	0.0107	46	0.0329	92	0.0657	168	0.1200	276	0.1971
						3	11	0.0079	12	0.0086	44	0.0314	91	0.0650	150	0.1071	307	0.2193
						平均		0.0060		0.0079		0.0312		0.0643		0.1162		0.2069
I6	D4G2	ZD2	〃	30	0.90	1	18	0.0129	19	0.0136	28	0.0200	37	0.0264	58	0.0414	67	0.0479
						2	19	0.0136	19	0.0136	23	0.0164	38	0.0271	56	0.0400	72	0.0514
						3	19	0.0136	20	0.0143	28	0.0200	42	0.0300	67	0.0479	80	0.0571
						平均		0.0134		0.0138		0.0188		0.0278		0.0431		0.0521
I7	〃	〃	〃	〃	1.20	1	13	0.0093	16	0.0114	29	0.0207	47	0.0336	69	0.0493	80	0.0571
						2	14	0.0100	17	0.0121	29	0.0207	48	0.0343	72	0.0514	83	0.0593
						3	17	0.0121	18	0.0129	26	0.0186	50	0.0357	66	0.0471	77	0.0550
						平均		0.0105		0.0121		0.0200		0.0345		0.0493		0.0571
I8	〃	〃	〃	〃	2.00	1	12	0.0086	27	0.0193	117	0.0836	160	0.1143	223	0.1593	243	0.1736
						2	10	0.0071	27	0.0193	117	0.0836	160	0.1143	223	0.1593	247	0.1764
						3	9	0.0064	21	0.0150	119	0.0850	157	0.1121	208	0.1486	233	0.1664
						平均		0.0074		0.0179		0.0841		0.1136		0.1557		0.1721
I9	〃	〃	〃	40	0.90	1	16	0.0114	17	0.0121	25	0.0179	39	0.0279	53	0.0379	58	0.0414
						2	17	0.0121	18	0.0129	26	0.0186	35	0.0250	44	0.0314	51	0.0364
						3	15	0.0107	16	0.0114	22	0.0157	35	0.0250	51	0.0364	66	0.0471
						平均		0.0114		0.0121		0.0174		0.0260		0.0352		0.0416

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	9ヶ月 長さ変化率	12ヶ月 長さ変化量	12ヶ月 長さ変化率
10	OPC	ZD2 ZI	P60	0	2.00	1	中	止	719	0.5136
						2			705	0.5036
						3			664	0.4743
						平均				0.4972
11	〃	〃	P50	0	0.90	1	中	止	262	0.1871
						2			282	0.2014
						3			253	0.1897
						平均				0.1897
12	〃	〃	〃	〃	1.20	1	中	止	595	0.4250
						2			564	0.4039
						3			614	0.4386
						平均				0.4222
13	〃	〃	〃	〃	2.00	1	中	止	699	0.4993
						2			669	0.4779
						3			668	0.4771
						平均				0.4848
14	〃	ZI	P100	〃	1.20	1	62	0.0443	58	0.0414
						2	61	0.0436	61	0.0436
						3	65	0.0464	87	0.0621
						平均		0.0448		0.0490
15	〃	〃	〃	〃	2.00	1	381	0.2721	424	0.3029
						2	359	0.2564	377	0.2693
						3	404	0.2886	435	0.3107
						平均		0.2724		0.2943
16	D462	ZD2	〃	30	0.90	1	62	0.0443	67	0.0479
						2	68	0.0486	74	0.0529
						3	79	0.0564	69	0.0493
						平均		0.0498		0.0500
17	〃	〃	〃	〃	1.20	1	81	0.0579	67	0.0479
						2	84	0.0600	74	0.0529
						3	79	0.0564	69	0.0493
						平均		0.0581		0.0500
18	〃	〃	〃	〃	2.00	1	240	0.1714	231	0.1650
						2	249	0.1779	256	0.1829
						3	233	0.1664	228	0.1629
						平均		0.1719		0.1703
19	〃	〃	〃	40	0.90	1	54	0.0386	56	0.0400
						2	49	0.0350	53	0.0379
						3	62	0.0443	55	0.0393
						平均		0.0393		0.0391

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その3）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No.	長さ変化 2週		1ヶ月		2ヶ月		3ヶ月		4ヶ月		6ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
20	D4C2	ZD2	P100	40	1.20	1	17	0.0121	18	0.0129	30	0.0214	39	0.0279	57	0.0407	67	0.0479
						2	17	0.0121	18	0.0129	28	0.0200	39	0.0279	53	0.0379	72	0.0514
						3	18	0.0129	20	0.0143	30	0.0214	37	0.0264	56	0.0400	67	0.0479
						平均		0.0124		0.0134		0.0209		0.0274		0.0395		0.0491
21	〃	〃	〃	〃	2.00	1	8	0.0057	13	0.0093	36	0.0257	64	0.0457	92	0.0657	107	0.0764
						2	2	0.0014	12	0.0086	35	0.0250	58	0.0414	90	0.0643	100	0.0714
						3	6	0.0043	10	0.0071	40	0.0286	54	0.0386	79	0.0564	89	0.0636
						平均		0.0038		0.0083		0.0264		0.0419		0.0621		0.0705
22	〃	〃	〃	50	0.90	1	14	0.0100	14	0.0100	24	0.0171	35	0.0250	52	0.0371	61	0.0436
						2	16	0.0114	18	0.0129	27	0.0193	34	0.0243	53	0.0379	62	0.0443
						3	17	0.0121	19	0.0136	28	0.0200	32	0.0229	53	0.0379	65	0.0464
						平均		0.0112		0.0122		0.0188		0.0241		0.0376		0.0448
23	〃	〃	〃	〃	1.20	1	15	0.0107	15	0.0107	25	0.0179	36	0.0257	51	0.0364	68	0.0486
						2	14	0.0100	15	0.0107	27	0.0193	26	0.0186	36	0.0257	53	0.0379
						3	15	0.0107	15	0.0107	25	0.0179	31	0.0221	45	0.0321	53	0.0379
						平均		0.0105		0.0107		0.0184		0.0221		0.0314		0.0415
24	〃	〃	〃	〃	2.00	1	3	0.0021	6	0.0043	23	0.0164	32	0.0229	46	0.0329	60	0.0429
						2	7	0.0050	8	0.0057	22	0.0157	33	0.0236	51	0.0364	64	0.0457
						3	7	0.0050	9	0.0064	23	0.0164	33	0.0236	50	0.0357	66	0.0471
						平均		0.0040		0.0055		0.0162		0.0234		0.0350		0.0452
25	〃	〃	〃	65	0.90	1	20	0.0143	20	0.0143	28	0.0200	36	0.0257	58	0.0414	69	0.0493
						2	21	0.0150	22	0.0157	29	0.0207	39	0.0279				
						3	20	0.0143	23	0.0164	32	0.0229	38	0.0271	64	0.0457	80	0.0571
						平均		0.0145		0.0155		0.0212		0.0269		0.0436		0.0532
26	〃	〃	〃	〃	1.20	1			20	0.0143	27	0.0193	28	0.0200	41	0.0293	43	0.0307
						2	5	0.0036	18	0.0129	26	0.0186	25	0.0179	43	0.0307	46	0.0329
						3	10	0.0071	20	0.0143	31	0.0221	32	0.0229	47	0.0336	50	0.0357
						平均		0.0054		0.0138		0.0200		0.0203		0.0312		0.0331
27	〃	〃	〃	〃	2.00	1	2	0.0014	7	0.0050	10	0.0071	35	0.0250	45	0.0321	47	0.0336
						2	3	0.0021	8	0.0057	17	0.0121	34	0.0243	39	0.0279	43	0.0307
						3	8	0.0057	8	0.0057	16	0.0114	34	0.0243	38	0.0271	41	0.0293
						平均		0.0031		0.0055		0.0102		0.0245		0.0290		0.0312
28	〃	ZD2 ZI	P80	30	1.20	1	11	0.0079	14	0.0100	27	0.0193	41	0.0293	46	0.0329	51	0.0364
						2	11	0.0079	14	0.0100	21	0.0150	35	0.0250	31	0.0221	47	0.0336
						3	14	0.0100	15	0.0107	23	0.0164	35	0.0250	42	0.0300	49	0.0350
						平均		0.0086		0.0102		0.0169		0.0264		0.0283		0.0350
29	〃	〃	〃	40	〃	1	13	0.0093	14	0.0100	26	0.0186	27	0.0193	34	0.0243	45	0.0321
						2	13	0.0093	14	0.0100	24	0.0171	32	0.0229	35	0.0250	44	0.0314
						3	14	0.0100	17	0.0121	23	0.0164	27	0.0193	39	0.0279	51	0.0364
						平均		0.0095		0.0107		0.0174		0.0205		0.0257		0.0333

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	長さ変化 9ヶ月 長さ変化率	長さ変化 12ヶ月 長さ変化量	長さ変化 12ヶ月 長さ変化率
20	D4G2	ZD2	P100	40	1.20	1	69	0.0493	63	0.0450
						2	75	0.0536	65	0.0464
						3	73	0.0521	68	0.0486
						平均		0.0517		0.0486
21	〃	〃	〃	〃	2.00	1	123	0.0878	137	0.0979
						2	122	0.0871	125	0.0893
						3	103	0.0736	125	0.0893
						平均		0.0828		0.0922
22	〃	〃	〃	50	0.90	1	58	0.0414	51	0.0393
						2	61	0.0436	49	0.0350
						3	61	0.0436	55	0.0393
						平均		0.0443		0.0379
23	〃	〃	〃	〃	1.20	1	67	0.0479	55	0.0393
						2	50	0.0357	50	0.0357
						3	49	0.0350	49	0.0350
						平均		0.0395		0.0367
24	〃	〃	〃	〃	2.00	1	62	0.0443	60	0.0429
						2	66	0.0471	66	0.0471
						3	65	0.0464	70	0.0500
						平均		0.0459		0.0464
25	〃	〃	〃	65	0.90	1	72	0.0514	61	0.0436
						2	51	0.0364	45	0.0321
						3	82	0.0586	78	0.0438
						平均		0.0488		0.0438
26	〃	〃	〃	〃	1.20	1	45	0.0321	42	0.0300
						2	44	0.0314	37	0.0264
						3	51	0.0386	45	0.0321
						平均		0.0340		0.0295
27	〃	〃	〃	〃	2.00	1	45	0.0321	33	0.0236
						2	44	0.0314	34	0.0243
						3	44	0.0314	33	0.0236
						平均		0.0316		0.0238
28	〃	ZD2 ZI	P80	30	1.20	1	51	0.0364	50	0.0357
						2	52	0.0371	43	0.0307
						3	54	0.0386	47	0.0336
						平均		0.0374		0.0333
29	〃	〃	〃	40	〃	1	43	0.0307	42	0.0300
						2	45	0.0321	46	0.0329
						3	48	0.0343	35	0.0250
						平均		0.0324		0.0293

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その4）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化											
							2週		1ヶ月		2ヶ月		3ヶ月		4ヶ月		6ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
30	D4G2	ZD2 ZI	P80	50	1.20	1	12	0.0086	17	0.0121	22	0.0157	27	0.0193	37	0.0264	41	0.0293
						2	12	0.0086	17	0.0121	25	0.0179	32	0.0229	38	0.0271	43	0.0307
						3	12	0.0086	16	0.0114	19	0.0136	27	0.0193	34	0.0243	45	0.0321
						平均		0.0086		0.0119		0.0157		0.0205		0.0259		0.0307
31	〃	〃	〃	65	〃	1	8	0.0057	10	0.0071	11	0.0079	16	0.0114	25	0.0179	32	0.0229
						2	10	0.0071	12	0.0086	12	0.0086	16	0.0114	27	0.0193	33	0.0236
						3	9	0.0064	11	0.0079	12	0.0086	18	0.0126	26	0.0186	35	0.0250
						平均		0.0064		0.0079		0.0084		0.0118		0.0186		0.0238
32	〃	〃	P60	30	〃	1	5	0.0036	13	0.0093	23	0.0164	37	0.0264	43	0.0307	50	0.0357
						2	10	0.0071	13	0.0093	21	0.0150	35	0.0250	39	0.0279	55	0.0393
						3	10	0.0071	15	0.0107	24	0.0171	37	0.0264	44	0.0314	52	0.0371
						平均		0.0059		0.0098		0.0162		0.0259		0.0300		0.0374
33	〃	〃	〃	40	〃	1	18	0.0129	20	0.0143	23	0.0164	33	0.0236	37	0.0264	47	0.0336
						2	15	0.0107	17	0.0121	20	0.0143	29	0.0207	34	0.0243	43	0.0307
						3	20	0.0143	22	0.0157	26	0.0186	35	0.0250	42	0.0300	51	0.0364
						平均		0.0126		0.0140		0.0164		0.0231		0.0269		0.0336
34	〃	〃	〃	50	〃	1	10	0.0071	14	0.0100	18	0.0129	29	0.0207	35	0.0250	39	0.0279
						2	10	0.0071	13	0.0093	18	0.0129	33	0.0236	40	0.0286	43	0.0307
						3	8	0.0057	12	0.0086	21	0.0159	34	0.0243	42	0.0300	42	0.0300
						平均		0.0066		0.0093		0.0139		0.0229		0.0279		0.0295
35	〃	〃	〃	65	〃	1	7	0.0050	7	0.0050	16	0.0114	26	0.0186	38	0.0271	40	0.0286
						2	9	0.0064	11	0.0079	13	0.0093	18	0.0129	20	0.0143	31	0.0221
						3	11	0.0079	14	0.0100	17	0.0121	28	0.0200	34	0.0243	36	0.0257
						平均		0.0064		0.0076		0.0109		0.0172		0.0219		0.0255
36	〃	〃	P50	30	〃	1	7	0.0050	16	0.0114	33	0.0236	43	0.0307	47	0.0336	60	0.0429
						2	8	0.0057	18	0.0129	31	0.0221	41	0.0293	44	0.0314	62	0.0443
						3	7	0.0050	19	0.0136	32	0.0229	46	0.0328	53	0.0379	66	0.0471
						平均		0.0052		0.0126		0.0229		0.0309		0.0343		0.0448
37	〃	〃	〃	40	〃	1	13	0.0093	16	0.0114	25	0.0179	24	0.0171	26	0.0186	45	0.0321
						2	13	0.0093	16	0.0114	26	0.0186	27	0.0193	29	0.0207	65	0.0464
						3	12	0.0086	17	0.0121	27	0.0193	29	0.0207	33	0.0236	57	0.0407
						平均		0.0091		0.0116		0.0186		0.0190		0.0210		0.0397
38	〃	〃	〃	50	〃	1	7	0.0050	9	0.0064	17	0.0121	24	0.0171	29	0.0207	39	0.0279
						2	8	0.0057	14	0.0100	18	0.0129	28	0.0200	36	0.0257	42	0.0300
						3	12	0.0086	13	0.0093	21	0.0150	30	0.0214	33	0.0236	42	0.0300
						平均		0.0064		0.0086		0.0133		0.0195		0.0233		0.0293
39	〃	〃	〃	65	〃	1	3	0.0021	4	0.0029	11	0.0079	15	0.0107	24	0.0171	28	0.0200
						2	4	0.0029	7	0.0050	12	0.0086	17	0.0121	24	0.0171	30	0.0214
						3	4	0.0029	9	0.0064	19	0.0136	20	0.0143	26	0.0186	29	0.0207
						平均		0.0026		0.0048		0.0100		0.0127		0.0176		0.0207

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化			
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
30	D4G2	ZD2 ZI	P80	50	1.20	1	44	0.0314	33	0.0236
						2	49	0.0350	41	0.0293
						3	48	0.0343	33	0.0236
						平均		0.0336		0.0255
31	〃	〃	〃	65	〃	1	32	0.0229	30	0.0214
						2	45	0.0321	31	0.0221
						3	34	0.0243	29	0.0207
						平均		0.0264		0.0214
32	〃	〃	P60	30	〃	1	56	0.0400	50	0.0357
						2	60	0.0429	52	0.0371
						3	55	0.0393	55	0.0393
						平均		0.0407		0.0374
33	〃	〃	〃	40	〃	1	53	0.0379	54	0.0386
						2	48	0.0343	45	0.0321
						3	53	0.0379	44	0.0314
						平均		0.0367		0.0340
34	〃	〃	〃	50	〃	1	44	0.0314	46	0.0329
						2	48	0.0343	46	0.0329
						3	43	0.0307	39	0.0279
						平均		0.0321		0.0312
35	〃	〃	〃	65	〃	1	33	0.0236	31	0.0221
						2	32	0.0229	30	0.0214
						3	34	0.0243	31	0.0221
						平均		0.0236		0.0219
36	〃	〃	P50	30	〃	1	68	0.0486	65	0.0464
						2	66	0.0471	57	0.0407
						3	74	0.0529	66	0.0471
						平均		0.0495		0.0447
37	〃	〃	〃	40	〃	1	42	0.0300	40	0.0214
						2	55	0.0393	52	0.0200
						3	45	0.0321	43	0.0236
						平均		0.0338		0.0217
38	〃	〃	〃	50	〃	1	27	0.0193	30	0.0214
						2	26	0.0186	28	0.0200
						3	28	0.0200	33	0.0236
						平均		0.0193		0.0217
39	〃	〃	〃	65	〃	1	30	0.0214	28	0.0200
						2	33	0.0236	26	0.0186
						3	31	0.0221	26	0.0186
						平均		0.0224		0.0191

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その5）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化 2週 長さ変化量	2週 長さ変化率	1ヶ月 長さ変化量	1ヶ月 長さ変化率	2ヶ月 長さ変化量	2ヶ月 長さ変化率	3ヶ月 長さ変化量	3ヶ月 長さ変化率	4ヶ月 長さ変化量	4ヶ月 長さ変化率	6ヶ月 長さ変化量	6ヶ月 長さ変化率
40	D4G2	Z1	P100	50	2.00	1	2	0.0014	6	0.0043	16	0.0114	29	0.0207	35	0.0250	50	0.0357
						2	4	0.0029	8	0.0057	19	0.0136	29	0.0207	34	0.0243	48	0.0343
						3	7	0.0050	11	0.0079	21	0.0150	34	0.0243	37	0.0264	53	0.0379
						平均		0.0031		0.0060		0.0133		0.0219		0.0252		0.0360
41	J4G0	ZD2	P100	30	0.90	1	-2	-0.0014	23	0.0164	35	0.0250	48	0.0343	60	0.0429	64	0.0457
						2	-2	-0.0014	22	0.0157	33	0.0236	38	0.0271	53	0.0379	56	0.0400
						3	13	0.0093	23	0.0164	34	0.0243	37	0.0264	51	0.0364	54	0.0386
						平均		-0.0022		0.0162		0.0243		0.0293		0.0391		0.0414
42	〃	〃	〃	〃	1.20	1	-5	-0.0036	22	0.0157	42	0.0300	52	0.0371	77	0.0550	80	0.0571
						2	10	0.0071	25	0.0179	44	0.0314	57	0.0407	84	0.0600	102	0.0729
						3	7	0.0050	22	0.0157	42	0.0300	59	0.0421	83	0.0593	101	0.0721
						平均		0.0028		0.0164		0.0305		0.0400		0.0581		0.0674
43	〃	〃	〃	〃	2.00	1	11	0.0079	84	0.0600	318	0.2271	365	0.2607	425	0.3036	429	0.3064
						2	16	0.0114	60	0.0429	292	0.2086	328	0.2343	382	0.2729	387	0.2764
						3	16	0.0114	55	0.0393	257	0.1836	293	0.2093	350	0.2500	352	0.2514
						平均		0.0102		0.0474		0.2064		0.2348		0.2755		0.2781
44	〃	〃	〃	40	0.90	1	14	0.0100	24	0.0171	33	0.0236	35	0.0250	49	0.0350	52	0.0371
						2	13	0.0093	23	0.0164	31	0.0221	35	0.0250	55	0.0393	56	0.0400
						3	16	0.0114	19	0.0136	30	0.0214	31	0.0221	48	0.0343	50	0.0357
						平均		0.0102		0.0157		0.0224		0.0240		0.0362		0.0376
45	〃	〃	〃	〃	1.20	1	16	0.0114	27	0.0193	38	0.0271	46	0.0329	66	0.0471	69	0.0493
						2	16	0.0114	20	0.0143	39	0.0279	45	0.0321	59	0.0421	61	0.0436
						3	20	0.0143	31	0.0221	35	0.0250	31	0.0221	49	0.0350	50	0.0357
						平均		0.0124		0.0186		0.0267		0.0290		0.0414		0.0429
46	〃	〃	〃	〃	2.00	1	8	0.0057			146	0.1043	187	0.1336	246	0.1757	261	0.1864
						2	4	0.0029	24	0.0171	133	0.0950	171	0.1221	224	0.1600	247	0.1764
						3	9	0.0064	13	0.0093	140	0.1000	180	0.1286	247	0.1764	257	0.1836
						平均		0.0050		0.0132		0.0998		0.1281		0.1707		0.1821
47	〃	〃	〃	50	0.90	1	22	0.0157	27	0.0193	34	0.0243	37	0.0264	43	0.0307	53	0.0379
						2	14	0.0100	22	0.0157	29	0.0207	33	0.0236	44	0.0314	50	0.0357
						3	13	0.0093	22	0.0157	29	0.0207	43	0.0307	50	0.0357	52	0.0371
						平均		0.0117		0.0169		0.0219		0.0269		0.0326		0.0369
48	〃	〃	〃	〃	1.20	1	15	0.0107	19	0.0136	28	0.0200	33	0.0236	46	0.0329	50	0.0357
						2	10	0.0071	17	0.0121	26	0.0186	31	0.0221	46	0.0329	48	0.0343
						3	15	0.0107	20	0.0143	28	0.0200	32	0.0229	50	0.0357	52	0.0371
						平均		0.0095		0.0133		0.0195		0.0229		0.0338		0.0357
49	〃	〃	〃	〃	2.00	1	2	0.0014	14	0.0100	32	0.0229	45	0.0321	85	0.0607	108	0.0771
						2	4	0.0029	16	0.0114	34	0.0243	52	0.0371	97	0.0693	103	0.0736
						3	4	0.0029	15	0.0107	32	0.0229	50	0.0357	89	0.0636	92	0.0657
						平均		0.0024		0.0107		0.0234		0.0350		0.0645		0.0721

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	長さ変化 9ヶ月 長さ変化率	長さ変化 12ヶ月 長さ変化量	長さ変化 12ヶ月 長さ変化率
40	D4G2	ZI	P100	50	2.00	1	49	0.0350	52	0.0371
						2	48	0.0343	53	0.0379
						3	54	0.0356	52	0.0371
						平均		0.0350		0.0374
41	J4G0	ZD2	〃	30	0.90	1	65	0.0464	52	0.0371
						2	57	0.0407	56	0.0400
						3	55	0.0393	49	0.0350
						平均		0.0421		0.0374
42	〃	〃	〃	〃	1.20	1	85	0.0607	79	0.0564
						2	62	0.0443	102	0.0729
						3	111	0.0793	104	0.0743
						平均		0.0614		0.0679
43	〃	〃	〃	〃	2.00	1	431	0.3079	429	0.3064
						2	390	0.2786	387	0.2764
						3	351	0.2507	351	0.2507
						平均		0.2791		0.2778
44	〃	〃	〃	40	0.90	1	56	0.0400	53	0.0379
						2	58	0.0414	59	0.0421
						3	54	0.0386	45	0.0321
						平均		0.0400		0.0374
45	〃	〃	〃	〃	1.20	1	71	0.0507	70	0.0500
						2	61	0.0436	69	0.0493
						3	52	0.0371	47	0.0336
						平均		0.0438		0.0443
46	〃	〃	〃	〃	2.00	1	286	0.2043	286	0.2043
						2	264	0.1886	262	0.1871
						3	275	0.1964	276	0.1971
						平均		0.1964		0.1962
47	〃	〃	〃	50	0.90	1	54	0.0386	53	0.0386
						2	51	0.0364	47	0.0336
						3	56	0.0400	62	0.0443
						平均		0.0383		0.0388
48	〃	〃	〃	〃	1.20	1	52	0.0371	53	0.0379
						2	49	0.0350	62	0.0443
						3	55	0.0393	55	0.0393
						平均		0.0371		0.0405
49	〃	〃	〃	〃	2.00	1	123	0.0879	130	0.0929
						2	117	0.0835	115	0.0821
						3	99	0.0707	102	0.0729
						平均		0.0807		0.0826

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その6）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化 2週		1ヶ月		2ヶ月		3ヶ月		4ヶ月		6ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
50	J4G0	ZD2	P100	65	0.90	1	15	0.0107	25	0.0179	28	0.0200	35	0.0250	43	0.0307	56	0.0400
						2	19	0.0136	29	0.0207	34	0.0243	40	0.0286	50	0.0357	57	0.0407
						3	15	0.0107	26	0.0186	31	0.0221	39	0.0279	45	0.0321	58	0.0414
						平均		0.0117		0.0191		0.0221		0.0272		0.0328		0.0407
51	〃	〃	P100	〃	1.20	1	18	0.0129	23	0.0164	31	0.0221	36	0.0257	53	0.0379	57	0.0407
						2	17	0.0121	22	0.0157	30	0.0214	33	0.0236	52	0.0371	57	0.0407
						3	19	0.0136	24	0.0171	33	0.0236	35	0.0250	52	0.0371	56	0.0400
						平均		0.0129		0.0164		0.0224		0.0248		0.0374		0.0405
52	〃	〃	〃	〃	2.00	1	12	0.0086	22	0.0157	25	0.0179	34	0.0243	55	0.0393	59	0.0421
						2	13	0.0093	22	0.0157	26	0.0186	35	0.0250	55	0.0393	58	0.0414
						3	11	0.0079	19	0.0136	23	0.0164	33	0.0236	52	0.0371	59	0.0421
						平均		0.0086		0.0150		0.0176		0.0243		0.0386		0.0419
53	〃	〃	〃	30	0.90	1	13	0.0093	21	0.0150	26	0.0186	32	0.0229	42	0.0300	50	0.0357
						2	18	0.0129	26	0.0186	32	0.0229	39	0.0279	52	0.0371	54	0.0386
						3	15	0.0107	23	0.0164	27	0.0193	34	0.0243	44	0.0314	53	0.0379
						平均		0.0110		0.0167		0.0203		0.0250		0.0328		0.0374
54	C4G0	〃	〃	〃	1.20	1	12	0.0086	23	0.0164	31	0.0221	42	0.0300	63	0.0450	70	0.0500
						2	15	0.0107	22	0.0157	32	0.0229	43	0.0307	62	0.0443	69	0.0493
						3	18	0.0129	28	0.0200	36	0.0257	47	0.0336	67	0.0479	77	0.0550
						平均		0.0107		0.0174		0.0236		0.0314		0.0457		0.0514
55	〃	〃	〃	〃	2.00	1	9	0.0064	38	0.0271	208	0.1486	281	0.2007	332	0.2371	341	0.2436
						2	12	0.0086	40	0.0286	192	0.1371	241	0.1721	296	0.2114	303	0.2164
						3	10	0.0071	42	0.0300	204	0.1457	246	0.1757	295	0.2107	311	0.2221
						平均		0.0074		0.0286		0.1438		0.1827		0.2197		0.2274
56	〃	〃	〃	40	0.90	1	15	0.0107	16	0.0114	21	0.0150	26	0.0186	38	0.0271	45	0.0321
						2	17	0.0121	20	0.0143	25	0.0179	31	0.0221	44	0.0314	50	0.0357
						3	14	0.0100	17	0.0121	20	0.0143	23	0.0164	42	0.0300	47	0.0336
						平均		0.0109		0.0126		0.0157		0.0190		0.0295		0.0338
57	〃	〃	〃	〃	1.20	1	9	0.0064	14	0.0100	19	0.0136	23	0.0164	42	0.0300	49	0.0350
						2	13	0.0093	17	0.0121	21	0.0150	29	0.0207	53	0.0379	55	0.0393
						3	9	0.0064	15	0.0107	18	0.0129	25	0.0179	40	0.0286	51	0.0364
						平均		0.0074		0.0109		0.0138		0.0183		0.0322		0.0369
58	〃	〃	〃	〃	2.00	1	10	0.0071	24	0.0171	66	0.0471	108	0.0771	154	0.1100	178	0.1271
						2	13	0.0093	28	0.0200	71	0.0507	117	0.0836	174	0.1243	185	0.1321
						3	12	0.0086	26	0.0186	67	0.0479	124	0.0886	173	0.1236	196	0.1400
						平均		0.0083		0.0186		0.0486		0.0831		0.1193		0.1331
59	〃	〃	〃	50	0.90	1	11	0.0079	15	0.0107	25	0.0179	31	0.0221	37	0.0264	46	0.0329
						2	12	0.0086	15	0.0107	23	0.0164	28	0.0200	34	0.0243	44	0.0314
						3	11	0.0079	12	0.0086	23	0.0164	26	0.0186	33	0.0236	40	0.0286
						平均		0.0081		0.0100		0.0169		0.0202		0.0248		0.0310

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変 9ヶ月 長さ変化量	長さ変 9ヶ月 長さ変化率	長さ変 12月 長さ変化量	長さ変 12月 長さ変化率
50	J4G0	ZD2	P100	65	0.90	1	57	0.0407	48	0.0343
						2	60	0.0429	54	0.0386
						3	59	0.0421	52	0.0371
						平均		0.0419		0.0367
51	〃	〃	〃	〃	1.20	1	58	0.0414	52	0.0371
						2	56	0.0400	52	0.0371
						3	59	0.0421	55	0.0393
						平均		0.0412		0.0378
52	〃	〃	〃	〃	2.00	1	67	0.0478	61	0.0436
						2	67	0.0478	63	0.0450
						3	65	0.0464	62	0.0443
						平均		0.0473		0.0443
53	〃	〃	〃	30	0.90	1	47	0.0336	44	0.0314
						2	38	0.0414	57	0.0407
						3	53	0.0379	53	0.0379
						平均		0.0376		0.0367
54	C4G0	〃	〃	〃	1.20	1	70	0.0500	64	0.0457
						2	71	0.0507	64	0.0457
						3	78	0.0557	72	0.0514
						平均		0.0521		0.0476
55	〃	〃	〃	〃	2.00	1	339	0.2421	338	0.2414
						2	305	0.2179	305	0.2179
						3	311	0.2221	325	0.2321
						平均		0.2274		0.2305
56	〃	〃	〃	40	0.90	1	47	0.0336	44	0.0314
						2	51	0.0364	44	0.0314
						3	46	0.0329	43	0.0307
						平均		0.0343		0.0312
57	〃	〃	〃	〃	1.20	1	51	0.0364	51	0.0364
						2	55	0.0393	65	0.0464
						3	51	0.0364	52	0.0371
						平均		0.0374		0.0400
58	〃	〃	〃	〃	2.00	1	186	0.1329	194	0.1386
						2	194	0.1386	206	0.1471
						3	214	0.1529	236	0.1686
						平均		0.1415		0.1514
59	〃	〃	〃	50	0.90	1	45	0.0321	42	0.0300
						2	42	0.0300	43	0.0307
						3	38	0.0271	39	0.0279
						平均		0.0297		0.0295

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その7）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化											
							2週		1ヶ月		2ヶ月		3ヶ月		4ヶ月		6ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
60	C4G0	ZD2	P100	50	1.20	1	17	0.0121	22	0.0157	30	0.0214	37	0.0264	42	0.0300	53	0.0379
						2	13	0.0093	16	0.0114	27	0.0193	32	0.0229	38	0.0271	48	0.0343
						3	11	0.0079	14	0.0100	24	0.0171	29	0.0207	36	0.0257	45	0.0321
						平均		0.0098		0.0124		0.0193		0.0233		0.0276		0.0348
61	〃	〃	〃	〃	2.00	1	8	0.0057	10	0.0071	27	0.0193	35	0.0250	48	0.0343	62	0.0443
						2	5	0.0036	7	0.0050	24	0.0171	29	0.0207	43	0.0307	58	0.0414
						3	1	0.0007	2	0.0014	19	0.0136	28	0.0200	44	0.0314	59	0.0421
						平均		0.0033		0.0045		0.0167		0.0219		0.0321		0.0426
62	〃	〃	〃	65	0.90	1	0	0.0000	7	0.0050	17	0.0121	24	0.0171	34	0.0243	38	0.0271
						2	-24	-0.0171	-16	-0.0114	-6	-0.0043						
						3	16	0.0114	21	0.0150	30	0.0214	32	0.0229	41	0.0293	49	0.0350
						平均		-0.0019		0.0029		0.0097		0.0200		0.0268		0.0311
63	〃	〃	〃	〃	1.20	1	12	0.0086	15	0.0107	23	0.0164	27	0.0193	32	0.0229	45	0.0321
						2	11	0.0079	13	0.0093	21	0.0150	25	0.0179	31	0.0221	46	0.0329
						3	9	0.0064	13	0.0093	21	0.0150	23	0.0164	30	0.0214	48	0.0343
						平均		0.0076		0.0098		0.0155		0.0179		0.0221		0.0331
64	〃	〃	〃	〃	2.00	1	5	0.0036	8	0.0057	14	0.0100	18	0.0129	26	0.0186	37	0.0264
						2	9	0.0064	13	0.0093	19	0.0136	22	0.0157	30	0.0214	42	0.0300
						3	1	0.0007	4	0.0029	9	0.0064			24	0.0171	32	0.0229
						平均		0.0036		0.0060		0.0100		0.0143		0.0190		0.0264
65	D3G2	〃	〃	40	1.20	1	12	0.0086	15	0.0107	24	0.0171	29	0.0207	32	0.0264	49	0.0350
						2	7	0.0050	10	0.0071	22	0.0157	22	0.0157	32	0.0229	45	0.0321
						3	10	0.0071	12	0.0086	25	0.0179	29	0.0207	40	0.0286	49	0.0350
						平均		0.0069		0.0088		0.0169		0.0190		0.0260		0.0340
66	〃	〃	〃	50	〃	1	11	0.0079	12	0.0086	23	0.0164	24	0.0171	29	0.0207	43	0.0307
						2	9	0.0064	9	0.0064	19	0.0136	34	0.0243	40	0.0286	50	0.0357
						3	9	0.0064	10	0.0071	20	0.0143	25	0.0179	29	0.0207	40	0.0286
						平均		0.0069		0.0074		0.0148		0.0198		0.0233		0.0317
67	〃	〃	〃	65	〃	1	8	0.0057	9	0.0064	18	0.0129	21	0.0150	26	0.0186	38	0.0271
						2	11	0.0079	13	0.0093	20	0.0143	23	0.0164	31	0.0221	41	0.0293
						3	15	0.0107	16	0.0114	26	0.0186	30	0.0214	39	0.0279	45	0.0321
						平均		0.0081		0.0090		0.0153		0.0176		0.0229		0.0295
68	D5G2	〃	〃	40	〃	1	15	0.0107	19	0.0136	30	0.0214	37	0.0264	46	0.0329	60	0.0429
						2	11	0.0079	15	0.0107	27	0.0193	31	0.0221	45	0.0321	58	0.0414
						3	15	0.0107	20	0.0143	36	0.0257	36	0.0257	48	0.0343	59	0.0421
						平均		0.0098		0.0129		0.0221		0.0247		0.0331		0.0421
69	〃	〃	〃	50	〃	1	8	0.0057	19	0.0136	19	0.0136	25	0.0179	43	0.0307	44	0.0314
						2	9	0.0064	19	0.0136	21	0.0150	25	0.0179	43	0.0307	45	0.0321
						3	7	0.0050	19	0.0136	22	0.0157	24	0.0171	45	0.0321	47	0.0336
						平均		0.0057		0.0136		0.0148		0.0176		0.0312		0.0324

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	長さ変化 9ヶ月 長さ変化率	長さ変化 12ヶ月 長さ変化量	長さ変化 12ヶ月 長さ変化率
60	C4G0	ZD2	P100	50	1.20	1	52	0.0371	60	0.0429
						2	48	0.0343	48	0.0342
						3	45	0.0321	38	0.0271
						平均		0.0345		0.0347
61	〃	〃	〃	〃	2.00	1	60	0.0423	75	0.0536
						2	58	0.0414	68	0.0486
						3	60	0.0423	67	0.0479
						平均		0.0420		0.0500
62	〃	〃	〃	65	0.90	1	38	0.0271	38	0.0278
						2	15	0.0107	19	0.0136
						3	48	0.0343	52	0.0371
						平均		0.0240		0.0259
63	〃	〃	〃	〃	1.20	1	43	0.0307	44	0.0314
						2	43	0.0307	43	0.0307
						3	47	0.0335	39	0.0279
						平均		0.0316		0.0300
64	〃	〃	〃	〃	2.00	1	36	0.0257	34	0.0243
						2	42	0.0300	36	0.0257
						3	33	0.0236	25	0.0179
						平均		0.0264		0.0226
65	D3G2	〃	〃	40	1.20	1	49	0.0350	42	0.0300
						2	47	0.0336	47	0.0336
						3	50	0.0357	50	0.0357
						平均		0.0348		0.0331
66	〃	〃	〃	50	〃	1	47	0.0336	47	0.0336
						2	44	0.0314	56	0.0400
						3	42	0.0300	49	0.0350
						平均		0.0317		0.0329
67	〃	〃	〃	65	〃	1	41	0.0293	42	0.0300
						2	44	0.0314	52	0.0371
						3	45	0.0321	42	0.0300
						平均		0.0309		0.0324
68	〃	〃	〃	40	〃	1	61	0.0436	63	0.0450
						2	58	0.0414	58	0.0414
						3	58	0.0414	60	0.0429
						平均		0.0421		0.0431
69	〃	〃	〃	50	〃	1	47	0.0336	47	0.0336
						2	49	0.0350	51	0.0364
						3	49	0.0350	49	0.0350
						平均		0.0345		0.0350

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その8）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化											
							2週		1ヶ月		2ヶ月		3ヶ月		4ヶ月		6ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
70	D5G2	ZD2	P100	65	1.20	1	3	0.0021	11	0.0079	18	0.0129	23	0.0164	36	0.0257	38	0.0271
						2	2	0.0014	11	0.0079	15	0.0107	21	0.0150	21	0.0150	36	0.0257
						3	8	0.0057	11	0.0079	16	0.0114	23	0.0164	23	0.0164	38	0.0271
						平均		0.0031		0.0079		0.0117		0.0159		0.0190		0.0266
71	D8G2	〃	P100	40	〃	1	8	0.0057	19	0.0136	33	0.0236	45	0.0321	71	0.0507	73	0.0521
						2	6	0.0043	18	0.0129	29	0.0207	43	0.0307	65	0.0464	69	0.0493
						3	12	0.0086	20	0.0143	34	0.0243	45	0.0321	70	0.0500	72	0.0514
						平均		0.0062		0.0136		0.0229		0.0316		0.0490		0.0509
72	〃	〃	〃	50	〃	1	19	0.0136	34	0.0243	41	0.0293	47	0.0336	68	0.0486	72	0.0514
						2	19	0.0136	33	0.0236	41	0.0293	46	0.0329	69	0.0493	71	0.0507
						3	17	0.0121	33	0.0236	42	0.0300	46	0.0329	69	0.0493	73	0.0521
						平均		0.0131		0.0238		0.0295		0.0331		0.0491		0.0514
73	〃	〃	〃	65	〃	1	28	0.0200	43	0.0307	60	0.0429	64	0.0457	84	0.0600	88	0.0629
						2	33	0.0236	45	0.0321	61	0.0436	67	0.0479	85	0.0607	87	0.0621
						3	31	0.0221	42	0.0300	59	0.0421	63	0.0450	84	0.0600	87	0.0621
						平均		0.0219		0.0309		0.0429		0.0462		0.0602		0.0624
74	D4G0	〃	〃	40	1.20	1	14	0.0100	23	0.0164	31	0.0221	37	0.0264	71	0.0507	76	0.0543
						2	15	0.0107	24	0.0171	34	0.0243	38	0.0271	62	0.0443	66	0.0471
						3	15	0.0107	23	0.0164	32	0.0229	39	0.0279	59	0.0421	61	0.0436
						平均		0.0105		0.0166		0.0231		0.0271		0.0457		0.0483
75	〃	〃	〃	50	〃	1	15	0.0107	24	0.0171	30	0.0214	33	0.0236	53	0.0379	55	0.0393
						2	20	0.0143	24	0.0171	30	0.0214	32	0.0229	51	0.0364	55	0.0393
						3	12	0.0086	21	0.0150	27	0.0193	31	0.0221	47	0.0336	50	0.0357
						平均		0.0112		0.0164		0.0207		0.0229		0.0360		0.0381
76	〃	〃	〃	65	〃	1	19	0.0136	25	0.0179	36	0.0257	37	0.0264	54	0.0386	56	0.0400
						2	15	0.0107	23	0.0164	32	0.0229	33	0.0236	47	0.0336	52	0.0371
						3	22	0.0157	27	0.0193	37	0.0264	37	0.0264	52	0.0371	57	0.0407
						平均		0.0133		0.0179		0.0250		0.0255		0.0364		0.0393
216	D4G2	〃	〃	30	0.90	1	6	0.0043	16	0.0114	36	0.0257	40	0.0286	50	0.0357	54	0.0386
						2	8	0.0057	17	0.0121	35	0.0250	47	0.0336	55	0.0393	65	0.0464
						3	10	0.0071	18	0.0129	37	0.0264	47	0.0336	60	0.0429	64	0.0457
						平均		0.0057		0.0121		0.0257		0.0319		0.0393		0.0436
217	〃	〃	〃	〃	1.20	1	2	0.0014	22	0.0157	59	0.0421	95	0.0679	123	0.0879	136	0.0971
						2	3	0.0021	22	0.0157	58	0.0414	92	0.0657	118	0.0843	118	0.0843
						3	4	0.0029	23	0.0164	69	0.0493	103	0.0736	133	0.0950	142	0.1014
						平均		0.0021		0.0159		0.0443		0.0691		0.0891		0.0943
218	〃	〃	〃	〃	2.00	1	6	0.0043	68	0.0486	190	0.1357	247	0.1764	300	0.2143	319	0.2279
						2	4	0.0029	69	0.0493	192	0.1371	250	0.1786	303	0.2164	317	0.2264
						3	6	0.0043	78	0.0557	210	0.1500	265	0.1893	320	0.2286	336	0.2400
						平均		0.0038		0.0512		0.1409		0.1814		0.2198		0.2314

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	長さ変化 9ヶ月 長さ変化率	長さ変化 12ヶ月 長さ変化量	長さ変化 12ヶ月 長さ変化率
70	DSG2	ZD2	P100	65	1.20	1	40	0.0286	40	0.0286
						2	40	0.0286	41	0.0293
						3	40	0.0286	43	0.0307
						平均		0.0286		0.0295
71	D8G2	〃	〃	40	〃	1	81	0.0576	76	0.0543
						2	80	0.0571	76	0.0543
						3	82	0.0586	83	0.0593
						平均		0.0576		0.0560
72	〃	〃	〃	50	〃	1	77	0.0550	75	0.0543
						2	76	0.0543	74	0.0529
						3	77	0.0550	75	0.0536
						平均		0.0548		0.0536
73	〃	〃	〃	65	〃	1	87	0.0621	86	0.0614
						2	88	0.0629	89	0.0636
						3	86	0.0614	84	0.0600
						平均		0.0621		0.0612
74	D4G0	〃	〃	40	1.20	1	66	0.0471	69	0.0493
						2	70	0.0500	69	0.0493
						3	70	0.0500	69	0.0493
						平均		0.0490		0.0493
75	〃	〃	〃	50	〃	1	53	0.0379	50	0.0357
						2	55	0.0393	55	0.0393
						3	51	0.0364	52	0.0371
						平均		0.0379		0.0374
76	〃	〃	〃	65	〃	1	53	0.0393	47	0.0336
						2	55	0.0364	56	0.0400
						3	51	0.0400	54	0.0386
						平均		0.0386		0.0374
216	D4G2	〃	〃	30	0.90	1	66	0.0471	64	0.0457
						2	74	0.0529	71	0.0507
						3	74	0.0529	72	0.0514
						平均		0.0510		0.0493
217	〃	〃	〃	〃	1.20	1	149	0.1064	149	0.1064
						2	142	0.1014	140	0.1000
						3	160	0.1143	161	0.1150
						平均		0.1074		0.1071
218	〃	〃	〃	〃	2.00	1	338	0.2414	337	0.2407
						2	334	0.2386	332	0.2372
						3	353	0.2521	349	0.2492
						平均		0.2440		0.2423

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その9）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化 2週 長さ変化量	2週 長さ変化率	1ヶ月 長さ変化量	1ヶ月 長さ変化率	2ヶ月 長さ変化量	2ヶ月 長さ変化率	3ヶ月 長さ変化量	3ヶ月 長さ変化率	4ヶ月 長さ変化量	4ヶ月 長さ変化率	6ヶ月 長さ変化量	6ヶ月 長さ変化率
219	D4G2	ZD2	P100	40	0.90	1	7	0.0050	14	0.0100	30	0.0214	44	0.0314	49	0.0350	58	0.0414
						2	7	0.0050	15	0.0107	29	0.0207	44	0.0314	47	0.0336	52	0.0371
						3					30	0.0214	43	0.0307	49	0.0350	56	0.0400
						平均		0.0050		0.0103		0.0212		0.0312		0.0345		0.0395
220	〃	〃	P100	〃	1.20	1	1	0.0007	12	0.0086	37	0.0264	58	0.0414	74	0.0529	88	0.0629
						2	-5	-0.0036	7	0.0050	33	0.0236	54	0.0386	75	0.0536	87	0.0621
						3	-4	-0.0029	8	0.0057	32	0.0229	54	0.0386	79	0.0564	83	0.0593
						平均		-0.0019		0.0064		0.0243		0.0396		0.0543		0.0614
221	〃	〃	〃	〃	2.00	1	1	0.0007	45	0.0321	148	0.1057	206	0.1471	255	0.1821	277	0.1979
						2	-3	-0.0021	40	0.0286	147	0.1050	205	0.1464	256	0.1829	270	0.1926
						3	-4	-0.0029	40	0.0286	153	0.1093	203	0.1486	260	0.1857	281	0.2007
						平均		-0.0014		0.0298		0.1067		0.1474		0.1836		0.1971
222	〃	〃	〃	50	0.90	1	4	0.0029	12	0.0086	23	0.0164	36	0.0257	41	0.0293	44	0.0314
						2	7	0.0050	9	0.0064	24	0.0171	36	0.0257	46	0.0329	50	0.0357
						3	4	0.0029	10	0.0071	25	0.0179	37	0.0264	49	0.0350	51	0.0364
						平均		0.0036		0.0074		0.0171		0.0259		0.0324		0.0345
223	〃	〃	〃	〃	1.20	1	-4	-0.0029	9	0.0064	25	0.0179	45	0.0321	63	0.0450	65	0.0464
						2	-6	-0.0043	2	0.0014	26	0.0186	43	0.0307	63	0.0450	72	0.0514
						3	-13	-0.0093	6	0.0043	25	0.0179	43	0.0307	66	0.0471	71	0.0507
						平均		-0.0055		0.0040		0.0181		0.0312		0.0457		0.0495
224	〃	〃	〃	〃	2.00	1	-13	-0.0093	26	0.0186	128	0.0914	184	0.1314	230	0.1643	250	0.1786
						2	-11	-0.0079	29	0.0207	143	0.1021	203	0.1450	253	0.1807	270	0.1929
						3	-17	-0.0121	20	0.0143	141	0.1007	204	0.1457	256	0.1829	279	0.1993
						平均		-0.0098		0.0179		0.0981		0.1407		0.1760		0.1903
225	〃	〃	〃	65	0.90	1	-5	-0.0036	5	0.0036	14	0.0100	24	0.0171	28	0.0200	36	0.0257
						2	-4	-0.0029	5	0.0036	13	0.0093	23	0.0164	26	0.0186	34	0.0243
						3	-3	-0.0021	7	0.0050	13	0.0093	25	0.0179	28	0.0200	36	0.0257
						平均		-0.0029		0.0041		0.0095		0.0161		0.0195		0.0252
226	〃	〃	〃	〃	1.20	1	-3	-0.0021	2	0.0014	16	0.0114	30	0.0214	40	0.0286	50	0.0357
						2	-6	-0.0043	2	0.0014	12	0.0086	27	0.0193	39	0.0279	46	0.0329
						3	-6	-0.0043	2	0.0014	16	0.0114	29	0.0207	44	0.0314	46	0.0329
						平均		-0.0036		0.0014		0.0105		0.0205		0.0293		0.0338
227	〃	〃	〃	〃	2.00	1	-16	-0.0114	5	0.0036	67	0.0479	119	0.0850	163	0.1164	177	0.1264
						2	-16	-0.0114	7	0.0050	80	0.0571	135	0.0964	177	0.1264	206	0.1471
						3	-13	-0.0093	8	0.0057	79	0.0564	132	0.0943	175	0.1250	198	0.1414
						平均		-0.0107		0.0048		0.0538		0.0919		0.1226		0.1383
						1												
						2												
						3												
						平均												

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	9ヶ月 長さ変化率	12ヶ月 長さ変化量	12ヶ月 長さ変化率
219	D4G2	ZD2	P100	40	0.90	1	69	0.0493	66	0.0471
						2	66	0.0471	65	0.0464
						3	69	0.0493	77	0.0550
						平均		0.0486		0.0495
220	〃	〃	〃	〃	1.20	1	102	0.0729	104	0.0743
						2	108	0.0771	105	0.0750
						3	105	0.0750	104	0.0743
						平均		0.0750		0.0745
221	〃	〃	〃	〃	2.00	1	295	0.2107	293	0.2093
						2	290	0.2071	289	0.2064
						3	303	0.2164	305	0.2179
						平均		0.2114		0.2112
222	〃	〃	〃	50	0.90	1	61	0.0436	58	0.0414
						2	62	0.0443	59	0.0421
						3	65	0.0464	64	0.045.
						平均		0.0448		0.0431
223	〃	〃	〃	〃	1.20	1	95	0.0679	89	0.0636
						2	91	0.0650	84	0.0600
						3	95	0.0679	88	0.0629
						平均		0.0669		0.0622
224	〃	〃	〃	〃	2.00	1	272	0.1943	268	0.1914
						2	298	0.2129	297	0.2121
						3	307	0.2193	297	0.2121
						平均		0.2088		0.2052
225	〃	〃	〃	65	0.90	1	49	0.0350	47	0.0336
						2	50	0.0357	51	0.0364
						3	49	0.0350	49	0.0350
						平均		0.0352		0.0350
226	〃	〃	〃	〃	1.20	1	63	0.0450	60	0.0429
						2	60	0.0429	59	0.0421
						3	64	0.0457	65	0.0464
						平均		0.0445		0.0438
277	〃	〃	〃	〃	2.00	1	167	0.1193	205	0.1464
						2	239	0.1707	236	0.1686
						3	231	0.1650	229	0.1635
						平均		0.1517		0.1595

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その10）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水準	供試体No	長さ変化											
							2 週		1 ヶ月		2 ヶ月		3 ヶ月		4 ヶ月		6 ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
301	OPC	ZD2 ZI	P40	0	0.55	1	5	0.0036	10	0.0071	9	0.0064	18	0.0129	18	0.0129	24	0.0171
						2	7	0.0050	12	0.0086	13	0.0093	18	0.0129	22	0.0157	26	0.0186
						3	6	0.0043	10	0.0071	9	0.0064	18	0.0129	24	0.0171	30	0.0214
						平均		0.0043		0.0076		0.0074		0.0129		0.0152		0.0190
302	OPC	〃	〃	0	1.20	1	7	0.0050	38	0.0271	278	0.1986	396	0.2821	430	0.3071	445	0.3179
						2	6	0.0043	32	0.0229	235	0.1679	383	0.2379	382	0.2729	417	0.2979
						3	6	0.0043	36	0.0257	264	0.1886	352	0.2514	385	0.2750	397	0.2836
						平均		0.0045		0.0252		0.1850		0.2571		0.2850		0.2998
303	D4G2	〃	〃	30	1.20	1	-2	-0.0014	3	0.0021	13	0.0093	26	0.0186	40	0.0286	55	0.0393
						2	-2	-0.0014	9	0.0064	19	0.0136	32	0.0229	67	0.0479	71	0.0507
						3	-3	-0.0021	4	0.0029	20	0.0143	29	0.0207	76	0.0543	78	0.0557
						平均		-0.0016		0.0038		0.0124		0.0207		0.0436		0.0486
304	〃	〃	〃	40	〃	1	-6	-0.0043	3	0.0021	7	0.0050	23	0.0164	33	0.0236	36	0.0257
						2	-3	-0.0021	11	0.0079	14	0.0100	24	0.0171	33	0.0236	40	0.0286
						3	0	0.0000	10	0.0071	21	0.0150	30	0.0214	33	0.0236	38	0.0271
						平均		-0.0021		0.0057		0.0100		0.0183		0.0236		0.0271
305	〃	〃	〃	50	〃	1	-9	-0.0064	-4	-0.0029	4	0.0029	14	0.0100	22	0.0157	26	0.0186
						2	0	0.0000	3	0.0021	9	0.0064	17	0.0121	23	0.0164	33	0.0236
						3	-4	-0.0029	-1	-0.0007	7	0.0050	17	0.0121	30	0.0214	36	0.0257
						平均		-0.0031		-0.0005		0.0048		0.0114		0.0178		0.0226
306	〃	〃	〃	65	〃	1	-8	-0.0057	-1	-0.0007	4	0.0029	14	0.0100	19	0.0136	22	0.0157
						2	-5	-0.0036	0	0.0000	5	0.0036	19	0.0136	20	0.0143	22	0.0157
						3	-3	-0.0021	1	0.0007	6	0.0043	18	0.0129	23	0.0164	26	0.0186
						平均		-0.0038		0.0000		0.0036		0.0122		0.0148		0.0167
307	OPC	〃	P20	0	0.55	1	9	0.0064	10	0.0071	10	0.0071	21	0.0150	24	0.0171	27	0.0193
						2	10	0.0071	12	0.0086	12	0.0086	27	0.0193	32	0.0229	35	0.0250
						3	8	0.0057	10	0.0071	11	0.0079	22	0.0157	26	0.0186	27	0.0193
						平均		0.0064		0.0076		0.0079		0.0167		0.0195		0.0212
308	〃	〃	〃	〃	1.20	1	8	0.0057	19	0.0136	104	0.0743	189	0.1350	238	0.1700	262	0.1871
						2	4	0.0029	20	0.0143	93	0.0664	161	0.1150	215	0.1536	246	0.1757
						3	5	0.0036	23	0.0164	111	0.0793	203	0.1450	269	0.1921	333	0.2379
						平均		0.0041		0.0148		0.0733		0.1317		0.1719		0.2002
309	D4G2	〃	〃	30	1.20	1	1	0.0007	6	0.0043	17	0.0121	32	0.0229	37	0.0264	46	0.0329
						2	2	0.0014	8	0.0057	19	0.0136	35	0.0250	40	0.0286	50	0.0357
						3	5	0.0036	10	0.0071	23	0.0164	46	0.0329	49	0.0350	55	0.0393
						平均		0.0019		0.0057		0.0140		0.0269		0.0300		0.0360
310	〃	〃	〃	40	〃	1	-2	-0.0014	4	0.0029	12	0.0086	26	0.0186	28	0.0200	36	0.0257
						2	-2	-0.0014	3	0.0021	12	0.0086	26	0.0186	27	0.0193	37	0.0264
						3	-3	-0.0021	2	0.0014	10	0.0071	23	0.0164	27	0.0193	35	0.0250
						平均		-0.0016		0.0021		0.0081		0.0179		0.0195		0.0257

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	長さ変化 9ヶ月 長さ変化率	長さ変化 12ヶ月 長さ変化量	長さ変化 12ヶ月 長さ変化率
301	OPC	ZD2 ZI	P40	0	0.55	1	中	止	12	0.0085
						2			30	0.0214
						3			21	0.0150
						平均				0.0150
302	〃	〃	〃	〃	1.20	1	中	止	446	0.3186
						2			433	0.3093
						3			390	0.2786
						平均				0.3022
303	D4G2	〃	〃	30	1.20	1	中	止	82	0.0586
						2			63	0.0450
						3			72	0.0514
						平均				0.0517
304	〃	〃	〃	40	〃	1	中	止	40	0.0286
						2			38	0.0271
						3			41	0.0293
						平均				0.0282
305	〃	〃	〃	50	〃	1	中	止	28	0.0200
						2			43	0.0307
						3			25	0.0179
						平均				0.0229
306	〃	〃	〃	65	〃	1	中	止	47	0.0336
						2			48	0.0343
						3			49	0.0350
						平均				0.0343
307	OPC	〃	P20	0	0.55	1	中	止	21	0.0150
						2			18	0.0129
						3			15	0.0107
						平均				0.0129
308	〃	〃	〃	〃	1.20	1	中	止	283	0.2021
						2			255	0.1821
						3			341	0.2436
						平均				0.2093
309	D4G2	〃	〃	30	1.20	1	中	止	42	0.0300
						2			49	0.0350
						3			51	0.0364
						平均				0.0338
310	〃	〃	〃	40	〃	1	中	止	37	0.0264
						2			41	0.0293
						3			36	0.0257
						平均				0.0271

モルタルバー長さ変化測定値一覧表（その11）

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率	スラグ置換率	アルカリ水増	供試体No	長さ変化											
							2週		1ヶ月		2ヶ月		3ヶ月		4ヶ月		6ヶ月	
							長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率	長さ変化量	長さ変化率
311	D4G2	ZD2	P20	50	1.20	1	4	0.0029	0	0.0000	6	0.0043	17	0.0121	26	0.0186	29	0.0207
						2	2	0.0014	4	0.0029	10	0.0071	21	0.0150	33	0.0236	35	0.0250
						3	1	0.0007	4	0.0029	9	0.0064	20	0.0143	28	0.0200	31	0.0221
						平均		-0.0007		0.0019		0.0059		0.0138		0.0207		0.0226
312	〃	〃	〃	65	〃	1	-17	-0.0121	-13	-0.0093	-9	-0.0064	2	0.0014	6	0.0043	10	0.0071
						2	-12	-0.0086	-7	-0.0050	-3	-0.0021	6	0.0043	14	0.0100	17	0.0121
						3	-20	-0.0143	-12	-0.0086	-9	-0.0064	1	0.0007	8	0.0057	12	0.0086
						平均		-0.0117		-0.0076		-0.0050		0.0021		0.0067		0.0093
						1												
						2												
						3												
						平均												
						1												
						2												
						3												
						平均												
						1												
						2												
						3												
						平均												
						1												
						2												
						3												
						平均												
						1												
						2												
						3												
						平均												
						1												
						2												
						3												
						平均												
						1												
						2												
						3												
						平均												

No.	スラグ種別	骨材種別	反応性骨材率 (%)	スラグ置換率 (%)	アルカリ水準 (%)	供試体No	長さ変化 9ヶ月 長さ変化量	長さ変化 9ヶ月 長さ変化率	長さ変化 12ヶ月 長さ変化量	長さ変化 12ヶ月 長さ変化率
311	D462	ZD2	P20	50	1.20	1	中	止	43	0.0307
						2			47	0.0336
						3			42	0.0300
						平均				0.0314
312	〃	〃	〃	65	〃	1	中	止	9	0.0064
						2			15	0.0107
						3			9	0.0064
						平均				0.0078

巻末資料 3

天然骨材を用いたモルタルバー膨張試験結果

共同研究委員会
担当：鐵鋼スラグ協会

目　　次

1. 試験結果の概要 …… 3－1
2. 骨材の潜在反応性試験結果一化学法 …… 3－1
3. モルタル物理試験結果 …… 3－2
4. モルタルの配合表，フロー値及び空気量の一覧（48配合） …… 3－3
5. 試験所間フロー値の関係 …… 3－5
6. モルタルフロー試験結果 …… 3－6
7. モルタルバー長さ試験結果 …… 3－9
8. スラグ置換率と膨張率の関係（2週，4週，8週，3か月，6か月，9か月） …… 3－14
9. アルカリ量と膨張率の関係（2週，4週，8週，3か月，6か月，9か月） …… 3－15
10. スラグ置換率，OPCのアルカリ水準及び反応性骨材の膨張特性に及ぼす影響一覧 …… 3－20

