

[1113] 骨材のアルカリ反応性の簡易迅速試験法に関する実験

正会員○阿部 道彦 (建設省建築研究所)
 正会員 田中 齊 (建設省建築研究所)
 東ヶ崎清彦 (住宅部品開発センター)
 正会員 友沢 史紀 (建設省建築研究所)

1. はじめに

反応性骨材の判定方法には、種々の方法があるが、現在一般に用いられている方法は化学法およびモルタルバー法である。前者は、骨材のアルカリ反応性を化学的に調べるもので、短期間で結果が得られるという利点はあるものの複雑な操作によらなければならない。またモルタルバー法は、判定に3ヶ月ないし6ヶ月と長期間を要するという問題点がある。このため、現在、種々の簡易迅速試験法^{1) 5)}が検討されているが、まだその特性に不明な点もあり、検討すべき課題も残されている。

本研究では、骨材のアルカリ反応性やコンクリートに使用した場合の膨張性を、簡易に、かつ迅速に判定できる試験方法を確立することを目的としており、(財)日本建築総合試験所で提案されたモルタルバーを高温高湿で促進する試験方法を取り上げ、反応促進試験条件(アルカリ量、促進試験時間、供試体の保存条件等)を変化させてモルタルの膨張率に及ぼす影響を調べた。

2. 実験概要

本研究で実施した骨材のアルカリ反応性の簡易迅速試験方法(以下、簡易試験法と略記)は建設省暫定案によるモルタルバー法(以下、モルタルバー法と略記)よりアルカリ量を増加させたモルタルバーを作製し、材令1日でオートクレープ式促進試験装置によって高温高湿条件でアルカリ骨材反応の促進を行い、モルタルバーの膨張率や超音波伝播速度の変化などによって骨材のアルカリ反応性を判定しようとするものである。

実験は2つのシリーズに分けられる。

シリーズ1では、8種類の反応性骨材と1種類の非反応性骨材を用い、簡易試験の試験条件に関する実験を行い、モルタルバー法との対応のよい試験条件について検討した。

シリーズ2では、シリーズ1の結果から設定した試験条件により、一般にコンクリートに使用されている12種類の骨材に対する簡易試験法の適用性を調べた。

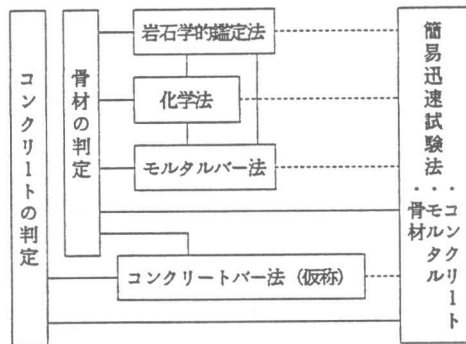


図-1 簡易試験法の位置づけ

3. 簡易試験の試験条件に関する実験
(シリーズ1)

3.1 実験計画

試験条件の影響を検討するため、表-1に示す要因と水準を取り上げた。劣化の指標として、膨張率のほか動弾性係数と超音波伝播速度も取り上げ、その測定を行った。

3.2 実験方法

(1) 使用材料

骨材：表-2に示す反応性の疑いのある安山岩系砕石8種類および反応性の疑いのない砂岩系砕石1種類の

セメント：普通ポルトランドセメント ($R_2O : 0.8\%$)

練り混ぜ水：純水 (蒸溜水)

アルカリの種類：NaOH (JIS 特級試薬)

(2) モルタルの調合、練り混ぜ方法および成型

モルタルの調合は、水250ml、セメント500g、骨材1125gとし、モルタルバー法に準じて練り混ぜおよび成型を行った。

(3) 供試体寸法および膨張率算出の基長

供試体寸法：4×4×16cm、基長：13.2cm

(4) オートクレーブ促進試験装置

設定可能温度範囲 100~130℃

設定可能相対湿度 100%R.H.

