

廃ガラスを混入したモルタルおよびコンクリートの耐凍結融解性能

松江工業高等専門学校 土木工学科 正会員 ○高田龍一
学生会員 平木洋輔
島根大学 生物資源科学部 正会員 野中資博

1. はじめに

現在、環境調和、循環型社会の構築の視点に立って資源の有効利用の立場から、従来は廃棄物として処理されていたものをコンクリートの再生資源として利用するために多くの研究、開発が進められている。この法的整備の一環として、この度コンクリートの標準示方書が従来の仕様規定型の設計から性能照査型の設計へと移行されたところである。著者らは廃ガラスに注目し、これがコンクリート製品製造に利用可能な原料であるかどうか性能を確認するために各種の検討を行ってきた。

本報告では廃ガラスを混入したモルタルおよびコンクリートの耐凍結融解性能を確認するために水中凍結水中融解法（A法）により試験を行った結果を報告する。

2. 凍結融解試験の概要

廃ガラスの混入がモルタルおよびコンクリートの耐凍結融解性能に及ぼす影響について3シリーズの試験を行った。試験方法は、いずれも土木学会規準(JSCE-G 501-1999)に従って、二槽式凍結融解試験機を使用し実施した。

1シリーズ目として、廃ガラスの混入率が耐凍結融解性に及ぼす影響について試験した。供試体は空気量 $5\pm1\%$ を目標としてガラスを混入しないものをコントロールとし、アルカリ骨材反応抑制効果のあるゼオライトのみを混入したものをゼオライトコントロールとした。ガラスモルタルについては、廃ガラスを細骨材の内割りとし、20%~80%の範囲において20%刻みで混入した。なお、混入した廃ガラスは、3mm以下のガラスカレットをベースとし、0.3mm以下のガラスパウダーをガラスカレット質量の15%混入したものとした。また、モルタルのセメント骨材比は質量比で1:2.5とし、水セメント比は、製品としての開発を目的に検討を行ったW/C=45.8%とした。配合表をTable 1に示す。

2シリーズ目として、空気量および養生方法による影響について試験した。基本配合は1シリーズのG80の配合とし、空気量3%、5%を目標としたものと、コントロールとして1:2.5普通モルタルの空気量5%を目標としたものの3種類とした。さらに、それぞれの配合供試体について規準に従った水中養生に加え製品と同じく蒸気養生後常温気中養生としたものを使用した。配合表をTable 2に示す。

次に、シリーズ3として廃ガラスを混入したコンクリートの耐凍結融解性能について試験を行った。基本配合として水セメント比55%程度、目標空気量 $4.5\pm1\%$ を目標とし、単位水量

Table 1 Mix proportions of mortar for freeze-thaw test

Kinds of mortar	W/(C+z)	Unit content(kg/m ³)						
		cement	water	sand	zeolite	glass cullet	glass powder	admixture
Control	0.458	542	249	1355				0.271
zeolite control	0.458	434	249	1355	108			7.155
G80	0.458	434	249	271	108	898	160	9.976
G60	0.458	434	249	540	108	676	120	9.976
G40	0.458	434	249	540	108	676	120	9.976
G20	0.458	434	249	1083	108	225	40	9.976

Table 2 Mix proportions of mortar

Kinds of mortar	Air content(t%)	W/(C+z)	(C+z):S	Unit content(kg/m ³)						
				cement	water	sand	zeolite	glass cullet	glass powder	admixture
Control	5	0.458	1:2.5	542	249	1355				1.08
G-A5	5	0.458	1:2.5	434	249	271	108	925	133	4.77
G-A3	3	0.458	1:2.5	442	254	276	111	945	135	4.86

Table 3 Mix proportions of concrete

Kinds of concrete	W/(C+z)	s/a	waste glass content(%)	Unit content(kg/m ³)						
				cement	zeolite	water	sand	glass cullet	Coarse Agg.	admixture
Case1	54.4	47.2	0	309		168	832		968	3.09
Case2			50	253	63	172	412	402	960	3.79
Case3			100	247	62	168		816	968	3.71

については適度なスランプが得られるよう調整した。廃ガラス無混入をコントロールとし、細骨材と同一粒度となるよう粒度調整した廃ガラスを細骨材代替で 50%, 100% 使用した 3 種類の供試体を作製した。配合表を Table 3 に示す。