1. 試験結果の概要

A. 材料は，骨材ZD1，ZD3及び普通ポルトランドセメントを土木研究所より支給された。

B. 配合は土木研究所と同様に水セメント比45%，砂セメント比2.25とした。土木研究所と新日鉄君津のフロー値は，後者の方が大きい値となるので，目標フロー値は181～207とした。

C. セメント中のR_2Oとフロー値の関係は，普通ポルトランドセメントではR_2Oの増加に伴いフロー値は減少するのに対し，高炉スラグ粉末が混入するとR_2Oの増加に伴いフロー値は増大する傾向であった。

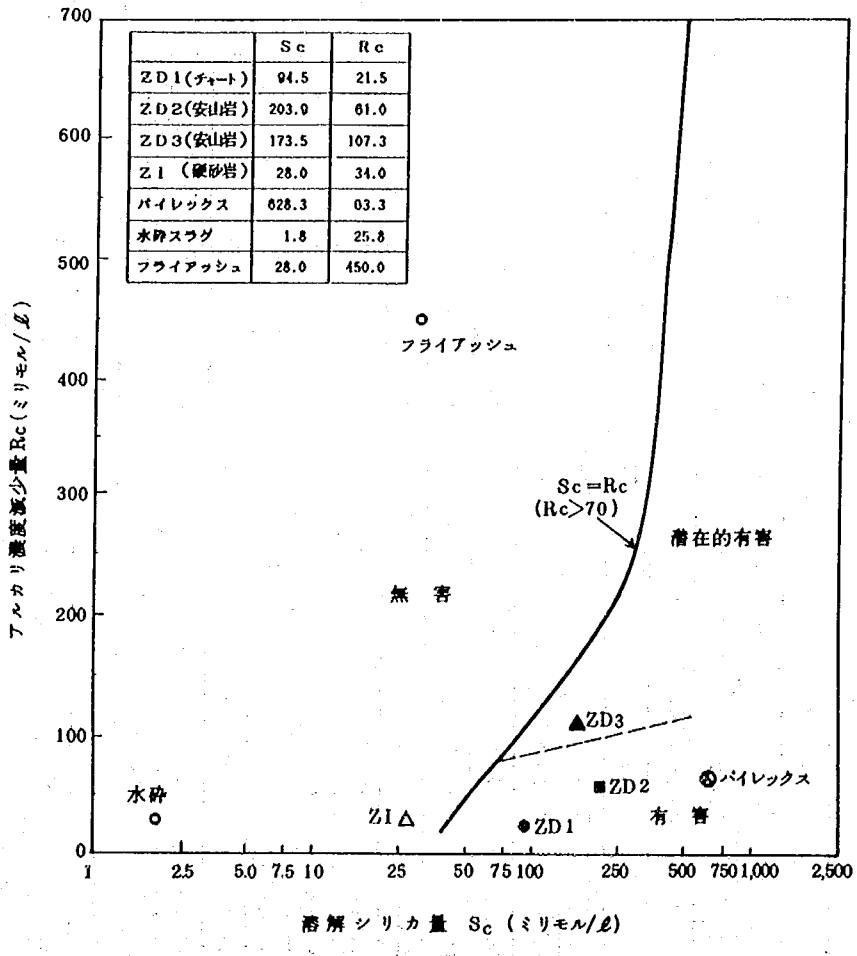
スラグ置換率とフロー値の関係は，置換率30%または40%でピークが認められるものがある。

D. スラグ置換率とモルタルバーの膨張率は，骨材ZD1，ZD3ともスラグ置換率が大きくなると膨張率が小さくなった。

セメント中のR_2O量とモルタルバーの膨張率は，骨材の種類により差があり，試験期間3か月迄はZD1＜ZD3の傾向が認められた。ASTM C 289ではZD3が潜在的有害，ZD1が有害域に属していた。

2. 骨材の潜在反応性試験結果－化学法

	Sc	Rc
ZD1(チャート)	94.5	21.5
ZD2(安山岩)	203.0	61.0
ZD3(安山岩)	173.5	107.3
Z1 (硬砂岩)	28.0	34.0
パイレックス	628.3	03.3
水砕スラグ	1.8	25.8
フライアッシュ	28.0	450.0



アルカリ度低減試験をもとにした骨材の有害度の判定区分
（ASTM C 289）

3. モルタルの物理試験結果

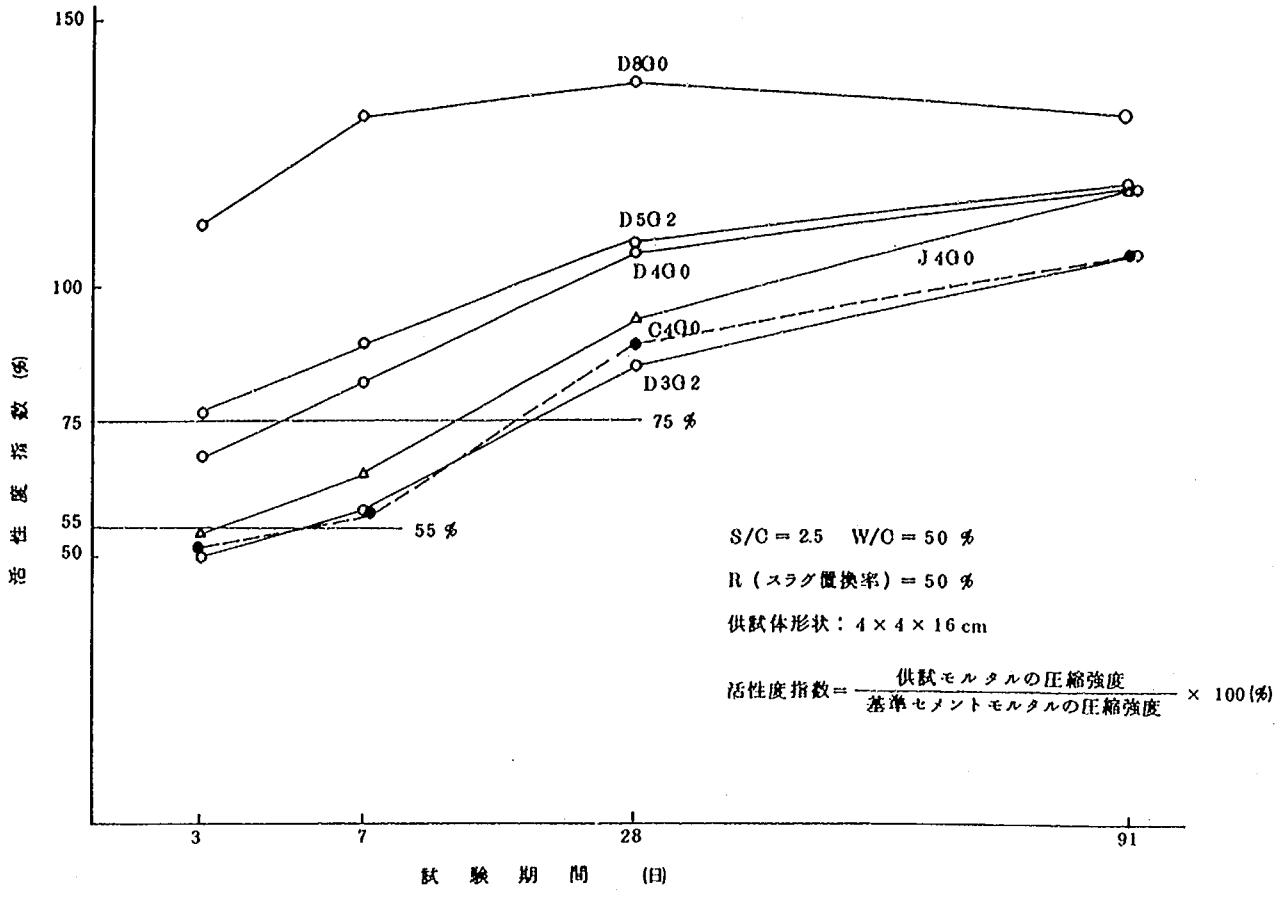
(1) スラグ活性度指数

配合	スラグ	W/C (%)	S/C	フロー値	スラグ活性度指数 (%)				備考
					3日	7日	28日	91日	
R50A6	C4G0	50	2.5	205	50	57	89	106	供試体寸法：4×4×16cm 細骨材 豊浦標準砂：相馬砂＝1：2
〃	J4G0	〃	〃	205	53	65	93	118	
〃	D3G2	〃	〃	192	50	58	85	106	
〃	D4G2	〃	〃	198	68	82	106	118	
〃	D5G2	〃	〃	200	77	88	107	119	
〃	D8G0	〃	〃	209	112	132	138	132	
〃	D4G0	〃	〃	211	68	80	104	118	
R50A9	D4G2	〃	〃	204	74	82	100	110	
R50A12	〃	〃	〃	206	77	87	105	108	
R30A6	〃	〃	〃	197	83	84	102	108	
R40A6	〃	〃	〃	197	78	83	105	118	
R65A6	〃	〃	〃	195	64	84	98	115	
R0A6(OPC)	—	〃	〃	197	100	100	100	100	
R50A6	けい砂粉	〃	〃	190	39	36	39	44	
R50A6	D4G2	〃	〃	198	74	89	108	85	供試体寸法：φ5×10cm 細骨材：同上
R50A6	〃	〃	〃	206	74	91	104	92	
R0A6(OPC)	—	〃	〃	197	100	100	100	100	
R50A6	D4G2	〃	—	191	63	82	104	117	供試体寸法：4×4×16cm 細骨材：同上 フロー値：190±5
R50A12	〃	〃	—	188	71	87	102	103	
R0A6(OPC)	—	〃	—	187	100	100	100	100	
R50A6	D4G2	65	2.0	245	57	71	100	106	供試体寸法：同上 細骨材：豊浦標準砂（JISモルタル）
R50A12	〃	〃	〃	251	71	84	102	110	
R0A6(OPC)	—	〃	〃	247	100	100	100	100	

(2) 強さ試験結果一覧表

（単位：kgf/cm²）

配合	スラグ	3日		7日		28日		91日		備考
		曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	
R50A6	C4G0	30.0	121	42.1	205	64.6	438	78.1	567	供試体寸法：4×4×16cm 細骨材 豊浦標準砂：相馬砂＝1：2
〃	J4G0	27.9	127	43.3	233	68.5	462	83.5	630	
〃	D3G2	28.8	120	40.5	207	65.6	422	77.1	566	
〃	D4G2	39.5	164	53.6	293	72.8	525	n=2 81.7	629	
〃	D5G2	42.0	184	59.1	317	76.7	530	80.1	634	
〃	D8G0	51.8	268	77.0	471	83.1	684	n=2 83.2	704	
〃	D4G0	36.8	164	50.5	285	69.5	513	80.0	628	
R50A9	D4G2	40.6	178	55.0	292	74.4	494	82.6	586	
R50A12	〃	40.7	187	57.8	309	76.8	518	84.2	575	
R30A6	〃	43.6	200	54.9	300	71.9	507	81.9	574	
R40A6	〃	42.4	186	54.8	297	77.2	520	84.7	627	
R55A6	〃	37.3	154	55.7	299	75.3	483	87.7	613	
R0A6(OPC)	—	46.2	240	59.5	357	72.5	495	80.7	533	
R50A6	けい砂粉	23.9	93	34.0	130	45.1	195	50.4	234	
R50A6	D4G2	—	148	—	246	—	446	—	n=3 501	供試体寸法：φ5×10cm 細骨材：同上
R50A12	〃	—	147	—	252	—	431	—	n=2 545	
R0A6(OPC)	—	—	200	—	277	—	n=3 415	—	591	
R50A6	D4G2	35.7	152	52.5	274	71.6	478	83.1	626	供試体寸法：4×4×16cm 細骨材：同上 フロー値：190±5
R50A12	〃	41.2	171	57.5	291	80.0	469	84.3	551	
R0A6(OPC)	—	48.2	242	56.3	335	69.1	460	79.3	534	
R50A6	D4G2	28.2	91	44.2	189	n=2 70.2	411	78.3	516	供試体寸法：同上 細骨材：豊浦標準砂（JISモルタル）
R50A12	〃	30.5	114	43.4	222	76.2	418	88.9	538	
R0A6(OPC)	—	38.4	160	55.8	266	75.1	412	81.5	489	



4. モルタルの配合表及びフロー値，空気量(1)

No.	配合	スラグ種別	バインダー量(g)		水量(g)		骨材(g)		フロー値			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD3	1	2	X	モルタル重量(g)	モルタル単重(g/cm³)	空気量(%)
77	R0 A6 P100	OPC	600	0	270.0	0	1350	—	214	208	211	1105.3	2.197	4.1
78	R0 A9 〃	〃	600	0	247.2	22.8	1350	—	208	208	208	1098.4	2.183	4.7
79	R0 A12 〃	〃	600	0	227.6	42.4	1350	—	198	197	198	1103.8	2.194	4.3
80	R0 A6 〃	〃	600	0	270.0	0	—	1350	201	197	199	1099.9	2.186	4.5
81	R0 A9 〃	〃	600	0	247.2	22.8	—	1350	196	194	195	1084.9	2.156	5.8
82	R0 A12 〃	〃	600	0	227.6	42.4	—	1350	186	182	184	1090.3	2.167	5.3
83	R30A9 〃	D4G2	420	180	254.0	16.0	1350	—	209	205	207	1105.2	2.196	3.6
84	R30A12P100	〃	420	180	240.3	29.7	1350	—	217	214	216	1103.3	2.193	3.8
85	R30A20 〃	〃	420	180	203.9	66.1	1350	—	207	208	208	1099.5	2.185	4.1
86	R40A9 〃	〃	360	240	256.3	13.7	1350	—	208	203	206	1104.4	2.195	3.5
87	R40A12 〃	〃	360	240	244.6	25.4	1350	—	210	204	207	1107.9	2.202	3.2
88	R40A20 〃	〃	360	240	213.3	56.7	1350	—	214	216	215	1108.5	2.203	3.2

特記欄　1. NaOH：2.97N

2. 空気量測定用容器容積　503.2 mℓ

3. アルカリ添加量2.00%(記号A20)の場合は後添加で実施。

モルタルの配合表及びフロー値，空気量(2)

No.	配　合	スラグ種別	バインダー量(g)		水　量 (g)		骨　材 (g)		フロー値			空気量の測定		
			C	S	W	NaOH	ZD1	ZD3	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量 (g)	モルタル単重 (g/cm³)	空気量 (%)
89	R50A9P100	D4G2	300	300	258.6	11.4	1350	—	203	196	200	1106.8	2.200	3.1
90	R50A12 〃	〃	300	300	248.8	21.2	1350	—	204	200	202	1105.2	2.196	3.3
91	R50A20P100	〃	300	300	222.8	47.2	1350	—	213	207	210	1110.6	2.207	2.8
92	R65A9 〃	〃	210	390	262.0	8.0	1350	—	198	193	196	1111.0	2.208	2.5
93	R65A12 〃	〃	210	390	255.2	14.8	1350	—	207	201	204	1111.7	2.209	2.5
94	R65A20 〃	〃	210	390	236.9	33.1	1350	—	210	202	206	1110.2	2.206	2.6
95	R30A9 〃	〃	420	180	254.0	16.0	—	1350	200	114	197	1092.8	2.172	4.6
96	R30A12 〃	〃	420	180	240.3	29.7	—	1350	202	195	199	1093.1	2.172	4.6
97	R30A20 〃	〃	420	180	203.9	66.1	—	1350	202	201	202	1093.5	2.173	4.5
98	R40A9 〃	〃	360	240	256.3	13.7	—	1350	205	199	202	1088.6	2.163	4.8
99	R40A12 〃	〃	360	240	244.6	25.4	—	1350	207	202	205	1094.6	2.175	4.3
100	R40A20 〃	〃	360	240	213.3	56.7	—	1350	211	208	210	1088.0	2.163	4.8
101	R50A9 〃	〃	300	300	258.6	11.4	—	1350	192	183	188	1095.3	2.177	4.0
102	R50A12 〃	〃	300	300	248.8	21.2	—	1350	193	187	190	1091.0	2.168	4.4
103	R50A20 〃	〃	300	300	222.8	47.2	—	1350	199	194	197	1089.2	2.165	4.5
104	R65A9 〃	〃	210	390	262.0	8.0	—	1350	179	173	176	1099.1	2.184	3.4

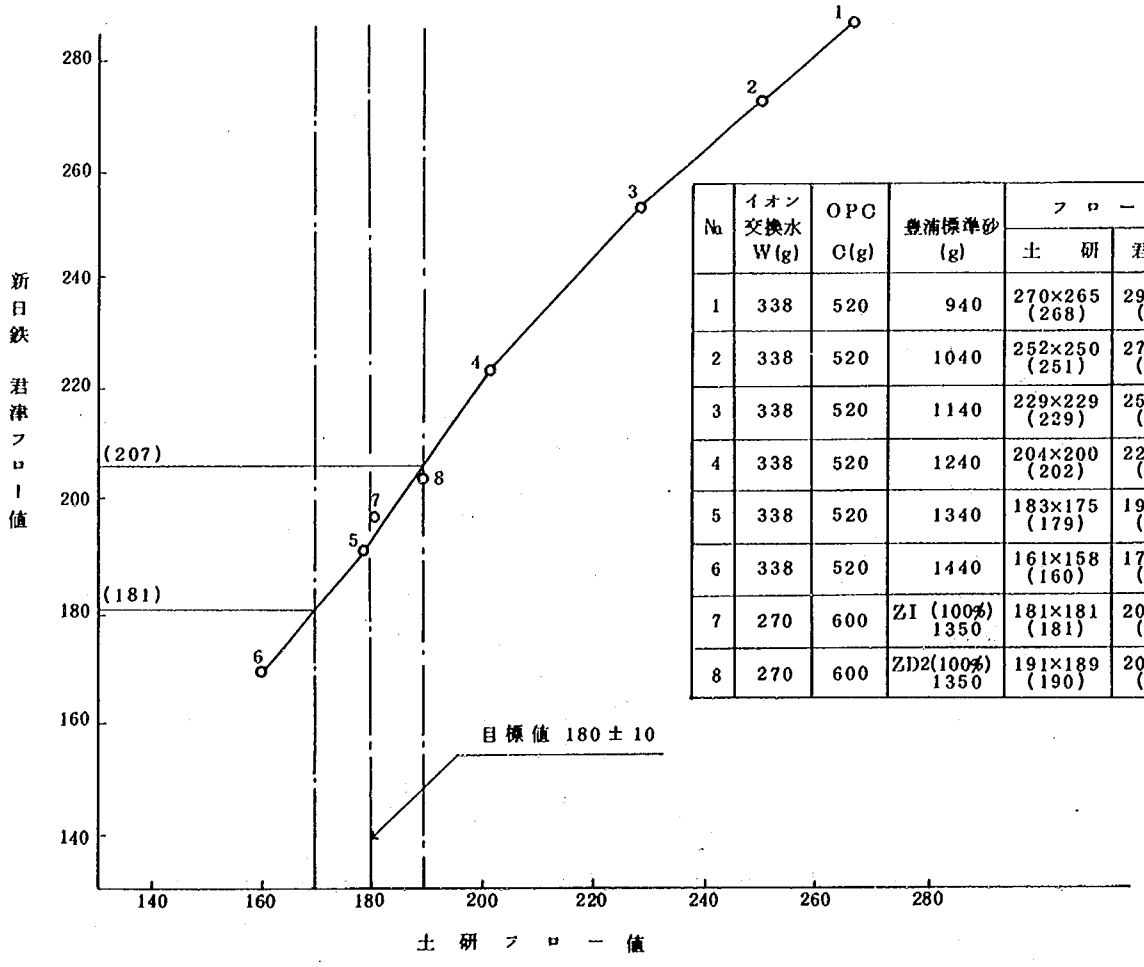
モルタルの配合表及びフロー値，空気量(3)

No.	配　合	スラグ種別	バインダー量(g)		水　量 (g)		骨　材 (g)		フロー値			空気量の測定		
			C	Sg	W	NaOH	ZD1	ZD3	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量 (g)	モルタル単重 (g/cm³)	空気量 (%)
105	R65A12P100	D4G2	210	390	255.2	14.8	—	1350	189	186	188	1097.8	2.182	3.5
106	R65A20 〃	〃	210	390	236.9	33.1	—	1350	210	204	207	1088.8	2.164	4.3
107	R40A12 〃	D3G2	360	240	244.6	25.4	1350	—	216	211	214	1105.2	2.196	3.5
108	R50A12 〃	〃	300	300	248.8	21.2	1350	—	214	207	211	1107.7	2.201	3.1
109	R65A12 〃	〃	210	390	255.2	14.8	1350	—	215	206	211	1106.8	2.200	2.9
110	R40A12 〃	D5G2	360	240	244.6	25.4	1350	—	214	208	211	1106.1	2.198	3.4
111	R50A12 〃	〃	300	300	248.8	21.2	1350	—	213	207	210	1102.5	2.191	3.5
112	R65A12 〃	〃	210	390	255.2	14.8	1350	—	210	200	205	1108.5	2.203	2.7
113	R40A12 〃	D8G0	360	240	244.6	25.4	1350	—	212	209	211	1102.2	2.190	3.8
114	R50A12 〃	〃	300	300	248.8	21.2	1350	—	207	202	205	1104.7	2.195	3.4
115	R65A12 〃	〃	210	390	255.2	14.8	1350	—	198	192	195	1107.6	2.201	2.9
116	R40A12 〃	D4G0	360	240	244.6	25.4	1350	—	210	205	208	1099.3	2.185	4.0
117	R50A12 〃	〃	300	300	248.8	21.2	1350	—	216	212	214	1110.2	2.206	2.9
118	R65A12 〃	〃	210	390	255.2	14.8	1350	—	212	209	211	1106.2	2.198	3.0

モルタルの配合表及びフロー値，空気量(4)

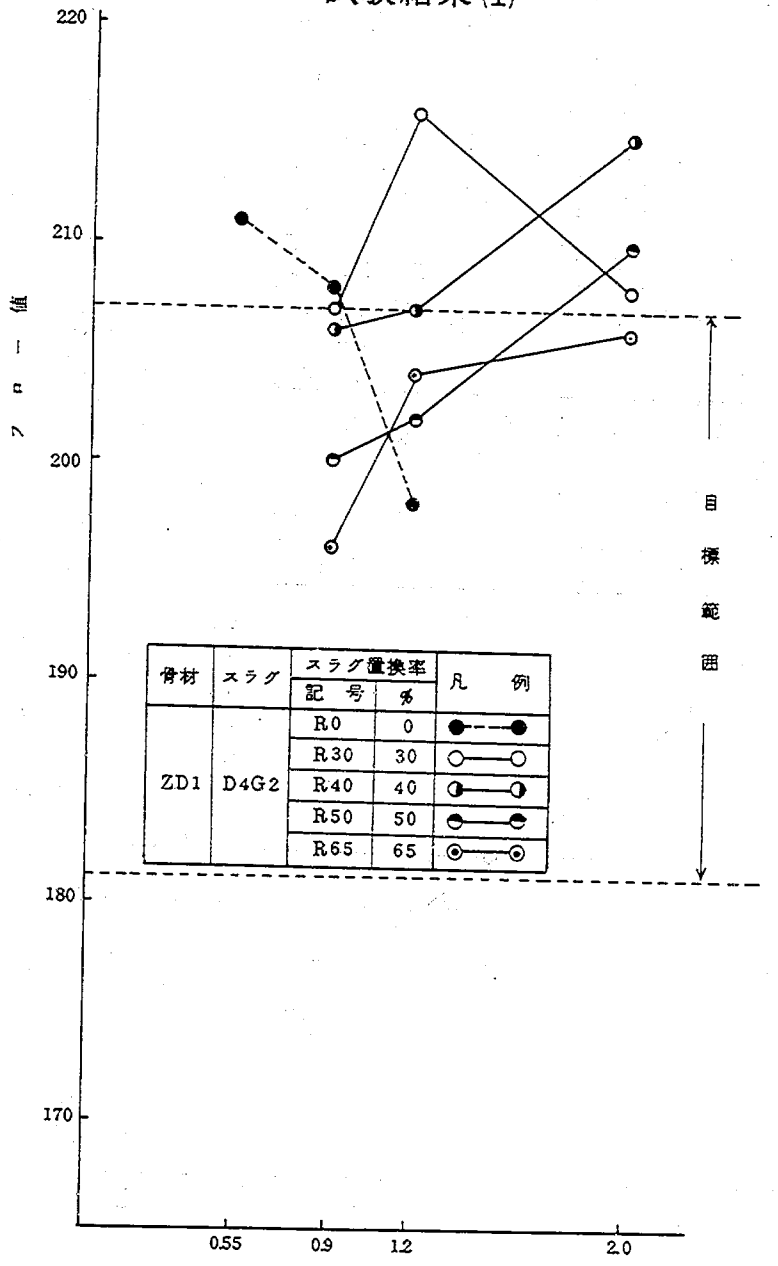
No	配合	スラグ種別	バインダー量(g)		水量(g)		骨材(g)		フロー値			空気量の測定		
			C	Sg	W	NaOH	ZI	ZD2	1	2	$\bar{X}$	モルタル重量(g)	モルタル単重(g/cm³)	空気量(%)
3	R0A12P100	OPC	600	—	228.4	41.6	—	1350	216	210	231	1130.2	2.246	5.4
4	R0A20P100	〃	600	—	177.2	92.8	—	1350	208	201	205	1135.5	2257	4.9
119	R30A12P100	D4G2	420	180	240.9	29.1	1350	—	204	198	201	1110.4	2.207	3.2
120	R40A12P100	〃	360	240	245.0	25.0	1350	—	203	194	199	1113.3	2.212	2.8
121	R50A12P100	〃	300	300	249.2	20.8	1350	—	201	192	197	1111.6	2.209	2.8
122	R65A12P100	〃	210	390	255.4	14.6	1350	—	196	191	194	1108.1	2.202	2.8

5. 土木研究所と新日鉄君津のフロー値の関係



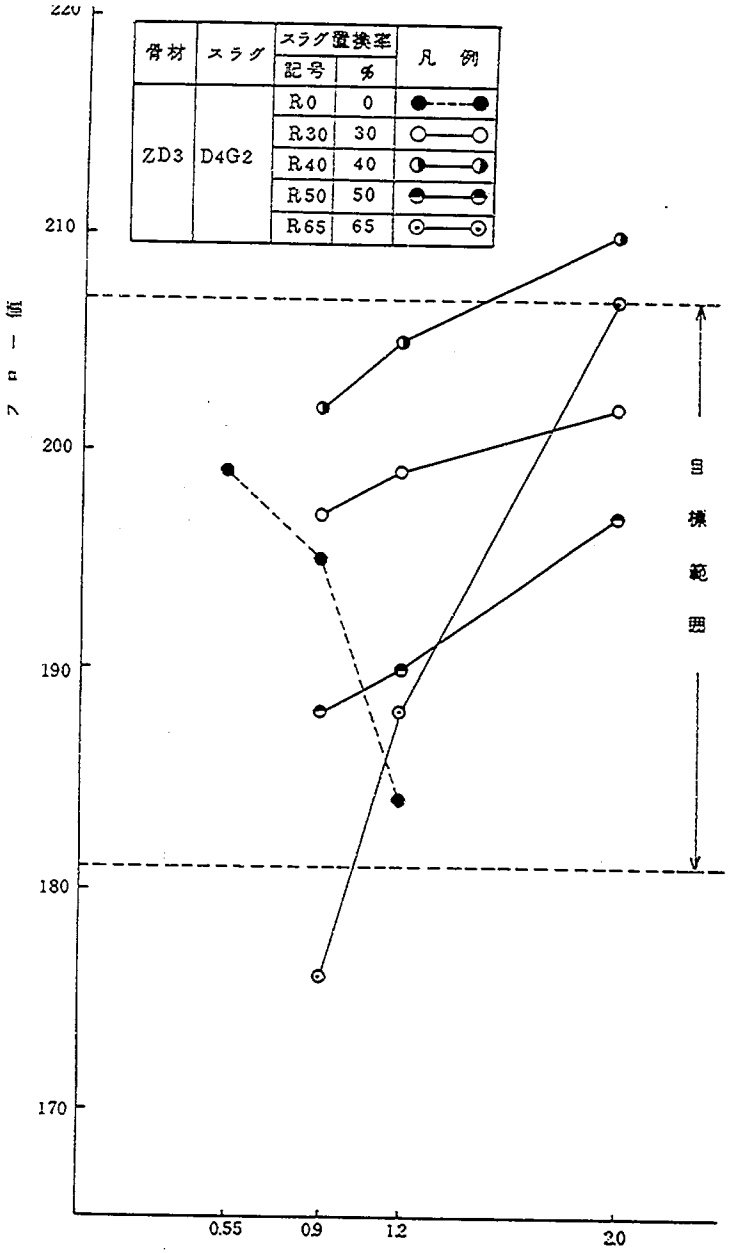
No	イオン交換水 W(g)	OPC C(g)	豊浦標準砂 (g)	フロー値 土研	フロー値 君津	S/C
1	338	520	940	270×265 (268)	292×285 (289)	1.81
2	338	520	1040	252×250 (251)	277×270 (274)	2.00
3	338	520	1140	229×229 (229)	254×256 (225)	2.19
4	338	520	1240	204×200 (202)	227×222 (225)	2.38
5	338	520	1340	183×175 (179)	196×188 (192)	2.58
6	338	520	1440	161×158 (160)	171×168 (170)	2.77
7	270	600	ZI (100%) 1350	181×181 (181)	200×196 (198)	2.25
8	270	600	ZD2(100%) 1350	191×189 (190)	209×200 (205)	2.25

6. モルタルフロー試験結果(1)



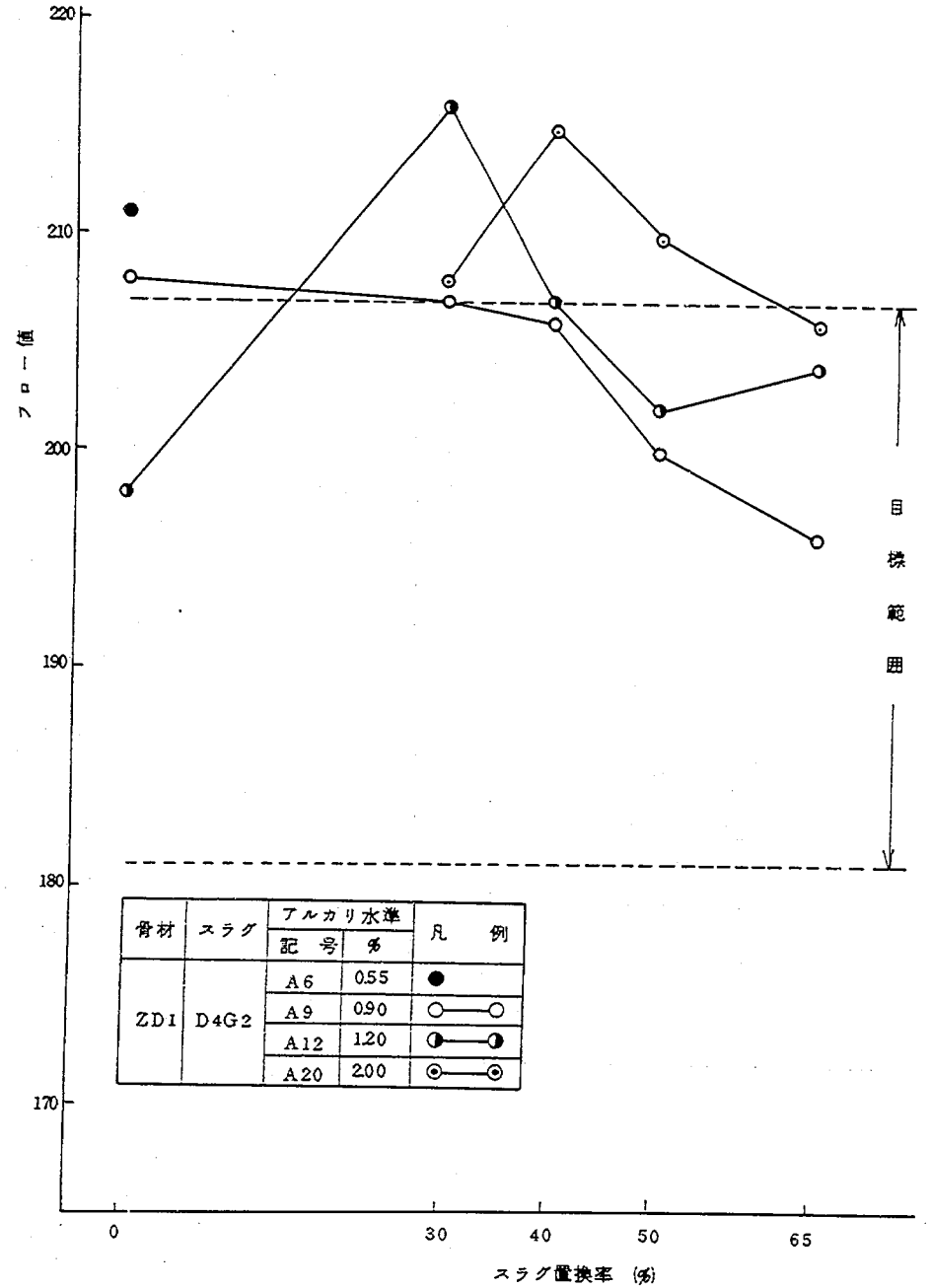
セメント中のR_2O量とフロー値との関係（ZD1, D4G2）

モルタルフロー試験結果(2)



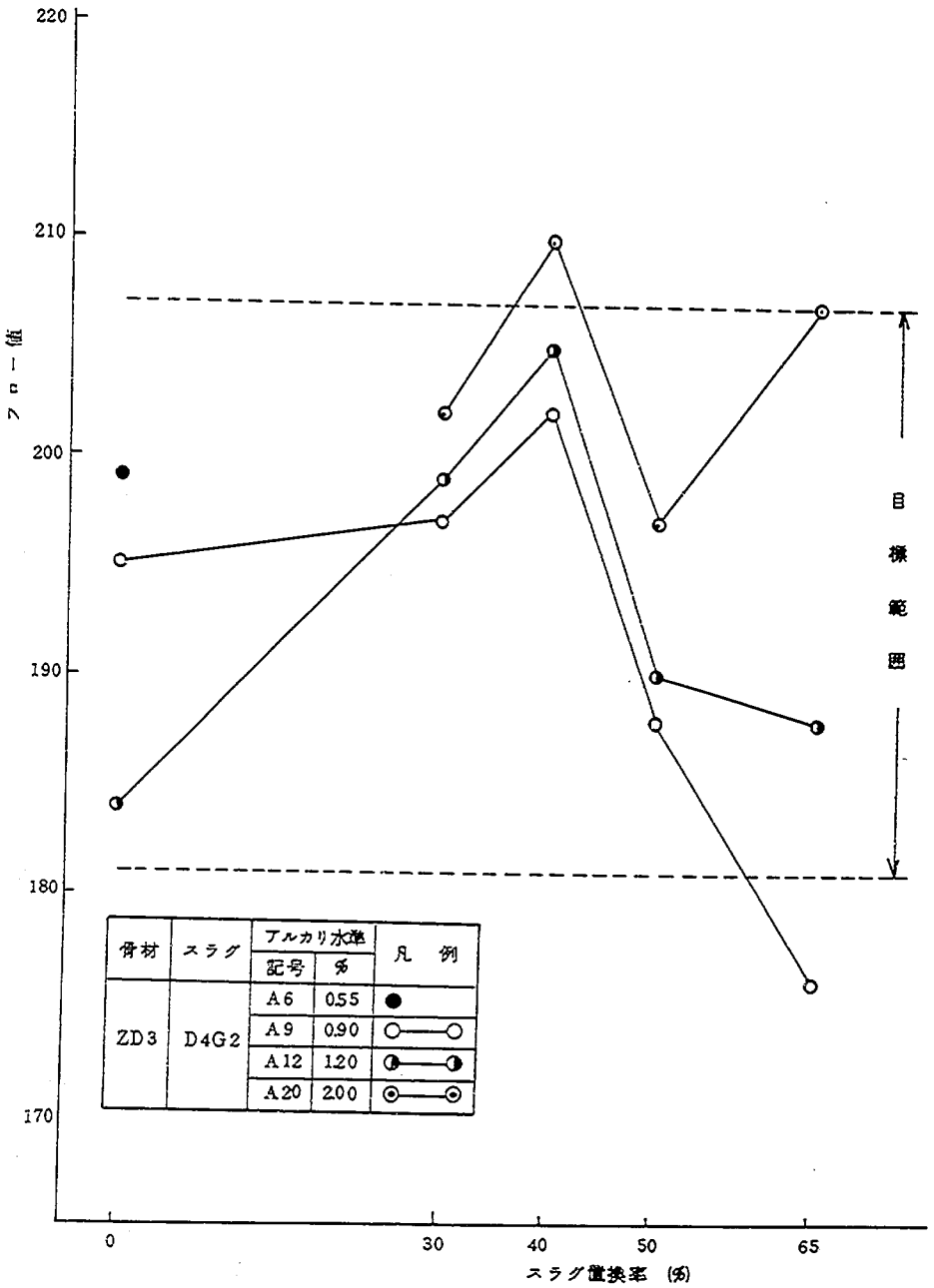
セメント中のR_2O量とフロー値との関係（ZD3, D4G2）

モルタルフロー試験結果(3)



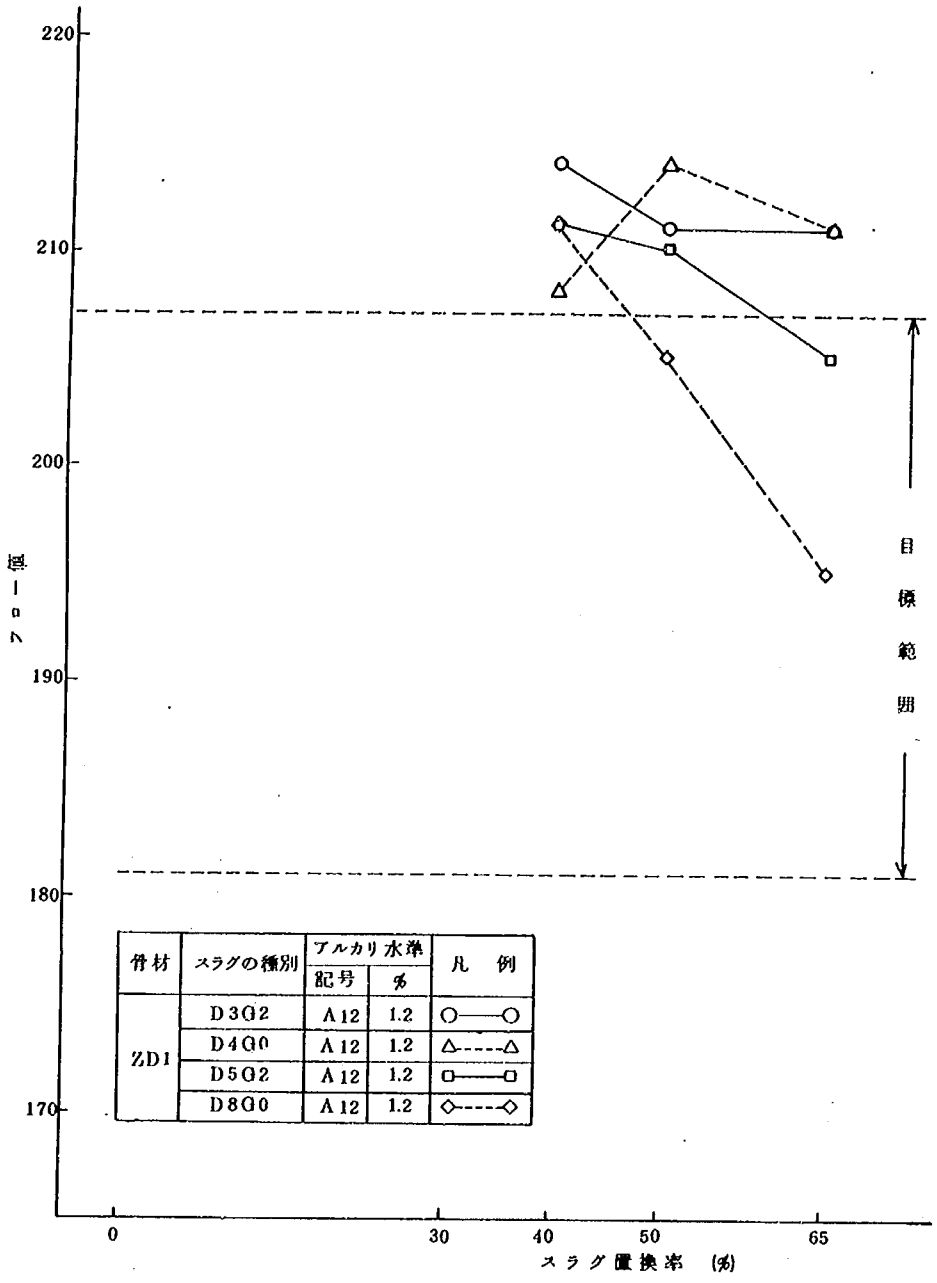
スラグ置換率とフロー値との関係（ZD1, D4G2 の場合）

モルタルフロー試験結果(4)



スラグ置換率とフロー値との関係（ZD3, D4G2 の場合）

モルタルフロー試験結果(5)

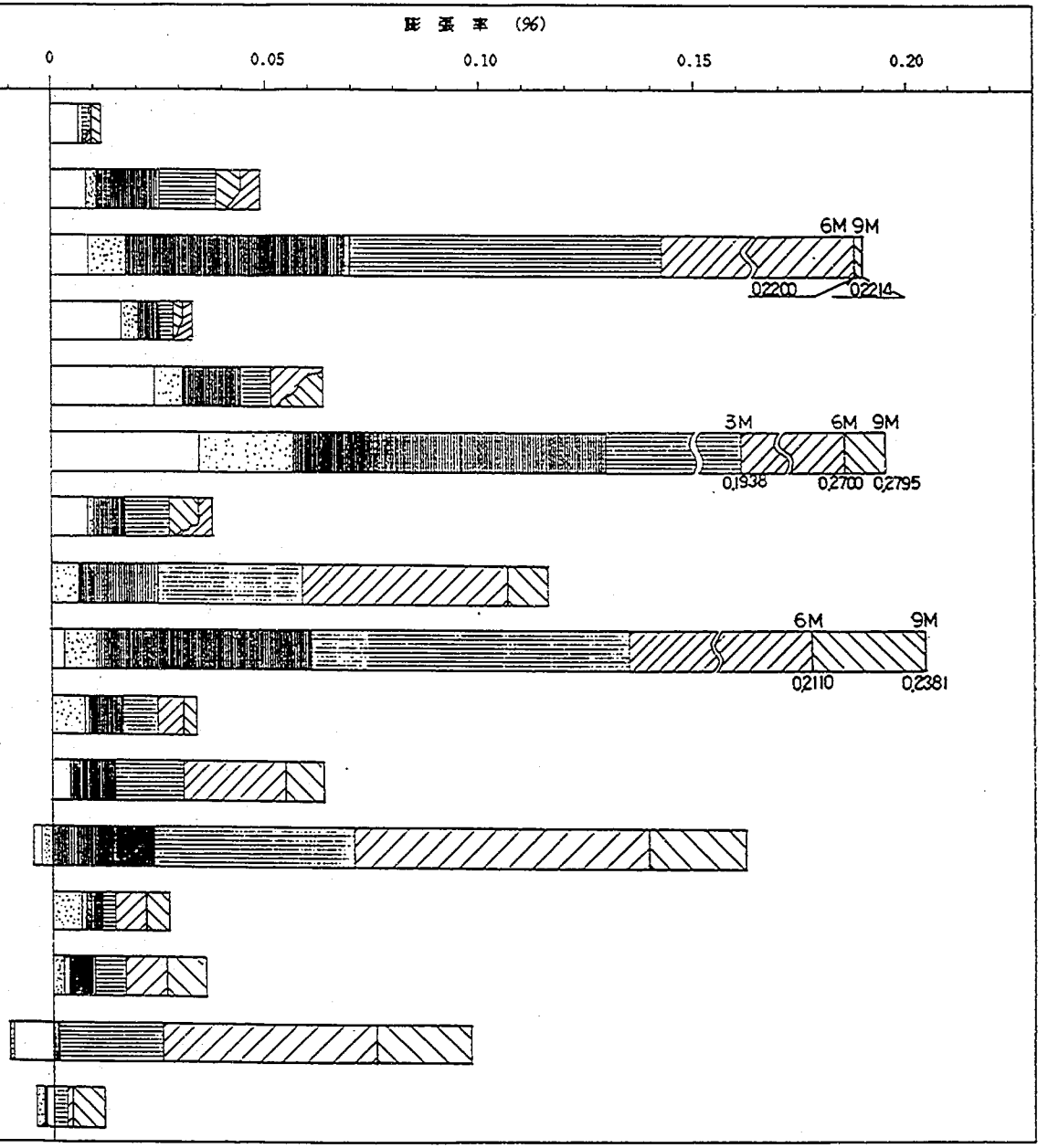


骨材	スラグの種別	アルカリ水準 記号	アルカリ水準 %	凡例
ZD1	D3G2	A12	1.2	○——○
	D4G0	A12	1.2	△----△
	D5G2	A12	1.2	□——□
	D8G0	A12	1.2	◇----◇

スラグ置換率とフロー値との関係（ZD1—D3G2，D4G0，D5G2，D8G0の場合）

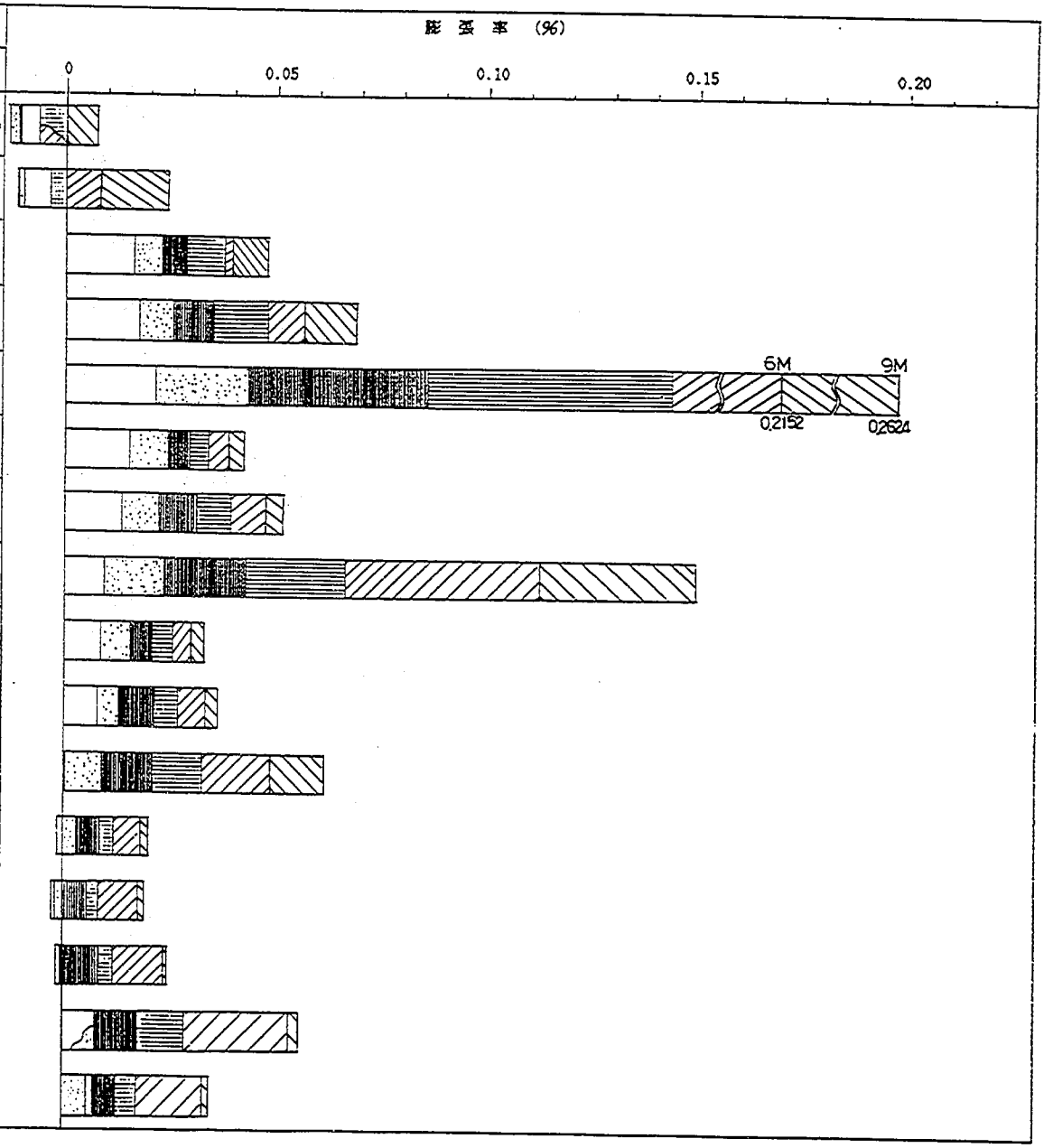
7. モルタルバー長さ試験結果(1)

No	骨材	スラグ種類	配合	膨張率 (%)					
				2 W	4 W	8 W	3 M	6 M	9 M
77	ZD1	OPC	R0A0P100	0.0064	0.0076	0.0098	0.0083	0.0119	0.0081
78	〃	〃	R0A9P100	0.0081	0.0107	0.0252	0.0386	0.0491	0.0448
79	〃	〃	R0A12P100	0.0088	0.0174	0.0697	0.1428	0.2200	0.2214
80	ZD3	〃	R0A0P100	0.0162	0.0202	0.0252	0.0283	0.0329	0.0305
81	〃	〃	R0A9P100	0.0241	0.0307	0.0441	0.0516	0.0631	0.0631
82	〃	〃	R0A12P100	0.0345	0.0564	0.1293	0.1938	0.2700	0.2795
83	ZD1	D4G2	R30A9P100	0.0083	0.0100	0.0171	0.0274	0.0374	0.0341
84	〃	〃	R30A12P100	0.0064	0.0062	0.0248	0.0586	0.1062	0.1155
85	〃	〃	R30A20P100	0.0029	0.0103	0.0605	0.1348	0.2110	0.2381
86	〃	〃	R40A9P100	0.0088	0.0074	0.0164	0.0247	0.0305	0.0333
87	〃	〃	R40A12P100	0.0050	0.0043	0.0148	0.0305	0.0543	0.0631
88	〃	〃	R40A20P100	-0.0043	-0.0026	0.0238	0.0703	0.1391	0.1614
89	〃	〃	R50A9P100	0.0079	0.0069	0.0117	0.0148	0.0214	0.0269
90	〃	〃	R50A12P100	0.0038	0.0026	0.0100	0.0169	0.0262	0.0352
91	〃	〃	R50A20P100	-0.0095	-0.0102	0.0012	0.0252	0.0752	0.0972
92	〃	〃	R65A9P100	-0.0019	-0.0041	-0.0024	0.0031	0.0043	0.0119



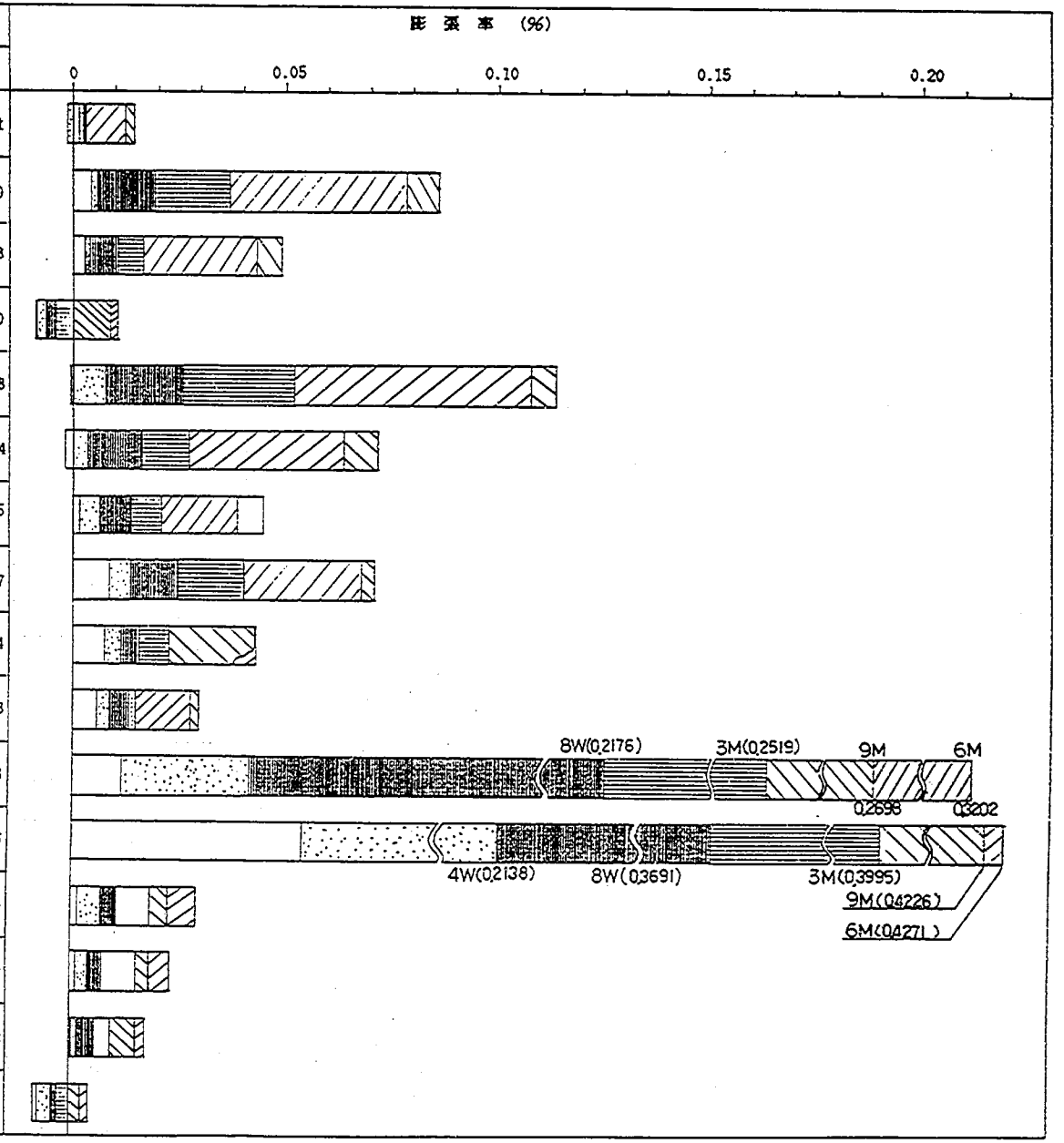
モルタルバー長さ試験結果(2)

No	骨材	スラグ種類	配合	膨張率 (%) 2W	4W	8W	3M	6M	9M
93	ZD1	D4G2	R65A12P100	-0.0109	-0.0133	-0.0114	-0.0067	-0.0067	0.0074
94	〃	〃	R65A20P100	-0.0100	-0.0112	-0.0114	-0.0038	0.0081	0.0245
95	ZD3	〃	R30A9P100	0.0162	0.0229	0.0286	0.0374	0.0398	0.0483
96	〃	〃	R30A12P100	0.0176	0.0255	0.0350	0.0479	0.0567	0.0686
97	〃	〃	R30A20P100	0.0212	0.0435	0.0859	0.1433	0.2152	0.2624
98	〃	〃	R40A9P100	0.0152	0.0243	0.0297	0.0340	0.0390	0.0424
99	〃	〃	R40A12P100	0.0138	0.0226	0.0312	0.0395	0.0474	0.0516
100	〃	〃	R40A20P100	0.0093	0.0236	0.0429	0.0662	0.1124	0.1491
101	〃	〃	R50A9P100	0.0088	0.0157	0.0207	0.0257	0.0300	0.0329
102	〃	〃	R50A12P100	0.0079	0.0129	0.0212	0.0289	0.0333	0.0362
103	〃	〃	R50A20P100	0.0002	0.0090	0.0209	0.0326	0.0490	0.0617
104	〃	〃	R65A9P100	-0.0014	0.0031	0.0086	0.0119	0.0184	0.0202
105	〃	〃	R65A12P100	-0.0024	-0.0019	0.0057	0.0080	0.0179	0.0181
106	〃	〃	R65A20P100	-0.0015	-0.0005	0.0083	0.0117	0.0240	0.0243
107	ZD1	D3G2	R40A12P100	0.0078	0.0078	0.0176	0.0288	0.0531	0.0552
108	〃	〃	R50A12P100	0.0071	0.0057	0.0126	0.0174	0.0331	0.0341

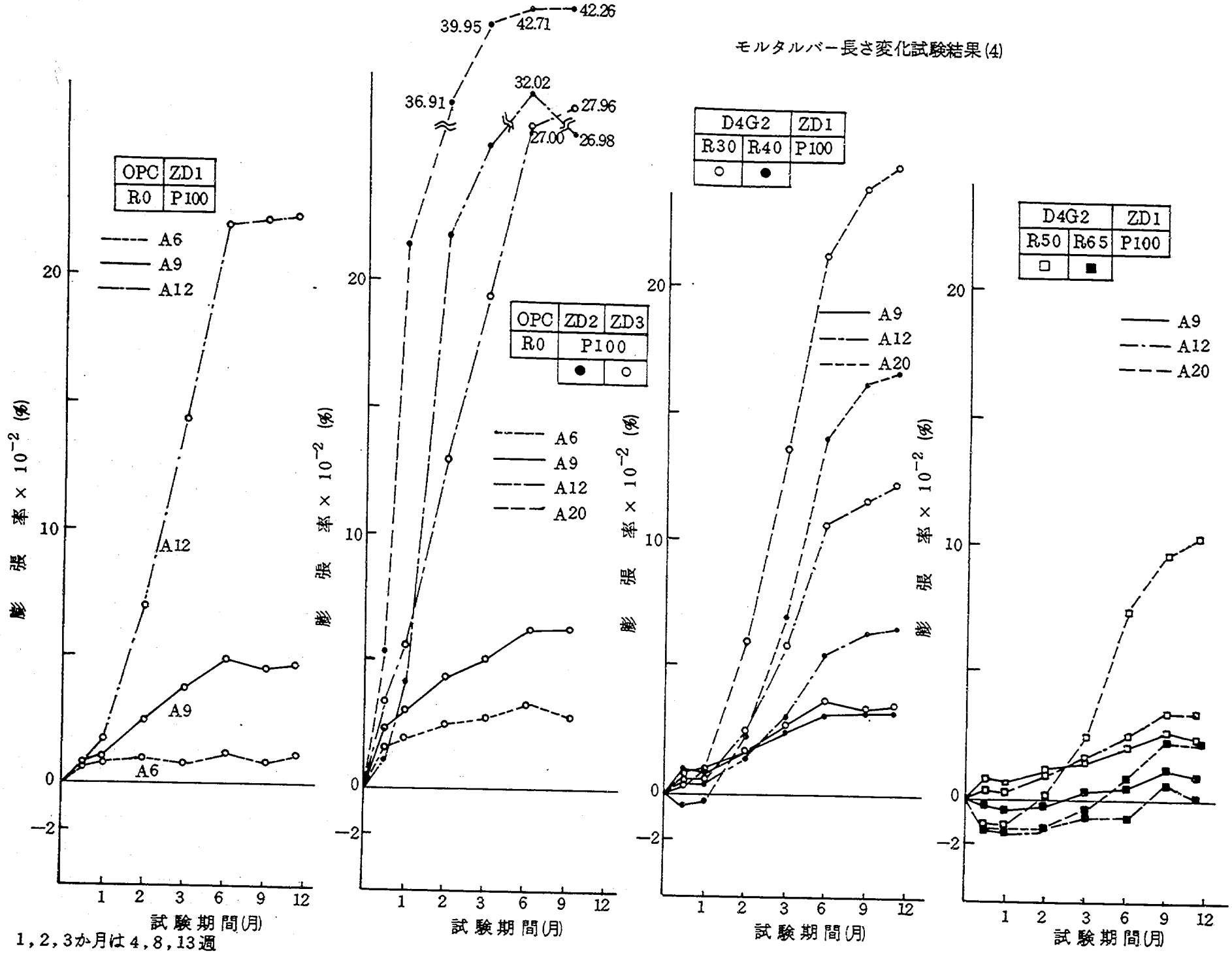


モルタルバー長さ試験結果(3)