(5) 試験の手順

図-2に示すように、モルタルの成型後、供試体が乾燥しないように養生し、翌日脱型を行い、ただちに重量、長さ、動弾性係数および超音波伝播速度を測定し、促進試験を行った。促進試験中の供試体の保存条件は、湿空中、封緘および水中(熱湯中)の3種類とした。促進試験は、1サイクル2時間行い、その後20℃の雰囲気中で90分間冷却して再び基準時と同じ測定を行った。以後、このサイクルを所定回数繰り返した。

(6) 測定方法

長さは、供試体の両端に埋め込んだ標点(ステンレスボルト長さ14mm)の間をダイヤルゲージ(最小目盛0.001mm)を用いて測定した。動弾性係数算出のための1次共鳴周波数はたわみ振動により測定した。超音波速度算出のための超音波伝播時間は、供試体の長さ方向について、端子を標点に接しないように供試体端面に当てて測定した。

表-1 実験の要因と水準

要因	水準
骨材の種類	反応性8種類、非反応性1種類
アルカリ量 R_2O (%)	1.5, 2.5, 3.5
促進条件	100℃ 100%RH
促進時間(hr)	2, 4, 6, 8, 10
保存条件	湿空, 封かん, 水中

表-2 骨材の比重・吸水率

記号	絶乾比重	吸水率(%)
H	2.65	2.04
H2	2.61	2.35
K	2.54	2.82
T2	2.57	2.04
T	2.50	3.07
Q	2.49	2.46
O	2.45	2.50
O2	2.56	2.75
N	2.57	1.54

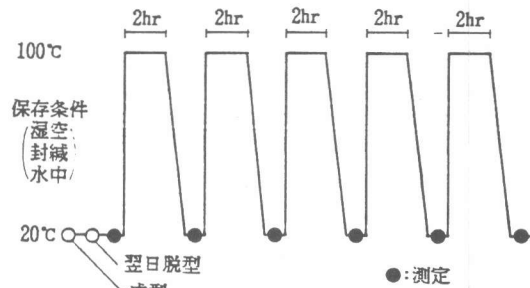


図-2 試験の手順

3.3 実験結果および考察

(1) 膨張挙動に及ぼす骨材種別の影響

図-3に示すように、アルカリ量 2.5%の場合、反応性骨材はいずれも膨張する傾向を示したが、非反応性骨材Nはほとんど膨張を示さなかった。また、反応性骨材の促進時間4時間までの膨張挙動は、骨材の種類によって大きく異なっている。

(2) 膨張率に及ぼす促進時間の影響

図-4に示すように、反応性骨材K、QおよびT2と非反応性骨材Nの促進時間10時間までの膨張率の経時変化をみると、反応性骨材でも、その種類やアルカリ量によって膨張率に大きな差が認められる。また、アルカリ量 2.5%以上のものは、促進時間2時間ないし4時間以降ほぼ一定の割合で膨張が継続している。

(3) 膨張率に及ぼすアルカリ量の影響

図-5に示すように、アルカリ量が1.5%の場合には反応性骨材もほとんど膨張を示さないが、2.5%になると骨材KとQは大きな膨張を示し、膨張の少ない骨材T2でも促進時間4時間になると膨張する傾向を示した。アルカリ量 3.5%では、この傾向がさらに顕著になった。

(4) 膨張率に及ぼす供試体の保存条件の影響

図-6に示すように、促進試験時の供試体を封かんで保存した場合は湿空で保存した場合より膨張率が少なく、水中で保存した場合はアルカリの溶出の影響が懸念されたが、逆に湿空で保存した場合より大きくなる傾向が認められた。しかし、その差はいずれも10%程度であり、試験条件を設定する際に操作手順等を考慮して、いずれかの供試体の保存条件を定めればよいと考えられる。

