

廃ガラスを利用したモルタルのアルカリ骨材反応性

岩手大学 学生員 ○小林 智明

岩手大学 正員 藤原 忠司

岩手大学 正員 帷子 國成

1. はじめに

使用済みのガラスびんは、洗浄などを行って再利用するものを除き、砕いてカレットにする。カレットのうち約6割は、ガラスびん製造の原料として用いられるが、残りは単に廃棄処分されており、その有効利用が望まれている。廃棄の対象とされるカレットであっても、色別に分類したものは色調に優れ、各種の色が混合したカレットであっても捨て難い味がある。本研究では、インターロッキングブロックやコンクリート平板の表層用モルタルの骨材としてカレットの利用を想定し、アルカリ骨材反応が発生する危険性について検討した。カレットは、その色調や反射性により、美観や安全性を高めると期待される反面、シリカが主成分であるため、アルカリシリカ反応を起こす恐れが多分にあり、この懸念を払拭しない限り骨材としての実用化は難しい。

2. 実験概要

まず、表-1に示すカレットおよび普通ポルトランドセメントを用い、JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）の附属書8（骨材のアルカリシリカ反応性試験方法）に従って、モルタルバー法で、カレットの反応性を調べた（A-1）。配合は表-2に示すとおりであり、NaOHでアルカリ量をNa₂O換算で1.20%とした。その結果、膨張率は無害と判定される基準を大きく上回り、例えば、附属書6（セメントの選定等によるアルカリ骨材

反応の抑制対策の方法）に規定されているような抑制対策を講じない限り、骨材として使用できないことが判明した。対策のひとつとしては、細骨材として無害な骨材と併用することが考えられる。そこで、表-1に示す無害である砕砂を用い、カレットと置換する実験を行なった（シリーズA）。配合は表-2の通りとし、置換割合は表-3に示すように6水準としている。本研究では、コンクリート平板等の製造方法は即時脱型を想定している。即脱の場合、一般に水セメント比は小さく設定される。この水セメント比による影響を検討するのがシリーズBであり、表-3に示すように、A-1を含めて3水準とする。骨材は、カレット単味であり、アルカリ量はモルタルの単位体積に占める量が一定となるようにした。抑制対策としては、低アルカリ形セメントの使用も考えられる。この基礎的資料を得るためシリーズCでは、アルカリ量の影響を調べた。表-3に示すように、A-1を含め、5水準としている。JIS R 5210の付属書には低アルカリ型セメントとして5種類が規定されているが、本実験では、この範疇にない白色ポルトランドセメントを試すことにした。表-1のように、使用した白色セメントのアルカリ量は普通セメントに比べかなり低い値となっており、低アルカリ形セメントと同様の効果をもたらす可能性がある。この実験はシリーズDであり、表-3に示すように水セメント比を3水準とし、アルカリ量は普通セメントとの違いを考慮し、差を減じた値とした。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント	比重	R ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O
		3.16	0.68%	0.30%	0.58%
細骨材	白色ポルトランドセメント	比重	比重	吸水率	吸水率
		3.05	0.43%	0.30%	0.19%
細骨材	ガラスカレット	比重	比重	吸水率	吸水率
		2.50	2.50	0%	0%
細骨材	砕砂	比重	比重	吸水率	吸水率
		2.75	2.75	1.24%	1.24%

表-2 基本配合

水セメント比 %	アルカリ量 %	単位体積 1/m ³		
		水	セメント	細骨材
50	1.20	291	185	524

表-3 実験条件

シリーズ	A						B		C				D		
種別	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	B-1	B-2	C-1	C-2	C-3	C-4	D-1	D-2	D-3
セメント	普通ポルトランドセメント						普通		普通				白色ポルトランドセメント		
水セメント比 %	50						30	40	50				30	40	50
セメントに対する アルカリ量 %	1.20						0.91	1.05	0.90	1.50	1.80	2.10	0.73	0.84	0.96
全アルカリ量 kg/m ³	6.99								5.24	8.74	10.49	12.23	5.50		
細骨材中の 砂置換率 %	0	20	40	60	80	100	0								