No	骨材	スラグ種類	配合	膨張率 (%)					
				2 W	4 W	8 W	3 M	6 M	9 M
109	ZD1	D3G2	R65A12P100	0.0012	-0.0012	0.0029	0.0024	0.0121	0.0141
110	〃	D5G2	R40A12P100	0.0043	0.0057	0.0190	0.0364	0.0781	0.0860
111	〃	〃	R50A12P100	0.0026	0.0028	0.0105	0.0162	0.0428	0.0488
112	〃	〃	R65A12P100	-0.0091	-0.0088	-0.0066	-0.0043	0.0105	0.0090
113	〃	D8G0	R40A12P100	-0.0005	0.0074	0.0255	0.0519	0.1078	0.1138
114	〃	〃	R50A12P100	-0.0019	0.0034	0.0159	0.0271	0.0636	0.0714
115	〃	〃	R65A12P100	0.0014	0.0062	0.0134	0.0207	0.0388	0.0445
116	〃	D4G0	R40A12P100	0.0086	0.0134	0.0245	0.0400	0.0674	0.0707
117	〃	〃	R50A12P100	0.0074	0.0112	0.0155	0.0222	0.0426	0.0424
118	〃	〃	R65A12P100	0.0057	0.0086	0.0131	0.0148	0.0274	0.0293
3	ZD2	OPC	R0A12P100	0.0116	0.0414	0.2176	0.2519	0.3202	0.2698
4	〃	〃	R0A20P100	0.0541	0.2138	0.3691	0.3995	0.4271	0.4226
119	ZI	D4G2	R30A12P100	0.0014	0.0071	0.0107	0.0188	0.0293	0.0226
120	〃	〃	R40A12P100	0.0012	0.0041	0.0076	0.0157	0.0231	0.0186
121	〃	〃	R50A12P100	0.0002	0.0014	0.0059	0.0098	0.0176	0.0155
122	〃	〃	R65A12P100	-0.0086	-0.0076	-0.0041	-0.0029	0.0045	0.0026

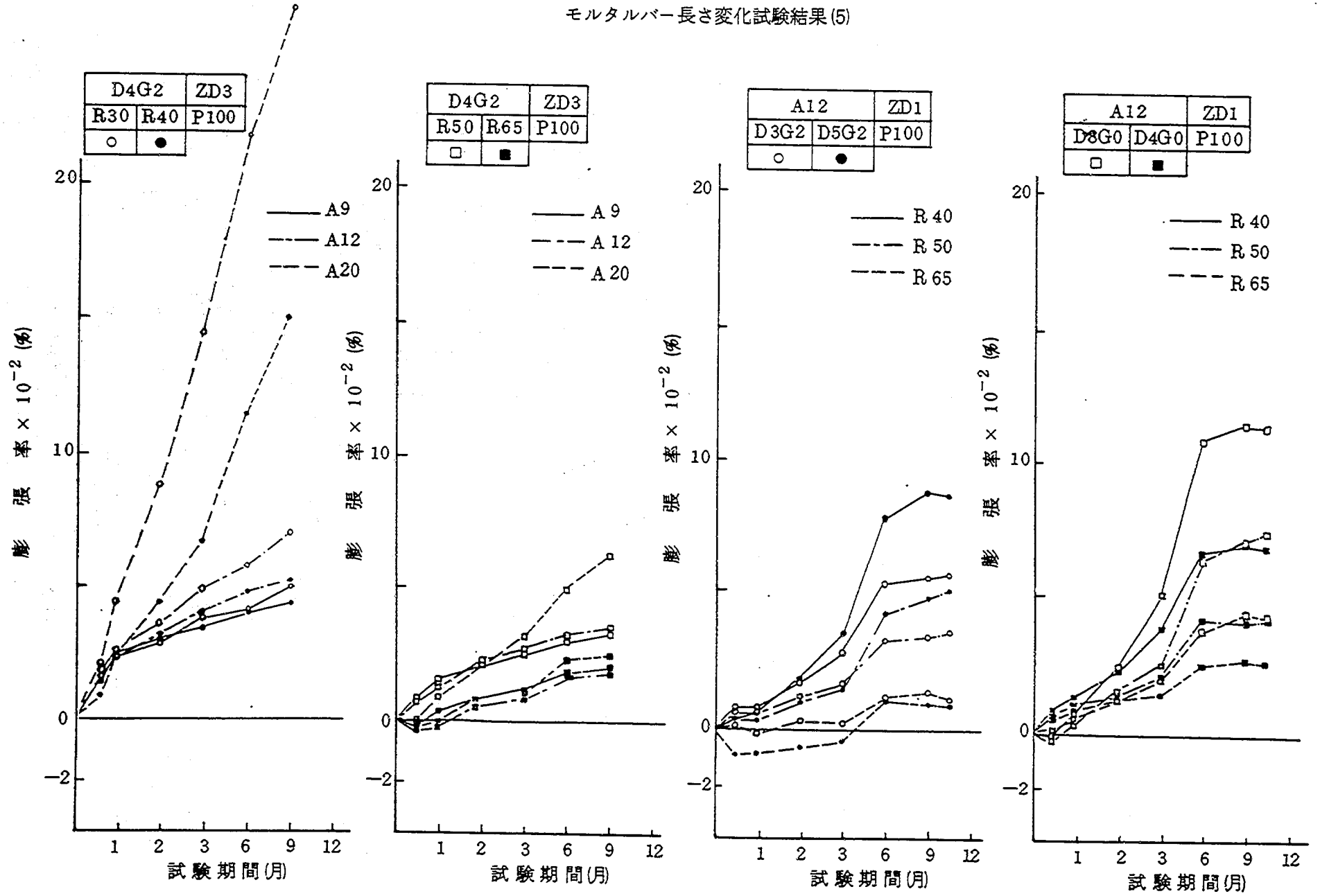


モルタルバー長さ変化試験結果(4)



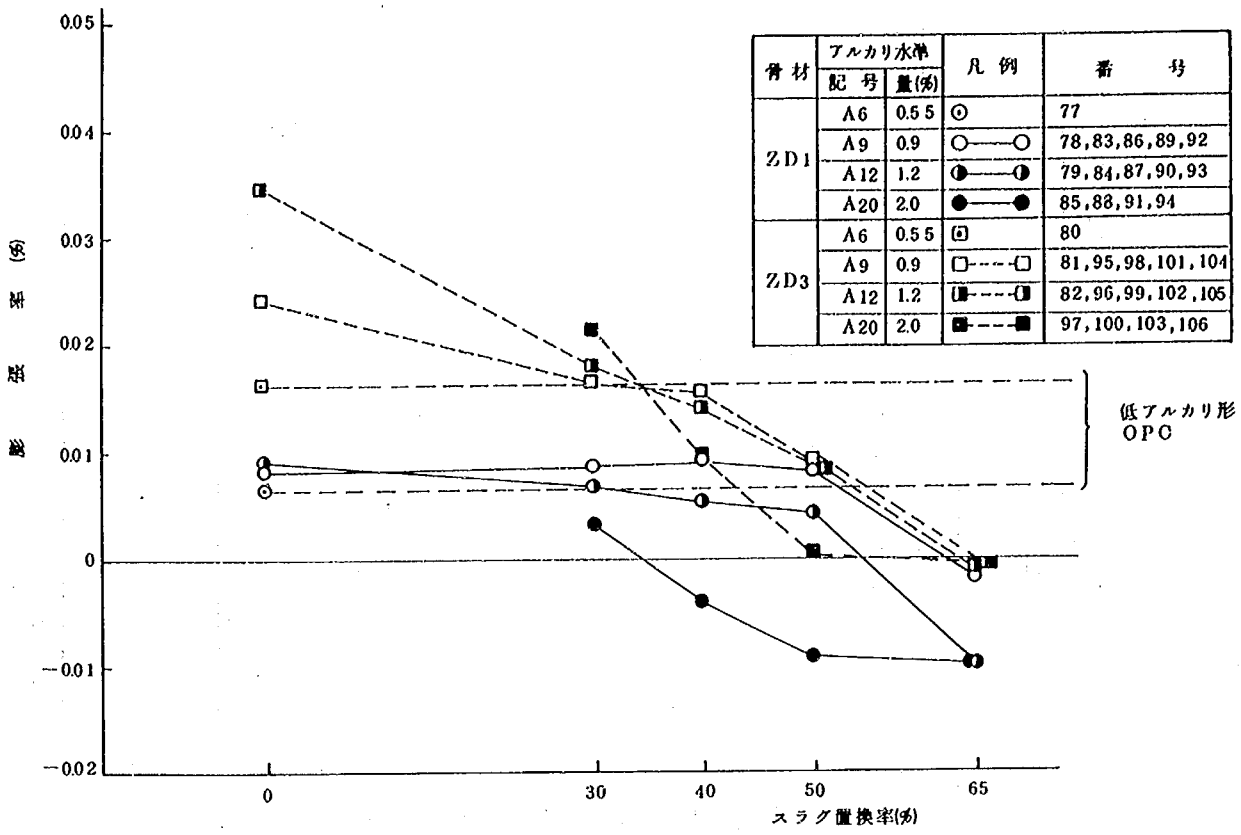
1，2，3か月は4，8，13週

モルタルバー長さ変化試験結果(5)



8. スラグ置換率と膨張率の関係

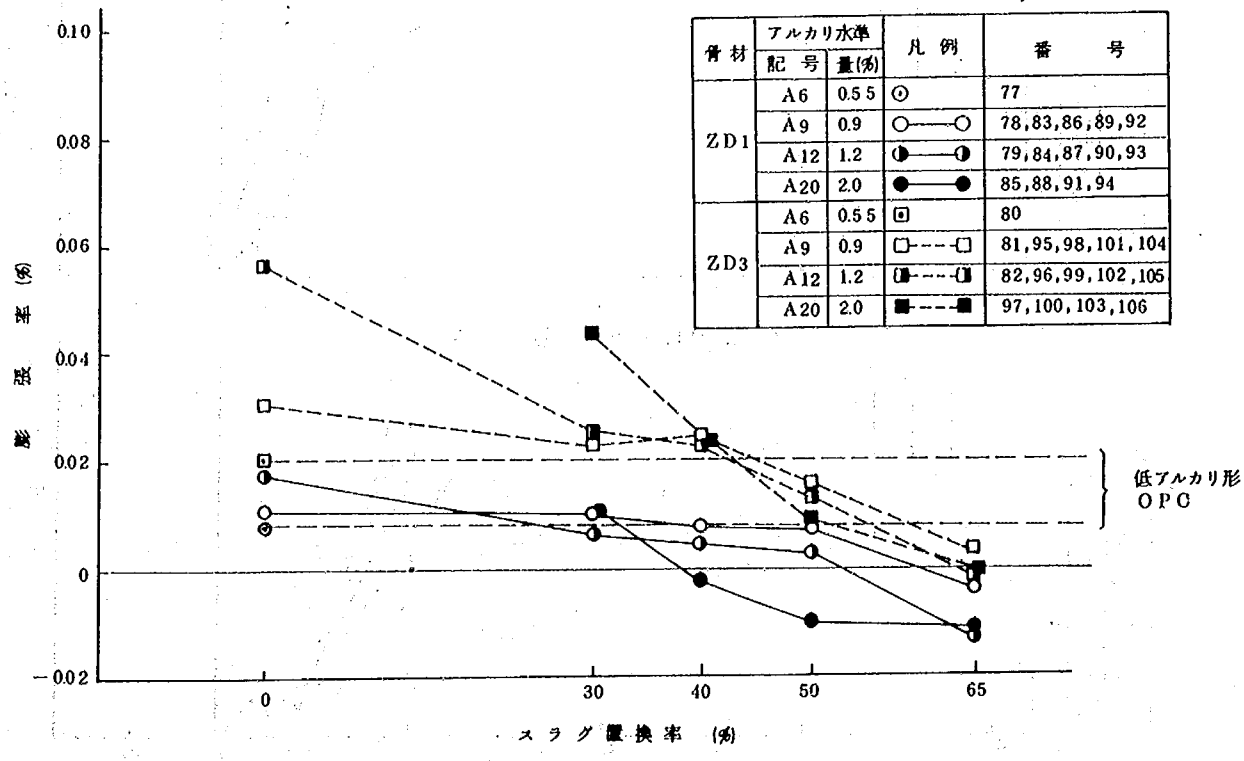
1) 試験期間2週



骨材	アルカリ水準 記号	アルカリ水準 量(%)	凡例	番号
ZD1	A6	0.55	⊙	77
	A9	0.9	○—○	78,83,86,89,92
	A12	1.2	◑—◑	79,84,87,90,93
	A20	2.0	●—●	85,88,91,94
ZD3	A6	0.55	⊡	80
	A9	0.9	□---□	81,95,98,101,104
	A12	1.2	◧---◨	82,96,99,102,105
	A20	2.0	■---■	97,100,103,106

試験期間2週におけるスラグ置換率と膨張率との関係（D4G2の場合）

2) 試験期間4週

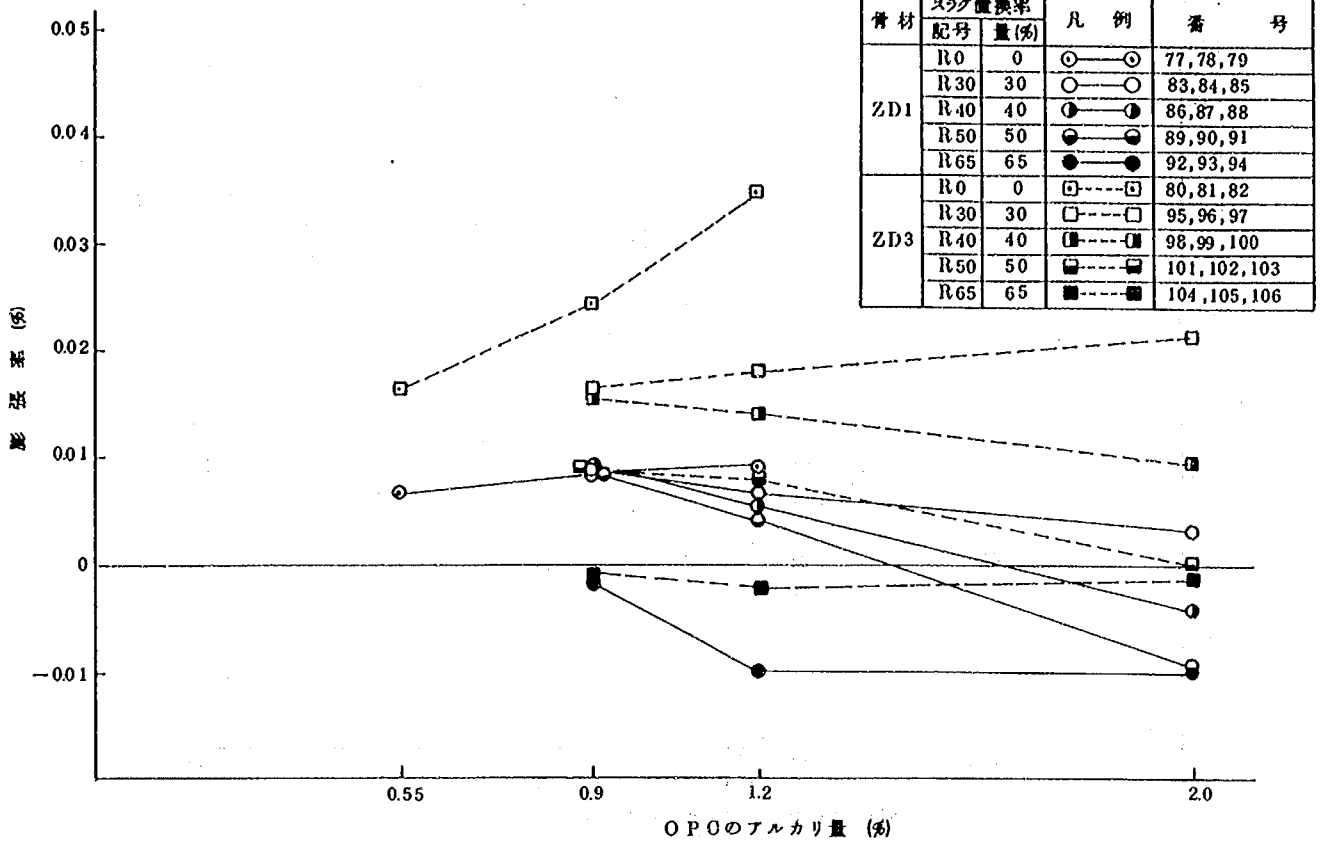


骨材	アルカリ水準 記号	アルカリ水準 量(%)	凡例	番号
ZD1	A6	0.55	⊙	77
	A9	0.9	○—○	78,83,86,89,92
	A12	1.2	◑—◑	79,84,87,90,93
	A20	2.0	●—●	85,88,91,94
ZD3	A6	0.55	⊡	80
	A9	0.9	□---□	81,95,98,101,104
	A12	1.2	◧---◨	82,96,99,102,105
	A20	2.0	■---■	97,100,103,106

試験期間4週におけるスラグ置換率と膨張率の関係（D4G2）

9. アルカリ量と膨張率の関係

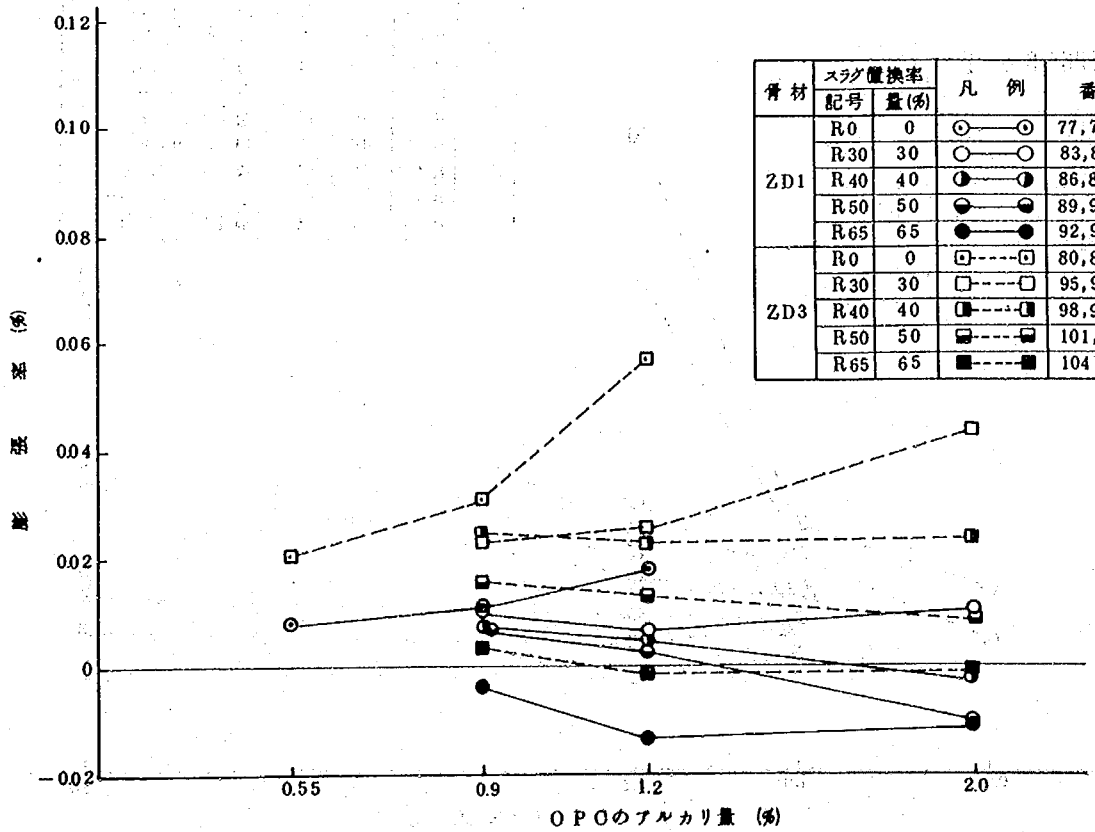
1) 試験期間2週



骨材	スラグ置換率 記号	量(%)	凡例	番号
ZD1	R0	0	⊙—⊙	77,78,79
	R30	30	○—○	83,84,85
	R40	40	◑—◑	86,87,88
	R50	50	◒—◒	89,90,91
	R65	65	●—●	92,93,94
ZD3	R0	0	⊡----⊡	80,81,82
	R30	30	□----□	95,96,97
	R40	40	◧----◧	98,99,100
	R50	50	▣----▣	101,102,103
	R65	65	■----■	104,105,106

試験期間2週におけるアルカリ量と膨張率との関係（D4G2の場合）

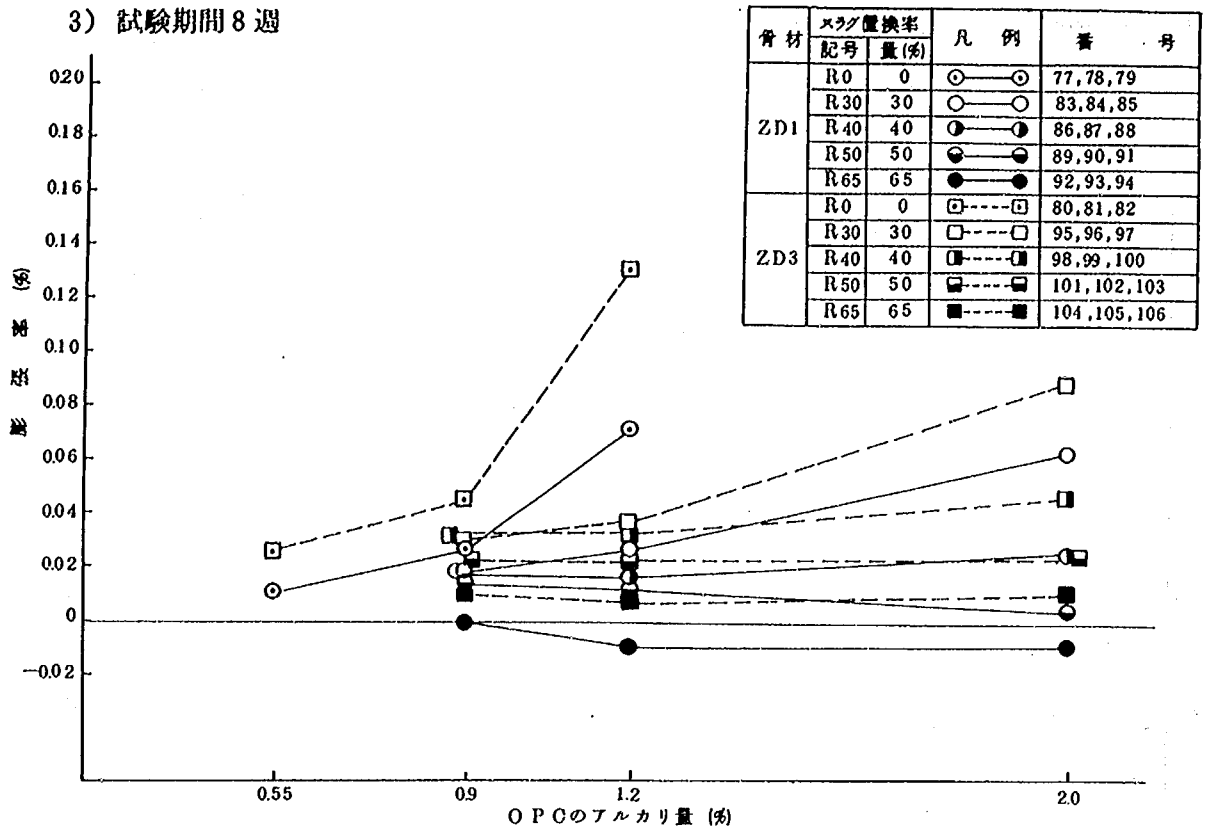
2) 試験期間4週



骨材	スラグ置換率 記号	量(%)	凡例	番号
ZD1	R0	0	⊙—⊙	77,78,79
	R30	30	○—○	83,84,85
	R40	40	◑—◑	86,87,88
	R50	50	◒—◒	89,90,91
	R65	65	●—●	92,93,94
ZD3	R0	0	⊡----⊡	80,81,82
	R30	30	□----□	95,96,97
	R40	40	◧----◧	98,99,100
	R50	50	▣----▣	101,102,103
	R65	65	■----■	104,105,106

試験期間4週におけるアルカリ量と膨張率の関係（D4G2の場合）

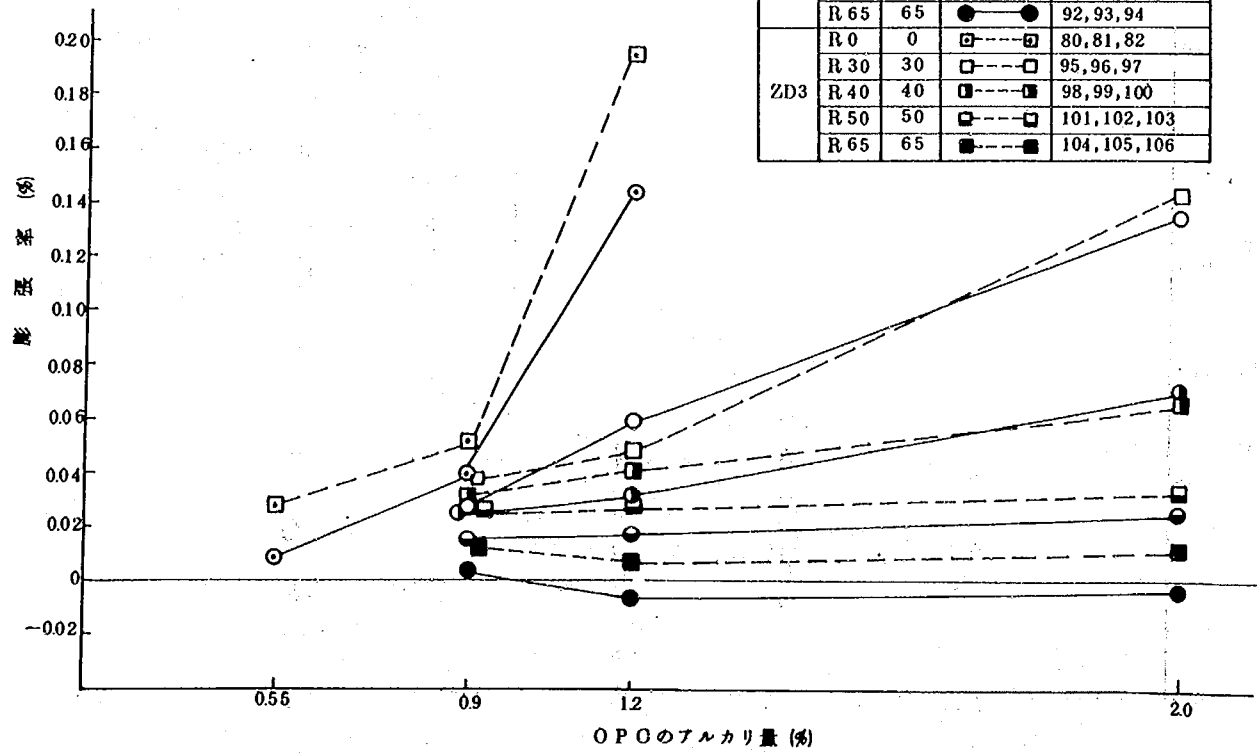
3） 試験期間８週



骨材	スラグ置換率 記号	量(%)	凡例	番号
ZD1	R0	0	⊙—⊙	77,78,79
	R30	30	○—○	83,84,85
	R40	40	◑—◑	86,87,88
	R50	50	◒—◒	89,90,91
	R65	65	●—●	92,93,94
ZD3	R0	0	⊡----⊡	80,81,82
	R30	30	□----□	95,96,97
	R40	40	◧----◧	98,99,100
	R50	50	◒----◒	101,102,103
	R65	65	■----■	104,105,106

試験期間８週におけるアルカリ量と膨張率の関係（Ｄ４Ｇ２の場合）

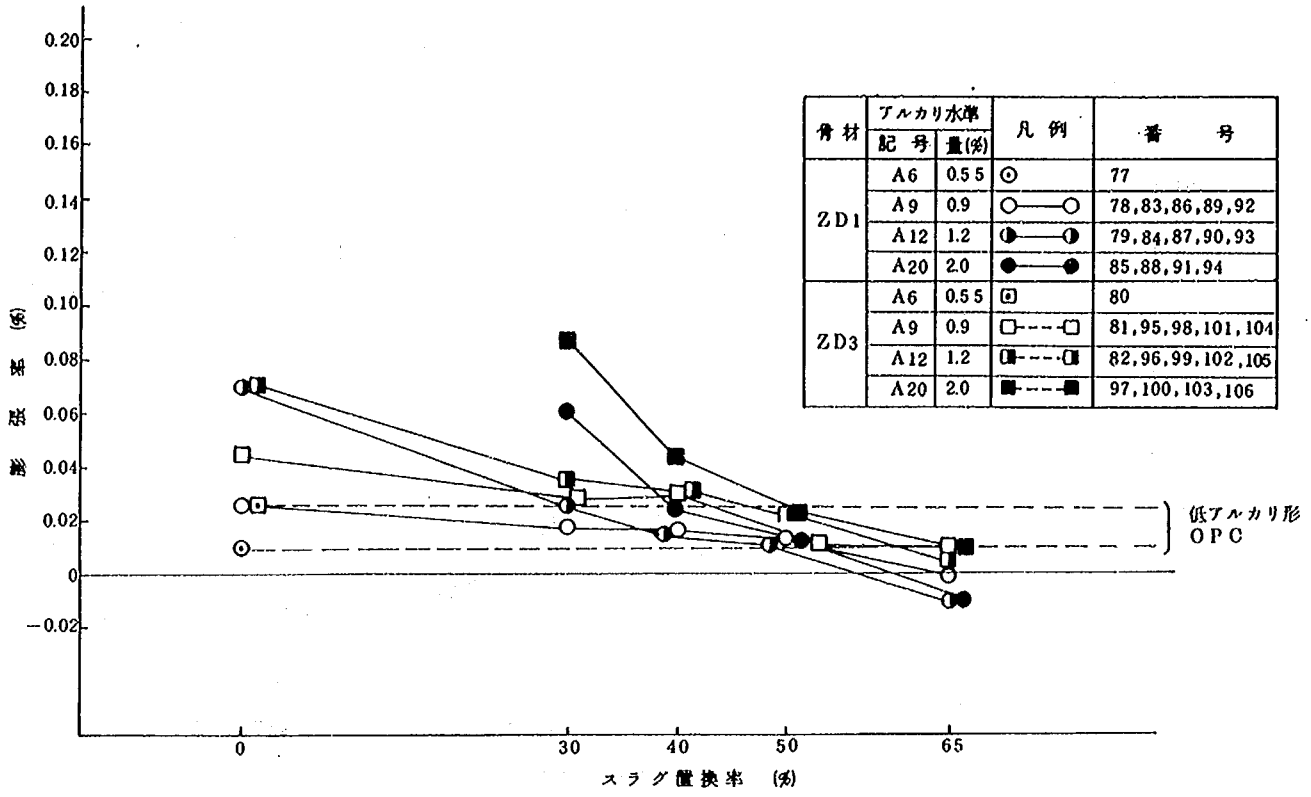
4） 試験期間３か月



骨材	スラグ置換率 記号	量(%)	凡例	番号
ZD1	R0	0	⊙—⊙	77,78,79
	R30	30	○—○	83,84,85
	R40	40	◑—◑	86,87,88
	R50	50	◒—◒	89,90,91
	R65	65	●—●	92,93,94
ZD3	R0	0	⊡----⊡	80,81,82
	R30	30	□----□	95,96,97
	R40	40	◧----◧	98,99,100
	R50	50	◒----◒	101,102,103
	R65	65	■----■	104,105,106

試験期間３か月におけるアルカリ量と膨張率の関係（Ｄ４Ｇ２の場合）

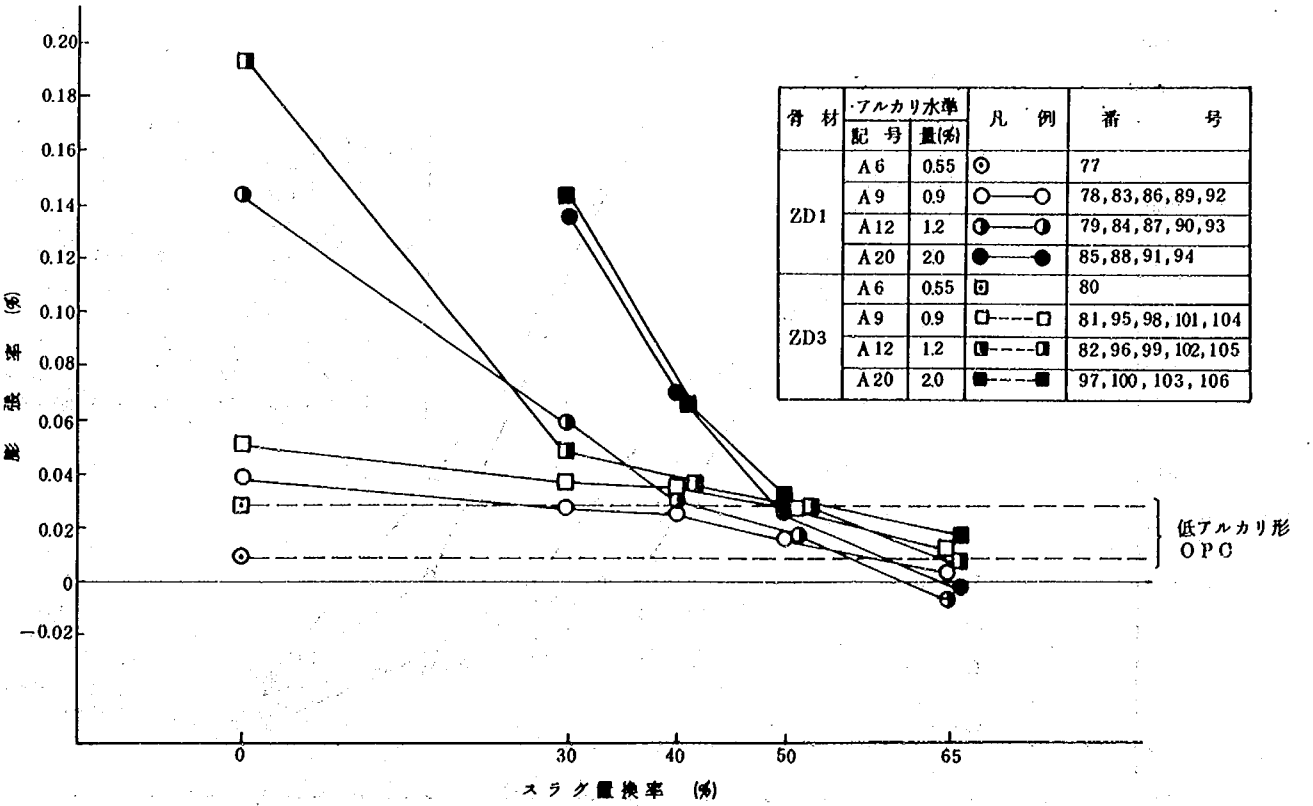
3） 試験期間 8 週



骨材	アルカリ水準 記号	量(%)	凡例	番号
ZD1	A6	0.55	⊙	77
	A9	0.9	○—○	78,83,86,89,92
	A12	1.2	◑—◑	79,84,87,90,93
	A20	2.0	●—●	85,88,91,94
ZD3	A6	0.55	⊡	80
	A9	0.9	□----□	81,95,98,101,104
	A12	1.2	◨----◨	82,96,99,102,105
	A20	2.0	■----■	97,100,103,106

試験期間 8 週におけるスラグ置換率と膨張率の関係（ D4G2 ）

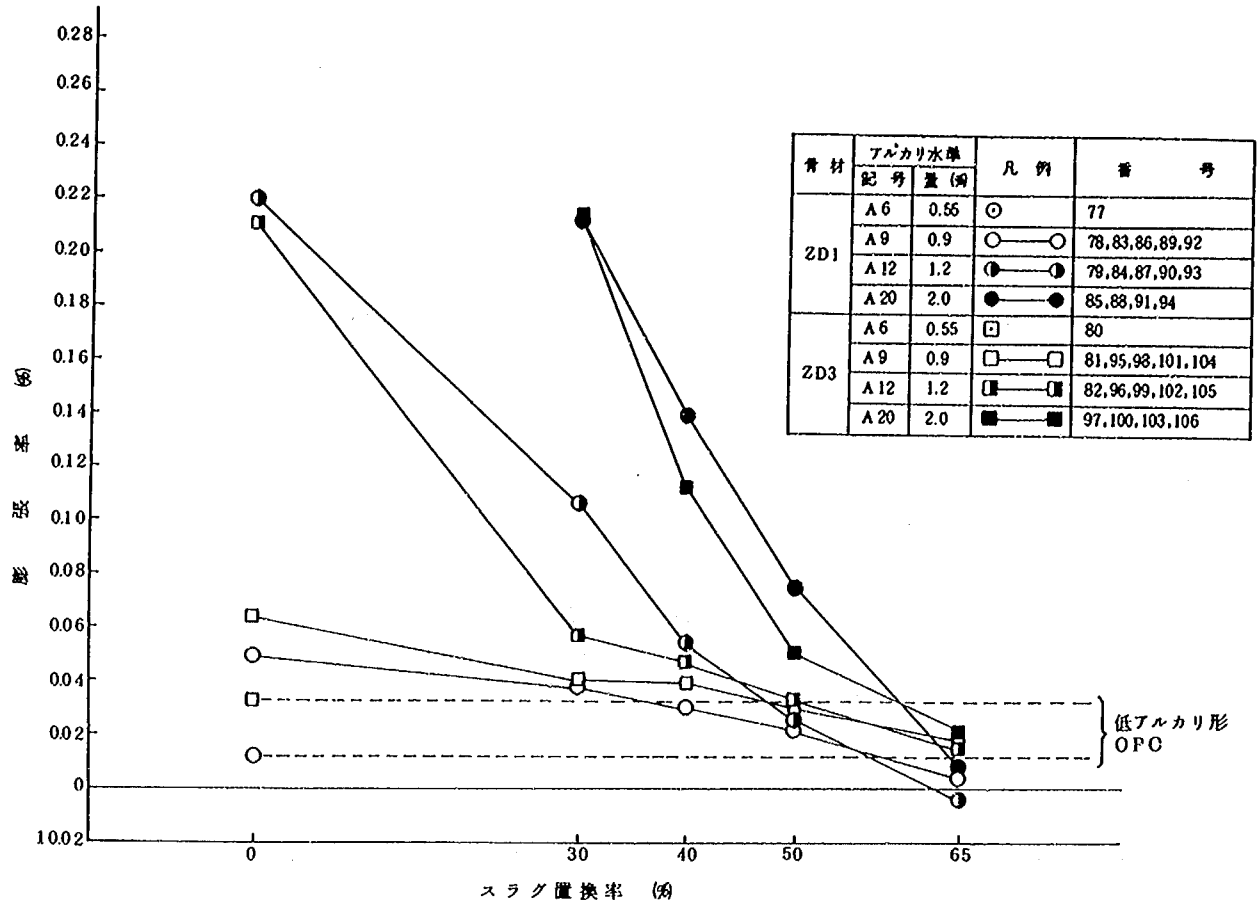
4） 試験期間 3 か月



骨材	アルカリ水準 記号	量(%)	凡例	番号
ZD1	A6	0.55	⊙	77
	A9	0.9	○—○	78,83,86,89,92
	A12	1.2	◑—◑	79,84,87,90,93
	A20	2.0	●—●	85,88,91,94
ZD3	A6	0.55	⊡	80
	A9	0.9	□----□	81,95,98,101,104
	A12	1.2	◨----◨	82,96,99,102,105
	A20	2.0	■----■	97,100,103,106

試験期間 3 か月におけるスラグ置換率と膨張率の関係（ D4G2 ）

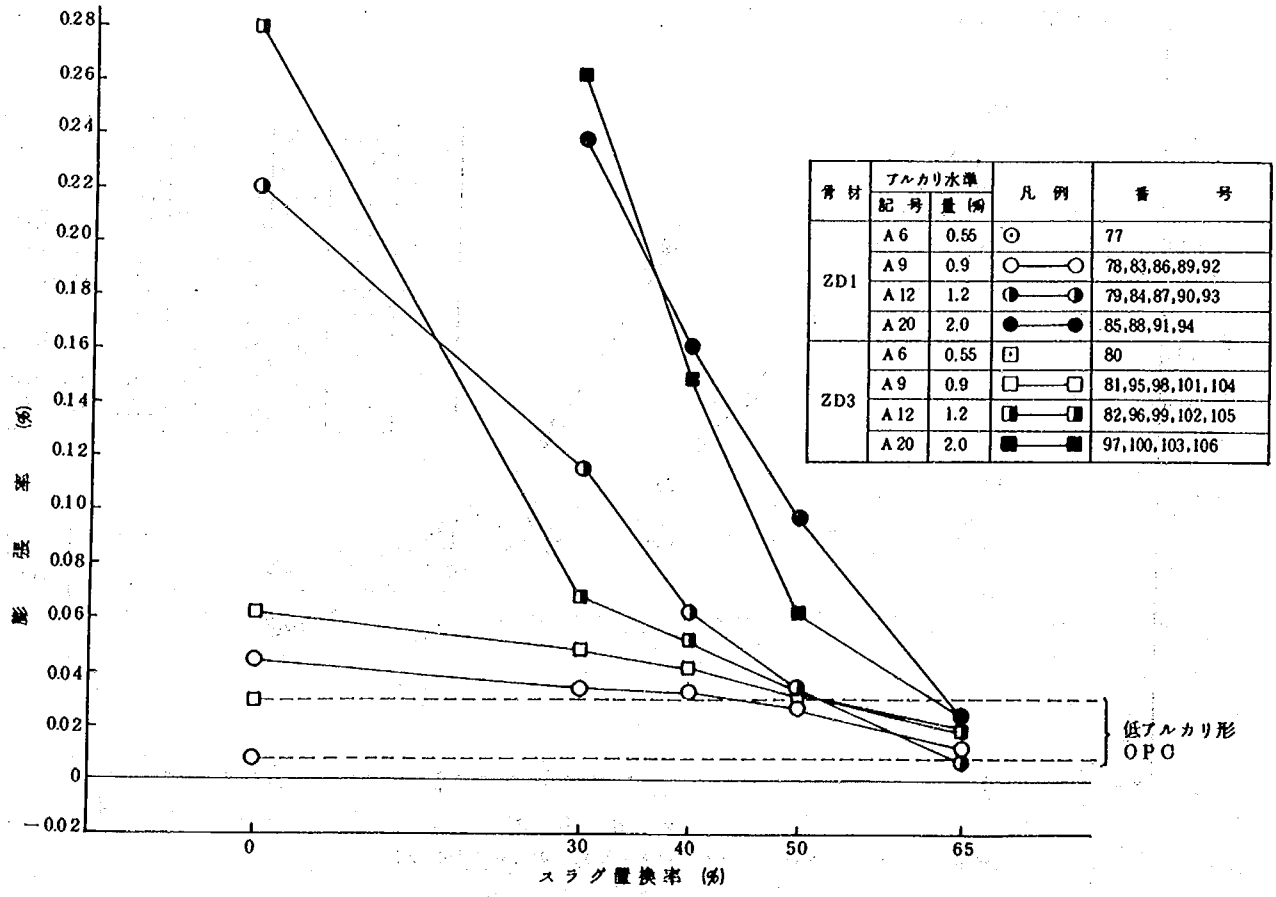
5） 試験期間 6 か月



骨材	アルカリ水準 記号	量 (%)	凡例	番号
ZD1	A6	0.55	⊙	77
	A9	0.9	○—○	78,83,86,89,92
	A12	1.2	◑—◑	79,84,87,90,93
	A20	2.0	●—●	85,88,91,94
ZD3	A6	0.55	⊡	80
	A9	0.9	□—□	81,95,98,101,104
	A12	1.2	◧—◧	82,96,99,102,105
	A20	2.0	■—■	97,100,103,106

試験期間 6 か月におけるスラグ置換率と膨張率の関係 （D4G2）

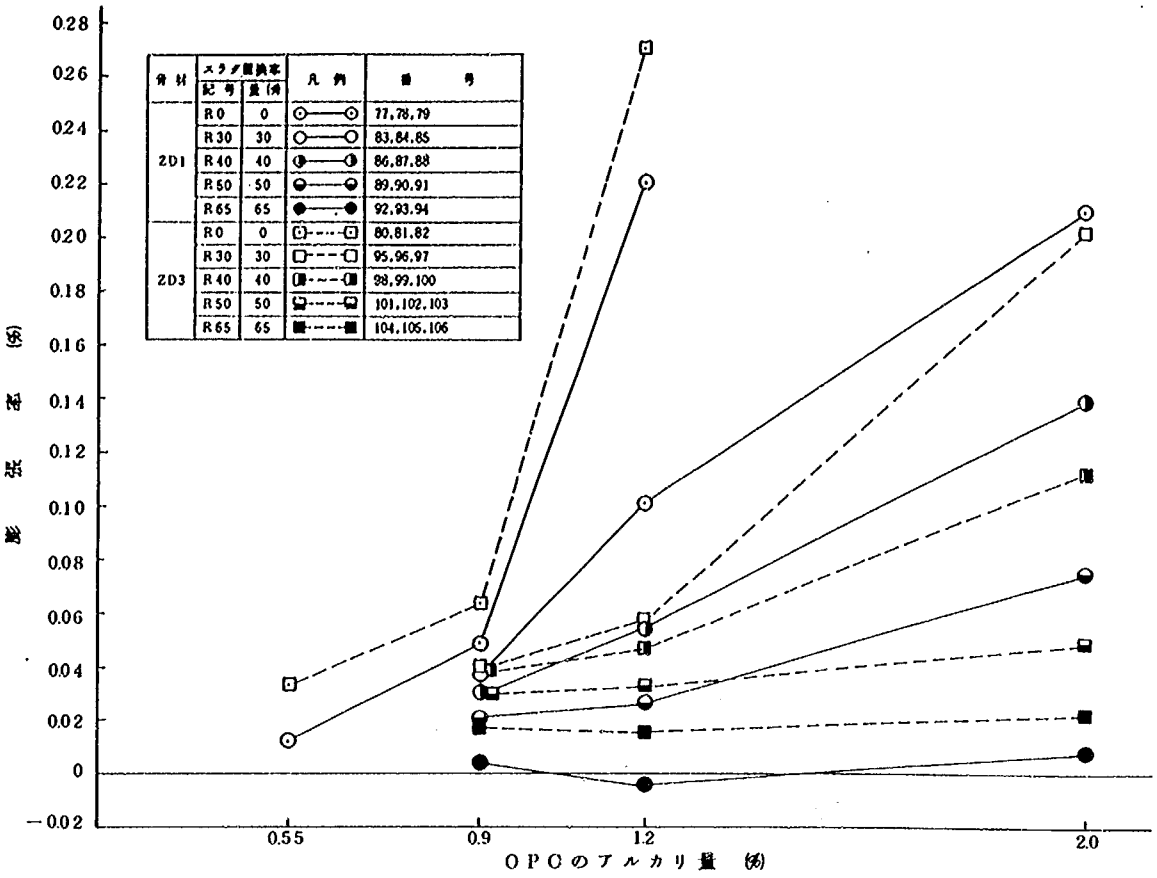
6） 試験期間 9 か月



骨材	アルカリ水準 記号	量 (%)	凡例	番号
ZD1	A6	0.55	⊙	77
	A9	0.9	○—○	78,83,86,89,92
	A12	1.2	◑—◑	79,84,87,90,93
	A20	2.0	●—●	85,88,91,94
ZD3	A6	0.55	⊡	80
	A9	0.9	□—□	81,95,98,101,104
	A12	1.2	◧—◧	82,96,99,102,105
	A20	2.0	■—■	97,100,103,106

試験期間 9 か月におけるスラグ置換率と膨張率の関係 （D4G2）

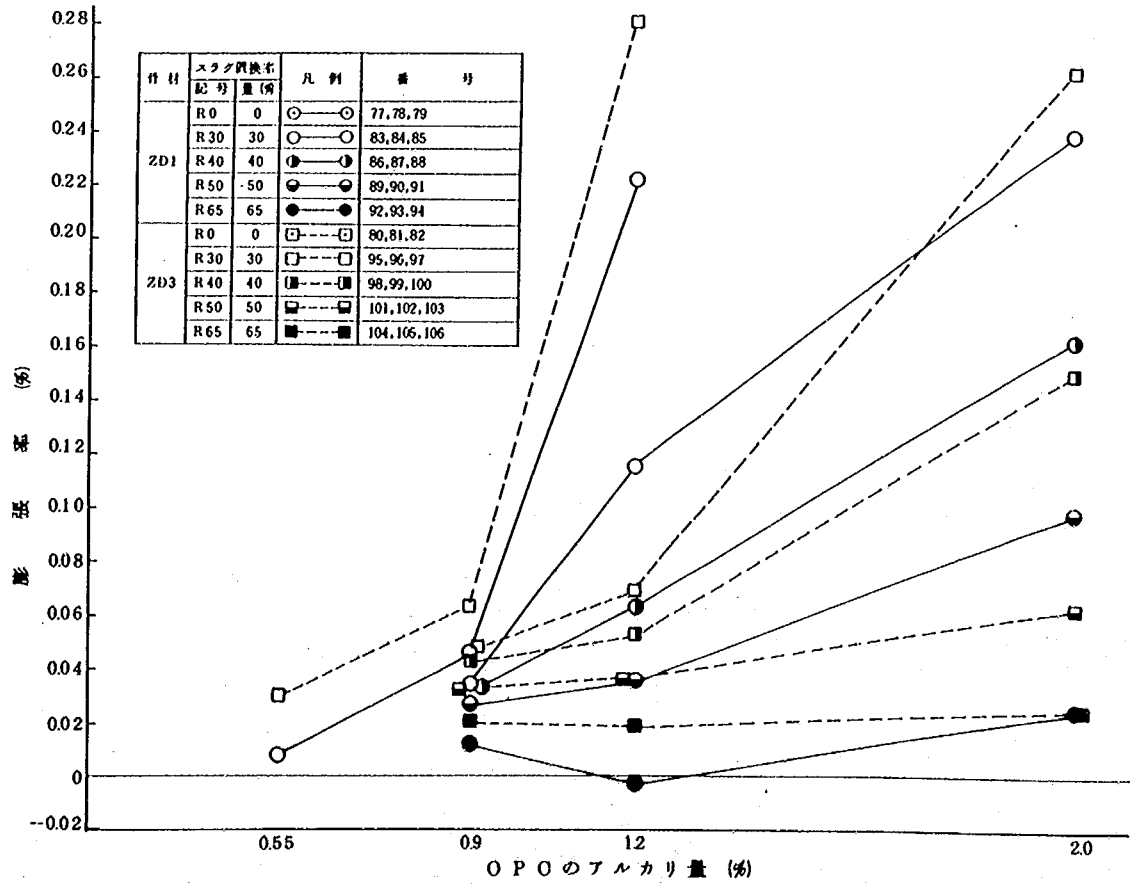
5） 試験期間 6 か月



骨材	スラグ置換率 記号	スラグ置換率 量(%)	凡例	番号
ZD1	R0	0	⊙——⊙	77,78,79
	R30	30	○——○	83,84,85
	R40	40	◑——◑	86,87,88
	R50	50	◒——◒	89,90,91
	R65	65	●——●	92,93,94
ZD3	R0	0	⊡----⊡	80,81,82
	R30	30	□----□	95,96,97
	R40	40	◨----◨	98,99,100
	R50	50	◫----◫	101,102,103
	R65	65	■----■	104,105,106

試験期間 6 か月におけるアルカリ量と膨張率の関係（D4G2の場合）

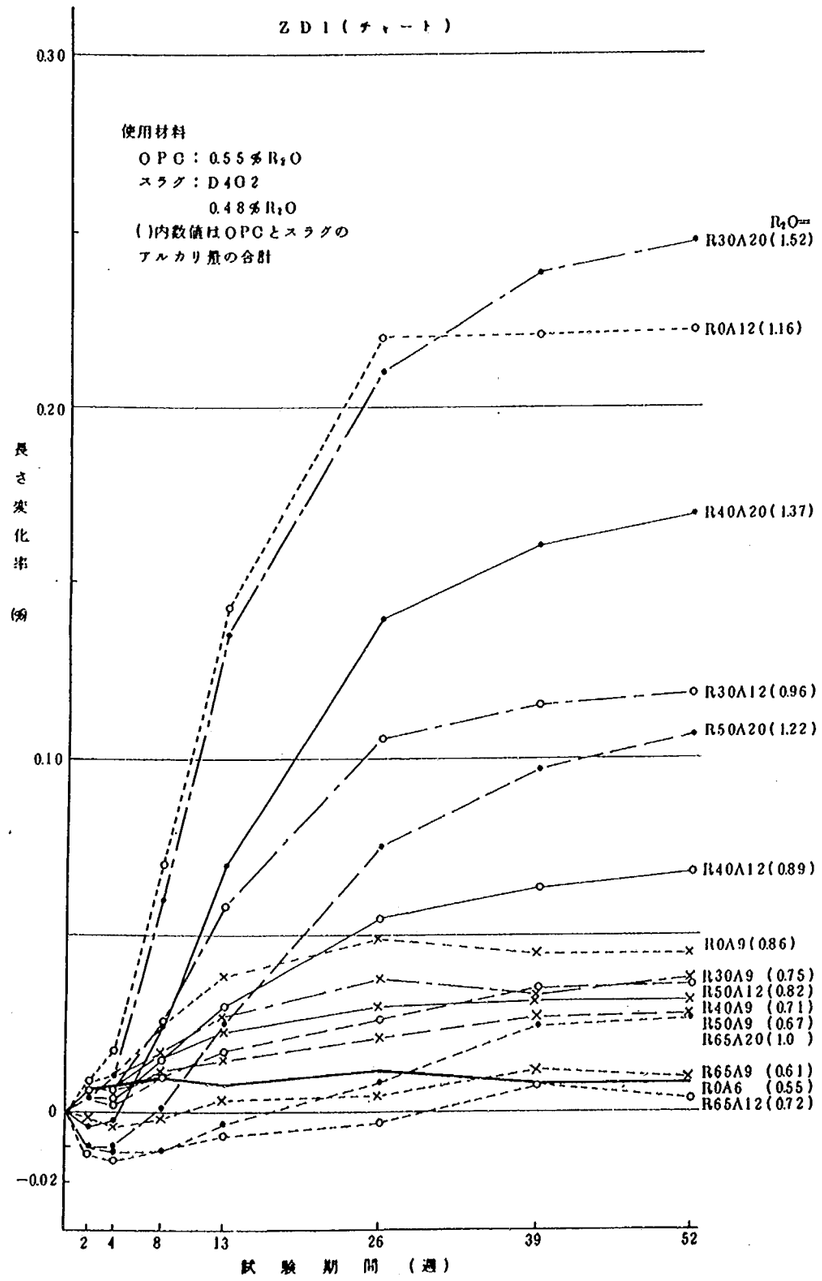
6） 試験期間 9 か月

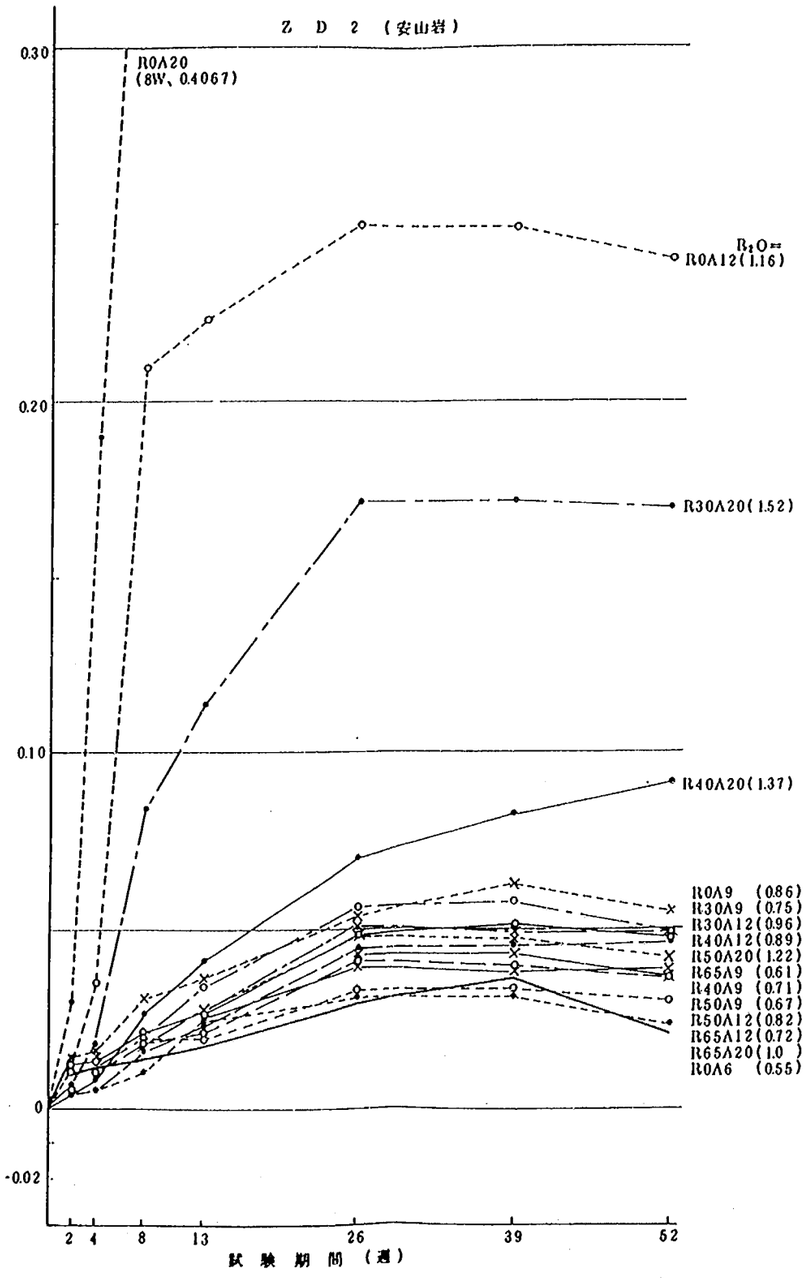


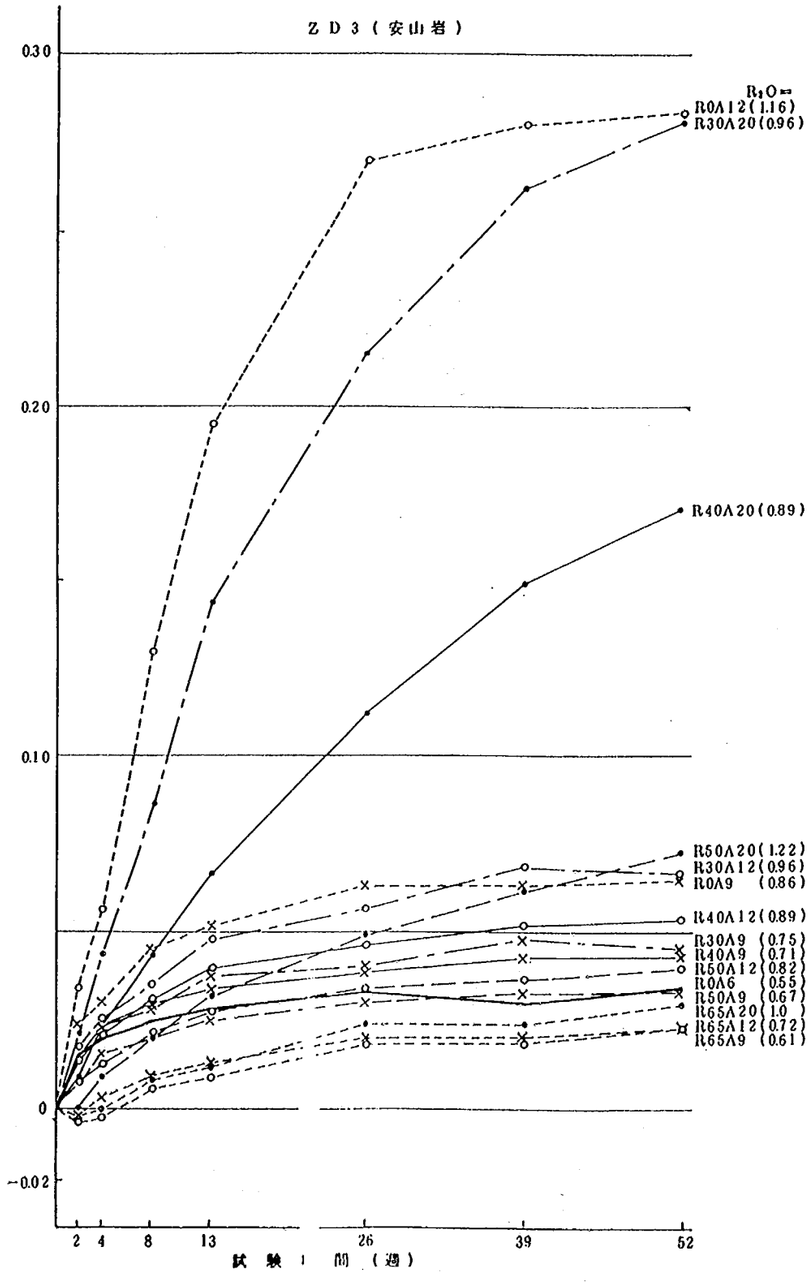
骨材	スラグ置換率 記号	スラグ置換率 量(%)	凡例	番号
ZD1	R0	0	⊙——⊙	77,78,79
	R30	30	○——○	83,84,85
	R40	40	◑——◑	86,87,88
	R50	50	◒——◒	89,90,91
	R65	65	●——●	92,93,94
ZD3	R0	0	⊡----⊡	80,81,82
	R30	30	□----□	95,96,97
	R40	40	◨----◨	98,99,100
	R50	50	◫----◫	101,102,103
	R65	65	■----■	104,105,106