(5) 膨張率以外の指標について

アルカリ骨材反応による劣化の指標として膨張率以外に動弾性係数と超音波速度の測定

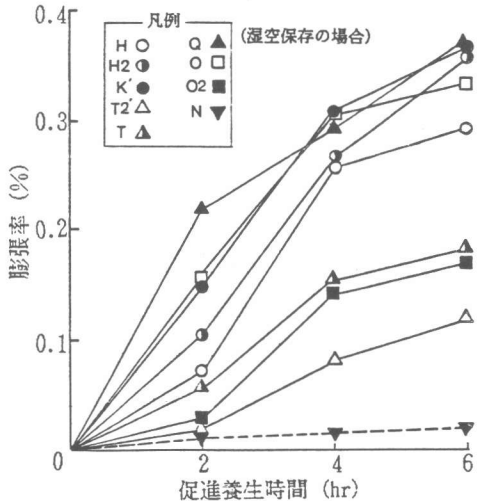


図-3 モルタルの膨張率におよぼす骨材種別の影響

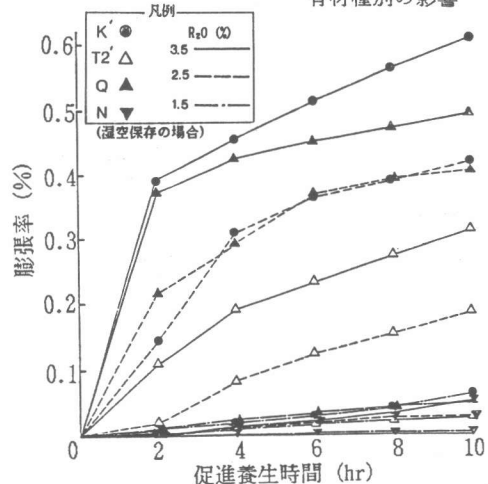


図-4 モルタルの膨張率の経時変化

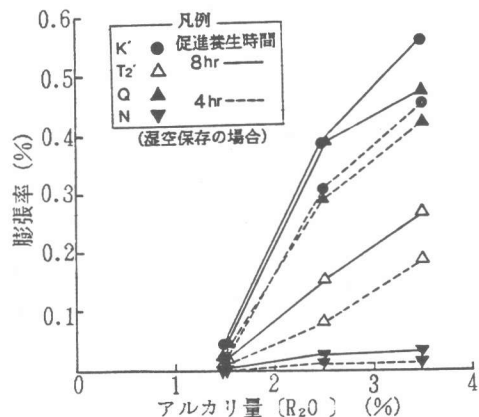


図-5 モルタルの膨張率におよぼすアルカリ量の影響

を行ったが、前者については1次共鳴周波数の識別を明確に行うことができなかった。また、後者については、図-7に示すようにアルカリ量2.5%と3.5%で骨材KとQを用いた場合に、促進時間2時間で超音波伝播速度の低下がみられるが、それ以後は低下せず、促進時間の増加とともに増大する傾向がみられた。これは、促進試験開始までの養生が十分でないために促進養生によってモルタルの強度が増進したためと考えられる。このため超音波速度を劣化の指標とする場合には、促進試験開始までの養生をさらに行う必要があると考えられる。

(6) 簡易試験法とモルタルバー法との対比

図-8には、本実験の対象とした反応性骨材8種類と非反応性骨材1種類のモルタルバー法による膨張率を示すが、骨材の種類により反応性はかなり異なっている。

このモルタルバー法による3ヶ月の膨張率と本実験の簡易試験法による促進時間4時間と6時間の膨張率との関係を図-9に示すがこれによると、モルタルバー法で膨張している骨材は簡易試験法でもほとんどが膨張して