3. 実験結果および考察

図-1 にシリーズAにおける材令3ヶ月での膨張率を示す。また、膨張率を砕砂での置換率との関係で捉えたのが図-2である。置換率0%、すなわちカレットを単味で用いた場合、基準となる0.05%を軽く超え、モルタルバーには夥しいひび割れが発生し、無害でないとは判定され、カレットは反応性であると判断せざるを得ない。無害な砕砂と置換した場合、膨張率には置換率のベシマムが見られ、それは20%程度となる。置換率を60%程度以上とすれば3カ月での判定基準を下回り、6カ月での結果を待つて最終的に判断することになるが、アルカリ骨材反応の恐れは極めて低いと推察される。これより細骨材の40%程度をカレットとすれば、廃棄物の有効利用という目的は達せられ、実際にブロックを試作してみたところ、細骨材に占めるカレットの割合が40%程度では表面は美麗とは言えず、カレットの特質を活かし切れない。ブロックを試作してみて、カレットを単味で使用する必要性を痛感した。図-3および図-4に、シリーズBの結果を示す。水セメント比にもベシマムが見られ、40%程度で膨張率は最大となる。即脱用のモルタルは、水セメント比を30%程度以下とするのが一般的であり、この程度の水セメント比とすれば、膨張率は小さくなり、アルカリ骨材反応はある程度抑制される。しかし、それでも膨張率は基準値を大きく上回っており、即脱用の配合だとしても如何ともし難い。シリーズCの結果を、図-5および図-6に示す。アルカリ量にもベシマムが存在し、膨張率を小さくするためにアルカリ量を多くすることは論外として、これをできるだけ小さくすることの意義は深い。図-3、図-4には、アルカリ量の小さい白色セメントを用いたシリーズDの結果も掲げている。普通セメントの場合に比べ、膨張率は極めて小さく、3カ月での規定を十分に満たしており、特に低水セメント比でこの傾向が強い。従って、白色セメントを用いた即脱用配合の場合、カレットを単味で使用しても、アルカリ骨材反応が起こる危険性はほとんどないと期待できる。白色セメントの使用は美観も向上させ、試作したブロックを観察すると、普通セメントを用いた場合、カレットの色調が冴えないの対し、白色セメントの場合は下地と鮮やかなコントラストをなし、見栄えが良い。顔料を混ぜて適切な色合いとすれば、更に優れた美観となる。白色セメントは高価だが、幸い厚さ1cm未満の表層に用いるのであり、多少のコストアップにつながっても、アルカリ骨材反応の抑制や美観の向上といった付加価値を考慮すれば、白色セメントの使用が望ましいと判断される。

この実験結果をもとに、盛岡コンクリートブロック協業組合では、カレットを用いたコンクリート平板の製造試験に取り組んでいる。白色セメントを使用しており、モルタル中の総アルカリ量は、セメント由来だけでは、 2.4kg/m^3 と算出されている。これは、アルカリ骨材反応の抑制対策のひとつであるアルカリ総量の規制値(2.5kg/m^3)を下回っており、この点からも、アルカリ骨材反応の危険性は低いと考えられる。

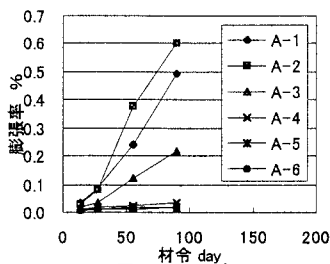


図-1 シリーズA

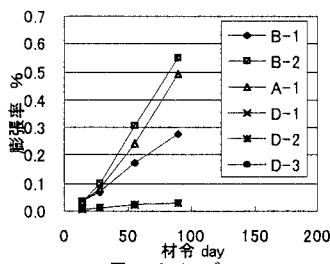


図-3 シリーズB・D

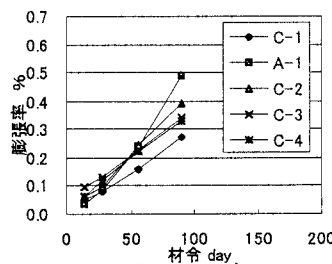


図-5 シリーズC

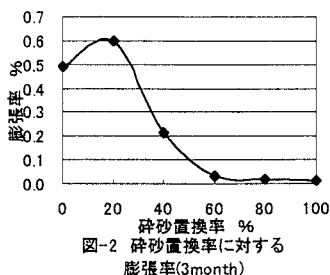


図-2 砕砂置換率に対する膨張率(3month)

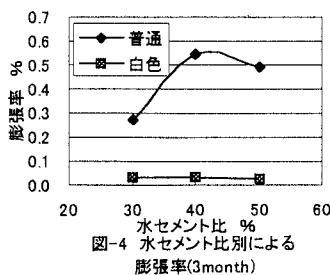


図-4 水セメント比による膨張率(3month)

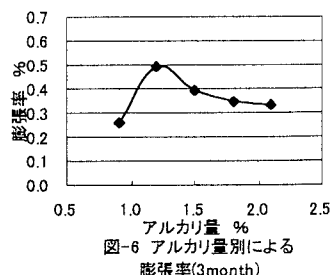


図-6 アルカリ量別による膨張率(3month)