試験期間 9 か月におけるアルカリ量と膨張率の関係（D4G2の場合）

10. スラグ置換率，OPCのアルカリ水準及び反応性骨材の膨張特性に及ぼす影響一覧







スラグモルタルバー試験モルタル実施配合（m^3 換算）

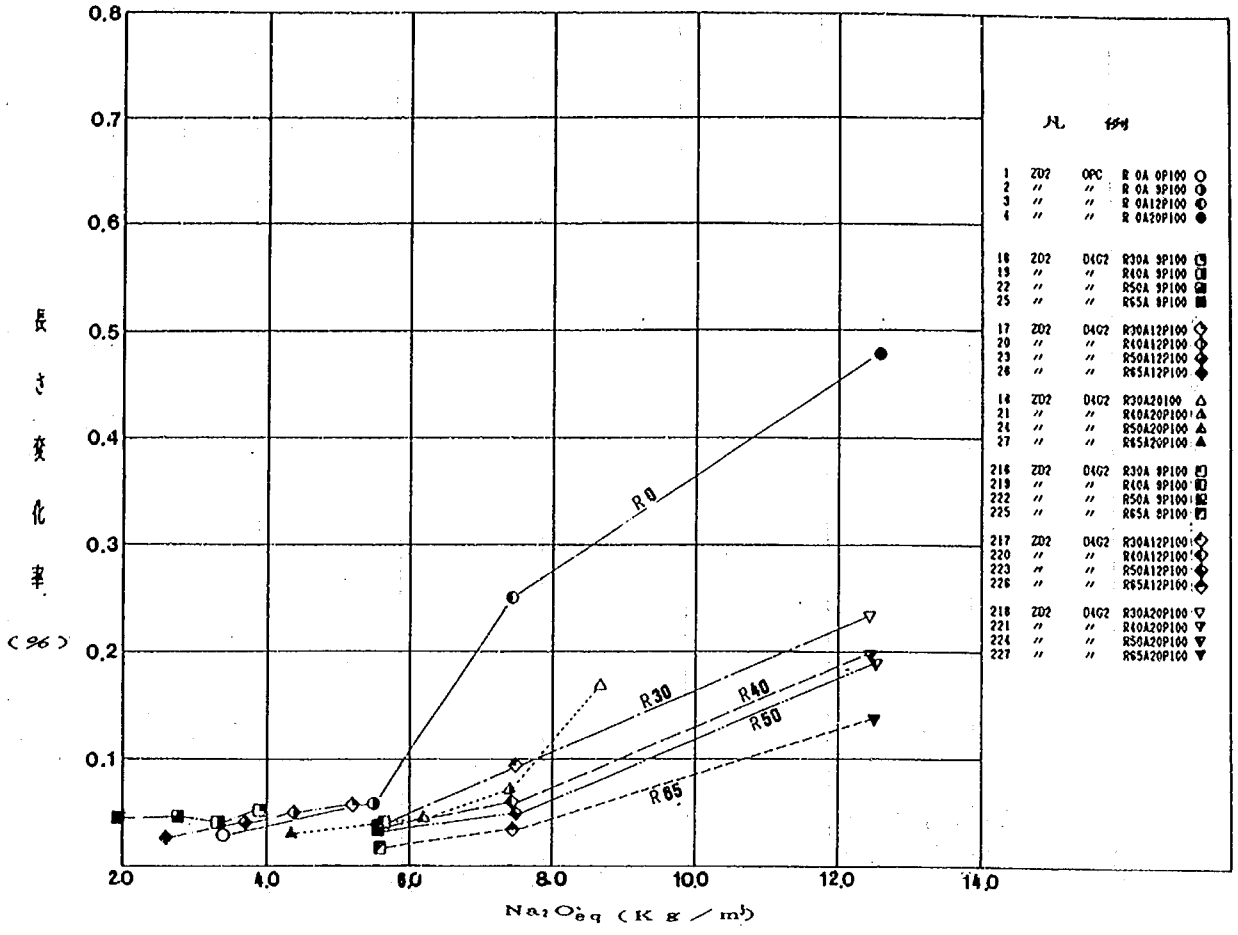
No	配合名		W	C	S	ZD2	ZI	air	合計	Na_2O_{eq}	W/ZD2	長さ変化率(6M)
1	R0A0P100	V	253.5	186.4		517.0		33.1	1000	3.41	2.44	0.0304
		W	253.5	620.6		1421.8			2295.9			
2	R0A9P100	V	250.5	194.0		510.7		44.8	1000	5.52	3.82	0.0564
		W	250.5	613.0		1404.4			2267.8			
3	R0A12P100	V	252.2	195.3		514.2		38.3	1000	7.41	5.24	0.2507
		W	252.2	617.1		1414.1			2383.4			
4	R0A20P100	V	257.2	198.2		524.5		19.1	1000	12.58	8.88	0.4785
		W	257.2	629.5		1442.3			2327.0			
5	R0A9P80	V	252.4	183.4		407.4	105.4	41.0	1000	5.50	5.00	0.1100
		W	252.4	611.1		1120.4	277.1		2281.0			
6	R0A12P80	V	254.8	195.3		411.3	106.8	31.8	1000	7.41	8.67	0.3648
		W	254.8	617.1		1131.1	278.8		2282.8			
7	R0A20P80	V	252.3	193.4		407.3	105.8	41.2	1000	12.20	11.09	0.5152
		W	252.3	611.1		1120.1	277.2		2280.7			
8	R0A9P60	V	253.3	193.3		305.5	212.2	35.7	1000	5.50	6.67	0.1286
		W	253.3	610.8		840.1	556.0		2260.2			
9	R0A12P60	V	254.6	194.5		307.3	213.5	28.1	1000	7.38	8.88	0.3867
		W	254.6	614.6		845.1	558.4		2273.7			
10	R0A20P60	V	253.6	193.7		306.0	212.6	34.1	1000	12.24	14.81	0.5050
		W	253.6	612.1		841.5	557.0		2284.2			
11	R0A9P50	V	254.7	192.1		252.8	262.8	37.6	1000	5.46	8.00	0.1788
		W	254.7	607.0		695.2	688.5		2245.4			
12	R0A12P50	V	255.6	192.8		253.8	263.8	34.7	1000	7.31	10.67	0.4129
		W	255.6	609.2		698.0	691.1		2253.8			
13	R0A20P50	V	254.4	192.0		252.7	262.7	38.2	1000	12.13	17.78	0.4850
		W	254.4	606.7		694.8	686.3		2244.3			
14	R0A12P100	V	260.1	191.1			522.9	25.8	1000	7.25	5.33	0.0464
		W	260.1	603.9			1370.0		2234.0			
15	R0A20P100	V	261.0	191.8			524.7	22.5	1000	12.02	8.81	0.2069
		W	261.0	606.1			1374.7		2241.8			
16	R30A9P100	V	252.7	137.0	64.3	514.7		31.1	1000	3.90	2.81	0.0521
		W	252.7	432.9	185.8	1415.4			2286.8			
17	R30A12P100	V	252.5	137.2	64.3	514.4		31.6	1000	5.20	3.74	0.0571
		W	252.5	433.6	185.8	1414.8			2286.5			
18	R30A20P100	V	253.0	137.1	64.3	515.7		29.8	1000	8.66	6.22	0.1721
		W	253.0	433.2	185.8	1418.2			2290.2			
19	R40A9P100	V	252.2	117.2	85.4	514.2		31.0	1000	3.33	2.40	0.0416
		W	252.2	370.3	246.8	1414.1			2283.4			
20	R40A12P100	V	249.8	116.0	84.5	509.3		40.4	1000	4.40	3.20	0.0491
		W	249.8	366.8	244.2	1400.8			2281.2			
21	R40A20P100	V	252.8	117.4	85.6	515.3		28.9	1000	7.42	5.33	0.0705
		W	252.8	371.0	247.4	1417.1			2288.3			
22	R50A9P100	V	251.7	97.8	106.6	513.7		30.2	1000	2.77	2.00	0.0448
		W	251.7	308.4	308.1	1412.7			2280.9			
23	R50A12P100	V	251.2	97.3	106.4	512.3		32.8	1000	3.69	2.67	0.0415
		W	251.2	307.5	307.5	1408.8			2275.0			
24	R50A20P100	V	251.7	97.6	106.6	513.7		30.2	1000	6.17	4.45	0.0452
		W	251.7	308.4	308.1	1412.7			2280.9			
25	R65A9P100	V	252.0	68.4	138.5	513.6		27.5	1000	1.94	1.40	0.0532
		W	252.0	216.1	400.3	1412.4			2280.8			
26	R65A12P100	V	251.1	68.1	138.0	511.8		30.7	1000	2.58	1.87	0.0331
		W	251.1	215.2	398.8	1407.7			2272.8			
27	R65A20P100	V	252.8	68.6	138.9	515.4		24.2	1000	4.34	3.12	0.0312
		W	252.8	216.8	401.4	1417.4			2287.7			

単位 V:l/m^3、W:Kg/m^3、Na_2Oeq:Kg/m^3、$Na_2Oeq/ZD2$:$\times 10^2$、長さ変化率:%

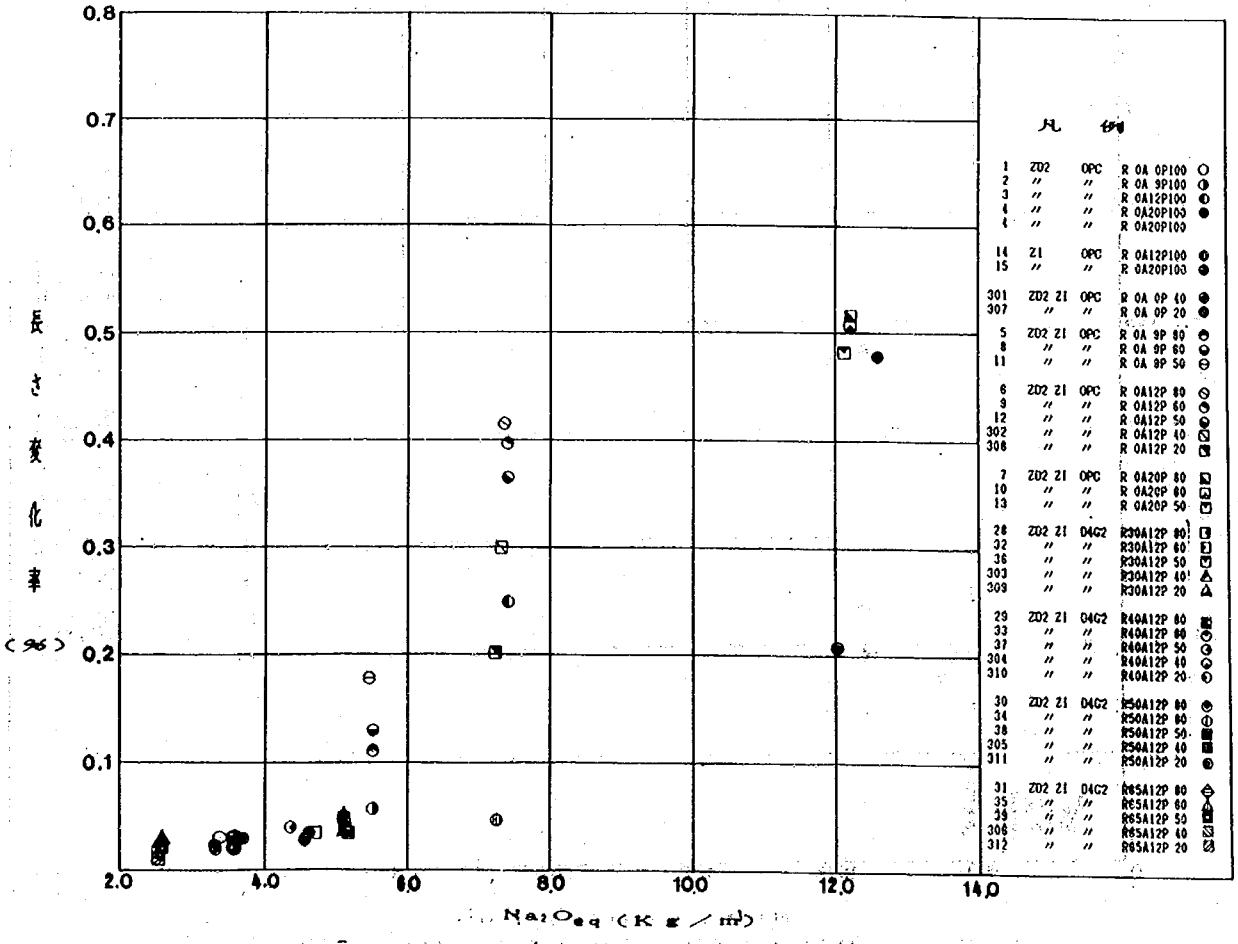
スラグモルタルバー試験モルタル実施配合（m^3 換算）

No	配合名		W	C	S	ZD2	ZI	air	合計	Na_2O_{eq}	$Na_2O_{eq}/ZD2$	長さ変化率(6M)
28	R30A12P80	V	253.9	136.3	63.8	409.8	108.4	28.8	1000	5.17	4.67	0.0350
		W	253.9	430.7	184.4	1127.0	278.8		2274.8			
29	R40A12P80	V	258.3	117.7	85.8	413.8	107.4	18.0	1000	4.48	3.39	0.0333
		W	258.3	371.8	248.0	1138.0	281.4		2285.8			
30	R50A12P80	V	254.7	87.6	108.7	411.2	106.8	23.0	1000	3.70	3.33	0.0307
		W	254.7	308.4	308.4	1130.8	279.8		2282.1			
31	R65A12P80	V	251.3	87.5	138.7	405.8	105.3	33.6	1000	2.56	2.34	0.0238
		W	251.3	213.3	385.1	1115.4	275.8		2251.0			
32	R30A12P60	V	254.1	134.9	63.2	304.3	210.9	32.8	1000	5.12	6.23	0.0374
		W	254.1	426.3	182.6	838.8	552.6		2252.4			
33	R40A12P60	V	255.6	116.2	84.7	306.3	212.1	25.1	1000	4.41	5.33	0.0336
		W	255.6	367.2	244.8	842.3	558.0		2265.9			
34	R50A12P60	V	253.3	98.1	105.1	303.4	210.0	32.1	1000	3.84	4.44	0.0295
		W	253.3	303.7	303.7	834.4	550.2		2245.3			
35	R65A12P60	V	253.3	87.3	136.4	303.4	210.3	28.3	1000	2.55	3.11	0.0255
		W	253.3	212.7	394.2	834.4	551.0		2245.6			
36	R30A12P50	V	254.6	134.4	63.0	252.8	262.6	32.6	1000	5.10	7.47	0.0448
		W	254.6	424.7	182.1	895.2	688.0		2244.5			
37	R40A12P50	V	254.3	115.0	83.9	252.8	262.3	31.9	1000	4.36	6.39	0.0397
		W	254.3	363.4	242.5	694.7	687.2		2242.1			
38	R50A12P50	V	256.2	96.5	105.7	254.3	264.3	23.0	1000	3.65	5.32	0.0393
		W	256.2	303.9	305.5	688.3	692.5		2257.4			
39	R65A12P50	V	254.8	87.4	136.5	253.0	262.9	25.4	1000	2.58	3.75	0.0207
		W	254.8	213.0	394.5	695.8	888.8		2248.9			
40	R50A20P80	V	254.0	97.3	106.2	409.9	108.4	26.2	1000	6.15	5.56	0.0360
		W	254.0	307.5	306.9	1127.2	278.8		2274.4			
216	R30A9P100	V	255.3	138.3	64.9	520.4		21.1	1000	5.62	4.00	0.0436
		W	255.3	437.0	187.6	1431.1			2311.0			
217	R30A12P100	V	254.7	138.0	84.7	519.1		23.5	1000	7.48	5.34	0.0943
		W	254.7	436.1	187.0	1427.5			2305.3			
218	R30A20P100	V	254.2	137.7	84.6	518.2		25.2	1000	12.44	8.89	0.2314
		W	254.2	435.1	186.7	1425.1			2301.1			
219	R40A9P100	V	253.2	117.6	85.7	518.2		27.3	1000	5.57	4.00	0.0395
		W	253.2	371.8	247.7	1419.8			2292.1			
220	R40A12P100	V	253.0	117.5	85.6	515.7		28.2	1000	7.42	5.33	0.0614
		W	253.0	371.3	247.4	1418.2			2289.1			
221	R40A20P100	V	254.5	118.2	86.2	518.0		21.6	1000	12.45	8.88	0.1971
		W	254.5	373.6	249.1	1427.3			2304.5			
222	R50A9P100	V	252.1	97.8	106.7	513.9		29.7	1000	5.55	4.00	0.0345
		W	252.1	308.4	308.3	1413.2			2282.0			
223	R50A12P100	V	255.0	98.8	108.0	519.8		18.4	1000	7.49	5.34	0.0495
		W	255.0	312.1	312.2	1429.5			2308.8			
224	R50A20P100	V	255.7	99.0	108.3	521.2		15.8	1000	12.52	8.90	0.1903
		W	255.7	312.8	313.0	1433.3			2214.8			
225	R65A9P100	V	252.2	68.4	138.6	514.1		26.7	1000	5.55	4.00	0.0252
		W	252.2	216.1	400.6	1413.8			2282.7			
226	R65A12P100	V	254.0	68.9	139.8	517.7		19.8	1000	7.45	5.33	0.0338
		W	254.0	217.7	403.4	1423.7			2298.8			
227	R65A20P100	V	255.8	69.4	140.5	521.5		12.8	1000	12.50	8.88	0.1383
		W	255.8	219.3	406.0	1434.1			2315.2			
301	R0A0P40	V	256.4	192.3		202.4	315.7	33.5	1000	3.34	6.11	0.0190
		W	256.4	607.7		556.6	827.1		2247.8			
302	R0A12P40	V	256.7	192.5		202.7	316.2	31.9	1000	7.30	13.34	0.2998
		W	256.7	608.3		557.4	828.4		2250.8			
303	R30A12P40	V	256.6	134.7	63.2	202.7	318.2	26.8	1000	5.11	9.34	0.0486
		W	256.6	425.7	182.6	557.4	828.4		2250.2			
304	R40A12P40	V	255.5	114.8	83.8	201.8	314.7	29.4	1000	4.35	7.98	0.0271
		W	255.5	362.8	242.2	555.0	824.5		2240.0			
305	R50A12P40	V	255.7	95.9	104.9	202.0	314.9	28.6	1000	3.64	6.67	0.0226
		W	255.7	303.0	303.2	555.5	825.0		2242.4			
306	R65A12P40	V	255.5	67.0	136.1	201.8	314.9	25.0	1000	2.54	4.66	0.0167
		W	255.5	211.7	393.3	555.0	824.3		2239.8			
307	R0A0P20	V	258.3	191.7		101.0	419.8	29.2	1000	3.33	12.21	0.0212
		W	258.3	605.8		277.8	1100.0		2239.9			
308	R0A12P20	V	256.9	190.7		100.4	417.3	34.7	1000	7.23	26.67	0.2002
		W	256.9	602.6		276.1	1093.3		2226.1			
309	R30A12P20	V	258.8	134.5	83.0	101.1	420.5	22.1	1000	5.10	18.68	0.0360
		W	258.8	425.0	182.1	278.0	1101.7		2245.6			
310	R40A12P20	V	257.3	114.5	83.6	100.6	418.0	28.0	1000	4.34	15.98	0.0257
		W	257.3	361.8	241.6	276.7	1095.2		2232.6			
311	R50A12P20	V	258.6	95.9	104.9	101.2	420.1	19.3	1000	3.64	13.32	0.0226
		W	258.6	303.0	303.2	278.3	1100.7		2243.8			
312	R65A12P20	V	258.6	67.1	136.2	101.0	419.9	17.3	1000	2.54	9.31	0.0093
		W	258.6	212.0	393.6	277.8	1100.0		2241.9			

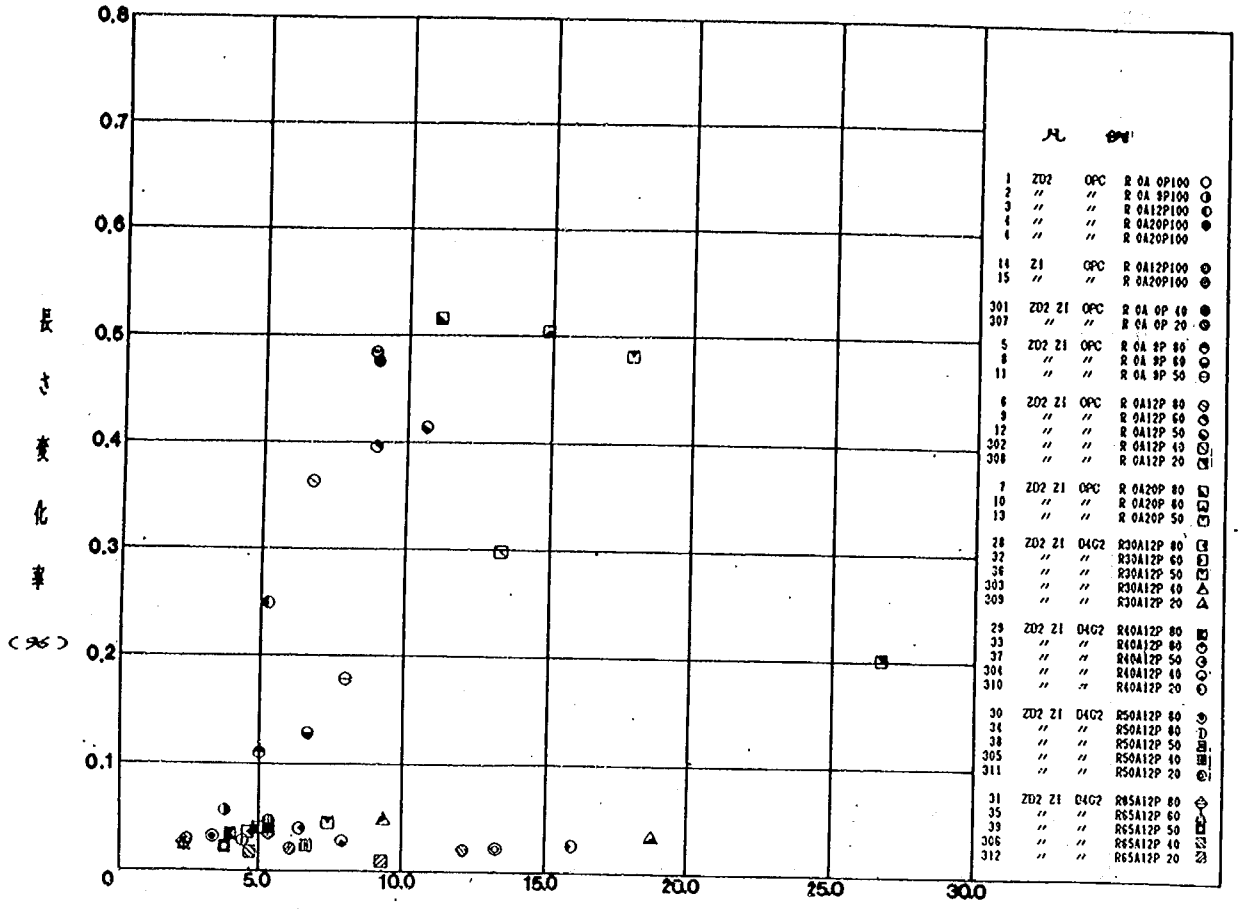
単位 V:l/m^3、W:Kg/m^3 Na_2Oeq:Kg/m^3、$Na_2Oeq/ZD2$:$\times 10^3$ 長さ変化率:%



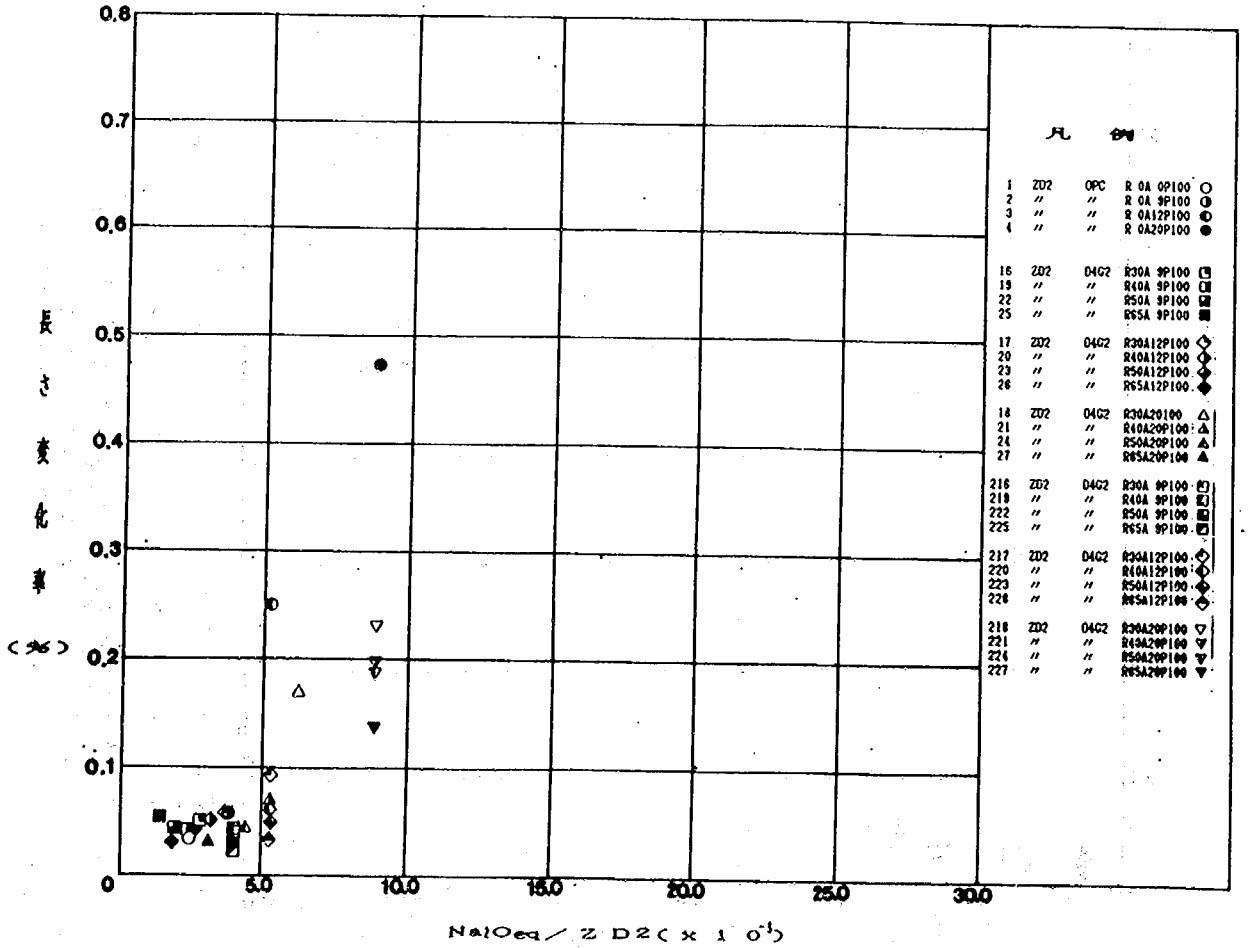
Na₂Oeq（Kg／m³）と長さ変化率の関係



Na₂Oeq（Kg／m³）と長さ変化率の関係

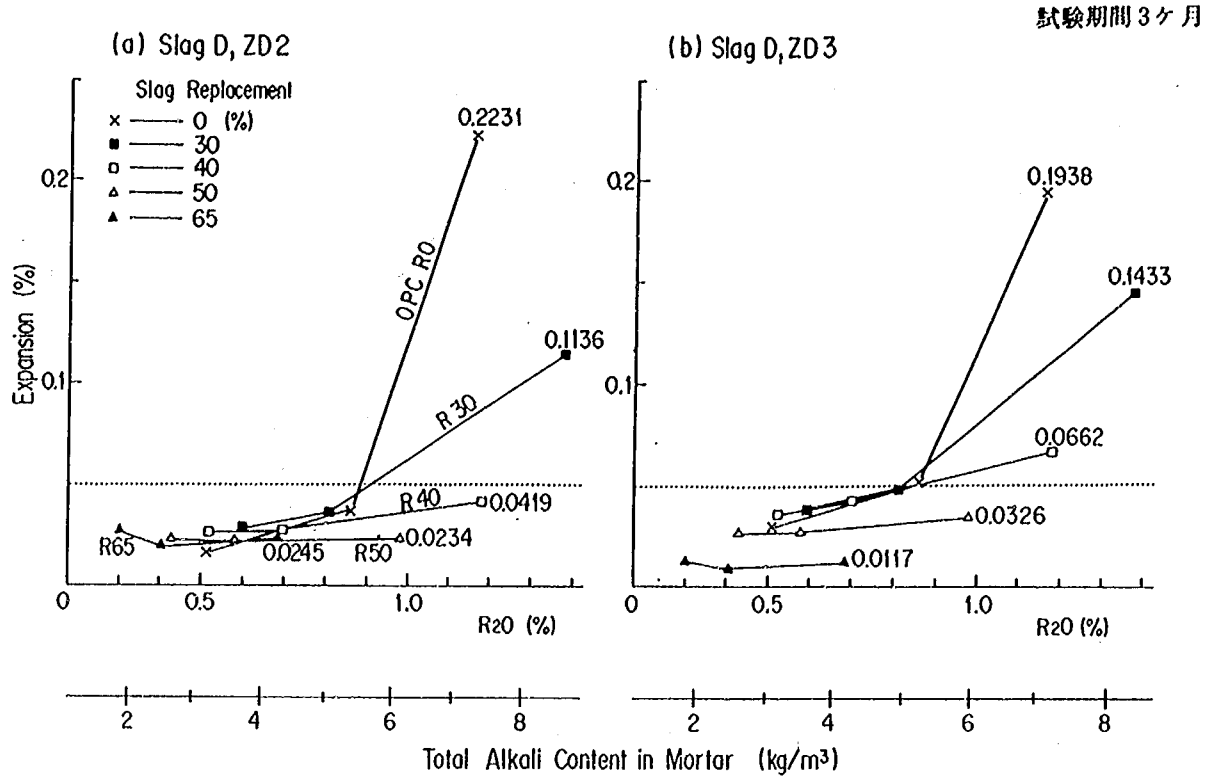


NaIOeq／ZD2(×10⁻¹)と長さ変化率の関係

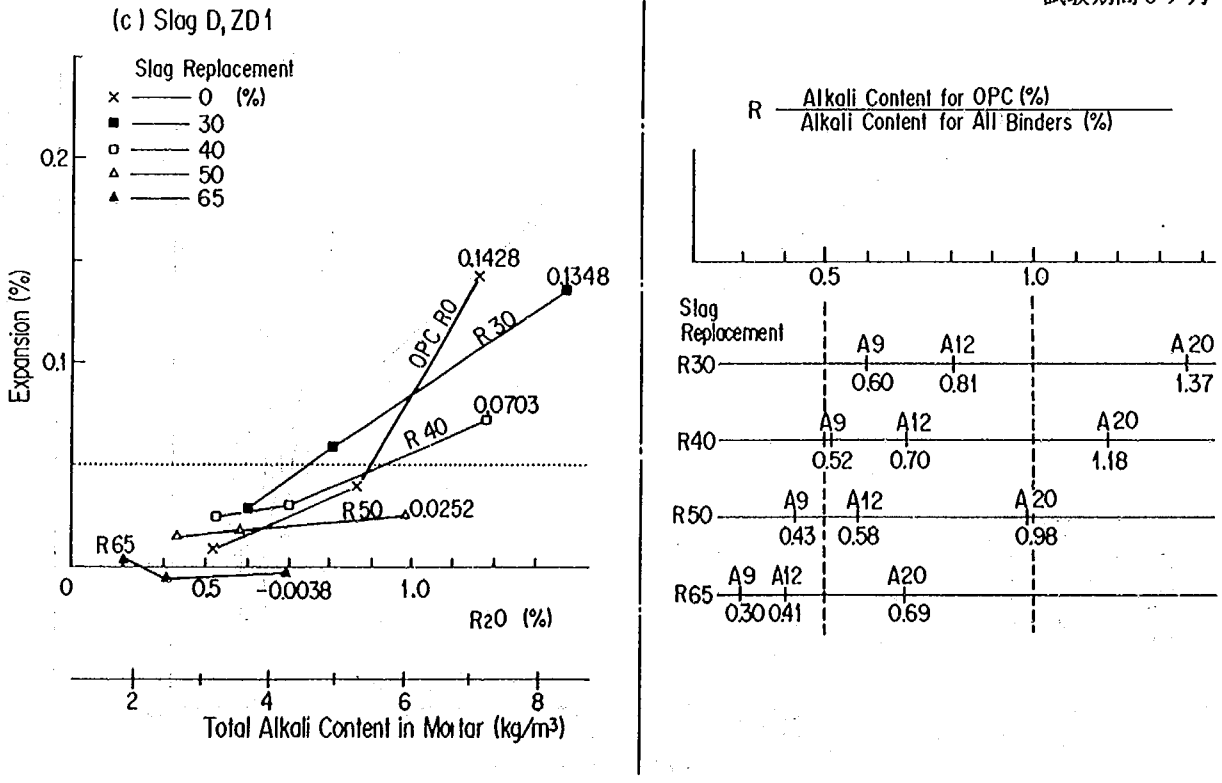


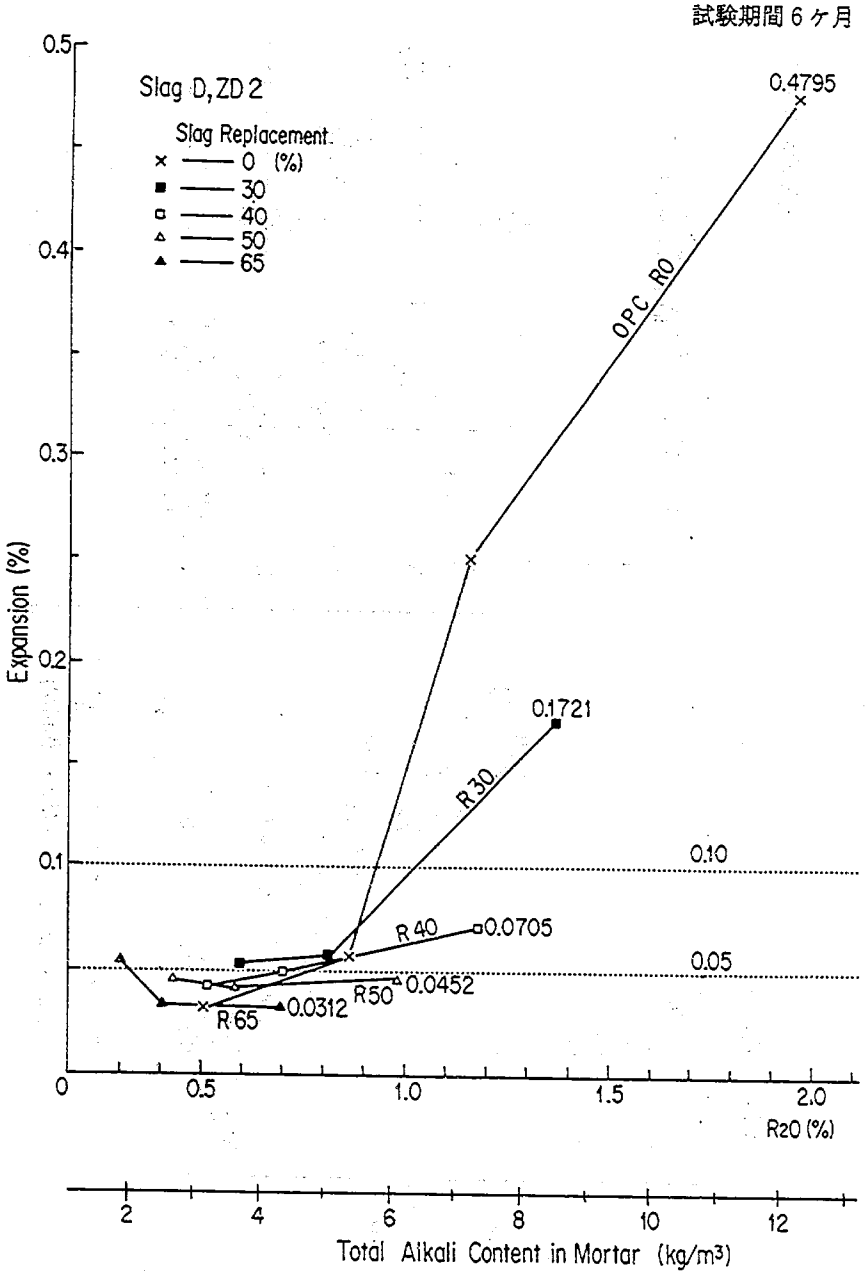
NaIOeq／ZD2(×10⁻¹)と長さ変化率の関係

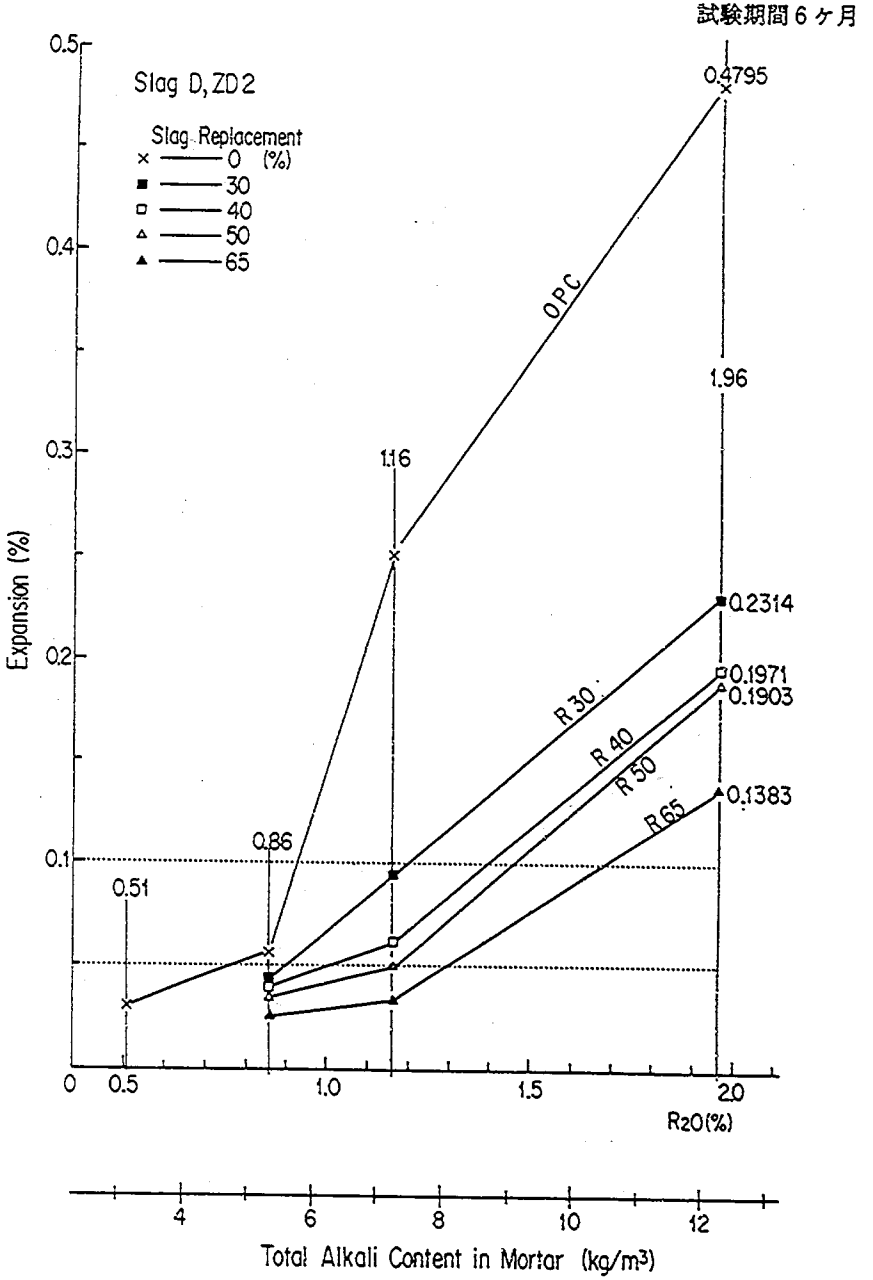
試験期間３ヶ月



試験期間３ヶ月

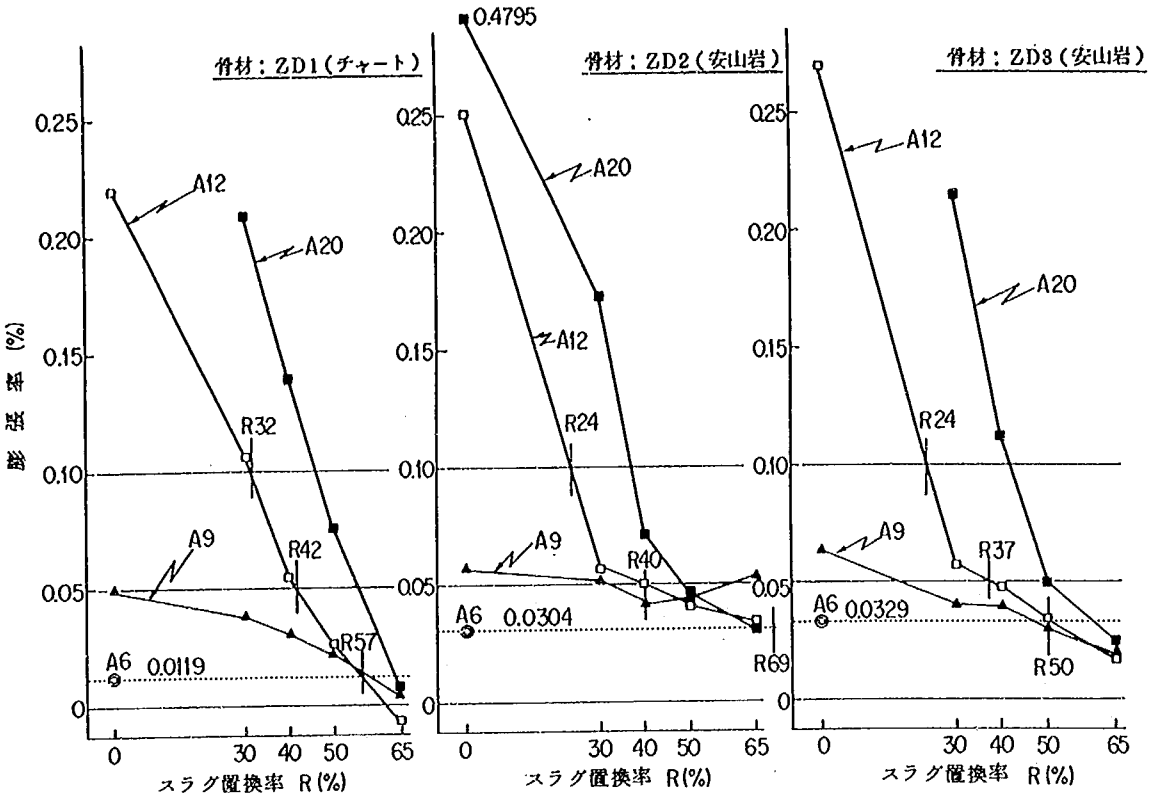



試験期間 6 ヶ月
Slag D, ZD 2
Slag Replacement
× —— 0 (%)
■ —— 30
□ —— 40
△ —— 50
▲ —— 65
0.4795
OPC R0
0.1721
R30
0.10
R40
0.0705
0.05
R50
0.0452
R65
0.0312
Expansion (%)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.5
1.0
1.5
2.0
R2O (%)
2
4
6
8
10
12
Total Alkali Content in Mortar (kg/m³)


試験期間 6 ヶ月
Slag D, ZD 2
Slag Replacement
× —— 0 (%)
■ —— 30
□ —— 40
△ —— 50
▲ —— 65
0.4795
OPC
1.96
1.16
0.2314
R30
0.1971
R40
0.1903
R50
0.1383
R65
0.86
0.51
Expansion (%)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0.5
1.0
1.5
2.0
R2O(%)
4
6
8
10
12
Total Alkali Content in Mortar (kg/m³)

スラグD4G2

試験期間6ヶ月



巻末資料 4

モルタルバー外観観察結果

共同研究委員会
担当：鐵鋼スラグ協会

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.05%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	無	亀甲	線状	巾	右面 有	無	亀甲	線状	巾	左面 有	無	亀甲	線状	巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
2	1	ZD2	OPC	R0A9 P100	0.0471		○		△ (1)		0.04		○			−	○		△ (1)		0.04	1	
	2				0.0636	0.0555	○			△ (1)	〃		○			−	○			△ (2)	0.06	2	○は全面
	3				0.0557		○			△ (1)	〃	○		△ (1)		0.04	○			△ (1)	0.04	1	△は一部
3	1	〃	〃	R0A12P100	0.2493		○		○ (1)		0.10	○		○ (4)		0.08	○		○ (4)		0.08	4	
	2				0.2300	0.2405	○		○ (4)		0.08	○		○ (4)		〃	○		○ (4)		〃	4	
	3				0.2421		○		○ (4)		〃	○		○ (5)		0.10	○		○ (4)		〃	4	
4	1	〃	〃	R0A20P100	0.4779		○		○ (4)		0.08	○		○ (3)		0.06	○		△ (2)		0.06	3	
	2				0.4593	0.4719	○		○ (3)		0.06	○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	3	
	3				0.4786		○		○ (3)		〃	○		△ (2)		〃	○		△ (2)		〃	2	
④	1	〃	〃	R0A20P100	0.4407		○		○ (4)		0.08	○		△ (2)		0.06	○		○ (3)		0.06	3	
	2				0.4593	0.4476	○		○ (3)		0.06	○		△ (2)		〃	○		△ (2)		〃	2	
	3				0.4429		○		○ (3)		〃	○		△ (2)		〃	○		△ (2)		〃	2	
5	1	ZD2 ZI	〃	R0A9 P80	0.1314		○		○ (4)		0.08	○		△ (4)		0.10	○		△ (2)		0.06	3	
	2				0.0986	0.1255	○		○ (4)		〃	○		△ (1)		0.04	○			△ (3)	0.08	3	
	3				0.1464		○		△ (2)		0.06	○			△ (3)	0.08	○		△ (2)		0.06	2	
6	1	〃	〃	R0A12P80	0.3657		○		○ (3)		0.06	○		○ (5)		0.10	○		○ (4)		0.08	4	6−1、6−3 一部ゲルの滲出あり
	2				0.3636	0.3614	○		○ (3)		0.06	○		○ (4)		0.08	○		○ (3)		0.06	3	
	3				0.3550		○		○ (2)		0.04	○		○ (4)		〃	○		○ (4)		0.08	3	
7	1	〃	〃	R0A20P80	0.5214		○		○ (3)		0.06	○		○ (3)		0.06	○		○ (3)		0.06	3	7−1、7−2 7−3、一部ゲルの滲出あり
	2				0.5143	0.5081	○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	3	
	3				0.4886		○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	○		△ (3)		〃	3	
8	1	〃	〃	R0A9 P80	0.1671		○		△ (2)		0.06	○			○ (5)	0.10	○		△ (4)		0.10	4	
	2				0.1300	0.1507	○		△ (2)		〃	○		○ (4)		0.08	○			○ (5)	0.05	4	
	3				0.1550		○		△ (2)		〃	○			○ (5)	0.10 0.15	○		△ (4)		0.10	4	
9	1	〃	〃	R0A12P60	0.4079		○		○ (4)		0.08	○		○ (4)		0.08	○		○ (4)		0.08	4	
	2				0.4107	0.4136	○		△ (2)		0.06	○		○ (5)		0.10	○		○ (4)		〃	4	
	3				0.4221		○		○ (4)		0.08	○		○ (4)		0.08	○		△ (4)		0.10	4	
10	1	〃	〃	R0A20P60	0.5136		○		○ (2)		0.04	○		○ (2)		0.04	○		△ (1)		0.04	2	
	2				0.5036	0.4972	○		○ (2)		〃	○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃	2	
	3				0.4743		○		○ (2)		〃	○		○ (2)		〃	○		○ (2)		〃	2	
11	1	〃	〃	R0A9 P50	0.1871		○		○ (4)		0.08	○		○ (5)		0.10	○		△ (2)		0.06	4	
	2				0.2014	0.1897	○		△ (1)		0.04	○			○ (4)	0.08	○		○ (5)		0.10	3	
	3				0.1817		○		○ (4)		0.08	○			△ (2)	0.06	○		○ (4)		0.08	3	
12	1	〃	〃	R0A12P50	0.4250		○		○ (4)		0.08	○		○ (3)		0.06	○		○ (4)		0.08	4	
	2				0.4039	0.4225	○		○ (3)		0.06	○		○ (3)		〃	○			○ (5)	0.10	4	
	3				0.4386		○		○ (4)		0.08	○		○ (4)		0.08	○		○ (5)		〃	4	
13	1	〃	〃	R0A20P50	0.4993		○		△ (1)		0.04	○		○ (2)		0.04	○		△ (1)		0.04	1	
	2				0.4779	0.4848	○		△ (1)		〃	○		○ (2)		〃	○		○ (2)		〃	2	
	3				0.4771		○		△ (1)		〃	○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃	1	

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

0.05%以上

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.05%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
15	1	ZI	OPC	$R_0A_{20}P_{100}$	0.3029	0.2943	○		○(2)		0.04	○		△(1)		0.04	○		△(2)		0.06	2	○は全面
	2				0.2693		○		○(2)		〃	○		○(3)		0.06	○		△(1)		0.04	2	△は一部
	3				0.3107		○		△(2)		0.06	○		△(1)		0.04	○		△(1)		〃	1	
16	1	ZD_2	D_4G_2	$R_{30}A_9P_{100}$	0.0479	0.0500		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0529			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0493			○			−		○			−		○			−	0	
17	1	〃	〃	$R_{30}A_{12}P_{100}$	0.0479	0.0500		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0529			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0493			○			−		○			−		○			−	0	
18	1	〃	〃	$R_{30}A_{20}P_{100}$	0.1650	0.1703	○		○(2)		0.04	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.1829		○		○(2)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.1629		○		○(2)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
21	1	〃	〃	$R_{40}A_{20}P_{100}$	0.0979	0.0922	○		△(1)		0.04				△(1)	0.04		○			−	1	
	2				0.0893		○		△(1)		〃			△(1)		〃		○			−	1	
	3				0.0893		○		△(1)		〃		○			−			△(1)		0.04	1	
42	1	〃	J_4G_0	$R_{30}A_{12}P_{100}$	0.0564	0.0679	○			△(1)	0.04	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.0729		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○			△(1)	〃	1	
	3				0.0743		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃		○			−	1	
43	1	〃	〃	$R_{30}A_{20}P_{100}$	0.3064	0.2778	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.2764		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.2507		○		○(2)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
46	1	〃	〃	$R_{40}A_{20}P_{100}$	0.2043	0.1962	○		○(2)		0.04	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.1871		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.1971		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃		○			−	1	
49	1	〃	〃	$R_{50}A_{20}P_{100}$	0.0929	0.0826		○			−			△(1)		0.04		○			−	1	
	2				0.0821			○			−		○			−				△(1)	0.04	1	
	3				0.0729			○			−		○			−			△(1)		〃	1	
55	1	〃	C_4G_0	$R_{30}A_{20}P_{100}$	0.2414	0.2305	○		○(3)		0.06	○		○(2)		0.04	○		○(2)		0.04	2	
	2				0.2179		○		△(1)		0.04	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.2321		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
58	1	〃	〃	$R_{40}A_{20}P_{100}$	0.1386	0.1514	○		△(2)		0.06	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.1471		○		△(1)		0.04	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.1686		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
61	1	〃	〃	$R_{50}A_{20}P_{100}$	0.0536	0.0500		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0486			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0479			○			−		○			−		○			−	0	
71	1	〃	D_8G_2	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0543	0.0560		○			−			△(1)		0.04		○			−	1	
	2				0.0543					△(1)	0.04				△(1)	〃			△(1)		0.04	1	
	3				0.0593					△(1)	〃			△(1)		〃				△(1)	〃	1	

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

0.05%以上

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.05%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
72	1	ZD_2	D_8G_2	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0543	0.0536		○			−	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.0529			○			−	○			△(1)	〃	○			△(1)	〃	1	○は全面
	3				0.0536		○		△(1)		0.04	○		△(1)		〃	○			△(1)	〃	1	△は一部
73	1	〃	〃	$R_{65}A_{12}P_{100}$	0.0614	0.0612		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0636			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0600			○			−		○			−		○			−	0	
217	1	〃	D_4G_2	$R_{30}A_{12}P_{100}$	0.1064	0.1071	○		△(1)		0.04	○		△(2)		0.06	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.1000		○		△(1)		〃	○		△(1)		0.04	○		△(1)		〃	1	
	3				0.1150		○		△(2)		0.06	○			△(1)	〃	○		△(1)		〃	1	
218	1	〃	〃	$R_{30}A_{20}P_{100}$	0.2407	0.2423	○		△(1)		0.04	○		△(2)		0.06	○		△(2)		0.06	2	
	2				0.2372		○		△(1)		〃	○		△(1)		0.04	○		△(2)		〃	1	
	3				0.2492		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		0.04	1	
220	1	〃	〃	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0743	0.0745	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	○			△(1)	0.04	1	
	2				0.0750		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.0743		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
221	1	〃	〃	$R_{40}A_{20}P_{100}$	0.2093	0.2112	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.2064		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.2179		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
223	1	〃	〃	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0636	0.0622		○			−	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.0600			○			−	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.0629					△(1)	0.04	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
224	1	〃	〃	$R_{50}A_{20}P_{100}$	0.1914	0.2052	○		△(1)		0.04	○		○(2)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.2121		○		△(1)		〃	○		○(3)		0.06	○		△(1)		〃	2	
	3				0.2121		○		△(1)		〃	○		○(3)		〃	○		△(1)		〃	2	
227	1	〃	〃	$R_{65}A_{20}P_{100}$	0.1464	0.1595	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.1686		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	1	
	3				0.1635		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○		○(2)		〃	1	
302	1	ZD_2 ZI	OPC	$R_0A_{12}P_{40}$	0.3186	0.3022	○		○(4)		0.08	○		△(2)		0.06	○		○(4)		0.08	3	
	2				0.3093		○		△(2)		0.06	○		△(3)		0.08	○		△(3)		〃	3	
	3				0.2786		○		△(3)		0.08	○		△(2)		0.06	○		△(2)		0.06	2	
303	1	〃	D_4G_2	$R_{30}A_{12}P_{40}$	0.0586	0.0517	○		△(3)		0.08	○			△(1)	0.04	○			○(5)	0.10	3	
	2				0.0450		○		△(1)		0.04		○			−	○			○(5)	〃	2	
	3				0.0514		○		△(1)		〃	○			△(2)	0.06		○			−	1	
308	1	〃	OPC	$R_0A_{12}P_{20}$	0.2021	0.2093	○		○(4)		0.08	○		△(2)		0.06	○		△(2)		0.06	3	
	2				0.1821		○		○(3)		0.06	○		△(2)		〃	○			△(1)	0.04	2	
	3				0.2436		○		○(3)		〃	○			△(2)	〃	○			△(2)	0.06	2	
	1																						
	2																						
	3																						