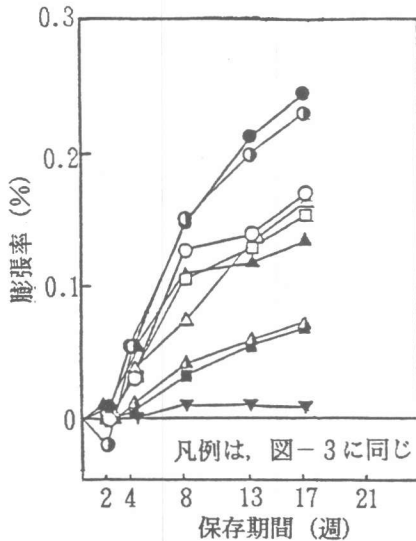


図-8 モルタルバー法（建設省暫定案）による試験結果

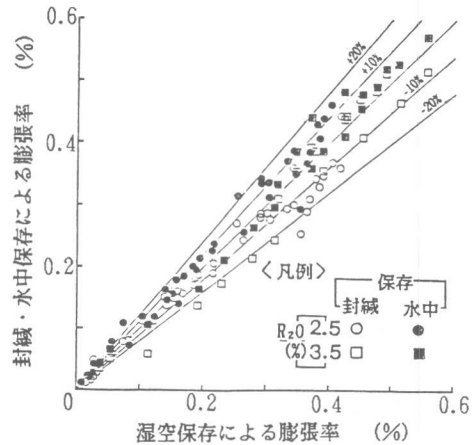


図-6 モルタルの膨張率におよぼす保存条件の影響

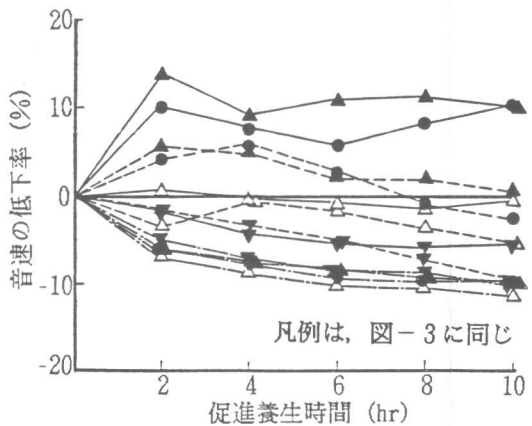


図-7 モルタルの音速の低下率

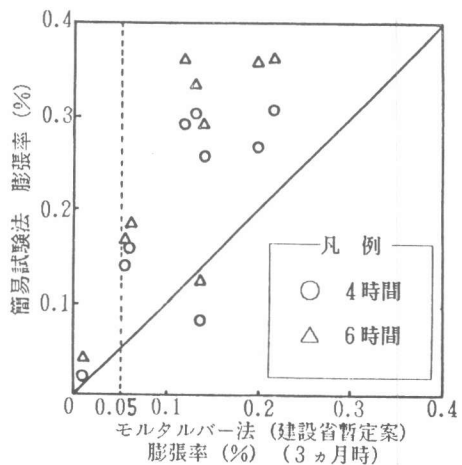


図-9 簡易試験法とモルタルバー法の関係

いる。ただし、1種類の骨材は他の骨材の膨張傾向と若干異なるものであった。また、非反応性骨材であるNは、簡易試験法でもほとんど膨張していない。本実験で検討した簡易試験法は、モルタルバー法との対応が若干異なるものもみられたが適切な促進条件の選定と判定基準の設定によってモルタルバー法に比較的近い判定ができるものと思われる。

5. 各種骨材への簡易試験法の適用性 (シリーズ2)

表-3 実験の要因と水準

5.1 実験計画

前述の反応性骨材を用いた簡易試験法の実験をもとに、表-3に示す要因と水準によって一般に使用される骨材に対する簡易試験法の適用性について検討した。促進試験時間を5時間のほか10時間も設定したのは、シリーズ1の反応性骨材はすべて安山岩であり、反応の速度が速いのに対し、反応速度の遅い骨材もあることを考慮したためである。

要因		水準
骨材	粗骨材	5種類
	細骨材	7種類
アルカリ量		2.5%
促進時間		5, 10 hr
保存条件		湿空
促進条件		100℃100%R.H.

5.2 骨材の種類

試験に用いた骨材は、表-4に示す関東地方の粗骨材5種類および細骨材7種類の計12種類である。

表-4 骨材の比重と吸水率

5.3 試験方法

本試験によるモルタルの調合、アルカリの種類、成型の方法、供試体の寸法、基長、促進試験装置、手順および測定方法は、シリーズ1と同様である。ただし、セメントは低アルカリセメント (R₂O : 0.48%) を使用した。

種類	記号	表乾比重	絶乾比重	吸水率 (%)
粗骨材	AGo	2.65	2.63	0.58
	AGb	2.72	2.71	0.23
細骨材	ASc	2.64	2.60	1.69
	ASf	2.63	2.55	3.11
粗骨材	JG	2.71	2.70	0.38
細骨材	JS	2.62	2.58	1.64
粗骨材	TG	2.74	2.72	0.55
細骨材	TSc	2.64	2.60	1.37
	TSm	2.55	2.47	3.36
粗骨材	HG	2.78	2.75	0.75
細骨材	HSk	2.69	2.67	0.87
	HSc	2.60	2.55	2.18

5.4 結果および考察

(1) 簡易試験法による

試験結果

簡易試験の結果を図-10に示す。促進試験5時間では、骨材HScとTScを用いたモルタルが膨張率0.05%を超え、他より大きい膨張を示した。促進時間が10時間になるとこれらのモルタルはそれぞれ0.1%および0.2%と比較的大きな膨張を示した。