0.05%以上

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.04%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
14	1	ZI	OPC	$R_0A_{12}P_{100}$	0.0414			○			–	○		△(1)		0.04		○			–	1	○は全面
	2				0.0436	0.0490	○			△(1)	0.04		○			–		○			–	1	△は一部
	3				0.0621		○			△(1)	〃		○			–		○			–	1	
20	1	ZD_2	D_4G_2	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0450			○			–		○			–	○			△(1)	0.04	0	
	2				0.0464	0.0486	○			△(1)	0.04		○			–	○		△(1)		〃	1	
	3				0.0486			○			–		○			–		○			–	0	
24	1	〃	〃	$R_{40}A_{20}P_{100}$	0.0429			○			–	○			△(1)	0.04	○		△(1)		0.04	1	
	2				0.0471	0.0464		○			–	○			△(1)	〃		○			–	1	
	3				0.0500			○			–		○			–	○			△(1)	0.04	1	
25	1	〃	〃	$R_{65}A_9P_{100}$	0.0436			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0321	0.0438		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0438			○			–		○			–		○			–	0	
36	1	ZD_2 ZI	〃	$R_{30}A_{12}P_{50}$	0.0464			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0407	0.0447		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0471			○			–		○			–	○			△(1)	0.04	1	
45	1	ZD_2	J_4G_0	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0500			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0493	0.0443		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0336			○			–		○			–		○			–	0	
48	1	〃	〃	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0379			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0443	0.0405		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0393			○			–		○			–		○			–	0	
52	1	〃	〃	$R_{65}A_{20}P_{100}$	0.0436			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0450	0.0443		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0443			○			–		○			–		○			–	0	
54	1	〃	C_4G_0	$R_{30}A_{12}P_{100}$	0.0457			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0457	0.0476		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0514			○			–		○			–		○			–	0	
57	1	〃	〃	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0364			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0464	0.0400		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0371			○			–		○			–		○			–	0	
68	1	〃	D_3G_2	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0450			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0414	0.0431		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0429			○			–		○			–		○			–	0	
74	1	〃	D_4G_0	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0493			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0493	0.0493		○			–		○			–		○			–	0	
	3				0.0493			○			–		○			–		○			–	0	
216	1	〃	D_4G_2	$R_{30}A_9P_{100}$	0.0457			○			–		○			–		○			–	0	
	2				0.0507	0.0493		○			–	○		△(1)		0.04		○			–	1	
	3				0.0514		○		△(1)		0.04	○		△(1)		〃		○			–	1	

0.04%以上

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.04%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
0.04%以上	219	1	ZD_2	D_4G_2	$R_{40}A_9P_{100}$	0.0471	0.0495		○			−		○			−			△(1)		0.04	1	○は全面
		2				0.0464			○			−		○			−		○			−	0	△は一部
		3				0.0550			○			−		○			−		○			−	0	
	222	1	〃	〃	$R_{50}A_9P_{100}$	0.0414	0.0431		○			−		○			−		○			−	1	
		2				0.0421			○			−				△(1)	0.04		○			−	0	
		3				0.0457			○			−		○			−		○			−	0	
	226	1	〃	〃	$R_{65}A_{12}P_{100}$	0.0429	0.0438		○			−		○			−				△(1)	0.04	1	
		2				0.0421			○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0464			○			−		○			−		○			−	0	
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.03%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
19	1	ZD_2	D_4G_2	$R_{40}A_9P_{100}$	0.0400	0.0391																	○は全面
	2				0.0379																		△は一部
	3				0.0393																		
22	1	〃	〃	$R_{50}A_9P_{100}$	0.0393	0.0379	○		△(1)		0.04	○			△(1)	0.04	○			△(1)	0.04	1	
	2				0.0350		○		△(1)		〃	○		△(1)		〃	○			△(1)	〃	1	
	3				0.0393		○		△(1)		〃	○			△(1)	〃	○		△(1)		〃	1	
23	1	〃	〃	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0393	0.0367		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0357			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0350			○			−		○			−		○			−	0	
28	1	ZD_2 ZI	〃	$R_{30}A_{12}P_{80}$	0.0357	0.0333																	
	2				0.0307																		
	3				0.0336																		
32	1	〃	〃	$R_{30}A_{12}P_{60}$	0.0357	0.0374																	
	2				0.0371																		
	3				0.0393																		
33	1	〃	〃	$R_{40}A_{12}P_{60}$	0.0386	0.0340																	
	2				0.0321																		
	3				0.0314																		
34	1	〃	〃	$R_{50}A_{12}P_{60}$	0.0329	0.0312		○			−	○			△(1)	0.04	○			△(1)	0.04	1	
	2				0.0329			○			−	○			△(1)	〃	○			△(1)	〃	1	
	3				0.0279			○			−	○			△(1)	〃	○			△(1)	〃	1	
40	1	ZI	〃	$R_{50}A_{20}P_{100}$	0.0371	0.0374																	
	2				0.0379																		
	3				0.0371																		
41	1	ZD_2	J_4G_0	$R_{30}A_9P_{100}$	0.0371	0.0374		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0400			○			−	○			△(1)	0.04		○			−	1	
	3				0.0350			○			−	○			△(1)	〃		○			−	1	
44	1	〃	〃	$R_{40}A_9P_{100}$	0.0379	0.0374		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0421			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0321			○			−		○			−		○			−	0	
47	1	〃	〃	$R_{50}A_9P_{100}$	0.0386	0.0388		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0336			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0443			○			−		○			−		○			−	0	
50	1	〃	〃	$R_{65}A_9P_{100}$	0.0343	0.0367																	
	2				0.0386																		
	3				0.0371																		
51	1	〃	〃	$R_{65}A_{12}P_{100}$	0.0371	0.0378		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0371			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0393			○			−		○			−		○			−	0	

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

0.03%以上

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.03%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
53	1	ZD_2	J_4G_0	$R_{30}A_9P_{100}$	0.0314	0.0367		○			−		○			−		○			−	0	○は全面 △は一部
	2				0.0407			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0379			○			−		○			−		○			−	0	
56	1	〃	C_4G_0	$R_{40}A_9P_{100}$	0.0314	0.0312		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0314			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0307			○			−		○			−		○			−	0	
60	1	〃	〃	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0429	0.0347		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0342			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0271			○			−		○			−		○			−	0	
63	1	〃	〃	$R_{65}A_{12}P_{100}$	0.0314	0.0300																	
	2				0.0307																		
	3				0.0279																		
65	1	〃	D_3G_2	$R_{40}A_{12}P_{100}$	0.0300	0.0331		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0336			○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0357			○			−		○			−		○			−	0	
66	1	〃	〃	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0336	0.0329		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0400			○			−		○			−	○			△ (1)	0.04	1	
	3				0.0350			○			−		○			−		○			−	0	
67	1	〃	〃	$R_{65}A_{12}P_{100}$	0.0300	0.0324																	
	2				0.0371																		
	3				0.0300																		
69	1	〃	D_5G_2	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0336	0.0350		○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0364			○			−	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	1	
	3				0.0350			○			−	○			△ (1)	〃		○			−	1	
75	1	〃	D_4G_0	$R_{50}A_{12}P_{100}$	0.0357	0.0374		○			−	○		△ (1)		0.04		○			−	1	
	2				0.0393			○			−	○			△ (1)	0.04		○			−	1	
	3				0.0371			○			−		○			−		○			−	0	
76	1	〃	〃	$R_{65}A_{12}P_{100}$	0.0336	0.0374																	
	2				0.0400																		
	3				0.0386																		
225	1	〃	D_4G_2	$R_{65}A_9P_{100}$	0.0336	0.0350																	
	2				0.0364																		
	3				0.0350																		
306	1	ZD_2 ZI	〃	$R_{65}A_{12}P_{40}$	0.0336	0.0343																	
	2				0.0343																		
	3				0.0350																		
309	1	〃	〃	$R_{30}A_{12}P_{20}$	0.0300	0.0338																	
	2				0.0350																		
	3				0.0364																		

0.03%以上

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

（膨張0.03%、0.02%以上）

	No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
0.03%以上	311	1	ZD2	D4G2	R50A12P20	0.0307			○			−				△(1)	0.04		○			−	1	
		2				0.0336	0.0314		○			−		○			−				△(1)	0.04	1	○は全面
		3				0.0300			○			−				△(1)	0.04		○			−	1	△は一部
		1																						
		2																						
		3																						
0.02%以上	1	1	ZD2	OPC	R0 A0 P100	0.0257			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0179	0.0222		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0229			○			−		○			−		○			−	0	
	26	1	〃	D4G2	R65A12P100	0.0300			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0264	0.0295		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0321			○			−		○			−		○			−	0	
	27	1	〃	〃	R65A20P100	0.0236			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0243	0.0238		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0236			○			−		○			−		○			−	0	
	29	1	ZD2 ZI	〃	R40A12P80	0.0300			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0329	0.0293		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0250			○			−		○			−		○			−	0	
	30	1	〃	〃	R50A12P80	0.0236			○			−	○			△(1)	0.04		○			−	1	
		2				0.0293	0.0255		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0236			○			−	○			△(1)	0.04		○			−	1	
	31	1	〃	〃	R65A12P80	0.0214			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0221	0.0214		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0207			○			−		○			−		○			−	0	
	35	1	〃	〃	R65A12P60	0.0221			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0214	0.0219		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0221			○			−		○			−		○			−	0	
	37	1	〃	〃	R40A12P50	0.0214			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0200	0.0217		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0236			○			−		○			−		○			−	0	
	38	1	〃	〃	R50A12P50	0.0214			○			−		○			−	○			△(1)	0.04	1	
		2				0.0200	0.0217		○			−		○			−				△(1)	〃	1	
		3				0.0236			○			−		○			−		○			−	0	
	59	1	ZD2	C1G0	R50A9 P100	0.0300			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0307	0.0295		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0279			○			−		○			−		○			−	0	
	62	1	〃	〃	R65A9 P100	0.0278			○			−		○			−		○			−	0	
		2				0.0136	0.0259		○			−		○			−		○			−	0	
		3				0.0371			○			−		○			−		○			−	0	

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

－（膨張0.02%、0.01%以上）

	No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
0.02%以上	64	1	ZD_2	C_4G_0	$R_{65}A_{20}P_{100}$	0.0243	0.0226		○			－		○			－		○			－	0	○は全面
		2				0.0257			○			－		○			－		○			－	0	△は一部
		3				0.0179			○			－		○			－		○			－	0	
	70	1	〃	D_5G_2	$R_{65}A_{12}P_{100}$	0.0286	0.0295		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0293			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0307			○			－		○			－		○			－	0	
	304	1	ZD_2 ZI	D_4G_2	$R_{40}A_{12}P_{40}$	0.0286	0.0282		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0271			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0293			○			－		○			－		○			－	0	
	305	1	〃	〃	$R_{50}A_{12}P_{40}$	0.0200	0.0229		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0307			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0179			○			－		○			－		○			－	0	
	310	1	〃	〃	$R_{40}A_{12}P_{20}$	0.0264	0.0271		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0293			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0257			○			－		○			－		○			－	0	
		1																						
		2																						
		3																						
0.01%以上	39	1	ZD_2 ZI	D_4G_2	$R_{85}A_{12}P_{80}$	0.0200	0.0191		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0186			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0186			○			－		○			－		○			－	0	
	301	1	〃	OPC	$R_0A_0P_{40}$	0.0085	0.0150		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0214			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0150			○			－		○			－		○			－	0	
	307	1	〃	〃	$R_0A_0P_{20}$	0.0150	0.0129		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0129			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0107			○			－		○			－		○			－	0	
		1																						
		2																						
		3																						
0%以上	312	1	ZD_2	D_4G_2	$R_{65}A_{12}P_{20}$	0.0064	0.0078		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0107			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0064			○			－		○			－		○			－	0	
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

青津（膨張率0.05%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
79	1	ZD1	OPC	R0 A12 P100	0.2307	0.2219	○		○ (5)		0.10	○			○ (5)	0.10	○			△ (4)	0.10	5	
	2				0.2336		○		○ (5)		〃	○			○ (5)	〃	○		○ (5)		〃	5	○は全面
	3				0.2014		○		○ (5)		〃	○			○ (5)	〃	○			○ (5)	〃	5	△は一部
81	1	ZD3	〃	R0 A9 P100	0.0643	0.0648	○			△ (1)	0.04		○			—		○			—	1	
	2				0.0650		○			△ (1)	〃		○			—		○			—	1	
	3				0.0650		○			△ (1)	〃		○			—		○			—	1	
82	1	〃	〃	R0 A12 P100	0.2700	0.2829	○		○ (4)		0.08	○			○ (5)	0.10	○			○ (5)	0.10	5	
	2				0.3029		○		○ (4)		〃	○			○ (5)	〃	○			○ (5)	0.15	5	
	3				0.2757		○		○ (4)		〃	○			○ (5)	〃	○			○ (5)	0.10	5	
84	1	ZD1	D4G2	R30A12P100	0.1207	0.1181	○		○ (3)		0.06	○			○ (4)	0.08	○			○ (3)	0.06	3	
	2				0.1186		○		○ (3)		〃	○			○ (3)	0.06	○			○ (4)	0.08	3	
	3				0.1150		○		○ (3)		〃	○			○ (3)	〃	○			○ (4)	〃	3	
85	1	〃	〃	R30A20P100	0.2450	0.2469	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04				△ (1)	0.04	1	
	2				0.2529		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃			△ (1)		〃	1	
	3				0.2429		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃			△ (1)		〃	1	
87	1	〃	〃	R40A12P100	0.0657	0.0678	○		△ (1)		0.04	○			△ (1)	0.04	○			△ (1)	0.04	1	
	2				0.0657		○		△ (1)		〃	○			○ (3)	0.06	○			○ (2)	〃	2	
	3				0.0721		○		△ (1)		〃	○			○ (3)	〃	○			○ (2)	〃	2	
88	1	〃	〃	R40A20P100	0.1729	0.1690	○		○ (2)		0.04	○			△ (1)	0.04	○		△ (1)		0.04	1	
	2				0.1671		○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	1	
	3				0.1671		○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	1	
91	1	〃	〃	R50A20P100	0.1079	0.1067	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	○			△ (1)	0.04	1	
	2				0.1029		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	1	
	3				0.1093		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○			△ (1)	〃	1	
96	1	ZD3	〃	R30A12P100	0.0671	0.0671	○		○ (2)		0.04	○			△ (1)	0.04	○			△ (1)	0.04	1	
	2				0.0671		○		△ (1)		〃	○			△ (1)	〃	○			△ (1)	〃	1	
	3				0.0671		○		△ (1)		〃	○			○ (2)	〃	○			△ (1)	〃	1	
97	1	〃	〃	R30A20P100	0.2850	0.2812	○		○ (3)		0.06	○		○ (3)		0.06	○		○ (2)		0.04	3	
	2				0.2650		○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	○		○ (2)		〃	3	
	3				0.2936		○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	○		○ (3)		0.06	3	
99	1	〃	〃	R40A12P100	0.0529	0.0538	○			△ (1)	0.04				△ (1)	0.04		○			—	1	
	2				0.0543		○			△ (1)	〃		○			—		○			—	1	
	3				0.0543		○			△ (1)	〃		○			—		○			—	1	
100	1	〃	〃	R40A20P100	0.1679	0.1698	○		○ (3)		0.06	○		△ (2)		0.06	○		△ (2)		0.06	2	
	2				0.1764		○		○ (3)		〃	○		△ (1)		0.04	○		△ (2)		〃	2	
	3				0.1650		○		○ (3)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		0.04	1	
103	1	〃	〃	R50A20P100	0.0693	0.0724	○		○ (2)		0.04	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	1	
	2				0.0714		○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	1	
	3				0.0764		○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	1	

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

0.05%以上

モルタルバー外観調査（材令12M）

－君津（膨張率0.05%, 0.04%以上）

	No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価
0.05%以上	107	1	ZD1	D3G2	R40A12P100	0.0579	0.0579	○		○ (2)		0.04	○			△ (1)	0.04	○			△ (1)	0.04	1
		2				0.0586		○		○ (2)		〃	○			△ (1)	〃	○			○ (2)	0.06	2
		3				0.0571		○		○ (2)		〃	○			○ (2)	〃	○			△ (1)	0.04	2
	110	1	〃	D5G2	R40A12P100	0.0914	0.0888	○		○ (2)		0.04	○		△ (1)		0.04	○		△ (2)		0.06	2
		2				0.0864		○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		0.04	1
		3				0.0886		○		○ (2)		〃	○			△ (1)	〃	○		△ (1)		〃	1
	111	1	〃	〃	R50A12P100	0.0593	0.0540	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	1
		2				0.0521		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	1
		3				0.0507		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	1
	113	1	〃	D8G0	R40A12P100	0.1121	0.1143	○		△ (1)		0.04	○			○ (2)	0.04	○		△ (1)		0.04	1
		2				0.1129		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (2)		0.06	1
		3				0.1179		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		0.04	1
	114	1	〃	〃	R50A12P100	0.0807	0.0807	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	1
		2				0.0800		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○			△ (1)	〃	1
		3				0.0814		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○			△ (1)	〃	1
	115	1	〃	〃	R65A12P100	0.0521	0.0509		○			−				△ (1)	0.04		○			−	1
		2				0.0493			○			−		○			−		○			−	1
		3				0.0514		○			△ (1)	0.04		○			−				△ (1)	0.04	0
	116	1	〃	D4G0	R40A12P100	0.0729	0.0702	○		△ (1)		0.04	○		△ (1)		0.04	○			△ (1)	0.04	1
		2				0.0671		○		△ (1)		〃	○			△ (1)	〃	○		△ (1)		〃	1
		3				0.0707		○		△ (1)		〃	○		△ (1)		〃	○			△ (1)	〃	1
	3	1	ZD2	OPC	R0 A12P100	0.3000	0.2819	○		○ (3)		0.06	○		○ (4)		0.08	○		○ (4)		0.08	4
		2				0.2643		○		○ (3)		〃	○		○ (4)		〃	○		○ (3)		0.06	3
		3				0.2814		○		○ (3)		〃	○		○ (4)		〃	○		○ (4)		0.08	4
	4	1	〃	〃	R0 A20P100	0.4543	0.4317	○		○ (3)		0.06	○		○ (3)		0.06	○		○ (3)		0.06	3
		2				0.4143		○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	3
		3				0.4264		○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	○		○ (3)		〃	3
0.04%以上	78	1	ZD1	〃	R0 A9 P100	0.0450	0.0450	○		○ (3)		0.06	○		△ (1)		0.04	○			△ (1)	0.04	2
		2				0.0464		○		○ (3)		〃	○			△ (2)	0.06	○		△ (1)		〃	2
		3				0.0436		○		○ (3)		〃	○			○ (3)	〃	○			○ (3)	0.06	3
	95	1	ZD3	D4G2	R30A9 P100	0.0436	0.0448		○			−		○			−		○			−	0
		2				0.0457			○			−		○			−		○			−	0
		3				0.0450			○			−		○			−		○			−	0
	98	1	〃	〃	R40A9 P100	0.0443	0.0433		○			−		○			−		○			−	0
		2				0.0450			○			−		○			−		○			−	0
		3				0.0407			○			−		○			−		○			−	0
	117	1	ZD1	D4G0	R50A12P100	0.0471	0.0481	○			○ (2)	0.04	○			△ (1)	0.04	○			○ (2)	0.04	2
		2				0.0450		○			△ (1)	〃	○			△ (1)	〃	○			○ (2)	〃	1
		3				0.0521		○			△ (1)	〃	○			○ (2)	〃	○			△ (1)	〃	1

その他（ゲル、ポップアウト等）

○は全面
△は一部

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

普通（膨張0.03%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
80	1	ZD3	OPC	R0 A0 P100	0.0314			○			−		○			−		○			−	0	○は全面
	2				0.0336	0.0340		○			−		○			−		○			−	0	△は一部
	3				0.0371			○			−		○			−		○			−	0	
83	1	ZD1	D4G2	R30A9 P100	0.0350		○		○ (2)		0.04	○			△ (1)	0.04		○			−	1	
	2				0.0343	0.0364	○			○ (2)	0.04		○			−		○			−	1	
	3				0.0400		○		○ (2)		0.04		○			−		○			−	1	
86	1	〃	〃	R40A9 P100	0.0300			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0343	0.0329	○			△ (1)	0.04	○			△ (1)	0.04		○			−	1	
	3				0.0343		○			△ (1)	0.04		○			−	○			△ (1)	0.04	1	
90	1	〃	〃	R50A12P100	0.0343		○			△ (1)	0.04	○			△ (1)	0.04	○			△ (1)	0.04	1	
	2				0.0364	0.0359	○			△ (1)	〃		○			−		○			−	1	
	3				0.0371		○			△ (1)	〃		○			−	○			○ (2)	0.04	1	
101	1	ZD3	〃	R50A9 P100	0.0343		○			△ (1)	0.04		○			−		○			−	1	
	2				0.0336	0.0338	○		△ (1)		〃	○			△ (1)	0.04	○			△ (1)	0.04	1	
	3				0.0336			○			−		○			−	○				−	0	
102	1	〃	〃	R50A12P100	0.0421		○		△ (1)		0.04		○			−	○			△ (1)	0.04	1	
	2				0.0393	0.0398	○		△ (1)		〃	○		△ (1)		0.04	○		△		〃	1	
	3				0.0379		○			△ (1)	〃		○			−		○			−	1	
108	1	ZD1	D3G2	R50A12P100	0.0350		○		○ (2)		0.04	○		△ (1)		0.04		○			−	1	
	2				0.0400	0.0371	○		○ (2)		〃	○		△ (1)		〃		○			−	1	
	3				0.0364		○			○ (2)	〃		○			−	○			△ (1)	0.04	1	
118	1	〃	D4G0	R65A12P100	0.0307		○			△ (1)	0.04	○		△ (1)		0.04	○			△ (1)	0.04	1	
	2				0.0307	0.0319		○			−	○			△ (1)	〃	○		△ (1)		〃	1	
	3				0.0343		○		○ (2)		0.04	○			○ (2)	〃	○			△ (1)	〃	2	
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						

0.03%以上

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

3津（膨張0.02%以上）

No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
89	1	ZD1	D4G2	R50A9 P100	0.0250			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0271	0.0269	○			△(1)	0.04		○			−		○			−	1	○は全面
	3				0.0286		○			△(1)	〃		○			−		○			−	1	△は一部
94	1	〃	〃	R65A20P100	0.0264			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0264	0.0259	○			△(1)	0.04		○			−		○			−	1	
	3				0.0250		○			△(1)	〃		○			−		○			−	1	
104	1	ZD3	〃	R65A9 P100	0.0243			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0236	0.0231		○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0214			○			−		○			−		○			−	0	
105	1	〃	〃	R65A12P100	0.0229			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0250	0.0233		○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0221			○			−		○			−		○			−	0	
106	1	〃	〃	R65A20P100	0.0336			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0271	0.0295		○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0279			○			−		○			−		○			−	0	
119	1	ZI	〃	R30A12P100	0.0279			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0286	0.0281		○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0279			○			−		○			−		○			−	0	
120	1	〃	〃	R40A12P100	0.0250			○			−		○			−		○			−	0	
	2				0.0286	0.0267		○			−		○			−		○			−	0	
	3				0.0264			○			−	○			△(1)	0.04		○			−	1	
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						
	1																						
	2																						
	3																						

0.02%以上

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

モルタルバー外観調査（材令12M）

－君津（膨張0.01%, 0%以上）

	No.		骨材	スラグ	配合	12M膨張率		ひび割れ 底面 有	底面 無	底面 亀甲	底面 線状	底面 巾	右面 有	右面 無	右面 亀甲	右面 線状	右面 巾	左面 有	左面 無	左面 亀甲	左面 線状	左面 巾	評価	その他（ゲル、ポップアウト等）
0.01%以上	92	1	ZD1	D4G2	R65A9 P100	0.0100	0.0102		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0100			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0107			○			－		○			－		○			－	0	
	109	1	〃	D3G2	R65A12P100	0.0136	0.0138		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0136			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0143			○			－		○			－		○			－	0	
	112	1	〃	D5G2	R65A12P100	0.0121	0.0114		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0121			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0100			○			－		○			－		○			－	0	
	121	1	ZI	D4G2	R50A12P100	0.0193	0.0195		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0207			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0186			○			－		○			－		○			－	0	
		1																						
		2																						
		3																						
0%以上	77	1	ZD1	OPC	R0 A0 P100	0.0107	0.0086		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0071			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0079			○			－		○			－		○			－	0	
	93	1	〃	D4G2	R65A12P100	0.0057	0.0038		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0071			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0014			○			－		○			－		○			－	0	
	122	1	ZI	〃	R65A12P100	0.0050	0.0041		○			－		○			－		○			－	0	
		2				0.0029			○			－		○			－		○			－	0	
		3				0.0043			○			－		○			－		○			－	0	
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						
		1																						
		2																						
		3																						

○は全面
△は一部

評価	
△で0.04	1
○で0.04	2
△で0.06	
○で0.06	3
△で0.08	
○で0.08	4
△で0.10	
○で0.10	5
○で0.15	

巻末資料 5

パイレックスガラスを用いたモルタルバー膨張試験

そ の 1

共 同 研 究 委 員 会
担当：鐵鋼スラグ協会

試験結果の概要

A. アルカリの種類がモルタルの膨張に及ぼす影響を調べるためNaOHとKOHを添加してASTM C 441試験を行った結果，等価アルカリ量が一定の場合KOHにくらべNaOHのほうが膨張が大きくなることがわかった。またNa_2Oeqが大きくなるほどその差も大きくなる傾向を示した。

B. 普通ポルトランドセメントの一部を市販のスラグ粉末で置換しモルタルの膨張量を測定した結果は次のとおりである。

① 国内で販売されているスラグ粉末は，すべて膨張率低減に有効に働くが添加率が50%程度まではASTMの規定にある14日許容膨張量0.02%以下にはならなかった。これまでの知見から外国ではフライアッシュの場合25%，スラグの場合50%置換すれば有効といわれているが，パイレックスガラスとNa_2Oeq 1.0%の普通ポルトランドセメントを用いた今回の試験ではフライアッシュの場合もスラグの場合でもそのような裏付を得るまでに至っていない。

② 膨張率の低減の大きいものと小さいものが明らかに区別出来た。低減率の大きいものは石膏が添加されかつ，粉末度もやや大き目のもので初期強度の増進が見られるものであった。

③ 普通ポルトランドセメントの25%をフライアッシュ及びケイ砂粉末で置換したモルタルの膨張は基準セメントモルタルの膨張より小さく，ケイ砂粉末よりフライアッシュが小さくなった。このことはフライアッシュは稀釈効果以外の膨張率低減作用があると考えられる。

置換率25%のスラグと比較するとフライアッシュはスラグの最も効果のある銘柄と同等であり，ケイ砂はスラグの最も効果の小さい銘柄に近い膨張を示した。但しここでは質量置換率を一率25%で行ったが，稀釈効果であれば当然容積置換率で考えなければならない。質量置換率を容積置換率に直すとスラグは27%，フライアッシュは36%，ケイ砂粉末は30%となる。

C. スラグ粉末度及び供試体寸法の影響

ブレーン3,000 cm^2/g程度のスラグ粉末は4,500のものにくらべ膨張率が若干大きかったが，4,500と5,900は殆んど差が認められなかった。高炉スラグ粉末で反応性の良いものは膨張が小さいようである。このことは，先述の石膏添加も水硬性を加速するので同じ理由と考えられる。

スラグ置換率0と50%で25×25×285 mmと40×40×160 mmの膨張を比較したが供試体の寸法差による明確な傾向が現在までのところ認められていない。

1. 予備試験の概要

試験A　アルカリの種類の効果

目　　的：普通ポルトランドセメントとパイレックスガラスを組み合せたモルタルの等価アルカリ量と膨張量の関係把握および試験方法の検討及びNaとKの効果差調査

試験方法の検討及びNaとKの効果差調査

試験方法：ASTM C441に準ずる。

供試体寸法：$1\times1\times11\frac{1}{4}$インチ（ゲージ長10.00インチ）

- ベース普通ポルトに0.2%刻みでアルカリを添加
- アルカリ調節はNaOH，KOHの2種でおこなう
- 膨張量測定材令　2週，4週，8週
- モルタルバーの外観損傷のrating

試験B　スラグの種類及び置換率の影響

目　　的：普通ポルトランドセメントの一部をスラグ，フライアッシュ，ケイ砂粉で置換し，置換率と膨張量の関係把握および試験方法の検討

試験方法：ASTM C441に準ずる。

供試体寸法：$1\times1\times11\frac{1}{4}$インチ

- ベース普通ポルトの等価アルカリは1.0%に調整
- 置換率（重量）

スラグ	0，25，40，50，65%
フライアッシュ	25%
ケイ砂粉	25%

- 膨張量測定材令　2週，4週，8週
- モルタルバーの外観損傷のrating

試験C　スラグ粉末度の影響

目　　的：①普通ポルトランドセメントの一部を粉末度の異なるスラグ粉末で置換し粉末度の影響を調べる。

②供試体寸法の影響を調べる。

供試体寸法：4×4×16 cm，$1\times1\times11\frac{1}{4}$インチ

寸法の影響はスラグ置換率0，50%で実施

モルタル強さ：JIS R5201，名古屋水砕スラグを粉砕したものについて実施

同一スラグで粉末度の異なる3種（石膏量SO_3換算2%程度）

3100±200 cm^2/g

4300±200

5700±200

スラグ置換率　0，25，40，50，65%

膨張量測定材令　2週，4週，8週

ベース普通ポルトの等価アルカリは1.0%に調整

2. 試験結果

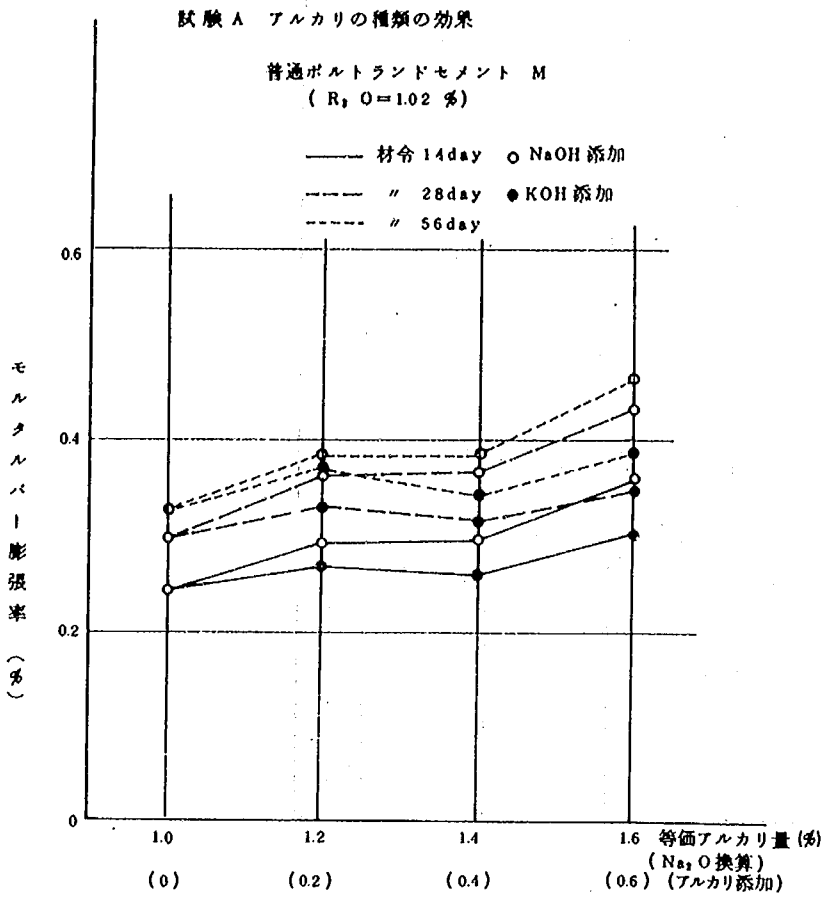
試験A　アルカリの種類の効果

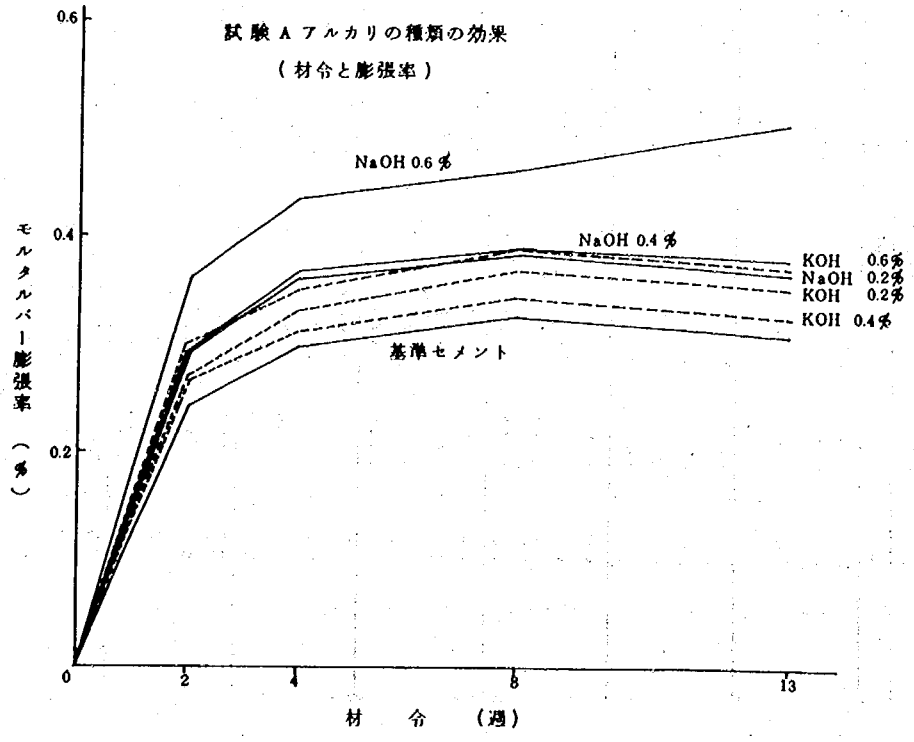
1. モルタル配合及びフロー率

セメント種類		配合 (g)			水セメント比 (%)	ASTMフロー率 (%)
		ポルト	パイレックス	水		
ベース普通N		400.0	900.0	176.0	44.0	113.0
NaOH添加	0.2 % 添加	〃	〃	〃	〃	112.4
	0.4 % 添加	〃	〃	〃	〃	110.8
	0.6 % 添加	〃	〃	〃	〃	110.0
KOH添加	0.2 % 添加	〃	〃	〃	〃	111.5
	0.4 % 添加	〃	〃	〃	〃	110.7
	0.6 % 添加	〃	〃	〃	〃	110.0

2. モルタル膨張率測定結果

アルカリ添加	供試体	膨張率 (%)			
		2 週	4 週	8 週	13 週
基準セメント (R_2O = 1.02%)	X_1	+0.222	+0.280	+0.312	+0.295
	X_2	+0.250	+0.304	+0.334	+0.318
	X_3	+0.249	+0.306	+0.328	+0.312
	$\bar{X}$	+0.240	+0.297	+0.325	+0.308
基準セメント +NaOH 0.2% (R_2O = 1.22%)	X_1	+0.267	+0.332	+0.358	+0.343
	X_2	+0.306	+0.369	+0.391	+0.374
	X_3	+0.298	+0.378	+0.400	+0.386
	$\bar{X}$	+0.290	+0.360	+0.383	+0.368
基準セメント +NaOH 0.4% (R_2O = 1.42%)	X_1	+0.285	+0.355	+0.376	+0.367
	X_2	+0.318	+0.387	+0.409	+0.398
	X_3	+0.276	+0.356	+0.378	+0.370
	$\bar{X}$	+0.293	+0.366	+0.388	+0.378
基準セメント +NaOH 0.6% (R_2O = 1.62%)	X_1	+0.341	+0.421	+0.452	+0.446
	X_2	+0.372	+0.443	+0.468	+0.461
	X_3	+0.366	+0.437	+0.466	+0.457
	$\bar{X}$	+0.360	+0.434	+0.462	+0.455
基準セメント + KOH 0.2% (R_2O = 1.22%)	X_1	+0.261	+0.320	+0.376	+0.359
	X_2	+0.280	+0.330	+0.368	+0.353
	X_3	+0.261	+0.341	+0.360	+0.344
	$\bar{X}$	+0.267	+0.330	+0.368	+0.352
基準セメント + KOH 0.4% (R_2O = 1.42%)	X_1	+0.246	+0.298	+0.326	+0.309
	X_2	+0.292	+0.340	+0.371	+0.354
	X_3	+0.242	+0.295	+0.334	+0.316
	$\bar{X}$	+0.260	+0.311	+0.344	+0.326
基準セメント + KOH 0.6% (R_2O = 1.62%)	X_1	+0.311	+0.367	+0.397	+0.381
	X_2	+0.302	+0.350	+0.390	+0.374
	X_3	+0.279	+0.330	+0.378	+0.361
	$\bar{X}$	+0.297	+0.349	+0.388	+0.372


試験A　アルカリの種類の効果
普通ポルトランドセメント　M
(R₂O=1.02 %)
—— 材令 14day　○ NaOH 添加
---- 〃 28day　● KOH 添加
------ 〃 56day
モルタルバー膨張率 (%)
0.6
0.4
0.2
0
1.0
1.2
1.4
1.6
等価アルカリ量 (%)
(Na₂O 換算)
(0)
(0.2)
(0.4)
(0.6)
(アルカリ添加)


試験A アルカリの種類の効果
(材令と膨張率)
モルタルバー膨張率 (%)
0.6
0.4
0.2
0
NaOH 0.6 %
NaOH 0.4 %
KOH 0.6%
NaOH 0.2%
KOH 0.2%
KOH 0.4%
基準セメント
2
4
8
13
材　令　(週)

試験B　スラグの種類及び置換率の影響

1. モルタル配合及びフロー率

銘柄	置換率 (%)	配合 (g) スラグ	ポルト	パイレックス	水	水セメント比 (%)	ASTM フロー率(%)
OPC	0	0	400.0	900.0	176.0	44.0	113.0
A	25	101.8	288.3	〃	173.3	43.3	110.7
	40	160.4	223.9	〃	172.0	43.0	108.6
	50	198.0	182.0	〃	〃	〃	114.1
	65	255.4	149.3	〃	〃	〃	113.5
B	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	112.3
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	114.0
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	111.5
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	112.2
C	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	112.4
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	112.0
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	108.6
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	109.3
D	25	101.8	288.3	〃	173.3	43.3	112.3
	40	160.4	223.9	〃	172.0	43.0	110.5
	50	198.6	182.0	〃	〃	〃	113.9
	65	255.4	149.3	〃	〃	〃	112.0
E	25	103.9	285.3	〃	173.3	43.3	113.9
	40	103.6	219.4	〃	172.0	43.0	110.4
	50	202.4	176.6	〃	〃	〃	111.3
	65	258.0	114.0	〃	〃	〃	107.6
F	25	102.8	286.8	〃	173.3	43.3	110.5
	40	182.0	221.6	〃	172.0	43.0	108.8
	50	200.5	179.3	〃	〃	〃	115.0
	65	256.7	117.4	〃	〃	〃	110.1
G	25	101.8	288.3	〃	173.3	43.3	112.3
	40	160.4	223.9	〃	172.0	43.0	108.4
	50	198.6	182.0	〃	〃	〃	112.5
	65	254.5	120.7	〃	〃	〃	113.1
H	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	109.8
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	109.9
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	113.4
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	110.5
I	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	113.9
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	107.2
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	109.5
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	111.5

銘柄	置換率 (%)	配合 (g) スラグ	ポルト	パイレックス	水	水セメント比 (%)	ASTM フロー率(%)
J	25	100.0	300.0	900.0	173.3	43.3	110.2
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	110.9
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	108.3
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	110.6
K	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	113.1
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	110.5
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	109.6
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	113.6
L	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	114.6
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	113.5
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	113.1
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	113.9
P	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	112.0
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	111.6
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	110.3
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	109.1
フライアッシュ	25	100.0	300.	〃	164.0	41.0	112.0
ケイ砂粉	25	100.0	300.	〃	173.3	43.3	108.6

2. モルタル膨張率測定結果

スラグ銘柄	スラグ置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	*10週
基準普通ポルト	0	X_1	+0.222	+0.280	+0.312	+0.295
		X_2	+0.250	+0.304	+0.334	+0.318
		X_3	+0.249	+0.306	+0.328	+0.312
		$\bar{X}$	+0.240	+0.297	+0.325	+0.308
A	25	X_1	+0.150	+0.182	+0.194	+0.187
		X_2	+0.220	+0.234	+0.185	+0.177
		X_3	−	−	−	−
		$\bar{X}$	+0.185	+0.208	+0.109	+0.182
	40	X_1	+0.070	+0.100	+0.105	+0.098
		X_2	+0.062	+0.092	+0.096	+0.091
		X_3	+0.070	+0.104	+0.109	+0.105
		$\bar{X}$	+0.067	+0.099	+0.103	+0.098
	50	X_1	+0.017	+0.047	+0.051	+0.047
		X_2	+0.015	+0.038	+0.050	+0.047
		X_3	+0.015	+0.041	+0.054	+0.050
		$\bar{X}$	+0.016	+0.042	+0.052	+0.048
	65	X_1	−0.011	−0.001	+0.002	−0.001
		X_2	−0.010	−0.000	+0.001	−0.002
		X_3	−0.011	−0.002	−0.002	−0.004
		$\bar{X}$	−0.011	−0.001	+0.000	−0.002
B	25	X_1	+0.163	+0.181	+0.190	+0.187
		X_2	+0.163	+0.180	+0.189	+0.187
		X_3	+0.142	+0.159	+0.169	+0.167
		$\bar{X}$	+0.156	+0.173	+0.183	+0.180
	40	X_1	+0.093	+0.113	+0.128	+0.125
		X_2	+0.109	+0.130	+0.148	+0.145
		X_3	+0.114	+0.133	+0.150	+0.149
		$\bar{X}$	+0.106	+0.125	+0.142	+0.140
	50	X_1	+0.046	+0.068	+0.085	+0.085
		X_2	+0.050	+0.071	+0.090	+0.089
		X_3	+0.040	+0.057	+0.073	+0.070
		$\bar{X}$	+0.045	+0.065	+0.083	+0.081

＊ 基準ポルト，B,C,H,J,K,Lは13週の値

スラグ銘柄	スラグ置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	*10週
B	65	X_1	+0.004	+0.008	+0.016	+0.013
		X_2	+0.005	+0.009	+0.016	+0.017
		X_3	+0.007	+0.011	+0.017	+0.019
		$\bar{X}$	+0.005	+0.009	+0.016	+0.016
C	25	X_1	+0.165	+0.209	+0.230	+0.200
		X_2	+0.164	+0.207	+0.224	+0.213
		X_3	+0.154	+0.200	+0.223	+0.206
		$\bar{X}$	+0.161	+0.205	+0.227	+0.206
	40	X_1	+0.084	+0.119	+0.148	+0.134
		X_2	+0.082	+0.114	+0.141	+0.126
		X_3	+0.072	+0.105	+0.131	+0.117
		$\bar{X}$	+0.079	+0.113	+0.140	+0.126
	50	X_1	+0.037	+0.069	+0.093	+0.084
		X_2	+0.041	+0.076	+0.102	+0.095
		X_3	+0.033	+0.066	+0.091	+0.082
		$\bar{X}$	+0.037	+0.070	+0.095	+0.087
	65	X_1	+0.004	+0.007	+0.014	+0.009
		X_2	+0.004	+0.008	+0.015	+0.011
		X_3	+0.004	+0.007	+0.015	+0.010
		$\bar{X}$	+0.004	+0.007	+0.015	+0.010
D	25	X_1	+0.105	+0.141	+0.162	+0.155
		X_2	+0.091	+0.124	+0.145	+0.138
		X_3	+0.093	+0.125	+0.151	+0.145
		$\bar{X}$	+0.096	+0.130	+0.153	+0.146
	40	X_1	+0.019	+0.044	+0.065	+0.066
		X_2	+0.019	+0.049	+0.071	+0.073
		X_3	+0.021	+0.045	+0.074	+0.075
		$\bar{X}$	+0.020	+0.046	+0.070	+0.071
	50	X_1	−0.002	+0.006	+0.021	+0.020
		X_2	−0.006	+0.004	+0.018	+0.017
		X_3	−0.001	+0.008	+0.024	+0.022
		$\bar{X}$	−0.003	+0.006	+0.021	+0.020

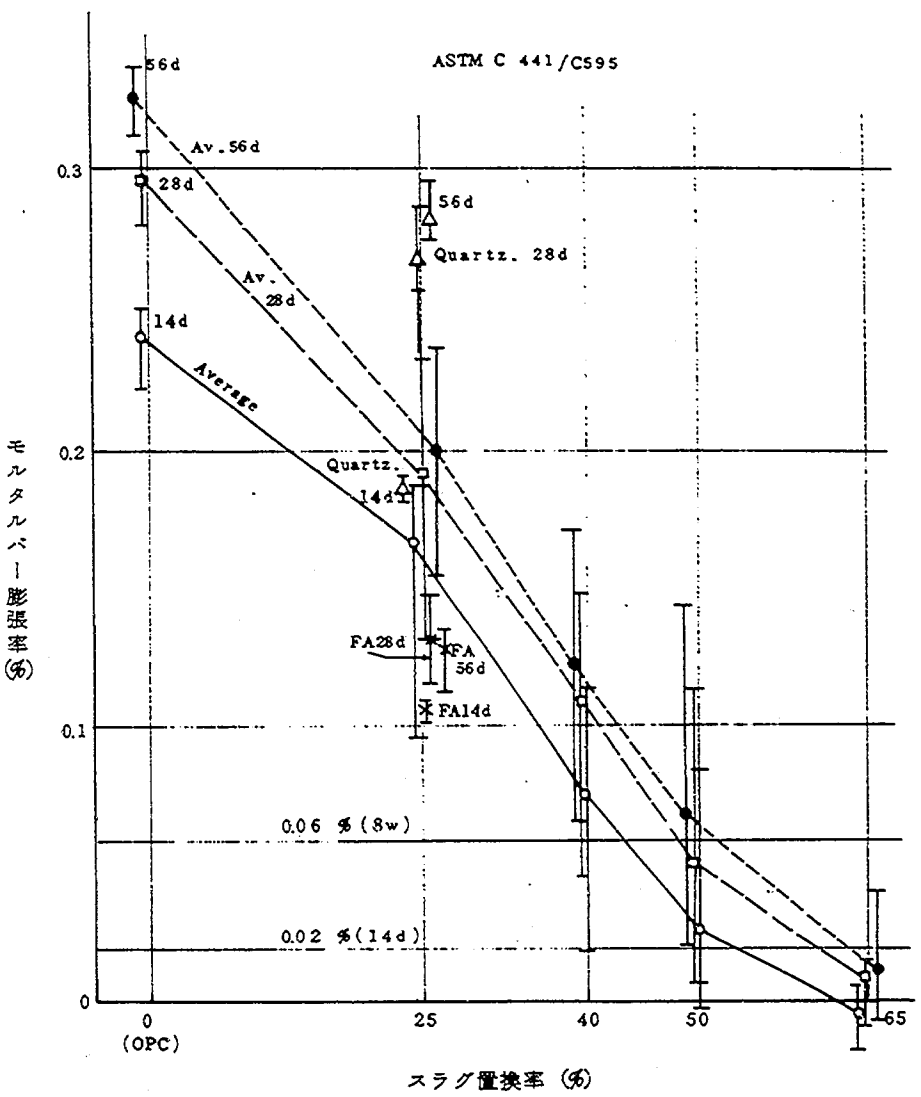
スラグ銘柄	スラグ置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	10週
D	65	X_1	−0.013	−0.013	−0.002	−0.010
		X_2	−0.013	−0.014	−0.004	−0.011
		X_3	−0.012	−0.011	−0.002	−0.009
		$\bar{X}$	−0.013	−0.013	−0.003	−0.010
E	25	X_1	+0.106	+0.149	+0.156	+0.150
		X_2	+0.130	+0.178	+0.182	+0.176
		X_3	+0.130	+0.177	+0.178	+0.173
		$\bar{X}$	+0.122	+0.168	+0.172	+0.166
	40	X_1	+0.056	+0.086	+0.089	+0.088
		X_2	+0.059	+0.112	+0.113	+0.111
		X_3	+0.061	+0.093	+0.095	+0.094
		$\bar{X}$	+0.059	+0.097	+0.099	+0.098
	50	X_1	+0.010	+0.047	+0.071	+0.080
		X_2	+0.007	+0.042	+0.054	+0.061
		X_3	+0.009	+0.035	+0.043	+0.046
		$\bar{X}$	+0.007	+0.041	+0.056	+0.062
	65	X_1	−0.011	−0.002	−0.001	−0.001
		X_2	−0.012	−0.002	−0.003	−0.001
		X_3	−0.011	−0.001	0.000	+0.001
		$\bar{X}$	−0.011	−0.002	−0.001	−0.000
F	25	X_1	+0.178	+0.221	+0.238	+0.236
		X_2	+0.175	+0.231	+0.233	+0.230
		X_3	+0.166	+0.229	+0.227	+0.225
		$\bar{X}$	+0.173	+0.227	+0.233	+0.230
	40	X_1	+0.051	+0.105	+0.105	+0.102
		X_2	+0.063	+0.106	+0.117	+0.118
		X_3	+0.054	+0.092	+0.100	+0.100
		$\bar{X}$	+0.056	+0.101	+0.107	+0.107
	50	X_1	+0.010	+0.042	+0.053	+0.059
		X_2	+0.007	+0.038	+0.048	+0.054
		X_3	+0.009	+0.043	+0.057	+0.061
		$\bar{X}$	+0.009	+0.041	+0.053	+0.058

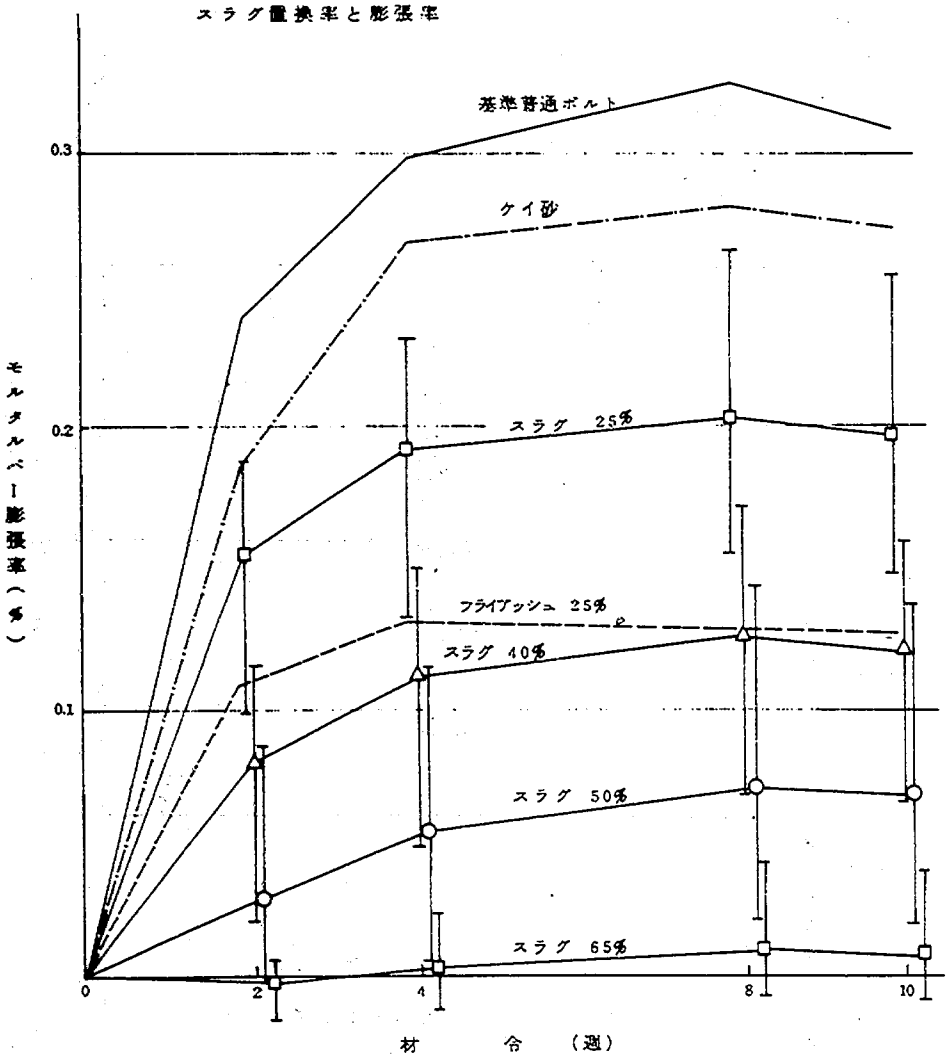
スラグ銘柄	スラグ置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	*10週
F	65	X_1	−0.018	−0.008	−0.009	−0.008
		X_2	−0.016	−0.007	−0.007	−0.006
		X_3	−0.015	−0.007	−0.007	−0.006
		$\bar{X}$	−0.016	−0.007	−0.008	−0.007
G	25	X_1	+0.089	+0.136	+0.142	+0.144
		X_2	+0.108	+0.154	+0.160	+0.163
		X_3	+0.117	+0.157	+0.167	+0.169
		$\bar{X}$	+0.105	+0.149	+0.156	+0.159
	40	X_1	+0.023	+0.048	+0.066	+0.063
		X_2	+0.023	+0.046	+0.067	+0.064
		X_3	+0.026	+0.047	+0.065	+0.062
		$\bar{X}$	+0.024	+0.047	+0.066	+0.063
	50	X_1	+0.000	+0.005	+0.021	+0.020
		X_2	−0.002	+0.004	+0.021	+0.019
		X_3	−0.003	+0.005	+0.019	+0.018
		$\bar{X}$	−0.002	+0.005	+0.020	+0.019
	65	X_1	−0.009	−0.009	−0.001	−0.002
		X_2	−0.007	−0.010	−0.001	−0.001
		X_3	−0.010	−0.009	−0.000	−0.000
		$\bar{X}$	−0.009	−0.009	−0.001	+0.001
H	25	X_1	+0.163	+0.181	+0.201	+0.197
		X_2	+0.194	+0.210	+0.236	+0.234
		X_3	+0.196	+0.211	+0.235	+0.233
		$\bar{X}$	+0.184	+0.201	+0.224	+0.221
	40	X_1	+0.108	+0.121	+0.140	+0.138
		X_2	+0.109	+0.119	+0.135	+0.134
		X_3	+0.106	+0.117	+0.137	+0.134
		$\bar{X}$	+0.108	+0.119	+0.137	+0.135
	50	X_1	+0.030	+0.041	+0.058	+0.058
		X_2	+0.035	+0.049	+0.066	+0.065
		X_3	+0.030	+0.041	+0.058	+0.057
		$\bar{X}$	+0.032	+0.044	+0.061	+0.065

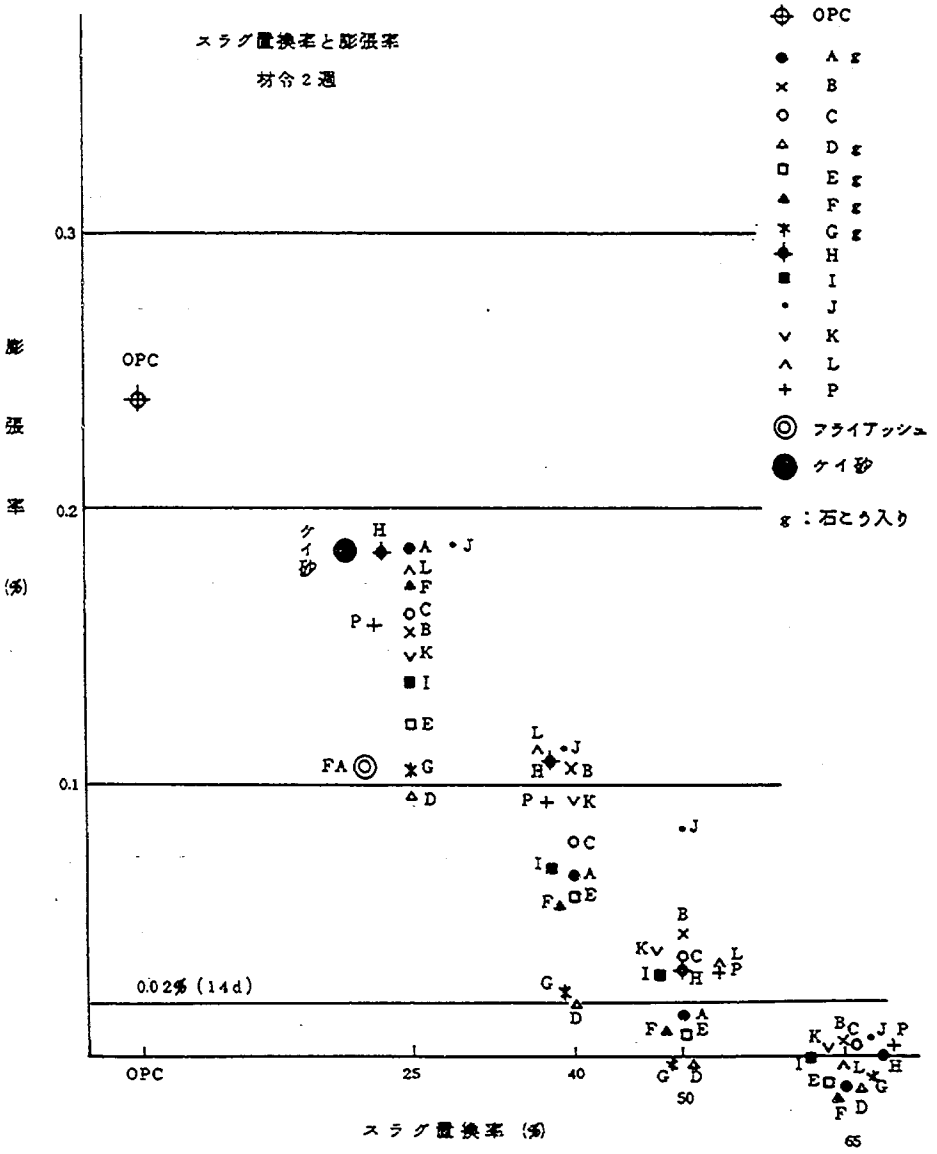
スラグ銘柄	スラグ置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	*10週
H	65	X_1	−0.000	+0.002	+0.009	+0.010
		X_2	+0.001	+0.004	+0.011	+0.013
		X_3	+0.002	+0.003	+0.012	+0.010
		$\bar{X}$	+0.001	+0.003	+0.011	+0.011
I	25	X_1	+0.145	+0.180	+0.185	+0.187
		X_2	+0.130	+0.171	+0.176	+0.171
		X_3	+0.137	+0.178	+0.183	+0.178
		$\bar{X}$	+0.137	+0.176	+0.181	+0.179
	40	X_1	+0.069	+0.101	+0.107	+0.102
		X_2	+0.067	+0.098	+0.103	+0.100
		X_3	+0.072	+0.108	+0.109	+0.103
		$\bar{X}$	+0.069	+0.102	+0.106	+0.102
	50	X_1	+0.030	+0.061	+0.065	+0.061
		X_2	+0.034	+0.061	+0.061	+0.059
		X_3	+0.025	+0.054	+0.056	+0.053
		$\bar{X}$	+0.030	+0.059	+0.061	+0.058
	65	X_1	−0.001	+0.008	+0.008	+0.006
		X_2	−0.001	+0.009	+0.008	+0.007
		X_3	−	−	−	−
		$\bar{X}$	−0.001	+0.009	+0.008	+0.007
J	25	X_1	+0.204	+0.236	+0.273	+0.264
		X_2	+0.182	+0.247	+0.276	+0.267
		X_3	+0.175	+0.212	+0.244	+0.233
		$\bar{X}$	+0.187	+0.232	+0.264	+0.255
	40	X_1	+0.099	+0.124	+0.153	+0.145
		X_2	+0.111	+0.141	+0.168	+0.157
		X_3	+0.128	+0.156	+0.164	+0.172
		$\bar{X}$	+0.113	+0.140	+0.168	+0.158
	50	X_1	+0.082	+0.109	+0.136	+0.129
		X_2	+0.093	+0.125	+0.154	+0.146
		X_3	+0.078	+0.105	+0.135	+0.129
		$\bar{X}$	+0.084	+0.113	+0.142	+0.135

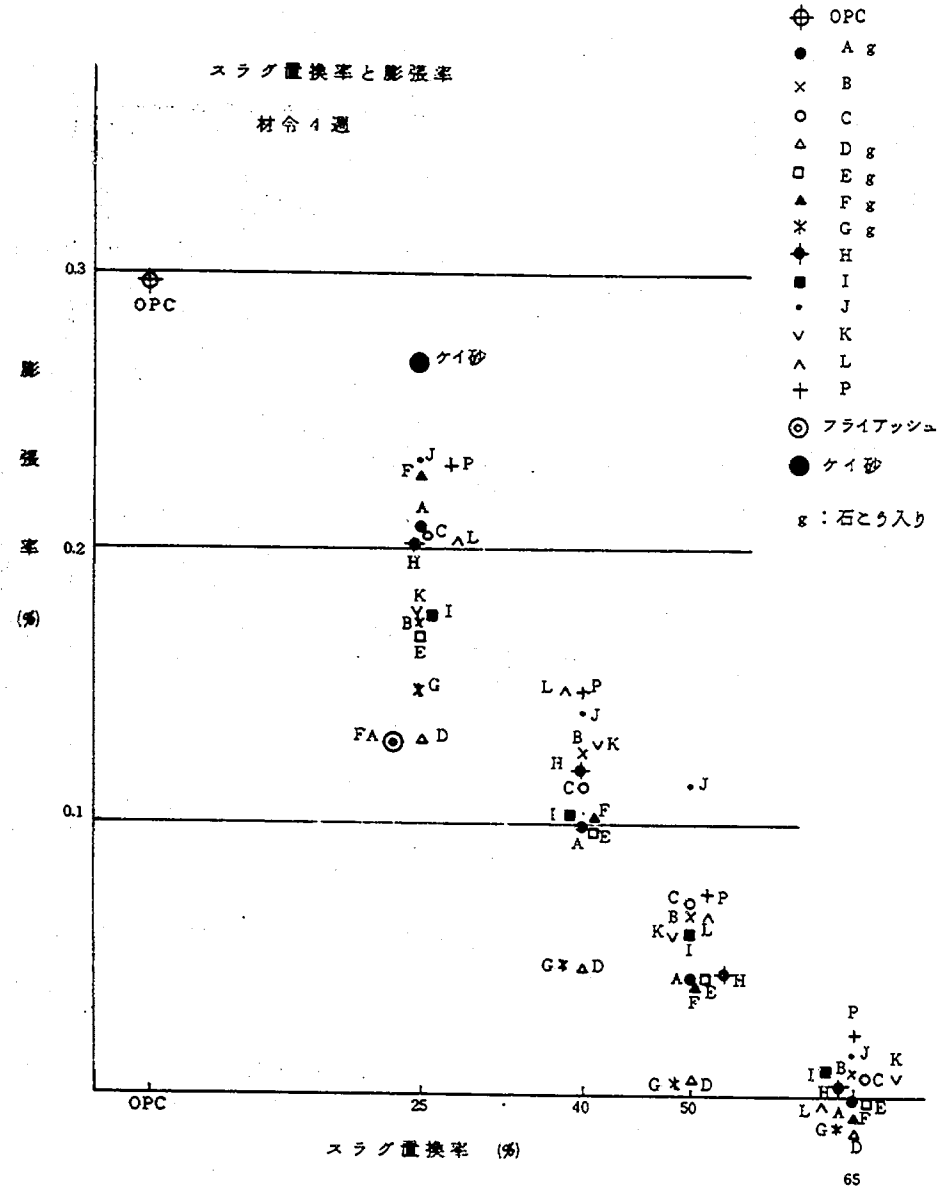
スラグ銘柄	スラグ置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	*10週
J	65	X_1	+0.007	+0.018	+0.045	+0.042
		X_2	+0.005	+0.011	+0.037	+0.034
		X_3	−	−	−	−
		$\bar{X}$	+0.006	+0.015	+0.014	+0.038
K	25	X_1	+0.135	+0.167	+0.180	+0.171
		X_2	+0.152	+0.181	+0.198	+0.187
		X_3	+0.151	+0.183	+0.199	+0.186
		$\bar{X}$	+0.146	+0.177	+0.192	+0.181
	40	X_1	+0.090	+0.123	+0.134	+0.128
		X_2	+0.085	+0.115	+0.124	+0.119
		X_3	−0.107	+0.146	+0.162	+0.154
		$\bar{X}$	+0.094	+0.128	+0.140	+0.134
	50	X_1	+0.035	+0.054	+0.068	+0.063
		X_2	+0.041	+0.062	+0.098	+0.072
		X_3	+0.037	+0.058	+0.074	+0.069
		$\bar{X}$	+0.038	+0.058	+0.073	+0.068
	65	X_1	+0.002	+0.005	+0.016	+0.013
		X_2	+0.004	+0.009	+0.017	+0.015
		X_3	+0.001	+0.008	+0.014	+0.010
		$\bar{X}$	+0.002	+0.007	+0.016	+0.013
L	25	X_1	+0.153	+0.188	+0.207	+0.195
		X_2	+0.190	+0.223	+0.243	+0.229
		X_3	+0.193	+0.197	+0.206	+0.194
		$\bar{X}$	+0.179	+0.203	+0.219	+0.206
	40	X_1	+0.100	+0.137	+0.156	+0.143
		X_2	+0.121	+0.155	+0.176	+0.161
		X_3	+0.119	+0.152	+0.178	+0.165
		$\bar{X}$	+0.113	+0.148	+0.170	+0.156
	50	X_1	+0.030	+0.060	+0.085	+0.079
		X_2	+0.038	+0.071	+0.102	+0.093
		X_3	+0.037	+0.065	+0.097	+0.089
		$\bar{X}$	+0.035	+0.065	+0.095	+0.087

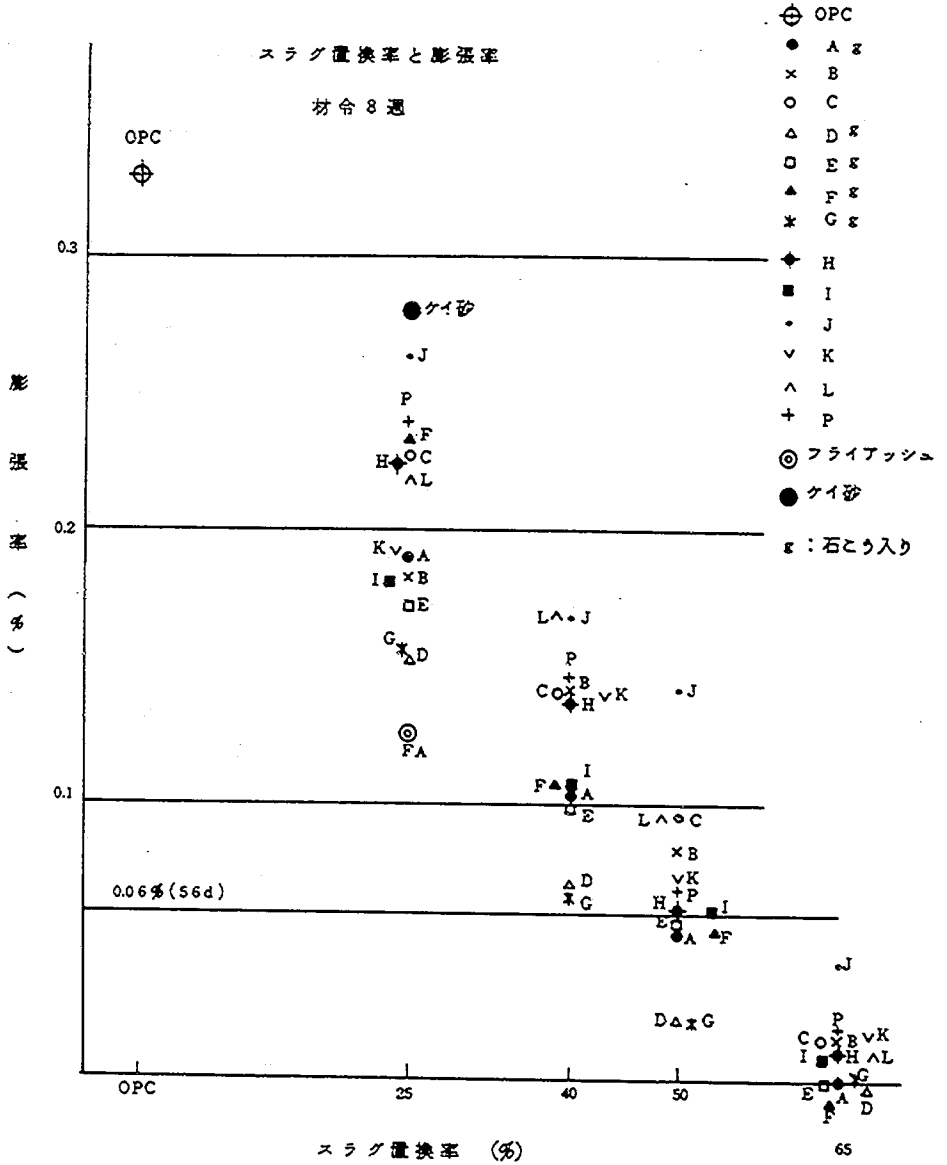
スラグ銘柄	スラグ置換率（%）	供試体	膨張率（%） 2週	4週	8週	*10週
L	65	X_1	−0.001	−0.001	+0.011	+0.009
		X_2	−0.004	−0.003	+0.006	+0.002
		X_3	−	−	−	−
		$\bar{X}$	−0.002	−0.002	+0.009	+0.006
P	25	X_1	+0.165	+0.242	+0.251	+0.246
		X_2	+0.164	+0.238	+0.245	+0.241
		X_3	+0.146	+0.210	+0.222	+0.218
		$\bar{X}$	+0.158	+0.230	+0.239	+0.235
	40	X_1	+0.087	+0.140	+0.138	+0.138
		X_2	+0.107	+0.163	+0.160	+0.159
		X_3	+0.087	+0.138	+0.138	+0.136
		$\bar{X}$	+0.094	+0.147	+0.145	+0.144
	50	X_1	+0.033	+0.073	+0.070	+0.071
		X_2	+0.033	+0.075	+0.072	+0.073
		X_3	+0.028	+0.067	+0.062	+0.063
		$\bar{X}$	+0.031	+0.072	+0.068	+0.069
	65	X_1	+0.002	+0.022	+0.018	+0.017
		X_2	+0.003	+0.019	+0.016	+0.018
		X_3	+0.003	+0.024	+0.019	+0.022
		$\bar{X}$	+0.003	+0.022	+0.018	+0.019
フライアッシュ	25	X_1	+0.109	+0.137	+0.133	+0.132
		X_2	+0.107	+0.135	+0.132	+0.131
		X_3	+0.101	+0.115	+0.111	+0.109
		$\bar{X}$	+0.106	+0.129	+0.125	+0.124
ケイ砂粉	25	X_1	+0.181	+0.256	+0.273	+0.266
		X_2	+0.190	+0.287	+0.293	+0.285
		X_3	+0.184	+0.258	+0.273	+0.265
		$\bar{X}$	+0.185	+0.267	+0.280	+0.272




スラグ置換率と膨張率
基準普通ポルト
ケイ砂
スラグ 25%
フライアッシュ 25%
スラグ 40%
スラグ 50%
スラグ 65%
0.3
0.2
0.1
0
2
4
8
10
モルタルバー膨張率（%）
材　　令　（週）


スラグ置換率と膨張率
材令２週
OPC
フライアッシュ
ケイ砂
g：石こう入り
膨張率 (%)
0.3
0.2
0.1
0.02% (14d)
OPC
25
40
50
65
スラグ置換率 (%)


スラグ置換率と膨張率
材令4週
膨張率 (%)
0.3
0.2
0.1
OPC
25
40
50
65
スラグ置換率 (%)
OPC
A g
B
C
D g
E g
F g
G g
H
I
J
K
L
P
フライアッシュ
ケイ砂
g：石こう入り


スラグ置換率と膨張率
材令8週
膨張率 (%)
0.3
0.2
0.1
0.06%(56d)
OPC
25
40
50
65
スラグ置換率 (%)
OPC
A g
B
C
D g
E g
F g
G g
H
I
J
K
L
P
フライアッシュ
ケイ砂
g：石こう入り

3. モルタルバーの外観

スラグ銘柄	スラグ置換率 (%)	供試体	供試体外観 4週	供試体外観 8週
OPC	0	X_1 X_2 X_3	底部白色斑点	側部，底部白色斑点そりなし（以下同）
A	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点 / 変化なし
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	50	X_1 X_2 X_3	茶黄色変色	同　上
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
B	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	同　上
C	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同　上
C	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	側部，底部白色斑点
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
D	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
E	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
F	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点

スラグ銘柄	スラグ置換率 (%)	供試体	供試体外観	
			4 週	8 週
F	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
G	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色班点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色班点
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
H	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色班点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同 上
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	同 上
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色

スラグ銘柄	スラグ置換率 (%)	供試体	供試体外観	
			4 週	8 週
I	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同 上
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
J	25	X_1 X_2 X_3	側部白色班点	茶黄色変色，側部底部白色班点
	40	X_1 X_2 X_3	同 上	同 上
	50	X_1 X_2 X_3	同 上	同 上
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
K	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色班点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同 上
	50	X_1 X_2 X_3	茶黄色変色，底部側部白色班点	同 上

スラグ銘柄	スラグ置換率 (%)	供試体	供試体外観	
			4 週	8 週
K	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点
L	25	X_1 X_2 X_3	側部白色斑点	茶黄色変色，側部底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	同 上	同 上
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
P	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
フライアッシュ	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
ケイ砂粉	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし

試験C　スラグ粉末度の影響

1. モルタル配合およびフロー率

供試体寸法	ブレーン (cm²/g)	スラグ置換 (%)	モルタル配合 (g) スラグ	ボルト	バイレックス	水	水セメント比 (%)	ASTMフロー率 (%)	備考
1×1×11 1/4 inch	3,080	25	102.4	289.2	900	182	46.5	108.7	スラグの SO_3 2.01 %
		40	161.9	224.8	900	180	46.5	104.7	
		50	200.7	182.9	900	183	47.7	101.8	
		65	257.6	121.2	900	181	47.8	107.7	
	4,530	25	102.5	289.1	900	183	46.7	106.7	スラグの SO_3 2.05 %
		40	162.0	224.7	900	180	46.5	103.7	
		50	200.9	182.7	900	180	46.9	106.7	
		65	257.8	121.0	900	178	47.1	102.8	
	5,900	25	102.3	289.2	900	185	47.2	104.7	スラグの SO_3 1.98 %
		40	161.8	225.0	900	185	47.8	108.7	
		50	200.5	183.1	900	183	47.7	103.7	
		65	257.4	121.4	900	183	48.1	104.7	
	ベースセメント		0	400	900	184	46.0	104.7	
4×4×16 cm	3,080	50	289.1	263.5	1,296	264	45.8	100.8	
	4,530	50	289.3	263.3	1,296	257	46.5	106.7	
	5,900	50	288.9	263.7	1,296	255	46.1	102.8	
	ベースセメント		0	576.5	1,296	263	47.6	102.8	

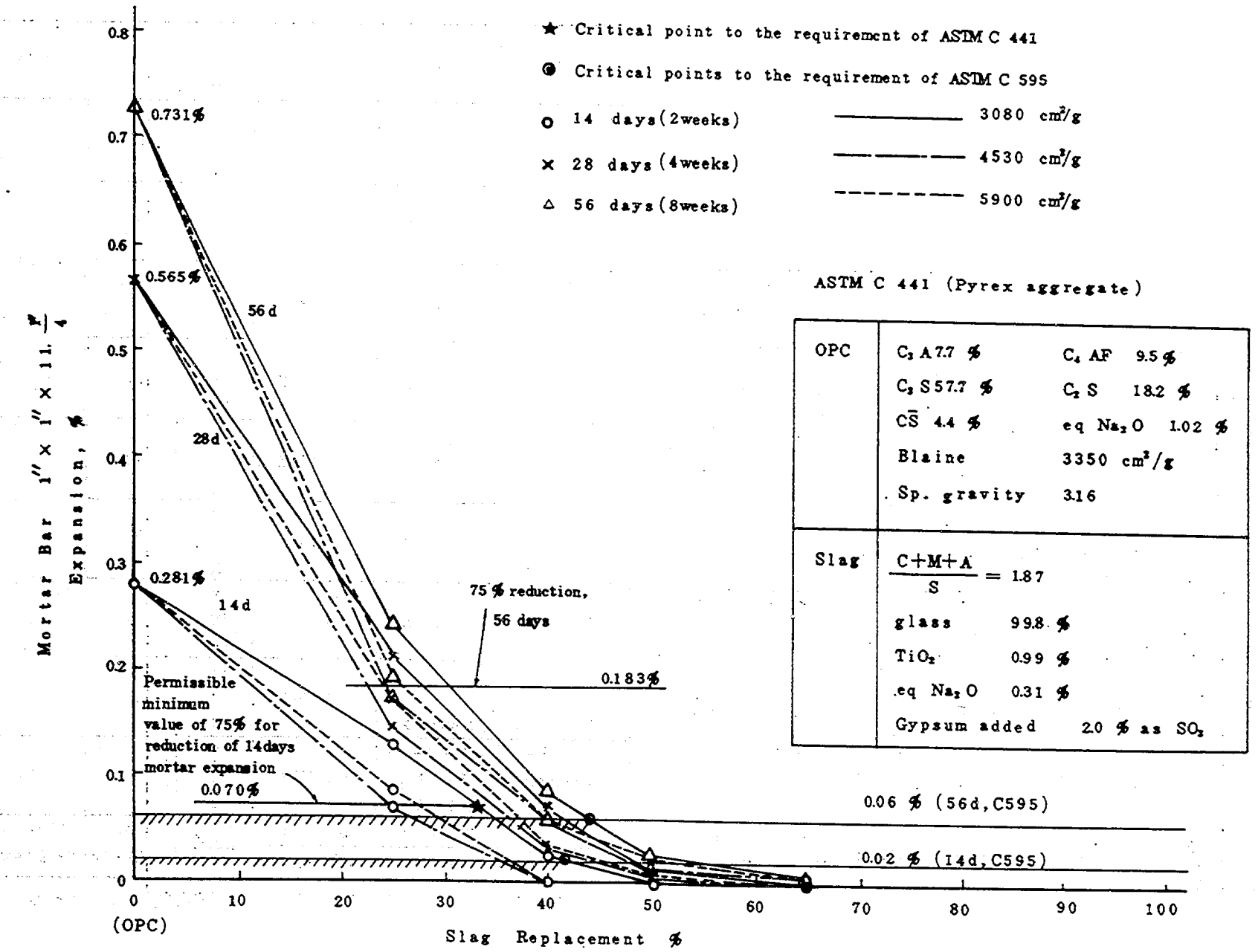
2. モルタル膨張率測定結果

スラグ粉末度 (cm^2/g)	スラグ置換率 (%)	供試体	膨張率 (%) 2週	4週	8週	10週
OPC	0	X_1	+0.283	+0.526	+0.672	+0.710
		X_2	+0.274	+0.576	+0.752	+0.788
		X_3	+0.285	+0.593	+0.770	+0.806
		$\bar{X}$	+0.281	+0.565	+0.731	+0.768
3080	25	X_1	+0.119	+0.198	+0.225	+0.230
		X_2	+0.132	+0.213	+0.244	+0.243
		X_3	+0.132	+0.224	+0.258	+0.257
		$\bar{X}$	+0.128	+0.212	+0.242	+0.243
	40	X_1	+0.025	+0.064	+0.080	+0.079
		X_2	+0.027	+0.071	+0.086	+0.086
		X_3	+0.027	+0.075	+0.089	+0.089
		$\bar{X}$	+0.026	+0.070	+0.085	+0.085
	50	X_1	−0.004	+0.014	+0.026	+0.027
		X_2	−0.004	+0.010	+0.024	+0.025
		X_3	−0.002	+0.011	+0.025	+0.025
		$\bar{X}$	−0.003	+0.012	+0.025	+0.026
	65	X_1	−0.011	−0.003	+0.005	+0.005
		X_2	−0.008	−0.001	+0.009	+0.009
		X_3	−0.007	−0.003	+0.007	+0.007
		$\bar{X}$	−0.009	−0.002	+0.007	+0.007
4530	25	X_1	+0.083	+0.160	+0.193	+0.194
		X_2	+0.069	+0.134	+0.165	+0.166
		X_3	+0.059	+0.126	+0.162	+0.165
		$\bar{X}$	+0.070	+0.140	+0.173	+0.175
	40	X_1	+0.000	+0.022	+0.049	+0.055
		X_2	+0.002	+0.029	+0.053	+0.054
		X_3	+0.005	+0.049	+0.070	+0.070
		$\bar{X}$	+0.002	+0.033	+0.057	+0.060
	50	X_1	−0.005	+0.009	+0.018	+0.018
		X_2	−0.009	+0.002	+0.013	+0.016
		X_3	−0.011	+0.002	+0.011	+0.012
		$\bar{X}$	−0.009	+0.004	+0.014	+0.015

スラグ粉末度 (cm^2/g)	スラグ置換率 (%)	供試体	膨張率 (%) 2週	4週	8週	
4530	65	X_1	−0.007	+0.002	+0.014	+0.010
		X_2	−0.012	+0.002	+0.005	+0.006
		X_3	−0.011	+0.001	+0.009	+0.009
		$\bar{X}$	−0.010	+0.002	+0.009	+0.010
5900	25	X_1	+0.091	+0.178	+0.201	+0.203
		X_2	+0.082	+0.172	+0.196	+0.198
		X_3	+0.074	+0.164	+0.185	+0.190
		$\bar{X}$	+0.084	+0.171	+0.194	+0.197
	40	X_1	−0.004	+0.031	+0.053	+0.058
		X_2	−0.001	+0.034	+0.062	+0.065
		X_3	−0.001	+0.043	+0.062	+0.063
		$\bar{X}$	−0.002	+0.036	+0.059	+0.062
	50	X_1	−0.002	+0.006	+0.024	+0.025
		X_2	−0.005	+0.007	+0.025	+0.025
		X_3	−0.007	+0.005	+0.019	+0.019
		$\bar{X}$	−0.005	+0.005	+0.023	+0.023
	65	X_1	−0.008	−0.001	+0.012	+0.012
		X_2	−0.013	−0.005	+0.004	+0.004
		X_3	−0.012	−0.004	+0.004	+0.004
		$\bar{X}$	−0.011	−0.003	+0.007	+0.007

供試体寸法の影響（４×４×16ｍ）

スラグ粉末度 (cm^2/g)	スラグ置換率 (%)	供試体	膨張率 (%)			
			2 週	4 週	8 週	10 週
普通ポルト	0	X_1	+0.342	+0.476	+0.581	+0.584
		X_2	+0.343	+0.396	+0.590	+0.643
		X_3	+0.324	+0.485	+0.606	+0.606
		$\bar{X}$	+0.336	+0.452	+0.592	+0.611
3080	50	X_1	+0.005	+0.020	+0.051	+0.053
		X_2	+0.001	+0.017	+0.046	+0.049
		X_3	+0.006	+0.019	+0.047	+0.053
		$\bar{X}$	+0.004	+0.019	+0.048	+0.052
4530	50	X_1	−0.001	+0.008	+0.042	+0.042
		X_2	−0.002	+0.006	+0.040	+0.043
		X_3	+0.004	+0.013	+0.043	+0.044
		$\bar{X}$	+0.000	+0.009	+0.042	+0.043
5900	50	X_1	−0.007	+0.004	+0.036	+0.039
		X_2	−0.007	+0.004	+0.041	+0.044
		X_3	−0.008	+0.001	+0.034	+0.039
		$\bar{X}$	−0.007	+0.003	+0.037	+0.041


★ Critical point to the requirement of ASTM C 441
◉ Critical points to the requirement of ASTM C 595
○ 14 days (2weeks)
× 28 days (4weeks)
△ 56 days (8weeks)
3080 cm²/g
4530 cm²/g
5900 cm²/g
ASTM C 441 (Pyrex aggregate)
OPC
C₃A 7.7 %
C₄AF 9.5 %
C₃S 57.7 %
C₂S 18.2 %
C$\bar{S}$ 4.4 %
eq Na₂O 1.02 %
Blaine 3350 cm²/g
Sp. gravity 3.16
Slag
(C+M+A)/S = 1.87
glass 99.8 %
TiO₂ 0.99 %
eq Na₂O 0.31 %
Gypsum added 2.0 % as SO₃
Mortar Bar 1" × 1" × 11.25/4
Expansion, %
0.731%
0.565%
0.281%
56d
28d
14d
75 % reduction, 56 days
0.183%
Permissible minimum value of 75% for reduction of 14days mortar expansion
0.070%
0.06 % (56d, C595)
0.02 % (14d, C595)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0 (OPC)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Slag Replacement %

3. モルタルバーの観察

スラグ粉末度 (cm^2/g)	スラグ置換率 (%)	供試体	供試体外観 4週	供試体外観 8週	供試体寸法
OPC	0	X_1 X_2 X_3	黄色に変化	0.5mm そり 1.0mm そり 0.5mm そり	1×1×11 1/4 インチ
3080	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	黄色 0.5mm そり 〃 〃	1×1×11 1/4 インチ
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
4530	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	1×1×11 1/4 インチ
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
5900	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	1×1×11 1/4 インチ

スラグ粉末度 (cm^2/g)	スラグ置換率 (%)	供試体	供試体外観 4週	供試体外観 8週	供試体寸法
5900	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	1×1×11 1/4 インチ
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
OPC	0	X_1 X_2 X_3	茶黄色に変色	黄色に変色 供試体底面に白い斑点	4×4×16 cm
3080	50	X_1 X_2 X_3	わずかに黄色	黄色に変色	
4530	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	供試体底面黄緑に変化	
5900	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	同上	

材　料　試　験　結　果

1. 高炉スラグ微粉末

記号	製鉄所名	スラグ加工場所
A	新日鉄：室蘭	日鉄社
B	住友金属：鹿島	日立社
C	日本鋼管：京浜	第一社
D	新日鉄：名古屋	名古屋エスメント
E	中山製鋼：船町	大阪社
F	神戸製鋼：加古川	徳山社
G	新日鉄：広畑	住友社：赤穂
H	川崎製鋼：水島	三菱社：黒崎
I	日新製鋼：呉	宇部社：宇部
J	住友金属：小倉	小倉鉱化
K	新日鉄：八幡	新日鉄社
L	新日鉄：大分	小野田社：津久見
P	カナダ	新日鉄社

2. 普通ポルトランドセメント

記号	製造会社
M	土木研究所の調達品

3. フライアッシュ

記号	製造会社
N	北海道電力：江別火力発電所

4. パイレックスガラス #7740

試験所及び試験分担一覧表

記号	試験所	普通ポルトランドセメント		高炉スラグ微粉末		フライアッシュ	ケイ砂
		物理試験	化学試験	物理試験	化学試験		
a	新日鉄：八幡				○		
b	新日鉄：室蘭				○		
c	新日鉄：広畑				○		
d	住友金属：波崎研究センター		○				
e	日本鋼管：中央研究所		○				
f	中山製鋼				○		
g	神戸製鋼				○		
h	新日鉄化学	○	○	○	○		○
i	日鉄セメント	○	○	○	○	○	

1. パイレックスガラスの品質試験結果

パイレックスガラス（岩城ガラス製）＃7740　試験所：h

(1) 比重試験

JIS A 1109　細骨材の比重及び吸水率試験方法

粒　径 (mm)	絶乾比重
5 ～ 2.5	2.22
2.5 ～ 1.2	2.22
1.2 ～ 0.6	2.22
0.6 ～ 0.3	2.22
0.3 ～ 0.15	2.22

(2) 単位容積重量試験

JIS A 1104　骨材の単位容積重量及び実積率試験方法　ジッキング法

粒　径 (mm)	単位容積重量 (g/ℓ)	実積率(%)
5 ～ 2.5	1,224	55.1
2.5 ～ 1.2	1,324	59.6
1.2 ～ 0.6	1,310	59.0
0.6 ～ 0.3	1,219	54.9
0.3 ～ 0.15	1,243	56.0
混　合*	1,480	66.7

*混合割合（ASTM C 227）
5 ～2.5 ：10％
2.5～1.2 ：25
1.2～0.6 ：25
0.6～0.3 ：25
0.3～0.15：15

(3) 化学成分

JIS R 3105（ほうけい酸ガラスの分析方法）による化学成分

SiO_2	Al_2O_3	FeO	Na_2O	K_2O	B_2O_3	合　計	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
80.9	2.3	0.03	4.00	0.04	12.7	99.97	0.001	<0.001

パイレックスガラスのASTM C 289化学法による試験結果

溶解シリカ　Sc　778 m.mol/ℓ ┐
アルカリ減少量　Rc　44 m.mol/ℓ ┘ 有害骨材

2. 普通ポルトランドセメントの品質試験結果

(1) 化学成分

JIS R 5202　ポルトランドセメントの化学分析法

ASTM C 114　水硬性セメントの化学分析方法

試料	試験所	ig.loss	insol.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	合 計	R_2O	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
M	d	0.4	—	22.0	5.2	3.2	65.0	1.5	2.1	0.59	0.67	0.3	0.2	101.16	1.03	—	—
	e_1	0.6	0.2	20.7	4.7	3.0	65.0	1.3	1.9	0.53	0.53	0.32	0.26	99.04	0.88	0.06	0.32
	e_2	0.6	0.2	21.2	4.9	3.0	64.5	1.3	1.9	0.56	0.70	0.30	0.22	99.38	1.02	0.06	0.29
	h	0.7	0.3	21.0	4.8	3.1	64.5	1.3	2.0	0.61	0.77	0.9	0.1	100.08	1.12	0.12	0.42
	i	0.6	0.0	21.5	4.9	3.11	64.9	1.5	2.0	0.57	0.69	0.30	0.22	100.28	1.02	0.06	0.20
	平 均	0.6	0.2	21.3	4.9	3.07	64.8	1.4	2.0	0.57	0.67	0.42	0.20	99.99	1.01	0.08	0.31
	最 大	0.7	0.3	22.0	5.2	3.2	65.0	1.5	2.1	0.61	0.77	0.90	0.26	101.16	1.12	0.12	0.42
	最 小	0.4	0.0	20.7	4.7	3.0	64.5	1.3	1.9	0.53	0.53	0.30	0.10	99.04	0.88	0.06	0.20
	標準偏差	0.11	0.11	0.50	0.19	0.07	0.26	0.11	0.08	0.03	0.09	0.27	0.06	0.83	0.09	0.03	0.09

(2) 物理試験

JIS R 5201　セメントの物理試験方法

試料	試験所	比 重	比表面積 (cm^2/g)	88μ残分 (%)	凝結			安定性	フロー	曲げ強さ (kg/cm^2)				圧縮強さ (kg/cm^2)			
					水量(%)	始 発	終 結			3 日	7 日	28 日	91 日	3 日	7 日	28 日	91 日
M	h	3.14	3390	0.9	28.8	2-40	3-40	良	248	37	53	76	71	150	256	392	402
	i	3.16	3350	1.1	27.6	2-35	3-25	良	245	35.8	55.3	63.4	66.6	167	278	371	425
	平 均	3.15	3370	1.0	28.2	2-38	3-33	良	247	36	54	70	69	159	267	382	414

3. スラグの品質試験結果

(1) スラグの化学成分（7試験所の平均値）

試料	ig.loss	insol.	SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	S	合計	R_2O	水溶性 R_2O	塩基度
A	0.34	0.10	31.6	13.7	0.4	42.8	6.2	2.1	0.25	0.50	0.86	0.62	1.22	98.92	0.55	0.023	1.98
B	+0.40	0.07	34.2	14.4	0.43	42.6	5.4	—	0.22	0.40	1.15	0.48	1.01	99.26	0.48	<0.01	1.82
C	0.14	0.48	34.2	13.4	0.4	41.3	6.2	—	0.25	0.42	1.73	0.58	0.90	98.57	0.52	0.012	1.79
D	0.26	0.06	32.2	14.0	0.44	41.8	5.9	1.96	0.17	0.47	1.09	0.70	1.35	98.81	0.48	<0.01	1.92
E	+0.11	0.09	31.5	13.9	0.5	41.3	6.1	2.86	0.26	0.39	0.98	0.97	1.63	99.07	0.52	0.031	1.95
F	+0.004	0.05	32.5	13.6	0.45	42.0	5.3	2.3	0.28	0.51	1.37	0.58	1.64	98.89	0.62	0.032	1.87
G	+0.06	0.26	33.4	13.8	0.5	41.4	6.3	1.96	0.18	0.32	0.81	0.45	1.34	99.06	0.39	0.015	1.84
H	+0.52	0.09	33.3	14.6	0.7	40.4	7.6	—	0.26	0.39	1.42	0.33	0.90	99.11	0.52	0.009	1.88
I	+0.78	0.24	34.6	13.7	1.81	41.6	6.0	—	0.26	0.32	0.92	0.43	0.84	99.44	0.49	<0.01	1.78
J	+0.48	0.16	33.9	13.1	0.64	42.9	6.5	—	0.45	0.34	0.75	0.67	0.90	99.36	0.68	<0.01	1.85
K	+0.53	0.12	34.3	14.2	0.50	41.9	6.2	—	0.31	0.35	1.01	0.56	0.92	99.32	0.54	<0.01	1.82
L	0.39	0.23	34.0	13.2	0.36	42.5	6.8	—	0.21	0.34	0.57	0.44	0.79	98.53	0.43	<0.01	1.84
平均	+0.15	0.16	33.3	13.8	0.59	41.9	6.2	(2.24)	0.26	0.38	1.06	0.57	1.12	99.03	0.52		1.86
最大	0.39	0.48	34.6	14.6	1.81	42.9	7.6		0.45	0.51	1.73	0.97	1.64	99.44	0.68		1.98
最小	+0.78	0.05	31.5	13.1	0.36	40.4	5.3		0.17	0.32	0.57	0.33	0.79	98.53	0.39		1.78
標準偏差	0.39	0.12	1.09	0.46	0.40	0.74	0.61		0.07	0.09	0.32	0.17	0.31	0.30	0.08		0.06

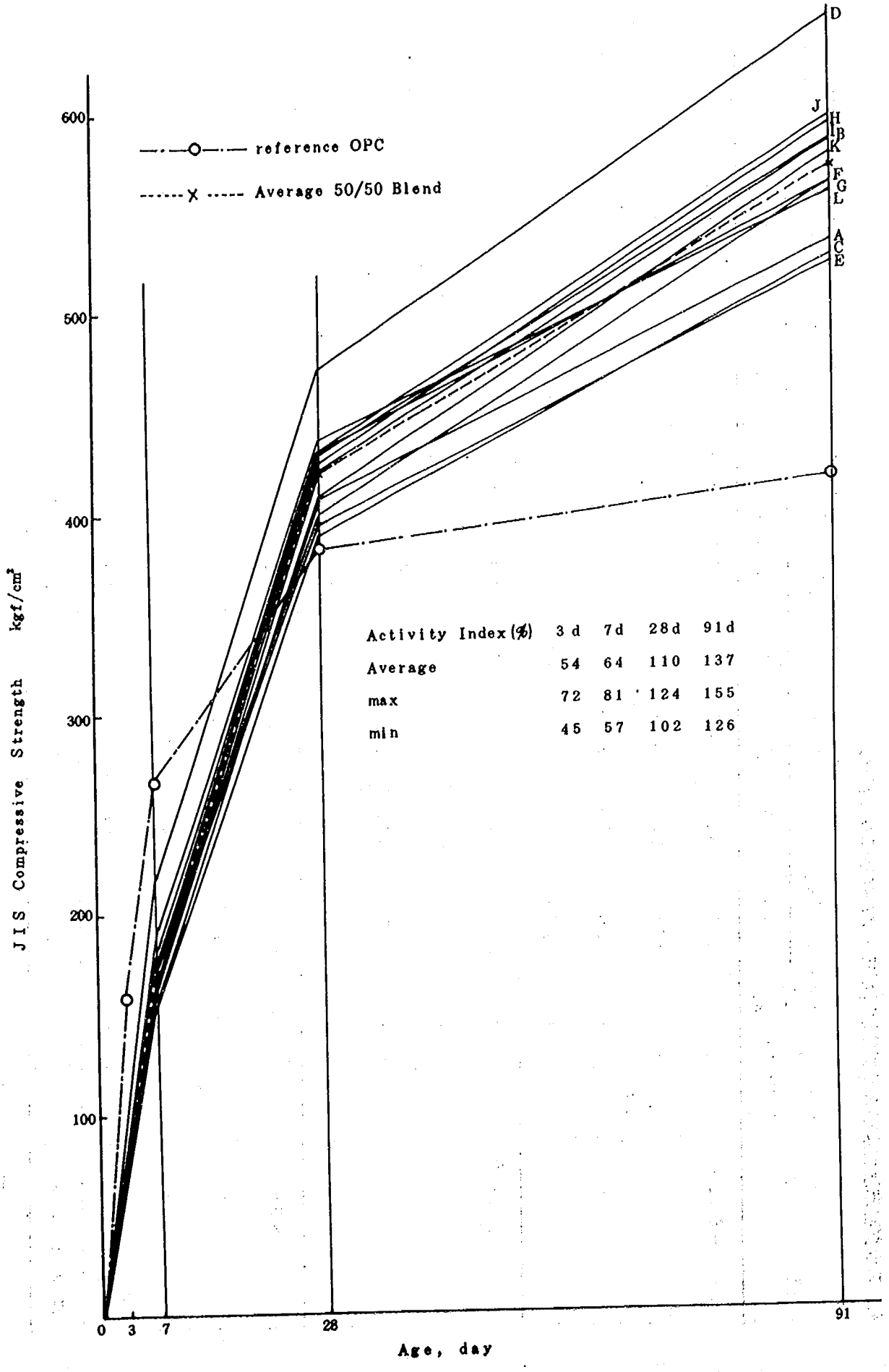
（ ）は石膏添加試料の平均

P(カナダ)	0.0	—	34.7	9.9	0.3	37.4	15.0	—	0.35	0.46	0.2	0.4	1.7	100.01	0.65	0.009	1.79

(2) スラグの物理試験結果（試験所　h，i の平均値）

試料	スラグ比重	スラグ粉末度		ガラス化率(%)		曲げ強さ*(kg/cm²)				圧縮強さ*(kg/cm²)				塩基度
		88μ残分%	比表面積 cm²/g	顕微鏡	X線	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	
A	2.93	0.4	3790	84.5	90.8	28	42	73	78	101	182	407	532	1.98
B	2.92	0.1	3850	98.3	99.5	23	35	69	80	71	152	422	580	1.82
C	2.93	1.4	3840	97.7	98.9	22	35	66	77	72	154	389	524	1.79
D	2.90	0.5	4160	98.8	99.4	30	46	74	79	115	216	472	643	1.92
E	2.92	0.5	3480	96.1	98.6	27	40	68	71	95	169	394	520	1.95
F	2.91	0.1	3650	97.2	98.0	25	39	70	80	94	174	432	560	1.87
G	2.90	0.2	3940	98.5	99.4	26	37	67	76	93	171	399	560	1.84
H	2.91	0.2	3710	96.5	98.0	22	35	77	78	73	160	425	589	1.88
I	2.93	0.7	4050	97.2	98.4	25	35	73	79	81	160	429	581	1.78
J	2.93	0.1	4020	96.0	97.2	23	38	73	81	80	180	431	593	1.85
K	2.92	1.9	3660	97.6	99.4	24	36	69	74	74	163	408	575	1.82
L	2.91	0.2	3710	97.5	98.4	28	41	75	85	88	187	437	555	1.84
平均	2.92	0.5	3820	96.3	98.0	25	38	71	78	86	172	420	568	1.86
最大	2.93	1.9	4160	98.8	99.5	30	46	77	85	115	216	472	643	1.98
最小	2.90	0.1	3490	84.5	90.8	22	35	66	71	71	152	389	520	1.78
標準偏差	0.011	0.57	194	3.8	2.4	2.6	3.5	3.5	3.5	13.7	17.7	22.9	34.2	0.06
P	2.90	—	4200	96.9	—	31	50	79	83	114	234	452	557	1.79

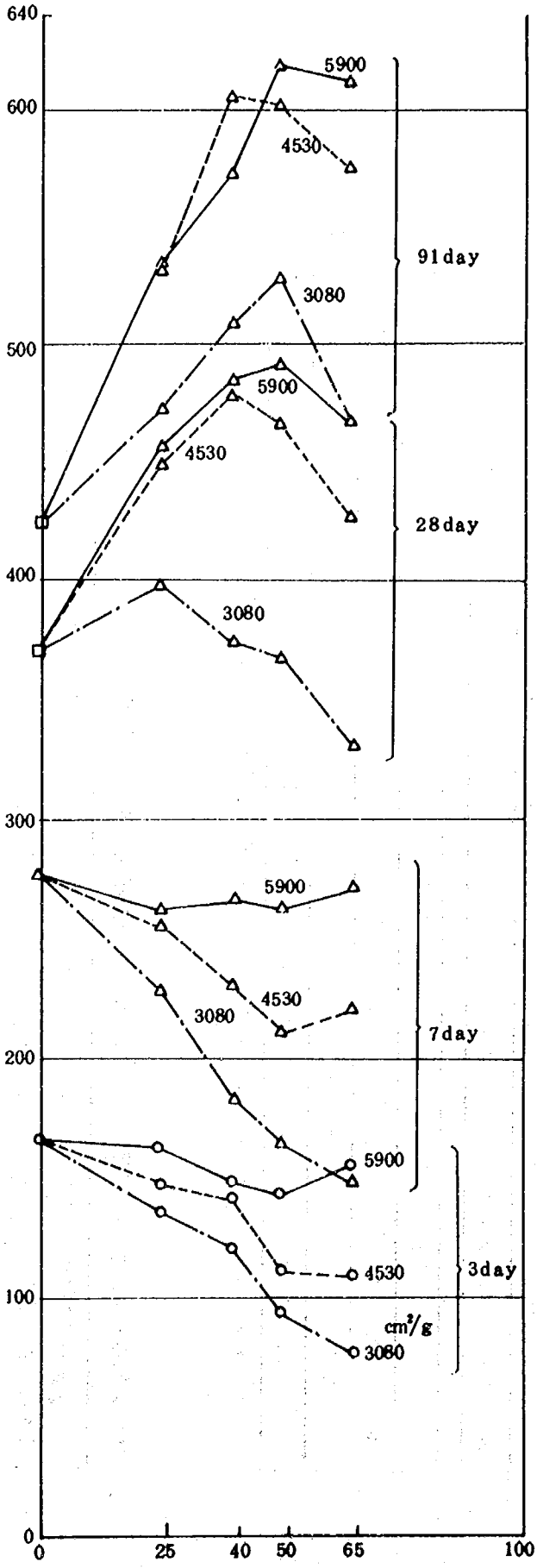
＊ポルト：スラグ＝50：50　混合物のJIS R 5201による強さ試験結果


reference OPC
Average 50/50 Blend
D
J
H
I
B
K
F
G
L
A
C
E
600
500
400
300
200
100
0
3
7
28
91
Age, day
JIS Compressive Strength kgf/cm²
Activity Index (%) 3d 7d 28d 91d
Average 54 64 110 137
max 72 81 124 155
min 45 57 102 126

4. スラグ粉末度およびスラグ置換率がモルタル強さに及ぼす影響

記号	スラグブレーン	スラグ置換率 %	混合物ブレーン	曲げ強さ (kg/cm²) 3日	7日	28日	91日	圧縮強さ (kg/cm²) 3日	7日	28日	91日	モルタルフロー
ボルト＋S3100	3080	25	3310	33.7	44.9	63.2	67.3	136	229	398	473	257
〃		40	3260	28.4	37.6	63.3	71.4	110	183	374	509	
〃		50	3260	25.5	35.7	60.1	69.6	92	164	367	528	
〃		65	3170	21.2	30.2	54.5	60.1	76	148	329	407	
S4500	4530	25	3690	37.8	48.9	66.5	74.1	148	255	449	532	258
〃		40	3880	37.3	46.6	72.0	72.2	142	230	479	606	
〃		50	3970	30.7	42.4	66.0	72.1	111	211	466	602	
〃		65	4110	30.5	42.6	60.5	72.0	109	220	426	575	
S5900	5900	25	4090	34.4	49.0	63.8	72.0	163	262	457	535	256
〃		40	4430	43.2	48.2	68.4	69.4	148	266	485	573	
〃		50	4700	36.0	47.7	68.4	69.7	143	263	492	619	
〃		65	5000	38.4	53.2	67.9	69.6	155	271	468	612	
普通ポルト	—	0	3350	35.8	55.3	63.4	66.6	167	267	371	425	245

試験方法：JIS R 5201による。　　水砕スラグは名古屋製鉄所



OPC

C_3A	7.7%	C_4AF	9.5%
C_3S	57.7%	C_2S	18.2%
$C\bar{S}$	4.4%	$eqNa_2O$	1.0%

Blaine 3350 cm^2/g

SP. gravity 3.16

GGBFS

$$\frac{C+M+A}{S}=1.87$$

glass	99.9 %
TiO_2	0.99 %
$eqNa_2O$	0.31 %
Gypsnm	2.0 % added as SO_3

5. フライアッシュの品質試験結果　試験所：i

(1) 化学成分

試料	JIS R 5202 法												JIS A 6201法			ASTM C 114	
	igloss	insol.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	R_2O	水溶性 R_2O	湿分	igloss	SiO_2	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
N	1.19	90.08	3.17	1.26	0.70	1.76	0.63	0.22	0.10	0.27	0.28	0.025	0.03	1.18	60.85	0.02	0.008

(2) 物理試験

試料	比重	粉末度		単位水量比(%)	JIS A 6201によるモルタル強さ*								圧縮強度比** (%)			
		88μ残分 %	比表面積 cm²/g		曲げ強さ (kg/cm²)				圧縮強さ (kg/cm²) A							
					3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
N	2.14	2.2	3490	92.1	31.4	46.2	60.7	66.8	140	227	340	477	84	82	92	112

試料	JIS R 5201によるモルタル強さ*							
	曲げ強さ (kg/cm²)				圧縮強さ (kg/cm²)			
	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
N	32.5	45.3	56.4	62.7	139	227	350	453

＊セメントの25％をフライアッシュで置換　　＊＊圧縮強度比(%)＝A/B × 100

(参考) 普通ポルトランドセメントのJIS R 5201による強さ

圧縮強さ (kg/cm²) B			
3日	7日	28日	91日
167	278	371	425

6. セメントの一部をけい砂粉末で置換したモルタルの強さ試験結果　試験所：h

けい砂粉末置換率 %	けい砂 88μ残分 %	けい砂比表面積 cm²/g	曲げ強さ (kg/cm²)				圧縮強さ (kg/cm²)				備考
			3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	
25	0.1	4070	30	43	58	62	110	182	274	287	けい砂粉末：豊浦標準砂を粉砕した。

強さ試験はJIS R 5201 セメントの物理試験方法

巻末資料 6

パイレックスガラスを用いたモルタルバー膨張試験
そ の 2

共 同 研 究 委 員 会
担当：鐵鋼スラグ協会

1. 試験の目的

本研究は，これまでのパイレックスガラスを用いたモルタルバー膨張試験の結果をふまえ，高炉スラグ粉末のアルカリ骨材反応抑制効果に関するメカニズムを解明するため，その1の試験（ASTM C 441による有効スラグ置換率の決定）に追加して，いくつかの要因を取り上げ，それぞれの水準を変化させた組合せによるパイレックスガラス骨材を用いたモルタルバー膨張試験を実施するものである。

2. 試験方法

2－1 使用材料

○セメント：セメントは本共同研究において実施した天然骨材による試験を用いたものと同一の普通ポルトランドセメント（アルカリ含有量，R_2O＝0.51％）である。

○高炉スラグ粉末

C_4G0 （日本鋼管：京 浜，粉末度3840 cm^2／g石こうなし，比重＝2.92）

D_3G0 （新 日 鐵：名古屋，粉末度3290 cm^2／g石こうなし，比重＝2.90）

D_4G2 （新 日 鐵：名古屋，粉末度4500 cm^2／g石こう添加SO_3＝2％，比重＝2.89）

D_8 （新 日 鐵：名古屋，粉末度7860 cm^2／g石こうなし，比重＝2.90）

J_4G0 （住友金属：小 倉，粉末度4020 cm^2／g石こうなし，比重＝2.93）

なお，比較のため，フライアッシュおよびケイ砂粉末も用いた。

フライアッシュ（北海道電力：粉末度3490 cm^2／g，比重2.14）

ケイ砂粉末（豊浦標準砂を粉末度4070 cm^2／gに粉砕したもの，比重2.63）

○パイレックスガラス ＃7740

岩城ガラス製

比重試験

JIS A 1109 細骨材の比重及び吸水率試験方法

粒 径 (mm)	絶乾比重
5 ～ 2.5	2.22
2.5 ～ 1.2	2.22
1.2 ～ 0.6	2.22
0.6 ～ 0.3	2.22
0.3 ～ 0.15	2.22

単位容積質量試験

ＪＩＳ Ａ 1104 骨材の単位容積重量及び実積率試験方法（ジッキング法）

粒　径　(mm)	単位容積質量(kg/ℓ)	実　積　率　(%)
5 ～ 2.5	1.17	52.9
2.5 ～ 1.2	1.26	56.5
1.2 ～ 0.6	1.26	56.7
0.6 ～ 0.3	1.15	51.8
0.3 ～ 0.15	1.21	54.4
粒　調　品 *	1.42	64.0

＊ 粒調品混合割合(%)（ASTM C 227）

5 ～ 2.5 (mm)： 10
2.5 ～ 1.2 ： 25
1.2 ～ 0.6 ： 25
0.6 ～ 0.3 ： 25
0.3 ～ 0.15 ： 15

化学成分

ＪＩＳ Ｒ 3105 （ほうけい酸ガラスの分析方法）による化学成分

(%)

SiO_2	Al_2O_3	FeO	Na_2O	K_2O	B_2O_3	合　計	水溶性 Na_2O	水溶性 K_2O
81.2	2.3	0.03	3.96	0.04	12.6	100.13	0.012	0.0002

パイレックスガラスの ASTM C 289 化学法による試験結果

溶解シリカ量 Sc 628.3 ミリモル/ℓ ┐
アルカリ減少量 Rc 63.3 ミリモル/ℓ ┘ 有害骨材

2－2 モルタルバー膨張試験方法

ASTM C 441に準ずる。

- 供試体寸法　25×25×285 mm
- 膨張量測定材令　2週，4週，6週，8週，13週
- モルタルバーの外観損傷の rating

2－3　要因と水準

2－3－1　スラグのアルカリを無視したアルカリ量のものによるスラグ置換率の影響

（ポルト由来のアルカリをスラグ置換率に応じて増す）

∘有効アルカリ水準

0.51，0.98，1.43％as eq.Na_2O

∘スラグ銘柄

C4G0，D4G2，J4G0，D8，D3G0

（フライアッシュ，ケイ砂粉末……これらのアルカリも無視する）

∘高炉スラグ粉末の置換率（重量）

0，25，30，40，50，65，75％

2－3－2

∘石こう量の影響（J4シリーズ）

SO_3：0，1，2，3％

スラグ置換率　40％　ポルト由来アルカリ　0.98％（一定）

2－3－3

∘高炉スラグ粉末の粉末度の影響（Dシリーズ）

3290，4500，7860 cm^2/g

スラグ置換率　40，50，65％　ポルト由来アルカリ　0.98％（一定）

パイレックスガラスを用いる試験計画（その２）

パイレックスNo.7740　　W/(C+Sg)＝43％
OPC(eq·Na_2O＝0.51％)　　1×1×11¼インチ

No.	スラグ種類	スラグ置換率（％） R0	R25	R30	R40	R50	R65	R75	アルカリ量（スラグ中のアルカリを0と考えた結合材中のアルカリ量）	備考
1	OPC	○							補正なし　0.51％	スラグ置換によりアルカリ減少
2	D4G2		○						〃　0.51×(1−0.25) ＝ 0.38	
3	〃			○					〃　0.51×(1−0.3) ＝ 0.36	
4	〃				○				〃　0.51×(1−0.4) ＝ 0.31	その１試験（以下その１と表示）でeq·Na_2O 1.0％で
5	〃					○			〃　0.51×(1−0.5) ＝ 0.26	R65の膨張が小さいのでR75は実施しない。
6	〃						○		〃　0.51×(1−0.65) ＝ 0.18	その１の考え方
7	OPC	○							0.51 ＋ 0.45 （補正） ＝ 0.96％	ベースOPCのアルカリを1.0％とする。
8	D4G2		○						0.51×0.75＋0.45×0.75（補正）＝ 0.72	スラグ置換によりアルカリ減少
9	〃			○					0.51×0.7 ＋0.45×0.7 〃 ＝ 0.67	
10	〃				○				0.51×0.6 ＋0.45×0.6 〃 ＝ 0.58	その１の考え方
11	〃					○			0.51×0.5 ＋0.45×0.5 〃 ＝ 0.48	
12	〃						○		0.51×0.35＋0.45×0.35 〃 ＝ 0.34	
13	〃							○	0.51×0.25＋0.45×0.25 〃 ＝ 0.24	
14	OPC	○							0.51 ＋0.9 （補正） ＝ 1.41	ベースOPCのアルカリを1.41％とする。
15	D4G2		○						0.51×0.75＋0.9 ×0.75 ＝ 1.06	スラグ置換によりアルカリ減少。
16	〃			○					0.51×0.7 ＋0.9 ×0.7 ＝ 0.99	
17	〃				○				0.51×0.6 ＋0.9 ×0.6 ＝ 0.85	その１の考え方
18	〃					○			0.51×0.5 ＋0.9 ×0.5 ＝ 0.71	1.41％は1.0−0.51＝0.49
19	〃						○		0.51×0.35＋0.9 ×0.35 ＝ 0.49	1.0−0.41＝1.41より定めた。
20	〃							○	0.51×0.25＋0.9 ×0.25 ＝ 0.35	
21	D4G2		○						0.38 ＋0.14（補正） ＝ 0.52	ベースOPCのアルカリを0.51％とする。
22	〃			○					0.36 ＋0.16 〃 ＝ 0.52	スラグ置換によりアルカリ減少，減少アルカリを
23	〃				○				0.31 ＋0.22 〃 ＝ 0.53	NaOH添加し，eq·Na_2Oを0.51にする。
24	〃					○			0.26 ＋0.27 〃 ＝ 0.53	
25	〃						○		0.18 ＋0.36 〃 ＝ 0.54	R0はNo.1で実施
26	D4G2		○						0.38 ＋0.59（補正） ＝ 0.97	ベースOPCのアルカリを0.98％とする。
27	〃			○					0.36 ＋0.61 〃 ＝ 0.97	スラグ置換によりアルカリ減少，減少アルカリを
28	〃				○				0.31 ＋0.67 〃 ＝ 0.98	NaOH添加し，eq·Na_2Oを0.98％にする。
29	〃					○			0.26 ＋0.72 〃 ＝ 0.98	
30	〃						○		0.18 ＋0.81 〃 ＝ 0.99	R0はNo.7で実施
31	〃							○	0.13 ＋0.86 〃 ＝ 0.99	

No.	スラグ種類	スラグ置換率 (%)							アルカリ量 (スラグ中のアルカリを0と考えた結合材中のアルカリ量)			備考
		R 0	R25	R 30	R 40	R 50	R 65	R 75				
32	D4G2		○						0.38	+1.04 (補正)	= 1.42	ベース OPC のアルカリを 1.43 % とする。
33	〃			○					0.36	+1.06 〃	= 1.42	スラグ置換によりアルカリ減少，減少アルカリを
34	〃				○				0.31	+1.12 〃	= 1.43	NaOH 添加し，eq,Na_2O を 1.43 % にする。
35	〃					○			0.26	+1.17 〃	= 1.43	
36	〃						○		0.18	+1.26 〃	= 1.44	
37	〃							○	0.13	+1.31 〃	= 1.44	
38	J4G0					○					1.0	スラグ銘柄の影響
39	〃						○				1.0	
40	〃							○			1.0	
41	C4G0					○					1.0	
42	〃						○				1.0	
43	〃							○			1.0	
44	J4G0				○						1.0	石こうの影響
45	J4G1				○						1.0	SO_3 1 %
46	J4G2				○						1.0	〃 2 %
47	J4G3				○						1.0	〃 3 %
48	D8				○						1.0	粉末度の影響
49	〃					○					1.0	
50	〃						○				1.0	
51	ケイ砂		○								1.0	ケイ砂の影響
52	〃				○						1.0	
53	〃					○					1.0	
54	〃		○						補正なし			
55	〃				○				〃			
56	〃								〃			
57	FA		○								1.0	FAの影響
58	〃				○						1.0	
59	〃					○					1.0	
60	〃		○						補正なし			
61	〃				○				〃			
62	〃					○			〃			
63	D3G0				○						1.0	粉末度の影響
64	〃					○					1.0	
65	〃						○				1.0	

3. 試験結果

3－1　モルタルの配合

No	混和材種種類	置換率	配合 (g) W	NaOH	C	混和材	石膏	パイレックス	フロー値 (%)	備考
I	OPC	0	207.0		480.0			1,080.0	112.3	
21	D4G2	25	199.8	7.2	360.0	120.0		1,080.0	112.3	3NのNaOH水溶液を使用
22	D4G2	30	198.7	8.3	336.0	144.0		1,080.0	111.8	
23	D4G2	40	195.6	11.4	288.0	192.0		1,080.0	110.9	
24	D4G2	50	193.1	13.9	240.0	240.0		1,080.0	110.4	
25	D4G2	65	188.4	18.6	168.0	312.0		1,080.0	110.0	
26	D4G2	25	176.5	30.5	360.0	120.0		1,080.0	109.6	
27	D4G2	30	175.5	31.5	336.0	144.0		1,080.0	110.2	
28	D4G2	40	172.4	34.6	288.0	192.0		1,080.0	109.3	
29	D4G2	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	108.8	
30	D4G2	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	108.1	
31	D4G2	75	162.6	44.4	120.0	360.0		1,080.0	108.1	
32	D4G2	25	153.3	53.7	360.0	120.0		1,080.0	106.8	
33	D4G2	30	152.3	54.7	336.0	144.0		1,080.0	106.9	
34	D4G2	40	149.2	57.8	288.0	192.0		1,080.0	106.1	
35	D4G2	50	146.6	60.4	240.0	240.0		1,080.0	105.2	
36	D4G2	65	142.0	65.0	168.0	312.0		1,080.0	105.3	
37	D4G2	75	139.4	67.6	120.0	360.0		1,080.0	105.3	
38	J4G0	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	107.0	
39	J4G0	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	106.9	
40	J4G0	75	162.6	44.4	120.0	360.0		1,080.0	106.3	
41	C4G0	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	108.1	
42	C4G0	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	107.8	
43	C4G0	75	162.6	44.4	120.0	360.0		1,080.0	107.5	
44	J4G0	40	172.4	34.6	288.0	192.0		1,080.0	108.1	
45	J4G1	40	172.4	34.6	288.0	187.9	4.13	1,080.0	107.9	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$一級 (SO_3=46.5%)
46	J4G2	40	172.4	34.6	288.0	183.7	8.26	1,080.0	108.0	
47	J4G3	40	172.4	34.6	288.0	179.6	12.39	1,080.0	108.1	
48	D－8	40	172.4	34.6	288.0	192.0		1,080.0	104.8	
49	D－8	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	104.2	
50	D－8	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	104.2	