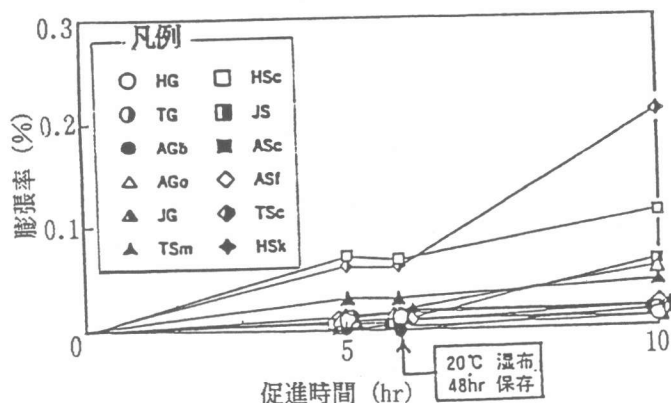


図-10 モルタルの膨張率の経時変化

(2) 簡易試験方法とモルタルバー法との対比

モルタルバー法による試験結果を図-11に示す。モルタルバー法では、材令3ヶ月で0.05%以上の膨張を生じたものは、有害としてもよいことになっているが、骨材Tsは、膨張量が0.046%とそれをわずかに下回る結果になった。また、その他の骨材では、ほとんど膨張しないか若干の膨張をするのみであった。

このモルタルバー法による膨張率と簡易試験法による膨張率との関係を図-12に示すが、これによると、モルタルバー法では骨材Tscのみやや膨張が大きいが、簡易試験法の促進時間5時間では骨材TscとHscは同程度の膨張率となっている。しかし、促進時間10時間では、その他の骨材に比較して骨材Tscの膨張が大きくなっており、モルタルバー法との対応がよくなってくる。

6. まとめ
本実験でおこなった簡易試験法は、アルカリ反応性のある骨材の判定でモルタルバー法(3ヶ月)との対応が比較的よく、かつ簡易試験法で膨張を示さない骨材は、モルタルバー法でも大きな膨張を示さないことから、適切な試験条件の選定と判定基準の設定により、骨材の反応性を簡易に判定する試験法として、十分実用化の可能性のあるものと考えられる。試験条件の選定と判定基準の設定にあたっては、多くの骨材を用いたさらに詳細な検討が必要であり、今後も試験を継続していく予定である。

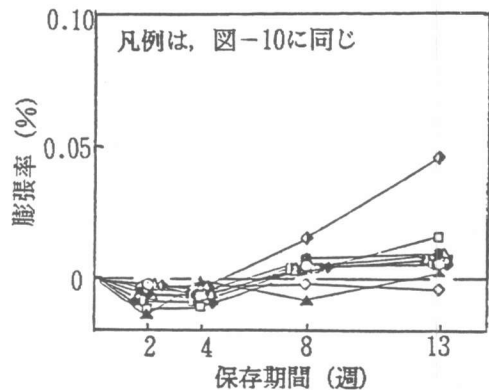


図-11 モルタルバー法(建設省暫定案)による試験結果

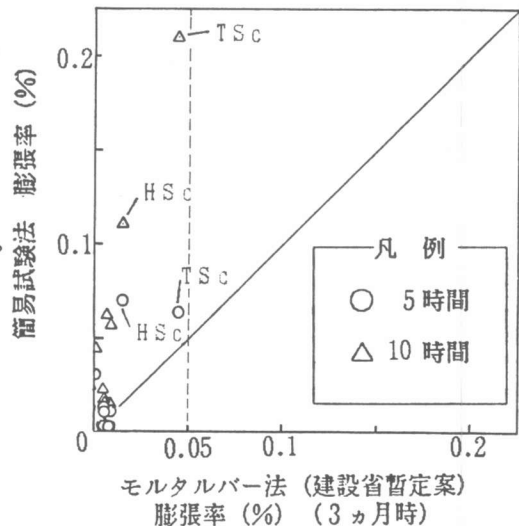


図-12 簡易試験法とモルタルバー法の関係

<参考文献>

- 1) 田村博, 他3名: 骨材のアルカリ反応性の早期判定試験方法の一提案; 第7回コンクリート工学年次講演会論文集, 1985
- 2) 渡義治, 他3名: 骨材反応の早期判定方法に関する一考察; 第7回コンクリート工学年次講演会論文集 1985
- 3) 大野定俊, 他2名: モルタルバー促進法によるアルカリ反応性骨材の判定; 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 1985.10
- 4) 中野毅弘, 他6名: オートクレーブ促進試験法によるアルカリ骨材反応の早期判定に関する検討; 電力中央研究所報告 研究報告: 385018
- 5) 能町宏, 他3名: アルカリーシリカ反応に関する基礎的研究(その2) —早期判定法に関する研究—; 日曹マスタービルダーズ研究所報, No.7, 1986