No	スラグ種類	スラグ置換率 (%)	供試体	試験期間 2週	4週	6週	8週	10週	13週
1	OPC	0	X_1	+0.254	+0.288	+0.306	+0.306	+0.306	+0.306
			X_2	+0.258	+0.295	+0.313	+0.313	+0.313	+0.313
			X_3	+0.267	+0.300	+0.320	+0.320	+0.322	+0.321
			平均	+0.260	+0.294	+0.313	+0.313	+0.314	+0.313
2	D4G2	25	X_1	+0.024	+0.032	+0.036	+0.037	+0.039	+0.040
			X_2	+0.024	+0.031	+0.034	+0.036	+0.037	+0.039
			X_3	+0.024	+0.031	+0.035	+0.036	+0.037	+0.040
			平均	+0.024	+0.031	+0.035	+0.036	+0.038	+0.040
3	D4G2	30	X_1	+0.021	+0.027	+0.031	+0.033	+0.034	+0.036
			X_2	+0.021	+0.027	+0.031	+0.033	+0.034	+0.035
			X_3	+0.019	+0.025	+0.027	+0.029	+0.030	+0.032
			平均	+0.020	+0.026	+0.030	+0.032	+0.033	+0.034
4	D4G2	40	X_1	+0.018	+0.022	+0.024	+0.025	+0.026	+0.028
			X_2	+0.017	+0.021	+0.024	+0.026	+0.027	+0.028
			X_3	+0.018	+0.023	+0.025	+0.027	+0.028	+0.030
			平均	+0.018	+0.023	+0.024	+0.026	+0.027	+0.029
5	D4G2	50	X_1	+0.014	+0.015	+0.018	+0.019	+0.021	+0.022
			X_2	+0.013	+0.015	+0.017	+0.019	+0.020	+0.021
			X_3	+0.014	+0.016	+0.018	+0.019	+0.020	+0.022
			平均	+0.014	+0.015	+0.018	+0.019	+0.020	+0.022
6	D4G2	65	X_1	+0.007	+0.009	+0.010	+0.011	+0.011	+0.014
			X_2	+0.009	+0.010	+0.012	+0.012	+0.013	+0.015
			X_3	+0.007	+0.009	+0.010	+0.011	+0.012	+0.015
			平均	+0.008	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012	+0.015
7	OPC	0	X_1	+0.342	+0.472	+0.482	+0.487	+0.488	+0.489
			X_2	+0.329	+0.443	+0.457	+0.481	+0.463	+0.463
			X_3	+0.309	+0.428	+0.440	+0.445	+0.447	+0.447
			平均	+0.327	+0.448	+0.460	+0.464	+0.466	+0.466

No.	スラグ種類	スラグ置換率 (%)	供試体	試験期間					
				2 週	4 週	6 週	8 週	10 週	13 週
8	D4G2	25	X_1	+0.169	+0.193	+0.202	+0.204	+0.205	+0.205
			X_2	+0.170	+0.190	+0.199	+0.201	+0.202	+0.202
			X_3	+0.156	+0.176	+0.184	+0.186	+0.187	+0.187
			平均	+0.165	+0.186	+0.195	+0.197	+0.198	+0.198
9	D4G2	30	X_1	+0.127	+0.148	+0.156	+0.158	+0.159	+0.159
			X_2	+0.131	+0.152	+0.159	+0.161	+0.162	+0.162
			X_3	+0.124	+0.147	+0.154	+0.156	+0.157	+0.157
			平均	+0.127	+0.149	+0.156	+0.158	+0.159	+0.159
10	D4G2	40	X_1	+0.074	+0.089	+0.094	+0.096	+0.096	+0.097
			X_2	+0.061	+0.078	+0.080	+0.082	+0.083	+0.083
			X_3						
			平均	+0.068	+0.082	+0.087	+0.089	+0.090	+0.090
11	D4G2	50	X_1	+0.034	+0.043	+0.045	+0.048	+0.048	+0.049
			X_2	+0.038	+0.047	+0.050	+0.052	+0.053	+0.053
			X_3	+0.042	+0.052	+0.056	+0.058	+0.058	+0.059
			平均	+0.038	+0.047	+0.050	+0.053	+0.053	+0.054
12	D4G2	65	X_1	+0.009	+0.012	+0.013	+0.016	+0.017	+0.019
			X_2	+0.010	+0.013	+0.014	+0.017	+0.018	+0.019
			X_3	+0.011	+0.014	+0.015	+0.018	+0.019	+0.021
			平均	+0.010	+0.013	+0.014	+0.017	+0.018	+0.020
13	D4G2	75	X_1	+0.008	+0.009	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012
			X_2	+0.008	+0.008	+0.008	+0.010	+0.010	+0.011
			X_3	+0.008	+0.009	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012
			平均	+0.008	+0.009	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012
14	OPC	0	X_1	+0.336	+0.403	+0.419	+0.421	+0.421	+0.422
			X_2	+0.337	+0.397	+0.413	+0.415	+0.416	+0.417
			X_3	+0.343	+0.410	+0.426	+0.426	+0.428	+0.428
			平均	+0.339	+0.403	+0.419	+0.421	+0.422	+0.422

No.	スラグ種類	スラグ置換率 (%)	供試体	試験期間					
				2 週	4 週	6 週	8 週	10 週	13 週
15	D42G	25	X_1	+0.227	+0.250	+0.258	+0.259	+0.261	+0.261
			X_2	+0.215	+0.237	+0.244	+0.245	+0.246	+0.246
			X_3	+0.206	+0.228	+0.235	+0.236	+0.237	+0.237
			平均	+0.216	+0.238	+0.246	+0.247	+0.248	+0.248
16	D42G	30	X_1	+0.193	+0.215	+0.222	+0.224	+0.225	+0.225
			X_2	+0.193	+0.215	+0.222	+0.224	+0.225	+0.225
			X_3	+0.193	+0.217	+0.226	+0.228	+0.229	+0.229
			平均	+0.193	+0.216	+0.223	+0.225	+0.226	+0.226
17	D42G	40	X_1	+0.121	+0.142	+0.148	+0.150	+0.151	+0.152
			X_2	+0.128	+0.150	+0.158	+0.160	+0.161	+0.162
			X_3						
			平均	+0.125	+0.146	+0.153	+0.155	+0.156	+0.157
18	D42G	50	X_1	+0.074	+0.092	+0.098	+0.101	+0.102	+0.103
			X_2	+0.072	+0.091	+0.098	+0.102	+0.104	+0.104
			X_3	+0.069	+0.087	+0.093	+0.096	+0.098	+0.098
			平均	+0.072	+0.090	+0.096	+0.100	+0.101	+0.102
19	D4G2	65	X_1	+0.020	+0.026	+0.030	+0.032	+0.034	+0.035
			X_2	+0.020	+0.027	+0.030	+0.032	+0.034	+0.035
			X_3	+0.019	+0.025	+0.027	+0.029	+0.031	+0.033
			平均	+0.020	+0.026	+0.029	+0.031	+0.033	+0.034
20	D4G2	75	X_1	+0.009	+0.012	+0.012	+0.014	+0.015	+0.016
			X_2	+0.009	+0.011	+0.012	+0.013	+0.015	+0.016
			X_3	+0.009	+0.012	+0.013	+0.014	+0.015	+0.017
			平均	+0.009	+0.012	+0.012	+0.014	+0.015	+0.016
21	D4G2	25	X_1	+0.178	+0.206	+0.224	+0.232	+0.232	+0.232
			X_2	+0.180	+0.202	+0.222	+0.230	+0.231	+0.231
			X_3	+0.187	+0.209	+0.230	+0.237	+0.237	+0.237
			平均	+0.182	+0.206	+0.225	+0.233	+0.233	+0.233

No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
22	D42G	30	X_1	+0.167	+0.187	+0.207	+0.215	+0.216	+0.216
			X_2	+0.153	+0.175	+0.192	+0.200	+0.202	+0.202
			X_3	+0.169	+0.191	+0.211	+0.218	+0.219	+0.219
			平均	+0.163	+0.184	+0.203	+0.211	+0.212	+0.212
23	D42G	40	X_1	+0.133	+0.161	+0.179	+0.189	+0.192	+0.192
			X_2	+0.140	+0.164	+0.182	+0.191	+0.193	+0.194
			X_3	+0.138	+0.163	+0.182	+0.191	+0.193	+0.194
			平均	+0.137	+0.163	+0.181	+0.190	+0.193	+0.193
24	D42G	50	X_1	+0.082	+0.117	+0.135	+0.146	+0.152	+0.153
			X_2	+0.079	+0.111	+0.128	+0.138	+0.144	+0.146
			X_3	+0.072	+0.106	+0.124	+0.134	+0.139	+0.141
			平均	+0.078	+0.111	+0.129	+0.139	+0.145	+0.147
25	D42G	65	X_1	+0.012	+0.035	+0.063	+0.081	+0.094	+0.102
			X_2	+0.012	+0.032	+0.058	+0.071	+0.083	+0.092
			X_3	+0.011	+0.032	+0.058	+0.075	+0.087	+0.096
			平均	+0.012	+0.033	+0.060	+0.076	+0.088	+0.097
26	D42G	25	X_1	+0.234	+0.271	+0.326	+0.330	+0.330	+0.331
			X_2	+0.237	+0.274	+0.330	+0.333	+0.334	+0.335
			X_3	+0.240	+0.280	+0.336	+0.340	+0.341	+0.341
			平均	+0.237	+0.275	+0.331	+0.334	+0.335	+0.336
27	D42G	30	X_1	+0.199	+0.223	+0.290	+0.309	+0.310	+0.317
			X_2	+0.205	+0.299	+0.307	+0.326	+0.327	+0.333
			X_3	+0.207	+0.231	+0.301	+0.318	+0.321	+0.326
			平均	+0.204	+0.228	+0.299	+0.318	+0.319	+0.325
28	D42G	40	X_1	+0.185	+0.221	+0.280	+0.286	+0.288	+0.289
			X_2	+0.183	+0.217	+0.247	+0.252	+0.253	+0.254
			X_3	+0.177	+0.213	+0.311	+0.312	+0.312	+0.312
			平均	+0.182	+0.217	+0.279	+0.283	+0.284	+0.285

No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
29	D4G2	50	X_1	+0.136	+0.174	+0.210	+0.225	+0.229	+0.230
			X_2	+0.143	+0.181	+0.210	+0.226	+0.230	+0.231
			X_3	+0.140	+0.178	+0.239	+0.245	+0.246	+0.246
			平均	+0.140	+0.178	+0.220	+0.232	+0.235	+0.236
30	D4G2	65	X_1	+0.117	+0.143	+0.174	+0.179	+0.181	+0.182
			X_2	+0.123	+0.148	+0.180	+0.183	+0.182	+0.176
			X_3	+0.121	+0.145	+0.175	+0.179	+0.180	+0.189
			平均	+0.120	+0.145	+0.176	+0.180	+0.181	+0.182
31	D4G2	75	X_1	+0.061	+0.079	+0.085	+0.088	+0.089	+0.091
			X_2	+0.069	+0.087	+0.091	+0.095	+0.095	+0.097
			X_3	+0.070	+0.087	+0.093	+0.096	+0.097	+0.098
			平均	+0.067	+0.084	+0.090	+0.093	+0.094	+0.095
32	D4G2	25	X_1	+0.254	+0.292	+0.302	+0.305	+0.305	+0.308
			X_2	+0.250	+0.290	+0.300	+0.303	+0.304	+0.306
			X_3						
			平均	+0.252	+0.291	+0.301	+0.304	+0.305	+0.307
33	D4G2	30	X_1	+0.241	+0.262	+0.302	+0.308	+0.309	+0.311
			X_2	+0.245	+0.264	+0.303	+0.310	+0.311	+0.314
			X_3	+0.247	+0.270	+0.313	+0.322	+0.322	+0.324
			平均	+0.244	+0.265	+0.306	+0.333	+0.314	+0.316
34	D4G2	40	X_1	+0.206	+0.248	+0.261	+0.267	+0.268	+0.270
			X_2	+0.201	+0.241	+0.254	+0.259	+0.259	+0.261
			X_3	+0.204	+0.245	+0.259	+0.264	+0.264	+0.267
			平均	+0.204	+0.245	+0.258	+0.263	+0.264	+0.266
35	D4G2	50	X_1	+0.166	+0.205	+0.216	+0.222	+0.223	+0.226
			X_2	+0.165	+0.202	+0.214	+0.219	+0.221	+0.224
			X_3	+0.171	+0.208	+0.221	+0.227	+0.226	+0.231
			平均	+0.167	+0.205	+0.217	+0.223	+0.223	+0.227

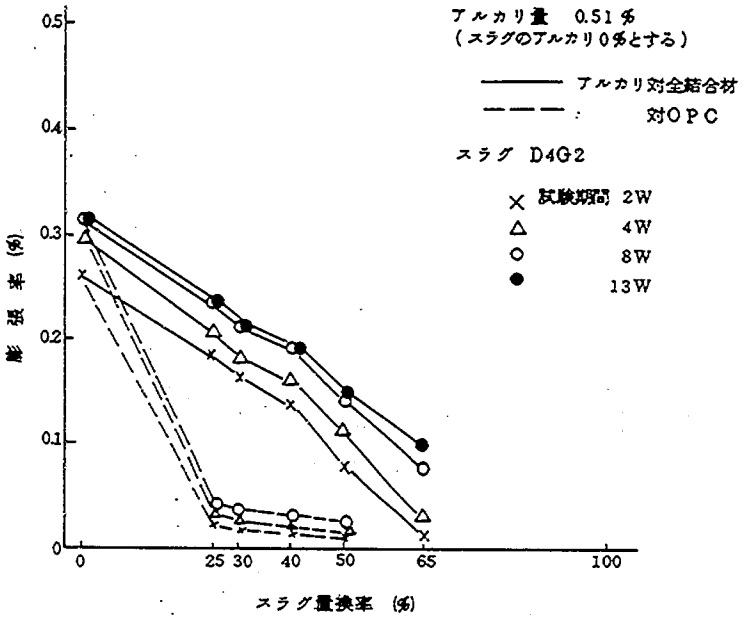
No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
36	D4G2	65	X_1	+0.147	+0.183	+0.193	+0.200	+0.201	+0.205
			X_2	+0.145	+0.182	+0.193	+0.199	+0.201	+0.204
			X_3						
			平均	+0.146	+0.183	+0.190	+0.200	+0.201	+0.205
37	D4G2	75	X_1	+0.077	+0.101	+0.108	+0.110	+0.111	+0.115
			X_2	+0.076	+0.100	+0.106	+0.108	+0.109	+0.112
			X_3	+0.075	+0.098	+0.103	+0.105	+0.106	+0.108
			平均	+0.076	+0.100	+0.106	+0.108	+0.109	+0.112
38	J4G0	50	X_1	+0.210	+0.234	+0.245	+0.248	+0.248	+0.251
			X_2	+0.223	+0.223	+0.260	+0.263	+0.263	+0.267
			X_3						
			平均	+0.217	+0.229	+0.253	+0.256	+0.256	+0.259
39	J4G0	65	X_1	+0.108	+0.124	+0.134	+0.115	+0.136	+0.139
			X_2	+0.107	+0.125	+0.134	+0.116	+0.137	+0.140
			X_3	+0.115	+0.134	+0.147	+0.110	+0.151	+0.154
			平均	+0.110	+0.128	+0.138	+0.110	+0.141	+0.144
40	J4G0	76	X_1	+0.066	+0.082	+0.085	+0.086	+0.087	+0.089
			X_2	+0.068	+0.083	+0.087	+0.088	+0.088	+0.091
			X_3	+0.064	+0.079	+0.083	+0.084	+0.084	+0.086
			平均	+0.066	+0.081	+0.085	+0.086	+0.086	+0.089
41	C4G0	50	X_1	+0.146	+0.165	+0.176	+0.178	+0.179	+0.182
			X_2	+0.155	+0.174	+0.185	+0.187	+0.188	+0.191
			X_3	+0.140	+0.158	+0.169	+0.172	+0.172	+0.175
			平均	+0.147	+0.166	+0.177	+0.179	+0.180	+0.183
42	C4G0	65	X_1	+0.071	+0.084	+0.087	+0.085	+0.084	+0.086
			X_2	+0.073	+0.086	+0.088	+0.088	+0.088	+0.090
			X_3	+0.070	+0.083	+0.085	+0.085	+0.085	+0.087
			平均	+0.071	+0.084	+0.087	+0.086	+0.086	+0.088

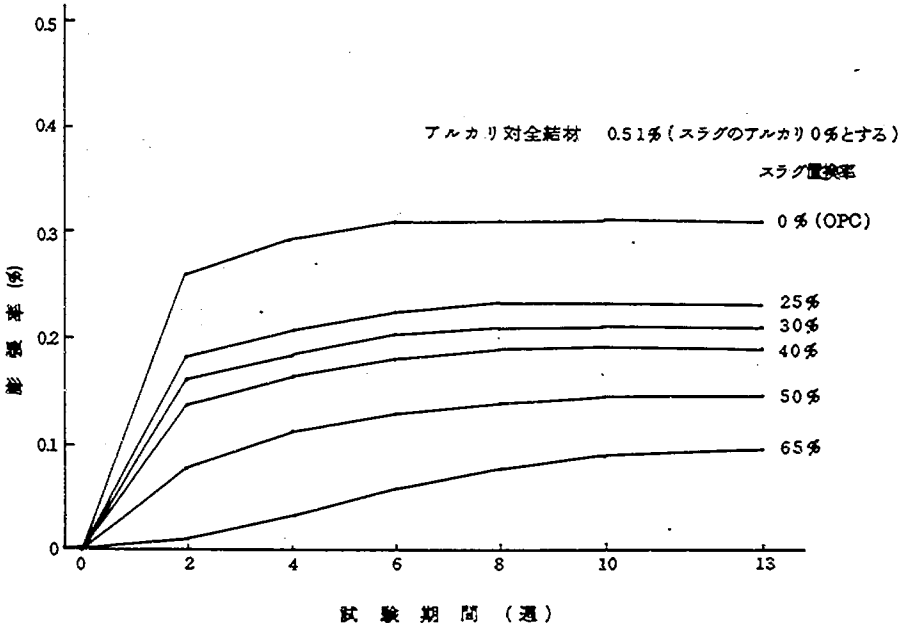
No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
43	C4G0	75	X_1	+0.046	+0.059	+0.061	+0.062	+0.062	+0.064
			X_2	+0.048	+0.060	+0.062	+0.062	+0.061	+0.064
			X_3						
			平均	+0.047	+0.060	+0.062	+0.062	+0.062	+0.064
44	J4G0	40	X_1	+0.031	+0.250	+0.265	+0.267	+0.268	+0.271
			X_2	+0.223	+0.243	+0.258	+0.261	+0.262	+0.264
			X_3	+0.204	+0.223	+0.237	+0.239	+0.240	+0.243
			平均	+0.219	+0.239	+0.253	+0.256	+0.257	+0.259
45	J4G1	40	X_1	+0.246	+0.161	+0.166	+0.166	+0.167	+0.168
			X_2	+0.148	+0.161	+0.167	+0.167	+0.168	+0.169
			X_3	+0.150	+0.166	+0.172	+0.173	+0.174	+0.175
			平均	+0.148	+0.161	+0.168	+0.169	+0.170	+0.171
46	J4G2	40	X_1	+0.166	+0.186	+0.198	+0.202	+0.203	+0.206
			X_2	+0.164	+0.185	+0.198	+0.204	+0.205	+0.205
			X_3	+0.161	+0.182	+0.196	+0.200	+0.202	+0.204
			平均	+0.164	+0.184	+0.197	+0.202	+0.203	+0.205
47	J4G3	40	X_1	+0.160	+0.180	+0.190	+0.193	+0.194	+0.196
			X_2	+0.165	+0.184	+0.195	+0.197	+0.198	+0.200
			X_3	+0.159	+0.179	+0.189	+0.191	+0.192	+0.194
			平均	+0.161	+0.181	+0.191	+0.194	+0.195	+0.197
48	B8	40	X_1	+0.113	+0.192	+0.217	+0.226	+0.231	+0.232
			X_2	+0.108	+0.180	+0.204	+0.212	+0.216	+0.217
			X_3	+0.114	+0.173	+0.195	+0.202	+0.205	+0.207
			平均	+0.112	+0.182	+0.205	+0.213	+0.217	+0.219
49	B8	50	X_1	+0.048	+0.126	+0.158	+0.171	+0.179	+0.180
			X_2	+0.059	+0.137	+0.170	+0.185	+0.193	+0.194
			X_3	+0.057	+0.136	+0.168	+0.183	+0.191	+0.192
			平均	+0.055	+0.133	+0.165	+0.180	+0.188	+0.189

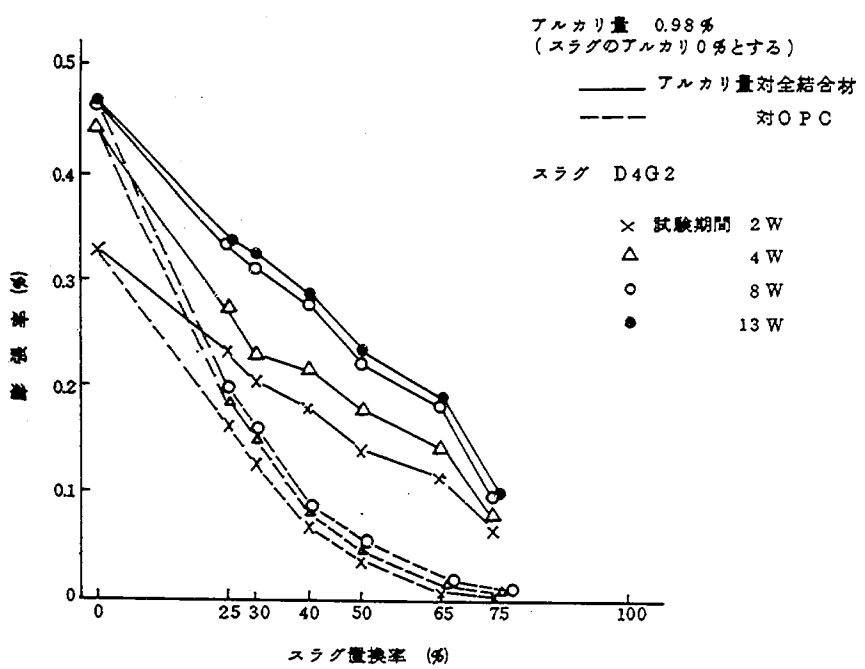
No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
50	B8	65	X_1	+0.006	+0.062	+0.115	+0.147	+0.168	+0.179
			X_2	+0.004	+0.061	+0.113	+0.148	+0.169	+0.184
			X_3	+0.002	+0.060	+0.113	+0.144	+0.162	+0.175
			平均	+0.004	+0.061	+0.114	+0.146	+0.166	+0.179
51	ケイ砂	25	X_1	+0.320	+0.465	+0.479	+0.484	+0.487	+0.488
			X_2	+0.335	+0.482	+0.493	+0.495	+0.497	+0.497
			X_3	+0.324	+0.452	+0.466	+0.471	+0.473	+0.473
			平均	+0.336	+0.466	+0.479	+0.483	+0.486	+0.486
52	ケイ砂	40	X_1	+0.260	+0.383	+0.396	+0.400	+0.402	+0.402
			X_2	+0.264	+0.376	+0.391	+0.394	+0.396	+0.395
			X_3	+0.252	+0.361	+0.374	+0.377	+0.378	+0.378
			平均	+0.259	+0.373	+0.387	+0.390	+0.392	+0.392
53	ケイ砂	50	X_1	+0.217	+0.321	+0.330	+0.334	+0.336	+0.335
			X_2	+0.224	+0.328	+0.338	+0.342	+0.344	+0.344
			X_3	+0.216	+0.322	+0.332	+0.334	+0.335	+0.335
			平均	+0.219	+0.324	+0.333	+0.337	+0.338	+0.338
54	ケイ砂	25	X_1	+0.450	+0.539	+0.563	+0.565	+0.565	+0.567
			X_2	+0.446	+0.534	+0.558	+0.560	+0.560	+0.561
			X_3	+0.424	+0.504	+0.526	+0.528	+0.528	+0.537
			平均	+0.440	+0.526	+0.549	+0.551	+0.551	+0.555
55	ケイ砂	40	X_1	+0.331	+0.393	+0.410	+0.412	+0.413	+0.410
			X_2	+0.329	+0.388	+0.409	+0.413	+0.413	+0.414
			X_3	+0.332	+0.372	+0.397	+0.401	+0.401	+0.402
			平均	+0.331	+0.384	+0.405	+0.409	+0.409	+0.409
56	ケイ砂	50	X_1	+0.239	+0.298	+0.309	+0.312	+0.312	+0.313
			X_2	+0.237	+0.298	+0.308	+0.310	+0.310	+0.312
			X_3	+0.253	+0.312	+0.324	+0.326	+0.327	+0.328
			平均	+0.243	+0.303	+0.314	+0.316	+0.316	+0.318

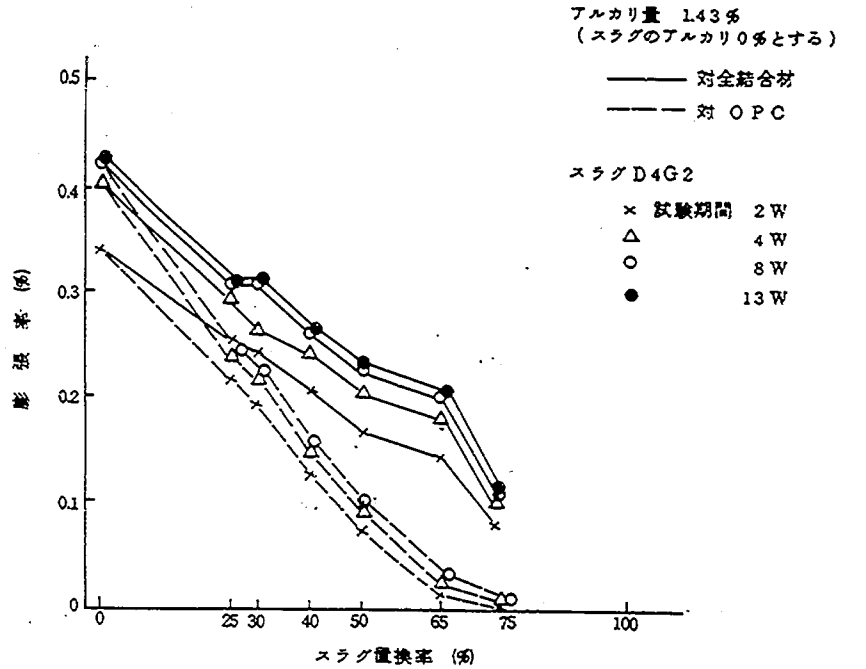
No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
57	FA	25	X_1	+0.117	+0.129	+0.132	+0.133	+0.133	+0.134
			X_2	+0.129	+0.141	+0.143	+0.144	+0.144	+0.145
			X_3	+0.117	+0.128	+0.130	+0.131	+0.132	+0.131
			平均	+0.121	+0.133	+0.135	+0.136	+0.136	+0.137
58	FA	40	X_1	+0.060	+0.071	+0.064	+0.064	+0.066	+0.065
			X_2	+0.065	+0.071	+0.072	+0.072	+0.072	+0.073
			X_3	+0.061	+0.068	+0.067	+0.068	+0.068	+0.069
			平均	+0.062	+0.070	+0.068	+0.068	+0.069	+0.069
59	FA	50	X_1	+0.044	+0.049	+0.050	+0.051	+0.051	+0.052
			X_2	+0.046	+0.051	+0.052	+0.053	+0.054	+0.054
			X_3	+0.043	+0.047	+0.047	+0.048	+0.048	+0.048
			平均	+0.044	+0.049	+0.050	+0.051	+0.051	+0.051
60	FA	25	X_1	+0.171	+0.184	+0.188	+0.190	+0.189	+0.191
			X_2	+0.176	+0.189	+0.193	+0.195	+0.194	+0.198
			X_3	+0.172	+0.185	+0.190	+0.191	+0.191	+0.194
			平均	+0.173	+0.186	+0.190	+0.192	+0.191	+0.194
61	FA	40	X_1	+0.099	+0.098	+0.099	+0.100	+0.100	+0.104
			X_2	+0.098	+0.099	+0.100	+0.101	+0.101	+0.104
			X_3	+0.097	+0.098	+0.099	+0.100	+0.100	+0.104
			平均	+0.098	+0.098	+0.099	+0.100	+0.100	+0.104
62	FA	50	X_1	+0.039	+0.035	+0.036	+0.037	+0.037	+0.039
			X_2	+0.040	+0.039	+0.039	+0.040	+0.039	+0.042
			X_3	+0.039	+0.037	+0.038	+0.039	+0.038	+0.035
			平均	+0.039	+0.037	+0.038	+0.039	+0.038	+0.039
63	D3G0	40	X_1	+0.131	+0.148	+0.152	+0.152	+0.152	+0.153
			X_2	+0.152	+0.165	+0.170	+0.171	+0.171	+0.171
			X_3	+0.141	+0.156	+0.166	+0.167	+0.167	+0.167
			平均	+0.141	+0.016	+0.163	+0.163	+0.163	+0.164

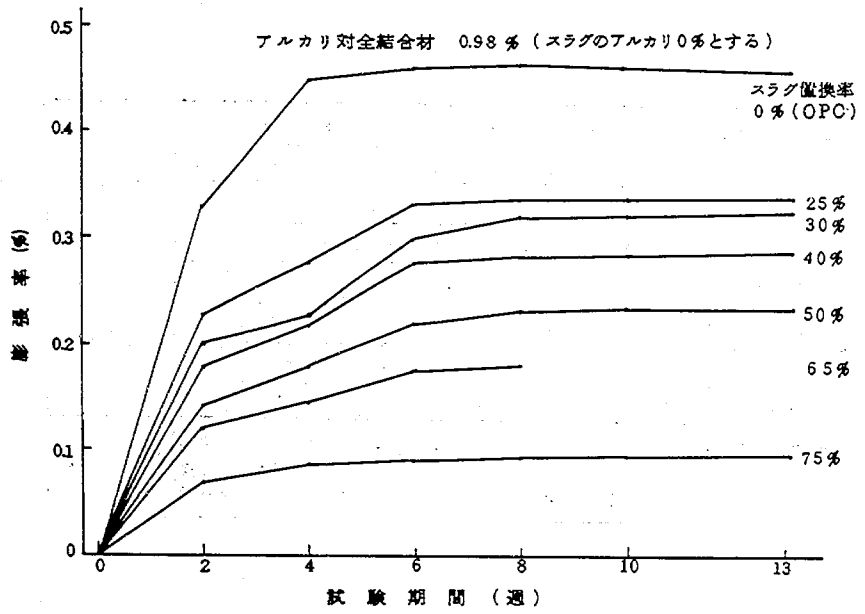
No.	スラグ種類	スラグ置換率 (%)	供試体	試験期間					
				2 週	4 週	6 週	8 週	10 週	13 週
64	B3G0	50	X_1	+0.130	+0.141	+0.148	+0.149	+0.149	+0.150
			X_2	+0.113	+0.129	+0.134	+0.134	+0.134	+0.135
			X_3	+0.115	+0.130	+0.136	+0.137	+0.137	+0.137
			平均	+0.119	+0.133	+0.139	+0.140	+0.140	+0.141
65	B3G0	65	X_1	+0.070	+0.077	+0.080	+0.079	+0.079	+0.079
			X_2	+0.071	+0.078	+0.081	+0.081	+0.081	+0.081
			X_3	+0.071	+0.079	+0.082	+0.081	+0.081	+0.081
			平均	+0.071	+0.078	+0.081	+0.080	+0.080	+0.080

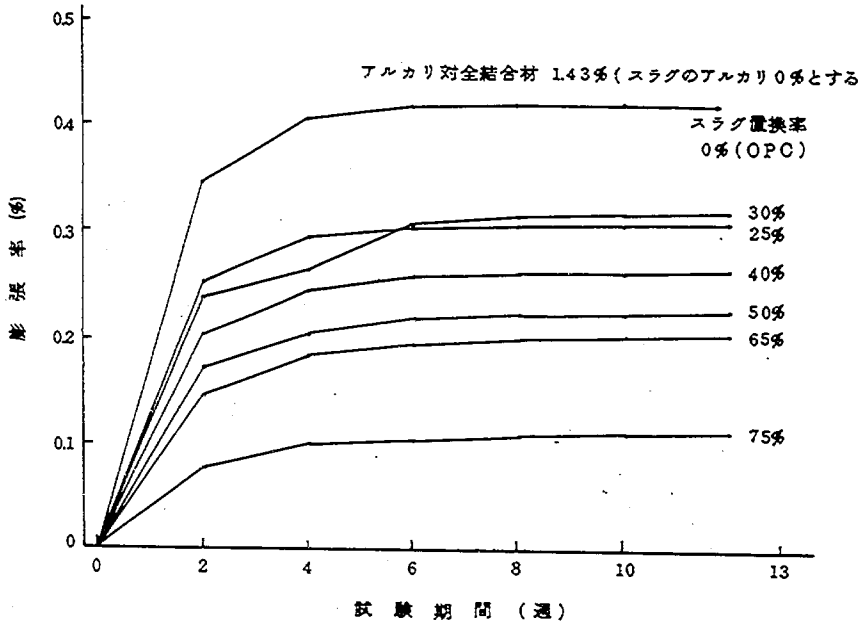


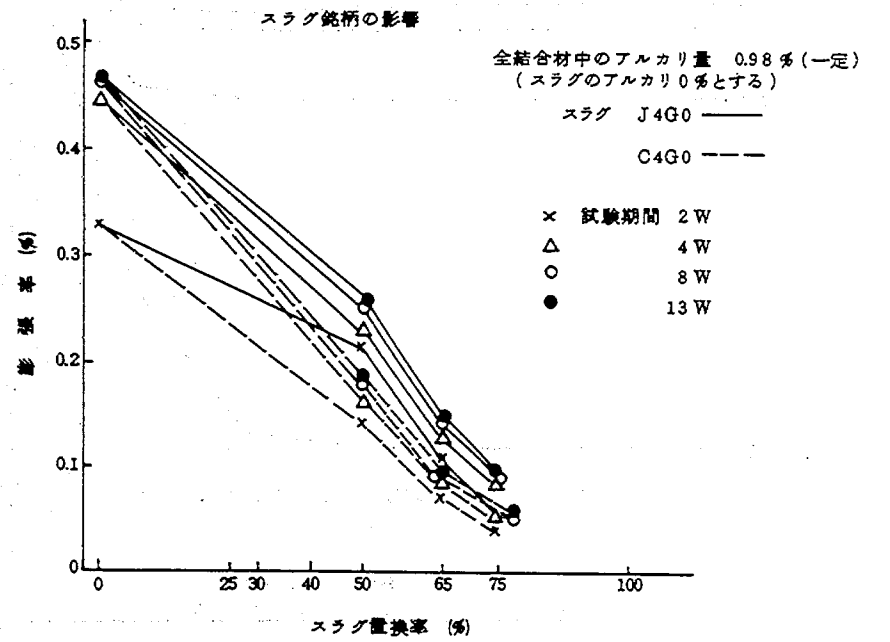


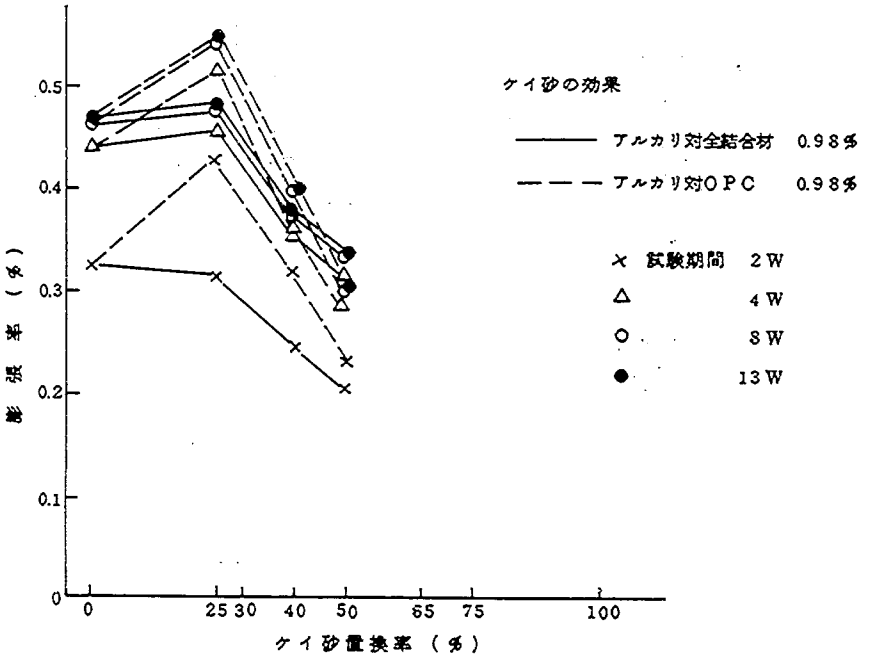

アルカリ量 0.98%
（スラグのアルカリ0%とする）
アルカリ量対全結合材
対OPC
スラグ D4G2
試験期間 2W
4W
8W
13W
膨張率 (%)
スラグ置換率 (%)

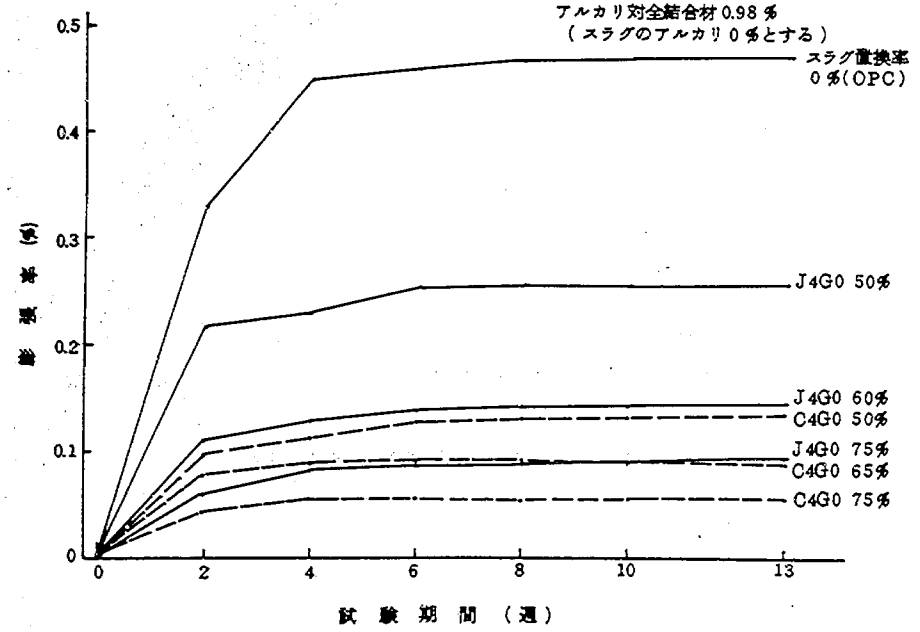

アルカリ量 1.43%
（スラグのアルカリ0%とする）
対全結合材
対 OPC
スラグD4G2
試験期間 2W
4W
8W
13W
膨張率 (%)
スラグ置換率 (%)

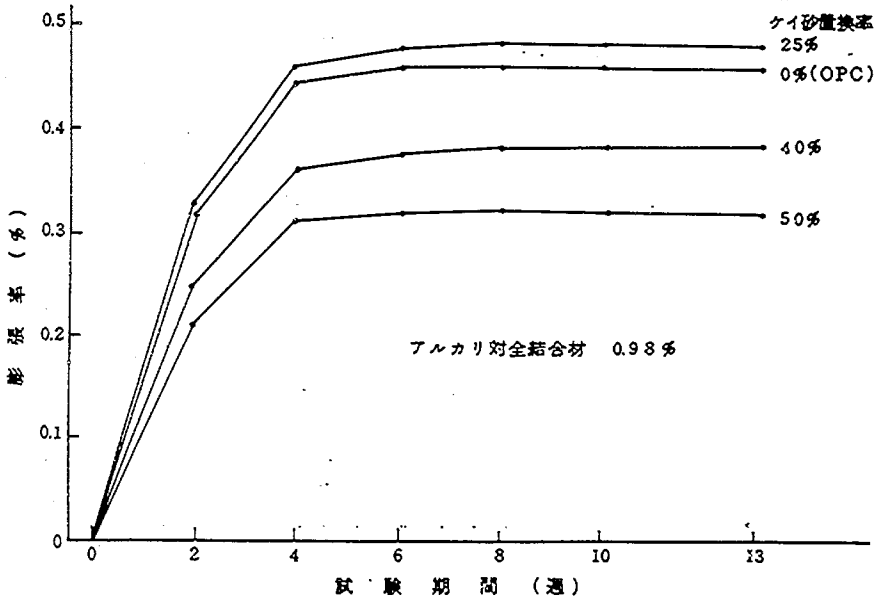

アルカリ対全結合材 0.98 %（スラグのアルカリ0%とする）
スラグ置換率
0%(OPC)
25%
30%
40%
50%
65%
75%
膨張率 (%)
試験期間（週）

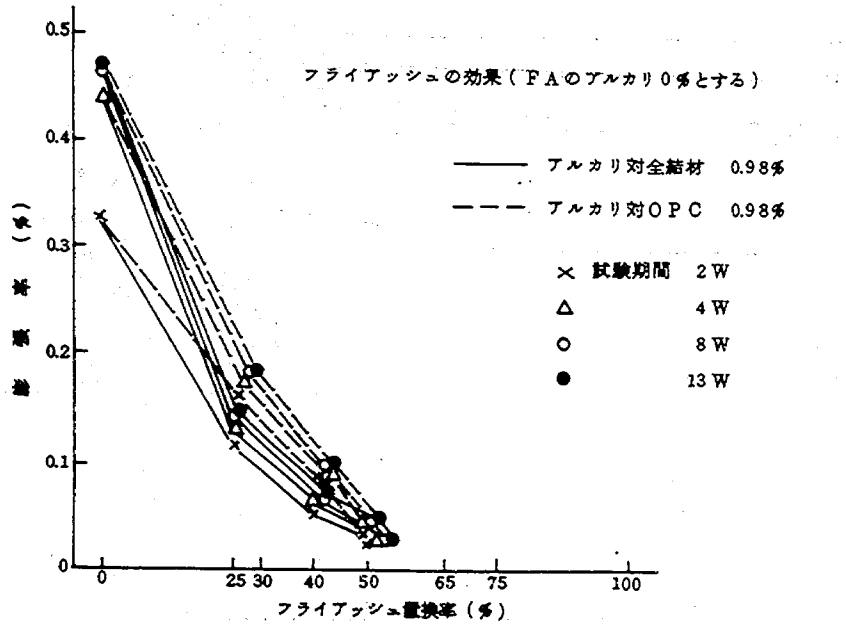

アルカリ対全結合材 1.43%（スラグのアルカリ0%とする）
スラグ置換率
0%(OPC)
30%
25%
40%
50%
65%
75%
膨張率 (%)
試験期間（週）

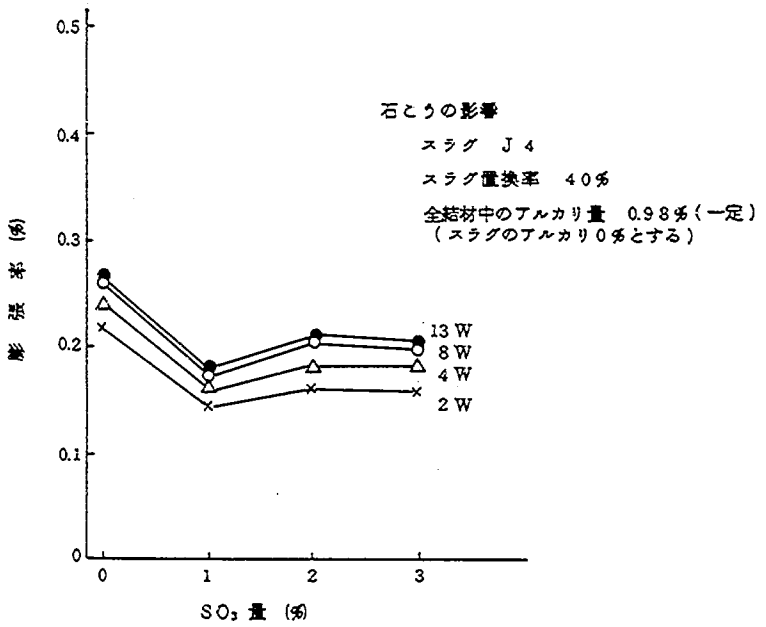

スラグ銘柄の影響
全結合材中のアルカリ量 0.98％（一定）
（スラグのアルカリ0％とする）
スラグ J4G0
C4G0
試験期間 2W
4W
8W
13W
強度比（％）
スラグ置換率 (%)

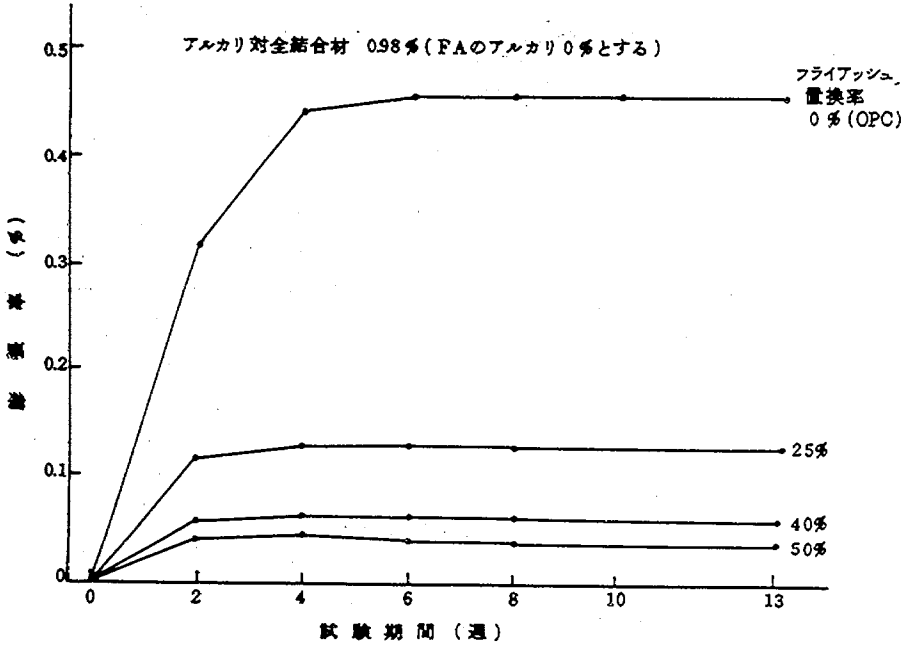

ケイ砂の効果
アルカリ対全結合材 0.98％
アルカリ対OPC 0.98％
試験期間 2W
4W
8W
13W
強度比（％）
ケイ砂置換率（％）

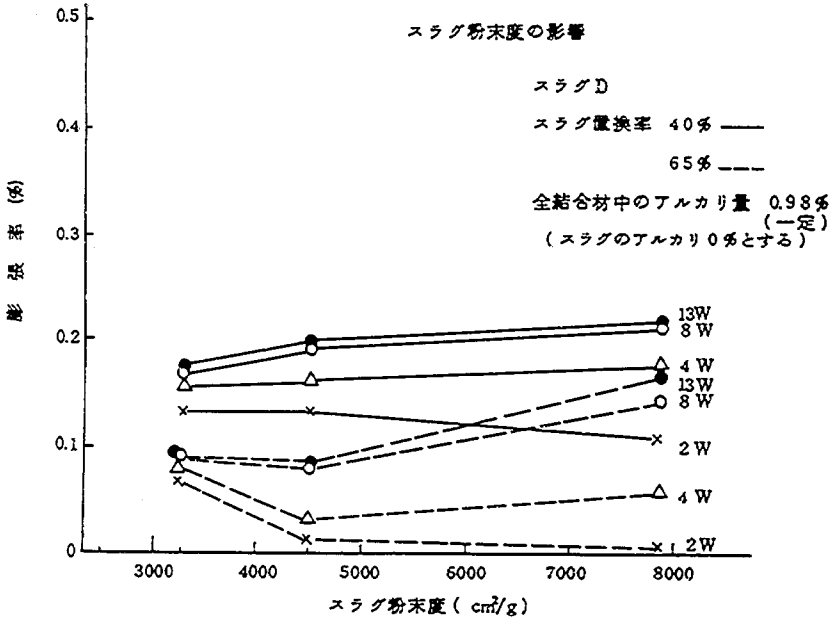

アルカリ対全結合材 0.98％
（スラグのアルカリ0％とする）
スラグ置換率
0％(OPC)
J4G0 50％
J4G0 60％
C4G0 50％
J4G0 75％
C4G0 65％
C4G0 75％
強度比（％）
試験期間（週）


ケイ砂置換率
25％
0％(OPC)
40％
50％
アルカリ対全結合材 0.98％
強度比（％）
試験期間（週）


フライアッシュの効果（FAのアルカリ0%とする）
アルカリ対全結材 0.98%
アルカリ対OPC 0.98%
試験期間 2W
4W
8W
13W
膨張率（%）
フライアッシュ置換率（%）


石こうの影響
スラグ J4
スラグ置換率 40%
全結材中のアルカリ量 0.98%（一定）
（スラグのアルカリ0%とする）
膨張率（%）
13W
8W
4W
2W
SO3量（%）


アルカリ対全結合材 0.98%（FAのアルカリ0%とする）
フライアッシュ置換率 0%（OPC）
25%
40%
50%
膨張率（%）
試験期間（週）


スラグ粉末度の影響
スラグD
スラグ置換率 40%
65%
全結合材中のアルカリ量 0.98%（一定）
（スラグのアルカリ0%とする）
膨張率（%）
13W
8W
4W
13W
8W
2W
4W
2W
スラグ粉末度（cm²/g）

巻末資料 7

高炉スラグ粉末の品質評価試験

共同研究委員会
担当：鐵鋼スラグ協会

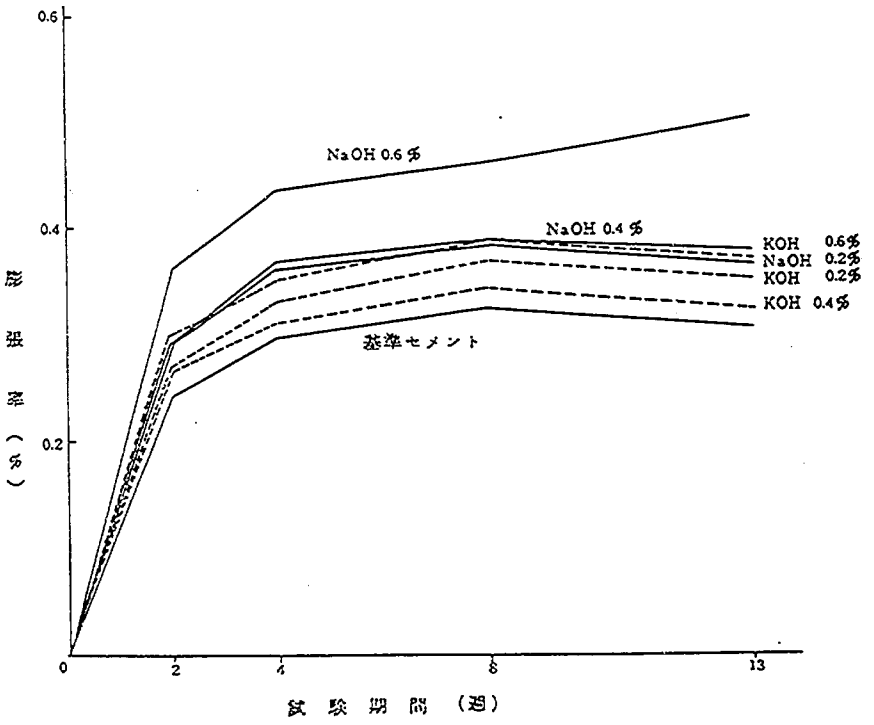
高炉スラグ粉末の品質評価試験

アルカリの種類の効果

モルタル膨張率測定結果

モルタルバーの膨張率（供試体寸法　25×25×285 ㎜）

アルカリ添加	供試体	膨張率（%） 2週	4週	8週	13週
ベースOPC (R_2O = 1.02%)	X_1	+0.222	+0.280	+0.312	+0.295
	X_2	+0.250	+0.304	+0.334	+0.318
	X_3	+0.249	+0.306	+0.328	+0.312
	$\bar{X}$	+0.240	+0.297	+0.325	+0.308
ベースOPC +NaOH 0.2% (R_2O = 1.22%)	X_1	+0.267	+0.332	+0.358	+0.343
	X_2	+0.306	+0.369	+0.391	+0.374
	X_3	+0.298	+0.378	+0.400	+0.386
	$\bar{X}$	+0.290	+0.360	+0.383	+0.368
ベースOPC +NaOH 0.4% (R_2O = 1.42%)	X_1	+0.285	+0.355	+0.376	+0.367
	X_2	+0.318	+0.387	+0.409	+0.398
	X_3	+0.276	+0.356	+0.378	+0.370
	$\bar{X}$	+0.293	+0.366	+0.388	+0.378
ベースOPC +NaOH 0.6% (R_2O = 1.62%)	X_1	+0.341	+0.421	+0.452	+0.446
	X_2	+0.372	+0.443	+0.468	+0.461
	X_3	+0.366	+0.437	+0.466	+0.457
	$\bar{X}$	+0.360	+0.434	+0.462	+0.455
ベースOPC + KOH 0.2% (R_2O = 1.22%)	X_1	+0.261	+0.320	+0.376	+0.359
	X_2	+0.280	+0.330	+0.368	+0.353
	X_3	+0.261	+0.341	+0.360	+0.344
	$\bar{X}$	+0.267	+0.330	+0.368	+0.352
ベースOPC + KOH 0.4% (R_2O = 1.42%)	X_1	+0.246	+0.298	+0.326	+0.309
	X_2	+0.292	+0.340	+0.371	+0.354
	X_3	+0.242	+0.295	+0.334	+0.316
	$\bar{X}$	+0.260	+0.311	+0.344	+0.326
ベースOPC + KOH 0.6% (R_2O = 1.62%)	X_1	+0.311	+0.367	+0.397	+0.381
	X_2	+0.302	+0.350	+0.390	+0.374
	X_3	+0.279	+0.330	+0.378	+0.361
	$\bar{X}$	+0.297	+0.349	+0.388	+0.372



アルカリの種類と膨張率

高炉スラグ粉末の種類及び置換率の影響

13銘柄のスラグとケイ砂及びフライアッシュを用いたモルタルバー試験結果

モルタル配合及びフロー率

スラグ置換率ごとのフロー率（13銘柄）

銘柄	置換率 (%)	配合 (g) スラグ	ポルト	パイレックス	水	水セメント比 (%)	ASTM フロー率(%)
OPC	0	0	400.0	900.0	176.0	44.0	113.0
A	25	101.8	288.3	〃	173.3	43.3	110.7
	40	160.4	223.9	〃	172.0	43.0	108.6
	50	198.0	182.0	〃	〃	〃	114.1
	65	255.4	149.3	〃	〃	〃	113.5
B	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	112.3
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	114.0
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	111.5
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	112.2
C	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	112.4
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	112.0
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	108.6
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	109.3
D	25	101.8	288.3	〃	173.3	43.3	112.3
	40	160.4	223.9	〃	172.0	43.0	110.5
	50	198.6	182.0	〃	〃	〃	113.9
	65	255.4	149.3	〃	〃	〃	112.0
E	25	103.9	285.3	〃	173.3	43.3	113.9
	40	103.6	219.4	〃	172.0	43.0	110.4
	50	202.4	176.6	〃	〃	〃	111.3
	65	258.0	114.0	〃	〃	〃	107.6
F	25	102.8	286.8	〃	173.3	43.3	110.5
	40	182.0	221.6	〃	172.0	43.0	108.8
	50	200.5	179.3	〃	〃	〃	115.0
	65	256.7	117.4	〃	〃	〃	110.1
G	25	101.8	288.3	〃	173.3	43.3	112.3
	40	160.4	223.9	〃	172.0	43.0	108.4
	50	198.6	182.0	〃	〃	〃	112.5
	65	254.5	120.7	〃	〃	〃	113.1
H	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	109.8
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	109.9
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	113.4
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	110.5

銘柄	置換率 (%)	配合 (g) スラグ	ポルト	パイレックス	水	水セメント比 (%)	ASTM フロー率(%)
I	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	113.9
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	107.2
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	109.5
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	111.5
J	25	100.0	300.0	900.0	173.3	43.3	110.2
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	110.9
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	108.3
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	110.6
K	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	113.1
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	110.5
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	109.6
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	113.6
L	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	114.6
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	113.5
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	113.1
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	113.9
P	25	100.0	300.0	〃	173.3	43.3	112.0
	40	160.0	240.0	〃	172.0	43.0	111.6
	50	200.0	200.0	〃	〃	〃	110.3
	65	260.0	140.0	〃	〃	〃	109.1
フライアッシュ	25	100.0	300.	〃	164.0	41.0	112.0
ケイ砂粉	25	100.0	300.	〃	173.3	43.3	108.6

モルタル膨張率測定結果

モルタルバー膨張率

（供試体寸法25×25×285mm　ASTM C 441）
OPCのR_2O　1.02%

銘柄	置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	10週	13週	26週
基準普通ポルト	0	X_1	+0.222	+0.280	+0.312		+0.295	+0.296
		X_2	+0.250	+0.304	+0.334		+0.318	+0.321
		X_3	+0.249	+0.306	+0.328		+0.312	+0.316
		$\bar{X}$	+0.240	+0.297	+0.325		+0.308	+0.311
A	25	X_1	+0.150	+0.182	+0.194	+0.187	+0.186	+0.186
		X_2	+0.220	+0.234	+0.185	+0.177	+0.175	+0.176
		X_3	—	—	—	—	—	—
		$\bar{X}$	+0.185	+0.208	+0.190	+0.182	+0.181	+0.181
	40	X_1	+0.070	+0.100	+0.105	+0.098	+0.097	+0.098
		X_2	+0.062	+0.092	+0.096	+0.091	+0.091	+0.091
		X_3	+0.070	+0.104	+0.109	+0.105	+0.105	+0.104
		$\bar{X}$	+0.067	+0.099	+0.103	+0.098	+0.098	+0.098
	50	X_1	+0.017	+0.047	+0.051	+0.047	+0.052	+0.050
		X_2	+0.015	+0.038	+0.050	+0.047	+0.048	+0.049
		X_3	+0.015	+0.041	+0.054	+0.050	+0.052	+0.053
		$\bar{X}$	+0.016	+0.042	+0.052	+0.048	+0.051	+0.051
	65	X_1	−0.011	−0.001	+0.002	−0.001	+0.001	+0.002
		X_2	−0.010	−0.000	+0.001	−0.002	0.000	+0.002
		X_3	−0.011	−0.002	−0.002	−0.004	−0.003	−0.001
		$\bar{X}$	−0.011	−0.001	+0.000	−0.002	−0.001	+0.001
B	25	X_1	+0.163	+0.181	+0.190		+0.187	+0.192
		X_2	+0.163	+0.180	+0.189		+0.187	+0.185
		X_3	+0.142	+0.159	+0.169		+0.167	+0.167
		$\bar{X}$	+0.156	+0.173	+0.183		+0.180	+0.181
	40	X_1	+0.093	+0.113	+0.128		+0.125	+0.127
		X_2	+0.109	+0.130	+0.148		+0.145	+0.147
		X_3	+0.114	+0.133	+0.150		+0.149	+0.147
		$\bar{X}$	+0.105	+0.125	+0.142		+0.140	+0.140
	50	X_1	+0.046	+0.068	+0.085		+0.085	+0.086
		X_2	+0.050	+0.071	+0.090		+0.089	+0.087
		X_3	+0.040	+0.057	+0.073		+0.070	+0.072
		$\bar{X}$	+0.045	+0.065	+0.083		+0.081	+0.082

銘柄	置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	10週	13週	26週
B	65	X_1	+0.004	+0.008	+0.016		+0.013	+0.018
		X_2	+0.005	+0.009	+0.016		+0.017	+0.021
		X_3	+0.007	+0.011	+0.017		+0.019	+0.021
		$\bar{X}$	+0.005	+0.009	+0.016		+0.016	+0.020
C	25	X_1	+0.165	+0.209	+0.230		+0.200	+0.204
		X_2	+0.164	+0.207	+0.224		+0.213	+0.216
		X_3	+0.154	+0.200	+0.223		+0.206	+0.210
		$\bar{X}$	+0.161	+0.205	+0.226		+0.206	+0.210
	40	X_1	+0.084	+0.119	+0.148		+0.134	+0.133
		X_2	+0.082	+0.114	+0.141		+0.126	+0.129
		X_3	+0.072	+0.105	+0.131		+0.117	+0.120
		$\bar{X}$	+0.079	+0.113	+0.140		+0.126	+0.127
	50	X_1	+0.037	+0.069	+0.093		+0.084	+0.085
		X_2	+0.041	+0.076	+0.102		+0.095	+0.095
		X_3	+0.033	+0.066	+0.091		+0.082	+0.081
		$\bar{X}$	+0.037	+0.070	+0.095		+0.087	+0.087
	65	X_1	+0.004	+0.007	+0.014		+0.009	+0.010
		X_2	+0.004	+0.008	+0.015		+0.011	+0.014
		X_3	+0.004	+0.007	+0.015		+0.010	+0.012
		$\bar{X}$	+0.004	+0.007	+0.015		+0.010	+0.012
D	25	X_1	+0.105	+0.141	+0.162	+0.155	+0.150	+0.156
		X_2	+0.091	+0.124	+0.145	+0.138	+0.135	+0.137
		X_3	+0.093	+0.125	+0.151	+0.145	+0.141	+0.144
		$\bar{X}$	+0.096	+0.130	+0.153	+0.146	+0.142	+0.146
	40	X_1	+0.019	+0.044	+0.065	+0.066	+0.069	+0.075
		X_2	+0.019	+0.049	+0.071	+0.073	+0.073	+0.072
		X_3	+0.021	+0.045	+0.074	+0.075	+0.074	+0.076
		$\bar{X}$	+0.020	+0.046	+0.070	+0.071	+0.072	+0.074
	50	X_1	−0.002	+0.006	+0.021	+0.020	+0.025	+0.031
		X_2	−0.006	+0.004	+0.018	+0.017	+0.022	+0.029
		X_3	−0.001	+0.008	+0.024	+0.022	+0.026	+0.035
		$\bar{X}$	−0.003	+0.006	+0.021	+0.020	+0.024	+0.032
	65	X_1	−0.013	−0.013	−0.002	−0.010	−0.006	−0.002
		X_2	−0.013	−0.014	−0.004	−0.011	−0.006	−0.002
		X_3	−0.012	−0.011	−0.002	−0.009	−0.005	−0.002
		$\bar{X}$	−0.013	−0.013	−0.003	−0.010	−0.006	−0.002

銘柄	置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	10週	13週	26週
E	25	X_1	+0.106	+0.149	+0.156	+0.150	+0.148	+0.150
		X_2	+0.130	+0.178	+0.182	+0.176	+0.172	+0.175
		X_3	+0.130	+0.177	+0.178	+0.173	+0.170	+0.172
		$\bar{X}$	+0.122	+0.168	+0.172	+0.166	+0.163	+0.166
	40	X_1	+0.056	+0.086	+0.089	+0.088	+0.084	+0.089
		X_2	+0.059	+0.112	+0.113	+0.111	+0.108	+0.110
		X_3	+0.061	+0.093	+0.095	+0.094	+0.091	+0.094
		$\bar{X}$	+0.059	+0.097	+0.099	+0.098	+0.094	+0.098
	50	X_1	+0.010	+0.047	+0.071	+0.080	+0.078	+0.084
		X_2	+0.007	+0.042	+0.054	+0.061	+0.060	+0.063
		X_3	+0.009	+0.035	+0.043	+0.046	+0.044	+0.048
		$\bar{X}$	+0.009	+0.041	+0.056	+0.062	+0.061	+0.065
	65	X_1	−0.011	−0.002	−0.001	−0.001	−0.002	+0.002
		X_2	−0.012	−0.002	−0.003	−0.001	−0.005	+0.001
		X_3	−0.011	−0.001	0.000	+0.001	−0.001	+0.002
		$\bar{X}$	−0.011	−0.002	−0.001	−0.000	−0.003	+0.002
F	25	X_1	+0.178	+0.221	+0.238	+0.236	+0.233	+0.232
		X_2	+0.175	+0.231	+0.233	+0.230	+0.224	+0.227
		X_3	+0.166	+0.229	+0.227	+0.225	+0.221	+0.222
		$\bar{X}$	+0.173	+0.227	+0.233	+0.230	+0.226	+0.227
	40	X_1	+0.051	+0.105	+0.105	+0.102	+0.101	+0.101
		X_2	+0.063	+0.106	+0.117	+0.118	+0.113	+0.117
		X_3	+0.054	+0.092	+0.100	+0.100	+0.096	+0.098
		$\bar{X}$	+0.056	+0.101	+0.107	+0.107	+0.103	+0.105
	50	X_1	+0.010	+0.042	+0.053	+0.059	+0.058	+0.059
		X_2	+0.007	+0.038	+0.048	+0.054	+0.051	+0.054
		X_3	+0.009	+0.043	+0.057	+0.061	+0.059	+0.060
		$\bar{X}$	+0.009	+0.041	+0.053	+0.058	+0.056	+0.058
	65	X_1	−0.018	−0.008	−0.009	−0.008	−0.008	−0.006
		X_2	−0.016	−0.007	−0.007	−0.006	−0.007	−0.005
		X_3	−0.015	−0.007	−0.007	−0.006	−0.006	−0.003
		$\bar{X}$	−0.016	−0.007	−0.008	−0.007	−0.007	−0.005
G	25	X_1	+0.089	+0.136	+0.142	+0.144	+0.138	+0.139
		X_2	+0.108	+0.154	+0.160	+0.163	+0.154	+0.156
		X_3	+0.117	+0.157	+0.167	+0.169	+0.161	+0.163
		$\bar{X}$	+0.105	+0.149	+0.156	+0.159	+0.151	+0.153

銘柄	置換率(%)	供試体	膨張率(%) 2週	4週	8週	10週	13週	26週
G	40	X_1	+0.023	+0.048	+0.066	+0.063	+0.061	+0.060
		X_2	+0.023	+0.046	+0.067	+0.064	+0.063	+0.065
		X_3	+0.026	+0.047	+0.065	+0.062	+0.060	+0.063
		$\bar{X}$	+0.024	+0.047	+0.066	+0.063	+0.061	+0.063
	50	X_1	+0.000	+0.005	+0.021	+0.020	+0.020	+0.025
		X_2	−0.002	+0.004	+0.021	+0.019	+0.018	+0.023
		X_3	−0.003	+0.005	+0.019	+0.018	+0.016	+0.021
		$\bar{X}$	−0.002	+0.005	+0.020	+0.019	+0.018	+0.023
	65	X_1	−0.009	−0.009	−0.001	−0.002	−0.004	−0.001
		X_2	−0.007	−0.010	−0.001	−0.001	−0.004	−0.001
		X_3	−0.010	−0.009	−0.000	−0.000	−0.004	−0.001
		$\bar{X}$	−0.009	−0.009	−0.001	−0.001	−0.004	−0.001
H	25	X_1	+0.163	+0.181	+0.201		+0.197	+0.200
		X_2	+0.194	+0.210	+0.236		+0.234	+0.230
		X_3	+0.196	+0.211	+0.235		+0.233	+0.230
		$\bar{X}$	+0.184	+0.201	+0.224		+0.221	+0.220
	40	X_1	+0.108	+0.121	+0.140		+0.138	+0.133
		X_2	+0.109	+0.119	+0.135		+0.134	+0.135
		X_3	+0.106	+0.117	+0.137		+0.134	+0.137
		$\bar{X}$	+0.108	+0.119	+0.137		+0.135	+0.135
	50	X_1	+0.030	+0.041	+0.058		+0.058	+0.059
		X_2	+0.035	+0.049	+0.066		+0.065	+0.067
		X_3	+0.030	+0.041	+0.058		+0.057	+0.058
		$\bar{X}$	+0.032	+0.044	+0.061		+0.060	+0.061
	65	X_1	−0.000	+0.002	+0.009		+0.010	+0.013
		X_2	+0.001	+0.004	+0.011		+0.013	+0.015
		X_3	+0.002	+0.003	+0.012		+0.010	+0.014
		$\bar{X}$	+0.001	+0.003	+0.011		+0.011	+0.014
I	25	X_1	+0.145	+0.180	+0.185	+0.187	+0.184	+0.185
		X_2	+0.130	+0.171	+0.176	+0.171	+0.165	+0.168
		X_3	+0.137	+0.178	+0.183	+0.178	+0.172	+0.176
		$\bar{X}$	+0.137	+0.176	+0.181	+0.179	+0.174	+0.176
	40	X_1	+0.069	+0.101	+0.107	+0.102	+0.099	+0.098
		X_2	+0.067	+0.098	+0.103	+0.100	+0.097	+0.096
		X_3	+0.072	+0.108	+0.109	+0.103	+0.108	+0.104
		$\bar{X}$	+0.069	+0.102	+0.106	+0.102	+0.101	+0.099

銘柄	置換率(%)	供試体	膨張率 (%) 2週	4週	8週	10週	13週	26週
I	50	X_1	+0.030	+0.061	+0.065	+0.061	+0.063	+0.063
		X_2	+0.034	+0.061	+0.061	+0.059	+0.061	+0.062
		X_3	+0.025	+0.054	+0.056	+0.053	+0.053	+0.056
		$\bar{X}$	+0.030	+0.059	+0.061	+0.058	+0.059	+0.060
	65	X_1	−0.001	+0.008	+0.008	+0.006	+0.001	+0.007
		X_2	−0.001	+0.009	+0.008	+0.007	+0.004	+0.007
		X_3	—	—	—	—	+ —	—
		$\bar{X}$	−0.001	+0.009	+0.008	+0.007	+0.003	+0.007
J	25	X_1	+0.204	+0.236	+0.273		+0.264	+0.267
		X_2	+0.182	+0.247	+0.276		+0.267	+0.271
		X_3	+0.175	+0.212	+0.244		+0.233	+0.234
		$\bar{X}$	+0.187	+0.232	+0.264		+0.255	+0.257
	40	X_1	+0.099	+0.124	+0.153		+0.145	+0.144
		X_2	+0.111	+0.141	+0.168		+0.157	+0.160
		X_3	+0.128	+0.156	+0.164		+0.172	+0.173
		$\bar{X}$	+0.113	+0.140	+0.162		+0.158	+0.159
	50	X_1	+0.082	+0.109	+0.136		+0.129	+0.130
		X_2	+0.093	+0.125	+0.154		+0.146	+0.156
		X_3	+0.078	+0.105	+0.135		+0.129	+0.128
		$\bar{X}$	+0.084	+0.113	+0.142		+0.135	+0.138
	65	X_1	+0.007	+0.018	+0.045		+0.042	+0.043
		X_2	+0.005	+0.011	+0.037		+0.034	+0.039
		X_3	—	—	—		—	—
		$\bar{X}$	+0.006	+0.015	+0.041		+0.038	+0.041
K	25	X_1	+0.135	+0.167	+0.180		+0.171	+0.174
		X_2	+0.152	+0.181	+0.198		+0.187	+0.185
		X_3	+0.151	+0.183	+0.199		+0.186	+0.189
		$\bar{X}$	+0.146	+0.177	+0.192		+0.181	+0.183
	40	X_1	+0.090	+0.123	+0.134		+0.128	+0.129
		X_2	+0.085	+0.115	+0.124		+0.119	+0.122
		X_3	+0.107	+0.146	+0.162		+0.154	+0.158
		$\bar{X}$	+0.094	+0.128	+0.140		+0.134	+0.136
	50	X_1	+0.035	+0.054	+0.068		+0.063	+0.064
		X_2	+0.041	+0.062	+0.098		+0.072	+0.075
		X_3	+0.037	+0.058	+0.074		+0.069	+0.071
		$\bar{X}$	+0.038	+0.058	+0.080		+0.068	+0.070

銘柄	置換率(%)	供試体	膨張率 (%) 2週	4週	8週	10週	13週	26週
K	65	X_1	+0.002	+0.005	+0.016		+0.013	+0.015
		X_2	+0.004	+0.009	+0.017		+0.015	+0.016
		X_3	+0.001	+0.008	+0.014		+0.010	+0.011
		$\bar{X}$	+0.002	+0.007	+0.016		+0.013	+0.014
L	25	X_1	+0.153	+0.188	+0.207		+0.195	+0.199
		X_2	+0.190	+0.223	+0.243		+0.229	+0.237
		X_3	+0.193	+0.197	+0.206		+0.194	+0.203
		$\bar{X}$	+0.179	+0.203	+0.219		+0.206	+0.213
	40	X_1	+0.100	+0.137	+0.156		+0.143	+0.148
		X_2	+0.121	+0.155	+0.176		+0.161	+0.169
		X_3	+0.119	+0.152	+0.178		+0.165	+0.172
		$\bar{X}$	+0.113	+0.148	+0.170		+0.156	+0.163
	50	X_1	+0.030	+0.060	+0.085		+0.079	+0.082
		X_2	+0.038	+0.071	+0.102		+0.093	+0.102
		X_3	+0.037	+0.065	+0.097		+0.089	+0.096
		$\bar{X}$	+0.035	+0.065	+0.095		+0.087	+0.093
	65	X_1	−0.001	−0.001	+0.011		+0.009	+0.014
		X_2	−0.004	−0.003	+0.006		+0.002	+0.012
		X_3	—	—	—		—	—
		$\bar{X}$	−0.003	−0.002	+0.009		+0.006	+0.013
P	25	X_1	+0.165	+0.242	+0.251	+0.246	+0.243	+0.242
		X_2	+0.164	+0.238	+0.245	+0.241	+0.239	+0.237
		X_3	+0.146	+0.210	+0.222	+0.218	+0.216	+0.214
		$\bar{X}$	+0.158	+0.230	+0.239	+0.235	+0.233	+0.231
	40	X_1	+0.087	+0.140	+0.138	+0.138	+0.137	+0.134
		X_2	+0.107	+0.163	+0.160	+0.159	+0.155	+0.155
		X_3	+0.087	+0.138	+0.138	+0.136	+0.133	+0.134
		$\bar{X}$	+0.094	+0.147	+0.145	+0.144	+0.142	+0.141
	50	X_1	+0.033	+0.073	+0.070	+0.071	+0.069	+0.070
		X_2	+0.033	+0.075	+0.072	+0.073	+0.071	+0.071
		X_3	+0.028	+0.067	+0.062	+0.063	+0.061	+0.060
		$\bar{X}$	+0.031	+0.072	+0.068	+0.069	+0.067	+0.067
	65	X_1	+0.002	+0.022	+0.018	+0.017	+0.020	+0.021
		X_2	+0.003	+0.019	+0.016	+0.018	+0.020	+0.021
		X_3	+0.003	+0.024	+0.019	+0.022	+0.023	+0.023
		$\bar{X}$	+0.003	+0.022	+0.018	+0.019	+0.021	+0.022

銘柄	置換率 (%)	供試体	膨張率 (%)					
			2 週	4 週	8. 週	10 週	13 週	26 週
A～P 13銘柄の平均	25	$\bar{X}$	0.153	0.191	0.202		0.194	0.196
		σ_{n-1}	0.030	0.032	0.034		0.034	0.033
	40	$\bar{X}$	0.072	0.109	0.122		0.117	0.118
		σ_{n-1}	0.034	0.033	0.033		0.031	0.031
	50	$\bar{X}$	0.028	0.052	0.068		0.066	0.068
		σ_{n-1}	0.023	0.028	0.032		0.029	0.029
	65	$\bar{X}$	−0.003	0.003	0.009		0.007	0.011
		σ_{n-1}	0.008	0.010	0.013		0.013	0.013
フライナッシュ	25	X_1	+0.109	+0.137	+0.133	+0.132	+0.130	+0.132
		X_2	+0.107	+0.135	+0.132	+0.131	+0.129	+0.130
		X_3	+0.101	+0.115	+0.111	+0.109	+0.109	+0.108
		$\bar{X}$	+0.106	+0.129	+0.125	+0.124	+0.123	+0.123
ケイ砂粉末	25	X_1	+0.181	+0.256	+0.273	+0.266	+0.265	+0.265
		X_2	+0.190	+0.287	+0.293	+0.285	+0.285	+0.284
		X_3	+0.184	+0.258	+0.273	+0.265	+0.265	+0.263
		$\bar{X}$	+0.185	+0.267	+0.280	+0.272	+0.272	+0.271

モルタルバーの外観

銘柄	置換率 (%)	供試体	供試体外観 4週	供試体外観 8週
OPC	0	X_1 X_2 X_3	底部白色斑点	側部，底部白色斑点 そりなし（以下同）
A	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点 変化なし
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	50	X_1 X_2 X_3	茶黄色変色	同　上
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
B	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	同　上
C	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同　上
C	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	側部，底部白色斑点
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
D	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
E	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
F	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点

銘柄	置換率(%)	供試体	供試体外観	
			4週	8週
F	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
G	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
H	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同上
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	同上
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色

銘柄	置換率(%)	供試体	供試体外観	
			4週	8週
I	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同上
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
J	25	X_1 X_2 X_3	側部白色斑点	茶黄色変色，側部底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	同上	同上
	50	X_1 X_2 X_3	同上	同上
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
K	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	同上
	50	X_1 X_2 X_3	茶黄色変色，底部側部白色斑点	同上

銘柄	置換率 (%)	供試体	供試体外観	
			4 週	8 週
K	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	底部白色斑点
L	25	X_1 X_2 X_3	側部白色斑点	茶黄色変色，側部底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	同上	同上
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
P	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色，底部白色斑点
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	茶黄色変色
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
フライアッシュ	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし
ケイ砂粉末	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし

高炉スラグ粉末の粉末度の影響

モルタルの配合およびフロー率

配合およびフロー率

供試体寸法	ブレーン比表面積 (cm²/g)	置換率 (%)	モルタル配合 (g) スラグ	ポルト	バイレックス	水	水セメント比 (%)	ASTMフロー値 (%)
1×1×11¼ inch (25×25×285 mm)	3,080	25	102.4	289.2	900	182	46.5	108.7
		40	161.9	224.8	900	180	46.5	104.7
		50	200.7	182.9	900	183	47.7	101.8
		65	257.6	121.2	900	181	47.8	107.7
	4,530	25	102.5	289.1	900	183	46.7	106.7
		40	162.0	224.7	900	180	46.5	103.7
		50	200.9	182.7	900	180	46.9	106.7
		65	257.8	121.0	900	178	47.0	102.8
	5,900	25	102.3	289.2	900	185	47.3	104.7
		40	161.8	225.0	900	185	47.8	108.7
		50	200.5	183.1	900	183	47.7	103.7
		65	257.4	121.4	900	183	48.3	104.7
	基準モルタル	0	0	400	900	184	46.0	104.7
4×4×16 cm	3,080	50	289.1	263.5	1,296	264	47.8	100.8
	4,530	50	289.3	263.3	1,296	257	46.5	106.7
	5,900	50	288.9	263.7	1,296	255	46.1	102.8
	基準モルタル	0	0	576.5	1,296	263	47.6	102.8

（セメント＋高炉スラグ粉末）：バイレックス＝1：2.25となる配合とした。表に示したスラグ重量はSO_3を besides したものである。なおASTMフロー率fの測定はASTM C 109と同じ方法（落差13mm×25回）で行いf＝100～115%とし，ASTM C 227の方法（落差13mm×10回）と異なる。

モルタルの膨張率測定結果

供試体寸法の影響　25×25×285㎜

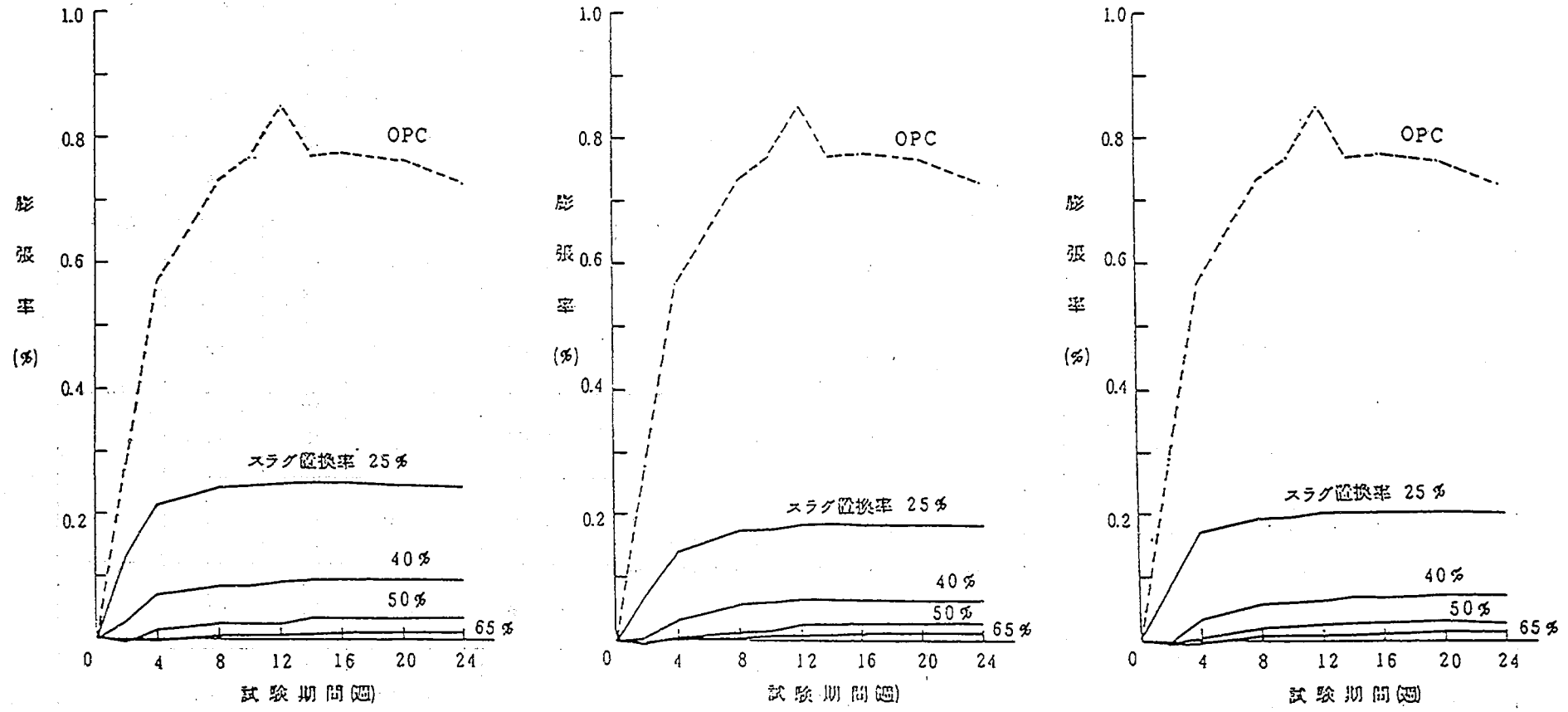
モルタルバーの膨張率

粉末度 (cm²/g)	置換率 (%)	供試体	膨張率 (%) 2週	4週	8週	10週	12週	14週	16週	20週	24週
OPC	0	X_1	+0.283	+0.526	+0.672	+0.710	+0.906	+0.728	+0.728	+0.727	+0.680
		X_2	+0.274	+0.576	+0.752	+0.768	+0.829	+0.800	+0.800	+0.790	+0.739
		X_3	+0.285	+0.593	+0.770	+0.806	+0.819	+0.780	+0.800	+0.780	+0.767
		$\bar{X}$	+0.281	+0.565	+0.731	+0.768	+0.851	+0.769	+0.776	+0.766	+0.728
3080	25	X_1	+0.119	+0.198	+0.225	+0.230	+0.232	+0.235	+0.235	+0.234	+0.234
		X_2	+0.132	+0.213	+0.244	+0.243	+0.246	+0.250	+0.250	+0.248	+0.248
		X_3	+0.132	+0.224	+0.258	+0.257	+0.259	+0.262	+0.262	+0.260	+0.260
		$\bar{X}$	+0.128	+0.212	+0.242	+0.243	+0.246	+0.249	+0.249	+0.247	+0.247
	40	X_1	+0.025	+0.064	+0.080	+0.079	+0.084	+0.088	+0.089	+0.089	+0.089
		X_2	+0.027	+0.071	+0.086	+0.086	+0.094	+0.095	+0.095	+0.195	+0.095
		X_3	+0.027	+0.075	+0.089	+0.089	+0.095	+0.100	+0.100	+0.100	+0.100
		$\bar{X}$	+0.026	+0.070	+0.085	+0.085	+0.091	+0.094	+0.095	+0.095	+0.095
	50	X_1	−0.004	+0.014	+0.026	+0.027	+0.033	+0.035	+0.035	+0.036	+0.036
		X_2	−0.004	+0.010	+0.024	+0.025	+0.033	+0.033	+0.033	+0.034	+0.034
		X_3	−0.002	+0.011	+0.025	+0.025	+0.033	+0.034	+0.035	+0.036	+0.036
		$\bar{X}$	−0.003	+0.012	+0.025	+0.026	+0.033	+0.034	+0.034	+0.035	+0.035
	65	X_1	−0.011	−0.003	+0.005	+0.005	+0.007	+0.008	+0.008	+0.011	+0.010
		X_2	−0.008	−0.001	+0.009	+0.009	+0.010	+0.012	+0.012	+0.012	+0.012
		X_3	−0.007	−0.003	+0.007	+0.007	+0.007	+0.007	+0.008	+0.006	+0.007
		$\bar{X}$	−0.009	−0.002	+0.007	+0.007	+0.008	+0.009	+0.009	+0.010	+0.010
4530	25	X_1	+0.083	+0.160	+0.193	+0.194	+0.201	+0.203	+0.204	+0.205	+0.203
		X_2	+0.069	+0.134	+0.165	+0.166	+0.171	+0.175	+0.173	+0.175	+0.173
		X_3	+0.059	+0.126	+0.162	+0.165	+0.174	+0.176	+0.176	+0.176	+0.176
		$\bar{X}$	+0.070	+0.140	+0.173	+0.175	+0.182	+0.185	+0.184	+0.185	+0.184
	40	X_1	+0.000	+0.022	+0.049	+0.055	+0.061	+0.063	+0.065	+0.065	+0.065
		X_2	+0.002	+0.029	+0.053	+0.054	+0.059	+0.060	+0.060	+0.060	+0.060
		X_3	+0.005	+0.029	+0.070	+0.070	+0.072	+0.074	+0.074	+0.074	+0.074
		$\bar{X}$	+0.002	+0.033	+0.057	+0.060	+0.064	+0.066	+0.066	+0.066	+0.066
	50	X_1	−0.005	+0.009	+0.018	+0.018	+0.028	+0.030	+0.030	+0.032	+0.032
		X_2	−0.009	+0.002	+0.013	+0.016	+0.024	+0.026	+0.027	+0.029	+0.029
		X_3	−0.011	+0.002	+0.011	+0.012	+0.023	+0.023	+0.025	+0.026	+0.026
		$\bar{X}$	−0.008	+0.004	+0.014	+0.015	+0.025	+0.026	+0.027	+0.029	+0.029
	65	X_1	−0.007	+0.002	+0.014	+0.010	+0.014	+0.014	+0.014	+0.017	+0.017
		X_2	−0.012	+0.002	+0.005	+0.006	+0.006	+0.006	+0.007	+0.008	+0.008
		X_3	−0.011	+0.001	+0.009	+0.009	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012	+0.012
		$\bar{X}$	−0.010	+0.002	+0.009	+0.008	+0.010	+0.010	+0.011	+0.012	+0.012
5900	25	X_1	+0.091	+0.178	+0.201	+0.203	+0.206	+0.206	+0.210	+0.213	+0.213
		X_2	+0.082	+0.172	+0.196	+0.198	+0.204	+0.204	+0.207	+0.208	+0.208
		X_3	+0.074	+0.164	+0.185	+0.190	+0.197	+0.198	+0.199	+0.200	+0.203
		$\bar{X}$	+0.082	+0.171	+0.194	+0.197	+0.202	+0.203	+0.205	+0.207	+0.208
	40	X_1	−0.004	+0.031	+0.053	+0.058	+0.062	+0.064	+0.065	+0.067	+0.067
		X_2	−0.001	+0.034	+0.062	+0.065	+0.071	+0.074	+0.074	+0.077	+0.074
		X_3	−0.001	+0.043	+0.062	+0.063	+0.067	+0.072	+0.072	+0.072	+0.072
		$\bar{X}$	−0.002	+0.036	+0.059	+0.062	+0.067	+0.070	+0.070	+0.072	+0.071
	50	X_1	−0.002	+0.006	+0.024	+0.025	+0.027	+0.029	+0.029	+0.029	+0.029
		X_2	−0.005	+0.007	+0.025	+0.025	+0.027	+0.027	+0.030	+0.032	+0.032
		X_3	−0.007	+0.005	+0.019	+0.019	+0.027	+0.031	+0.031	+0.035	+0.033
		$\bar{X}$	−0.005	+0.006	+0.023	+0.023	+0.027	+0.029	+0.030	+0.032	+0.031
	65	X_1	−0.008	−0.001	+0.012	+0.012	+0.012	+0.012	+0.016	+0.018	+0.018
		X_2	−0.013	−0.005	+0.004	+0.004	+0.004	+0.005	+0.007	+0.011	+0.011
		X_3	−0.012	−0.004	+0.004	+0.004	+0.011	+0.012	+0.013	+0.016	+0.016
		$\bar{X}$	−0.011	−0.003	+0.007	+0.007	+0.009	+0.010	+0.012	+0.015	+0.015

供試体寸法の影響　40×40×160㎜

モルタルバーの膨張率

粉末度 (cm²/g)	置換率 (%)	供試体	膨張率 (%) 2週	4週	8週	10週	12週	14週	16週
OPC	0	X_1	+0.342	+0.476	+0.581	+0.584	+0.611	+0.613	+0.618
		X_2	+0.343	+0.396	+0.590	+0.643	+0.616	+0.618	+0.621
		X_3	+0.324	+0.485	+0.606	+0.606	+0.626	+0.629	+0.634
		$\bar{X}$	+0.336	+0.452	+0.592	+0.611	+0.618	+0.620	+0.624
3080	50	X_1	+0.005	+0.020	+0.051	+0.053	+0.055	+0.056	+0.060
		X_2	+0.001	+0.017	+0.046	+0.049	+0.054	+0.055	+0.059
		X_3	+0.006	+0.019	+0.047	+0.053	+0.056	+0.056	+0.062
		$\bar{X}$	+0.004	+0.019	+0.048	+0.052	+0.055	+0.055	+0.060
4530	50	X_1	−0.001	+0.008	+0.042	+0.042	+0.046	+0.047	+0.051
		X_2	−0.002	+0.006	+0.040	+0.043	+0.046	+0.046	+0.051
		X_3	+0.004	+0.013	+0.043	+0.044	+0.050	+0.052	+0.056
		$\bar{X}$	+0.000	+0.009	+0.042	+0.043	+0.047	+0.048	+0.053
5900	50	X_1	−0.007	+0.004	+0.036	+0.039	+0.043	+0.044	+0.049
		X_2	−0.007	+0.004	+0.041	+0.044	+0.050	+0.051	+0.055
		X_3	−0.008	+0.001	+0.034	+0.039	+0.043	+0.044	+0.049
		$\bar{X}$	−0.007	+0.003	+0.037	+0.041	+0.045	+0.048	+0.051



(a) 高炉スラグ粉末
ブレーン比表面積 3080 cm^2/g

(b) 高炉スラグ粉末
ブレーン比表面積 4530 cm^2/g

(c) 高炉スラグ粉末
ブレーン比表面積 5900 cm^2/g

ASTM C 441 モルタル・バーの膨張率（供試体寸法 25×25×285 mm）

モルタルバーの観察

モルタルバーの外観

粉末度 (cm^2/g)	置換率 (%)	供試体	供試体外観 4週	供試体外観 8週	供試体寸法
OPC	0	X_1 X_2 X_3	黄色に変化	0.5mm そり 1.0mm そり 0.5mm そり	25×25×285mm
3080	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	黄色 0.5mmそり 〃 〃	25×25×285mm
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
4530	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	25×25×285mm
	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
5900	25	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	25×25×285mm

粉末度 (cm^2/g)	置換率 (%)	供試体	供試体外観 4週	供試体外観 8週	供試体寸法
5900	40	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	25×25×285mm
	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
	65	X_1 X_2 X_3	変化なし	変化なし	
OPC	0	X_1 X_2 X_3	茶黄色に変色	黄色に変色 供試体底面 に白い斑点	40×40×160mm
3080	50	X_1 X_2 X_3	わずかに黄色	黄色に変色	
4530	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	供試体底面黄 緑に変化	
5900	50	X_1 X_2 X_3	変化なし	同上	

巻末資料 8

膨張抑制メカニズムの検討試験

共同研究委員会
担当：鐵鋼スラグ協会

膨張抑制メカニズムの検討試験

モルタルの配合

No	混和材種類	置換率	配合 (g) W	NaOH	C	混和材	石膏	パイレックス	フロー値 (%)	備考
1	OPC	0	207.0		480.0			1,080.0	112.3	
21	D4G2	25	199.8	7.2	360.0	120.0		1,080.0	112.3	3NのNaOH水溶液を使用
22	D4G2	30	198.7	8.3	336.0	144.0		1,080.0	111.8	
23	D4G2	40	195.6	11.4	288.0	192.0		1,080.0	110.9	
24	D4G2	50	193.1	13.9	240.0	240.0		1,080.0	110.4	
25	D4G2	65	188.4	18.6	168.0	312.0		1,080.0	110.0	
26	D4G2	25	176.5	30.5	360.0	120.0		1,080.0	109.6	
27	D4G2	30	175.5	31.5	336.0	144.0		1,080.0	110.2	
28	D4G2	40	172.4	34.6	288.0	192.0		1,080.0	109.3	
29	D4G2	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	108.8	
30	D4G2	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	108.1	
31	D4G2	75	162.6	44.4	120.0	360.0		1,080.0	108.1	
32	D4G2	25	153.3	53.7	360.0	120.0		1,080.0	106.8	
33	D4G2	30	152.3	54.7	336.0	144.0		1,080.0	106.9	
34	D4G2	40	149.2	57.8	288.0	192.0		1,080.0	106.1	
35	D4G2	50	146.6	60.4	240.0	240.0		1,080.0	105.2	
36	D4G2	65	142.0	65.0	168.0	312.0		1,080.0	105.3	
37	D4G2	75	139.4	67.6	120.0	360.0		1,080.0	105.3	
38	J4G0	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	107.0	
39	J4G0	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	106.9	
40	J4G0	75	162.6	44.4	120.0	360.0		1,080.0	106.3	
41	C4G0	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	108.1	
42	C4G0	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	107.8	
43	C4G0	75	162.6	44.4	120.0	360.0		1,080.0	107.5	
44	J4G0	40	172.4	34.6	288.0	192.0		1,080.0	108.1	
45	J4G1	40	172.4	34.6	288.0	187.9	4.13	1,080.0	107.9	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 一級 (SO_3= 46.5%)
46	J4G2	40	172.4	34.6	288.0	183.7	8.26	1,080.0	108.0	
47	J4G3	40	172.4	34.6	288.0	179.6	12.39	1,080.0	108.1	
48	D−8	40	172.4	34.6	288.0	192.0		1,080.0	104.8	
49	D−8	50	169.8	37.2	240.0	240.0		1,080.0	104.2	
50	D−8	65	165.2	41.8	168.0	312.0		1,080.0	104.2	

モルタルバーの膨張率

No	スラグ種類	スラグ置換率 (%)	供試体	試験期間 2週	4週	6週	8週	10週	13週
1	OPC	0	X_1	+0.254	+0.288	+0.306	+0.306	+0.306	+0.306
			X_2	+0.258	+0.295	+0.313	+0.313	+0.313	+0.313
			X_3	+0.267	+0.300	+0.320	+0.320	+0.322	+0.321
			平均	+0.260	+0.294	+0.313	+0.313	+0.314	+0.313
2	D4G2	25	X_1	+0.024	+0.032	+0.036	+0.037	+0.039	+0.040
			X_2	+0.024	+0.031	+0.034	+0.036	+0.037	+0.039
			X_3	+0.024	+0.031	+0.035	+0.036	+0.037	+0.040
			平均	+0.024	+0.031	+0.035	+0.036	+0.038	+0.040
3	D4G2	30	X_1	+0.021	+0.027	+0.031	+0.033	+0.034	+0.036
			X_2	+0.021	+0.027	+0.031	+0.033	+0.034	+0.035
			X_3	+0.019	+0.025	+0.027	+0.029	+0.030	+0.032
			平均	+0.020	+0.026	+0.030	+0.032	+0.033	+0.034
4	D4G2	40	X_1	+0.018	+0.022	+0.024	+0.025	+0.026	+0.028
			X_2	+0.017	+0.021	+0.024	+0.026	+0.027	+0.028
			X_3	+0.018	+0.023	+0.025	+0.027	+0.028	+0.030
			平均	+0.018	+0.023	+0.024	+0.026	+0.027	+0.029
5	D4G2	50	X_1	+0.014	+0.015	+0.018	+0.019	+0.021	+0.022
			X_2	+0.013	+0.015	+0.017	+0.019	+0.020	+0.021
			X_3	+0.014	+0.016	+0.018	+0.019	+0.020	+0.022
			平均	+0.014	+0.015	+0.018	+0.019	+0.020	+0.022
6	D4G2	65	X_1	+0.007	+0.009	+0.010	+0.011	+0.011	+0.014
			X_2	+0.009	+0.010	+0.012	+0.012	+0.013	+0.015
			X_3	+0.007	+0.009	+0.010	+0.011	+0.012	+0.015
			平均	+0.008	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012	+0.015
7	OPC	0	X_1	+0.342	+0.472	+0.482	+0.487	+0.488	+0.489
			X_2	+0.329	+0.443	+0.457	+0.481	+0.463	+0.463
			X_3	+0.309	+0.428	+0.440	+0.445	+0.447	+0.447
			平均	+0.327	+0.448	+0.460	+0.464	+0.466	+0.466

No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
8	D4G2	25	X_1	+0.169	+0.193	+0.202	+0.204	+0.205	+0.205
			X_2	+0.170	+0.190	+0.199	+0.201	+0.202	+0.202
			X_3	+0.156	+0.176	+0.184	+0.186	+0.187	+0.187
			平均	+0.165	+0.186	+0.195	+0.197	+0.198	+0.198
9	D4G2	30	X_1	+0.127	+0.148	+0.156	+0.158	+0.159	+0.159
			X_2	+0.131	+0.152	+0.159	+0.161	+0.162	+0.162
			X_3	+0.124	+0.147	+0.154	+0.156	+0.157	+0.157
			平均	+0.127	+0.149	+0.156	+0.158	+0.159	+0.159
10	D4G2	40	X_1	+0.074	+0.089	+0.094	+0.096	+0.096	+0.097
			X_2	+0.061	+0.078	+0.080	+0.082	+0.083	+0.083
			X_3						
			平均	+0.068	+0.082	+0.087	+0.089	+0.090	+0.090
11	D4G2	50	X_1	+0.034	+0.043	+0.045	+0.048	+0.048	+0.049
			X_2	+0.038	+0.047	+0.050	+0.052	+0.053	+0.053
			X_3	+0.042	+0.052	+0.056	+0.058	+0.058	+0.059
			平均	+0.038	+0.047	+0.050	+0.053	+0.053	+0.054
12	D4G2	65	X_1	+0.009	+0.012	+0.013	+0.016	+0.017	+0.019
			X_2	+0.010	+0.013	+0.014	+0.017	+0.018	+0.019
			X_3	+0.011	+0.014	+0.015	+0.018	+0.019	+0.021
			平均	+0.010	+0.013	+0.014	+0.017	+0.018	+0.020
13	D4G2	75	X_1	+0.008	+0.009	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012
			X_2	+0.008	+0.008	+0.008	+0.010	+0.010	+0.011
			X_3	+0.008	+0.009	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012
			平均	+0.008	+0.009	+0.009	+0.011	+0.011	+0.012
14	OPC	0	X_1	+0.336	+0.403	+0.419	+0.421	+0.421	+0.422
			X_2	+0.337	+0.397	+0.413	+0.415	+0.416	+0.417
			X_3	+0.343	+0.410	+0.426	+0.426	+0.428	+0.428
			平均	+0.339	+0.403	+0.419	+0.421	+0.422	+0.422

No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
15	D42G	25	X_1	+0.227	+0.250	+0.258	+0.259	+0.261	+0.261
			X_2	+0.215	+0.237	+0.244	+0.245	+0.246	+0.246
			X_3	+0.206	+0.228	+0.235	+0.236	+0.237	+0.237
			平均	+0.216	+0.238	+0.246	+0.247	+0.248	+0.248
16	D42G	30	X_1	+0.193	+0.215	+0.222	+0.224	+0.225	+0.225
			X_2	+0.193	+0.215	+0.222	+0.224	+0.225	+0.225
			X_3	+0.193	+0.217	+0.226	+0.228	+0.229	+0.229
			平均	+0.193	+0.216	+0.223	+0.225	+0.226	+0.226
17	D42G	40	X_1	+0.121	+0.142	+0.148	+0.150	+0.151	+0.152
			X_2	+0.128	+0.150	+0.158	+0.160	+0.161	+0.162
			X_3						
			平均	+0.125	+0.146	+0.153	+0.155	+0.156	+0.157
18	D42G	50	X_1	+0.074	+0.092	+0.098	+0.101	+0.102	+0.103
			X_2	+0.072	+0.091	+0.098	+0.102	+0.104	+0.104
			X_3	+0.069	+0.087	+0.093	+0.096	+0.098	+0.098
			平均	+0.072	+0.090	+0.096	+0.100	+0.101	+0.102
19	D4G2	65	X_1	+0.020	+0.026	+0.030	+0.032	+0.034	+0.035
			X_2	+0.020	+0.027	+0.030	+0.032	+0.034	+0.035
			X_3	+0.019	+0.025	+0.027	+0.029	+0.031	+0.033
			平均	+0.020	+0.026	+0.029	+0.031	+0.033	+0.034
20	D4G2	75	X_1	+0.009	+0.012	+0.012	+0.014	+0.015	+0.016
			X_2	+0.009	+0.011	+0.012	+0.013	+0.015	+0.016
			X_3	+0.009	+0.012	+0.013	+0.014	+0.015	+0.017
			平均	+0.009	+0.012	+0.012	+0.014	+0.015	+0.016
21	D4G2	25	X_1	+0.178	+0.206	+0.224	+0.232	+0.232	+0.232
			X_2	+0.180	+0.202	+0.222	+0.230	+0.231	+0.231
			X_3	+0.187	+0.209	+0.230	+0.237	+0.237	+0.237
			平均	+0.182	+0.206	+0.225	+0.233	+0.233	+0.233

No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
22	D42G	30	X1	+0.167	+0.187	+0.207	+0.215	+0.216	+0.216
			X2	+0.153	+0.175	+0.192	+0.200	+0.202	+0.202
			X3	+0.169	+0.191	+0.211	+0.218	+0.219	+0.219
			平均	+0.163	+0.184	+0.203	+0.211	+0.212	+0.212
23	D42G	40	X1	+0.133	+0.161	+0.179	+0.189	+0.192	+0.192
			X2	+0.140	+0.164	+0.182	+0.191	+0.193	+0.194
			X3	+0.138	+0.163	+0.182	+0.191	+0.193	+0.194
			平均	+0.137	+0.163	+0.181	+0.190	+0.193	+0.193
24	D42G	50	X1	+0.082	+0.117	+0.135	+0.146	+0.152	+0.153
			X2	+0.079	+0.111	+0.128	+0.138	+0.144	+0.146
			X3	+0.072	+0.106	+0.124	+0.134	+0.139	+0.141
			平均	+0.078	+0.111	+0.129	+0.139	+0.145	+0.147
25	D42G	65	X1	+0.012	+0.035	+0.063	+0.081	+0.094	+0.102
			X2	+0.012	+0.032	+0.058	+0.071	+0.083	+0.092
			X3	+0.011	+0.032	+0.058	+0.075	+0.087	+0.096
			平均	+0.012	+0.033	+0.060	+0.076	+0.088	+0.097
26	D42G	25	X1	+0.234	+0.271	+0.326	+0.330	+0.330	+0.331
			X2	+0.237	+0.274	+0.330	+0.333	+0.334	+0.335
			X3	+0.240	+0.280	+0.336	+0.340	+0.341	+0.341
			平均	+0.237	+0.275	+0.331	+0.334	+0.335	+0.336
27	D42G	30	X1	+0.199	+0.223	+0.290	+0.309	+0.310	+0.317
			X2	+0.205	+0.299	+0.307	+0.326	+0.327	+0.333
			X3	+0.207	+0.231	+0.301	+0.318	+0.321	+0.326
			平均	+0.204	+0.228	+0.299	+0.318	+0.319	+0.325
28	D42G	40	X1	+0.185	+0.221	+0.280	+0.286	+0.288	+0.289
			X2	+0.183	+0.217	+0.247	+0.252	+0.253	+0.254
			X3	+0.177	+0.213	+0.311	+0.312	+0.312	+0.312
			平均	+0.182	+0.217	+0.279	+0.283	+0.284	+0.285

No.	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
29	D4G2	50	X1	+0.136	+0.174	+0.210	+0.225	+0.229	+0.230
			X2	+0.143	+0.181	+0.210	+0.226	+0.230	+0.231
			X3	+0.140	+0.178	+0.239	+0.245	+0.246	+0.246
			平均	+0.140	+0.178	+0.220	+0.232	+0.235	+0.236
30	D4G2	65	X1	+0.117	+0.143	+0.174	+0.179	+0.181	+0.182
			X2	+0.123	+0.148	+0.180	+0.183	+0.182	+0.176
			X3	+0.121	+0.145	+0.175	+0.179	+0.180	+0.189
			平均	+0.120	+0.145	+0.176	+0.180	+0.181	+0.182
31	D4G2	75	X1	+0.061	+0.079	+0.085	+0.088	+0.089	+0.091
			X2	+0.069	+0.087	+0.091	+0.095	+0.095	+0.097
			X3	+0.070	+0.087	+0.093	+0.096	+0.097	+0.098
			平均	+0.067	+0.084	+0.090	+0.093	+0.094	+0.095
32	D4G2	25	X1	+0.254	+0.292	+0.302	+0.305	+0.305	+0.308
			X2	+0.250	+0.290	+0.300	+0.303	+0.304	+0.306
			X3						
			平均	+0.252	+0.291	+0.301	+0.304	+0.305	+0.307
33	D4G2	30	X1	+0.241	+0.262	+0.302	+0.308	+0.309	+0.311
			X2	+0.245	+0.264	+0.303	+0.310	+0.311	+0.314
			X3	+0.247	+0.270	+0.313	+0.322	+0.322	+0.324
			平均	+0.244	+0.265	+0.306	+0.333	+0.314	+0.316
34	D4G2	40	X1	+0.206	+0.248	+0.261	+0.267	+0.268	+0.270
			X2	+0.201	+0.241	+0.254	+0.259	+0.259	+0.261
			X3	+0.204	+0.245	+0.259	+0.264	+0.264	+0.267
			平均	+0.204	+0.245	+0.258	+0.263	+0.264	+0.266
35	D4G2	50	X1	+0.166	+0.205	+0.216	+0.222	+0.223	+0.226
			X2	+0.165	+0.202	+0.214	+0.219	+0.221	+0.224
			X3	+0.171	+0.208	+0.221	+0.227	+0.226	+0.231
			平均	+0.167	+0.205	+0.217	+0.223	+0.223	+0.227

No	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
36	D4G2	65	X_1	+0.147	+0.183	+0.193	+0.200	+0.201	+0.205
			X_2	+0.145	+0.182	+0.193	+0.199	+0.201	+0.204
			X_3						
			平均	+0.146	+0.183	+0.190	+0.200	+0.201	+0.205
37	D4G2	75	X_1	+0.077	+0.101	+0.108	+0.110	+0.111	+0.115
			X_2	+0.076	+0.100	+0.106	+0.108	+0.109	+0.112
			X_3	+0.075	+0.098	+0.103	+0.105	+0.106	+0.108
			平均	+0.076	+0.100	+0.106	+0.108	+0.109	+0.112
38	J4G0	50	X_1	+0.210	+0.234	+0.245	+0.248	+0.248	+0.251
			X_2	+0.223	+0.223	+0.260	+0.263	+0.263	+0.267
			X_3						
			平均	+0.217	+0.229	+0.253	+0.256	+0.256	+0.259
39	J4G0	65	X_1	+0.108	+0.124	+0.134	+0.115	+0.136	+0.139
			X_2	+0.107	+0.125	+0.134	+0.116	+0.137	+0.140
			X_3	+0.115	+0.134	+0.147	+0.110	+0.151	+0.154
			平均	+0.110	+0.128	+0.138	+0.110	+0.141	+0.144
40	J4G0	76	X_1	+0.066	+0.082	+0.085	+0.086	+0.087	+0.089
			X_2	+0.068	+0.083	+0.087	+0.088	+0.088	+0.091
			X_3	+0.064	+0.079	+0.083	+0.084	+0.084	+0.086
			平均	+0.066	+0.081	+0.085	+0.086	+0.086	+0.089
41	C4G0	50	X_1	+0.146	+0.165	+0.176	+0.178	+0.179	+0.182
			X_2	+0.155	+0.174	+0.185	+0.187	+0.188	+0.191
			X_3	+0.140	+0.158	+0.169	+0.172	+0.172	+0.175
			平均	+0.147	+0.166	+0.177	+0.179	+0.180	+0.183
42	C4G0	65	X_1	+0.071	+0.084	+0.087	+0.085	+0.084	+0.086
			X_2	+0.073	+0.086	+0.088	+0.088	+0.088	+0.090
			X_3	+0.070	+0.083	+0.085	+0.085	+0.085	+0.087
			平均	+0.071	+0.084	+0.087	+0.086	+0.086	+0.088

No	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間					
				2週	4週	6週	8週	10週	13週
43	C4G0	75	X_1	+0.046	+0.059	+0.061	+0.062	+0.062	+0.064
			X_2	+0.048	+0.060	+0.062	+0.062	+0.061	+0.064
			X_3						
			平均	+0.047	+0.060	+0.062	+0.062	+0.062	+0.064
44	J4G0	40	X_1	+0.031	+0.250	+0.265	+0.267	+0.268	+0.271
			X_2	+0.223	+0.243	+0.258	+0.261	+0.262	+0.264
			X_3	+0.204	+0.223	+0.237	+0.239	+0.240	+0.243
			平均	+0.219	+0.239	+0.253	+0.256	+0.257	+0.259
45	J4G1	40	X_1	+0.246	+0.161	+0.166	+0.166	+0.167	+0.168
			X_2	+0.148	+0.161	+0.167	+0.167	+0.168	+0.169
			X_3	+0.150	+0.166	+0.172	+0.173	+0.174	+0.175
			平均	+0.148	+0.161	+0.168	+0.169	+0.170	+0.171
46	J4G2	40	X_1	+0.166	+0.186	+0.198	+0.202	+0.203	+0.206
			X_2	+0.164	+0.185	+0.198	+0.204	+0.205	+0.205
			X_3	+0.161	+0.182	+0.196	+0.200	+0.202	+0.204
			平均	+0.164	+0.184	+0.197	+0.202	+0.203	+0.205
47	J4G3	40	X_1	+0.160	+0.180	+0.190	+0.193	+0.194	+0.196
			X_2	+0.165	+0.184	+0.195	+0.197	+0.198	+0.200
			X_3	+0.159	+0.179	+0.189	+0.191	+0.192	+0.194
			平均	+0.161	+0.181	+0.191	+0.194	+0.195	+0.197
48	B8	40	X_1	+0.113	+0.192	+0.217	+0.226	+0.231	+0.232
			X_2	+0.108	+0.180	+0.204	+0.212	+0.216	+0.217
			X_3	+0.114	+0.173	+0.195	+0.202	+0.205	+0.207
			平均	+0.112	+0.182	+0.205	+0.213	+0.217	+0.219
49	B8	50	X_1	+0.048	+0.126	+0.158	+0.171	+0.179	+0.180
			X_2	+0.059	+0.137	+0.170	+0.185	+0.193	+0.194
			X_3	+0.057	+0.136	+0.168	+0.183	+0.191	+0.192
			平均	+0.055	+0.133	+0.165	+0.180	+0.188	+0.189

No	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間 2週	4週	6週	8週	10週	13週
50	B8	65	X1	+0.006	+0.062	+0.115	+0.147	+0.168	+0.179
			X2	+0.004	+0.061	+0.113	+0.148	+0.169	+0.184
			X3	+0.002	+0.060	+0.113	+0.144	+0.162	+0.175
			平均	+0.004	+0.061	+0.114	+0.146	+0.166	+0.179
51	ケイ砂	25	X1	+0.320	+0.465	+0.479	+0.484	+0.487	+0.488
			X2	+0.335	+0.482	+0.493	+0.495	+0.497	+0.497
			X3	+0.324	+0.452	+0.466	+0.471	+0.473	+0.473
			平均	+0.336	+0.466	+0.479	+0.483	+0.486	+0.486
52	ケイ砂	40	X1	+0.260	+0.383	+0.396	+0.400	+0.402	+0.402
			X2	+0.264	+0.376	+0.391	+0.394	+0.396	+0.395
			X3	+0.252	+0.361	+0.374	+0.377	+0.378	+0.378
			平均	+0.259	+0.373	+0.387	+0.390	+0.392	+0.392
53	ケイ砂	50	X1	+0.217	+0.321	+0.330	+0.334	+0.336	+0.335
			X2	+0.224	+0.328	+0.338	+0.342	+0.344	+0.344
			X3	+0.216	+0.322	+0.332	+0.334	+0.335	+0.335
			平均	+0.219	+0.324	+0.333	+0.337	+0.338	+0.338
54	ケイ砂	25	X1	+0.450	+0.539	+0.563	+0.565	+0.565	+0.567
			X2	+0.446	+0.534	+0.558	+0.560	+0.560	+0.561
			X3	+0.424	+0.504	+0.526	+0.528	+0.528	+0.537
			平均	+0.440	+0.526	+0.549	+0.551	+0.551	+0.555
55	ケイ砂	40	X1	+0.331	+0.393	+0.410	+0.412	+0.413	+0.410
			X2	+0.329	+0.388	+0.409	+0.413	+0.413	+0.414
			X3	+0.332	+0.372	+0.397	+0.401	+0.401	+0.402
			平均	+0.331	+0.384	+0.405	+0.409	+0.409	+0.409
56	ケイ砂	50	X1	+0.239	+0.298	+0.309	+0.312	+0.312	+0.313
			X2	+0.237	+0.298	+0.308	+0.310	+0.310	+0.312
			X3	+0.253	+0.312	+0.324	+0.326	+0.327	+0.328
			平均	+0.243	+0.303	+0.314	+0.316	+0.316	+0.318

No	スラグ種類	スラグ置換率(%)	供試体	試験期間 2週	4週	6週	8週	10週	13週
57	FA	25	X1	+0.117	+0.129	+0.132	+0.133	+0.133	+0.134
			X2	+0.129	+0.141	+0.143	+0.144	+0.144	+0.145
			X3	+0.117	+0.128	+0.130	+0.131	+0.132	+0.131
			平均	+0.121	+0.133	+0.135	+0.136	+0.136	+0.137
58	FA	40	X1	+0.060	+0.071	+0.064	+0.064	+0.066	+0.065
			X2	+0.065	+0.071	+0.072	+0.072	+0.072	+0.073
			X3	+0.061	+0.068	+0.067	+0.068	+0.068	+0.069
			平均	+0.062	+0.070	+0.068	+0.068	+0.069	+0.069
59	FA	50	X1	+0.044	+0.049	+0.050	+0.051	+0.051	+0.052
			X2	+0.046	+0.051	+0.052	+0.053	+0.054	+0.054
			X3	+0.043	+0.047	+0.047	+0.048	+0.048	+0.048
			平均	+0.044	+0.049	+0.050	+0.051	+0.051	+0.051
60	FA	25	X1	+0.171	+0.184	+0.188	+0.190	+0.189	+0.191
			X2	+0.176	+0.189	+0.193	+0.195	+0.194	+0.198
			X3	+0.172	+0.185	+0.190	+0.191	+0.191	+0.194
			平均	+0.172	+0.186	+0.190	+0.192	+0.191	+0.194
61	FA	40	X1	+0.099	+0.098	+0.099	+0.100	+0.100	+0.104
			X2	+0.098	+0.099	+0.100	+0.101	+0.101	+0.104
			X3	+0.097	+0.098	+0.099	+0.100	+0.100	+0.104
			平均	+0.098	+0.098	+0.099	+0.100	+0.100	+0.104
62	FA	50	X1	+0.039	+0.035	+0.036	+0.037	+0.037	+0.039
			X2	+0.040	+0.039	+0.039	+0.040	+0.039	+0.042
			X3	+0.039	+0.037	+0.038	+0.039	+0.038	+0.035
			平均	+0.039	+0.037	+0.038	+0.039	+0.038	+0.039
63	D3G0	40	X1	+0.131	+0.148	+0.152	+0.152	+0.152	+0.153
			X2	+0.152	+0.165	+0.170	+0.171	+0.171	+0.171
			X3	+0.141	+0.156	+0.166	+0.167	+0.167	+0.167
			平均	+0.141	+0.016	+0.163	+0.163	+0.163	+0.164

No.	スラグ種類	スラグ置換率 (%)	供試体	試験期間					
				2 週	4 週	6 週	8 週	10 週	13 週
64	B3G0	50	X_1	+0.130	+0.141	+0.148	+0.149	+0.149	+0.150
			X_2	+0.113	+0.129	+0.134	+0.134	+0.134	+0.135
			X_3	+0.115	+0.130	+0.136	+0.137	+0.137	+0.137
			平均	+0.119	+0.133	+0.139	+0.140	+0.140	+0.141
65	B3G0	65	X_1	+0.070	+0.077	+0.080	+0.079	+0.079	+0.079
			X_2	+0.071	+0.078	+0.081	+0.081	+0.081	+0.081
			X_3	+0.071	+0.079	+0.082	+0.081	+0.081	+0.081
			平均	+0.071	+0.078	+0.081	+0.080	+0.080	+0.080

高炉スラグ微粉末によるASR抑制に関する共同研究報告書

ISSN 0386-5878
土研資料第2527号
昭和62年12月（1987）

桑原啓三，小林茂敏，河野広隆，他

要　旨

高炉スラグ微粉末をアルカリ骨材反応抑制対策として使用するため，土木研究所，土木研究センター，鉄鋼スラグ協会が，抑制機構，スラグ品質及び試験条件が結果におよぼす影響等について共同研究を行った。本報告書は，この研究で得られた実験データ及び報告書類のすべてを編集したものである。

キーワード：アルカリシリカ反応，モルタルバー法，高炉スラグ微粉末，アルカリ骨材反応抑制

郵便はがき

四十円切手をはって下さい。

305-□□

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.

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2527号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印