3. 結果と考察

相対動弾性係数で求めた各シリーズにおける試験結果を Fig.1~3 に示す。Fig.1 よりコントロールおよびゼオライトコントロールの相対動弾性はいずれも高い値を示し、ガラスモルタルにおいては混入率が高いほど相対動弾性係数の値の低下する傾向が見られる。しかしながら、この結果より基準値である耐久性指数 60 に対して 60% 混入率の供試体で幾分下回ったものの、他のすべての供試体でこの値をクリアしており廃ガラス混入モルタルの耐凍結融解性能が認められた。廃ガラスの混入率の増加に伴って耐凍結融解性能が劣る原因としては、砂に比較してガラス骨材はセメントペーストとの付着が弱いことなどが想定される。また、ガラスの膨張係数はセメントペーストの膨張係数の約 1/2 であり、こうした熱特性の違いも耐凍害性の劣る原因として影響していることが推察された。

シリーズ 1 の G80 を基本配合としたシリーズ 2 の試験結果 Fig.2 よりコントロールおよび蒸気養生した 5% 空気量以外の供試体はいずれも耐凍結融解性能の劣ることが明らかである。この原因として、一般に廃ガラスを利用した場合連行空気量が多くなることが知られており、このシリーズでは空気量をコントロールするためにコントロール供試体を除くガラスモルタル供試体に消泡剤を使用したことが考えられる。消泡剤の経時的効果については不明な点も残されているが、同様の配合でこのような結果の相違が現れたのは、蒸気養生ではモルタル打設後一気に強度増加を図りその後気中養生としていたため消泡剤による影響が現れず、基準に従った水中養生条件下ではこの影響が生じたものと考えられる。

コンクリート供試体を使用したシリーズ 3 の試験結果より、いずれも高い耐凍結融解性能を示すことが明らかになった。コンクリート供試体における空気量 4.5% はコンクリート中におけるモルタル成分の空気量 7% 程度に相当するため、シリーズ 1 の結果からも推察される試験結果である。

4. おわりに

以上の試験結果より、廃ガラスの混入は耐凍結融解性能の低下を引き起こすが、実用にあたっては十分な抵抗性を有すると考えられる。ただし、廃ガラスの混入はそれ自体で強度低下を引き起こすため、耐凍結融解性能を求めるための空気量の連行は一層の強度低下につながるため、適切な空気量のコントロールが必要であると考えられる。

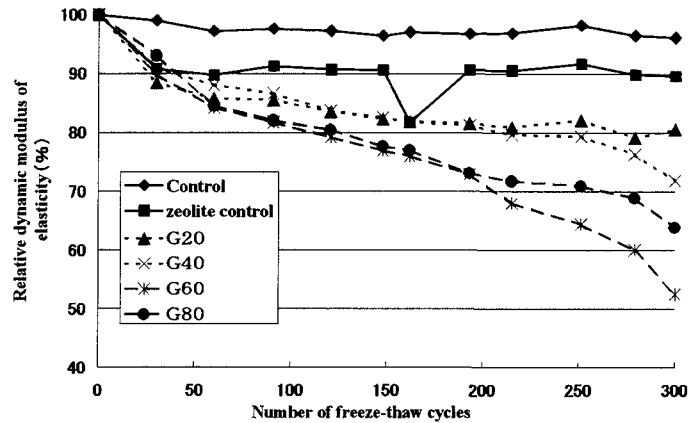


Fig.1 Changes in relative dynamic modulus of elasticity

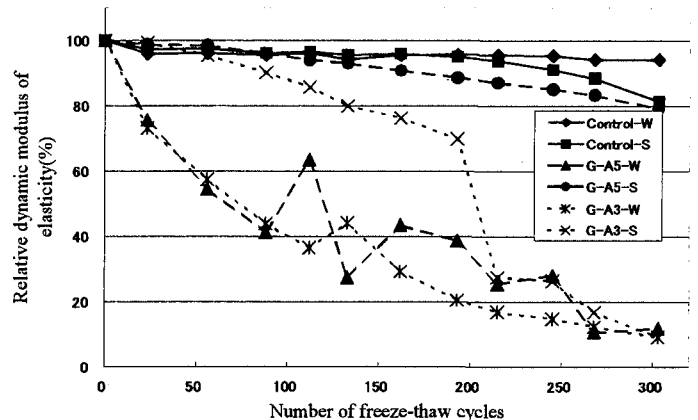


Fig.2 Changes in relative dynamic modulus of elasticity

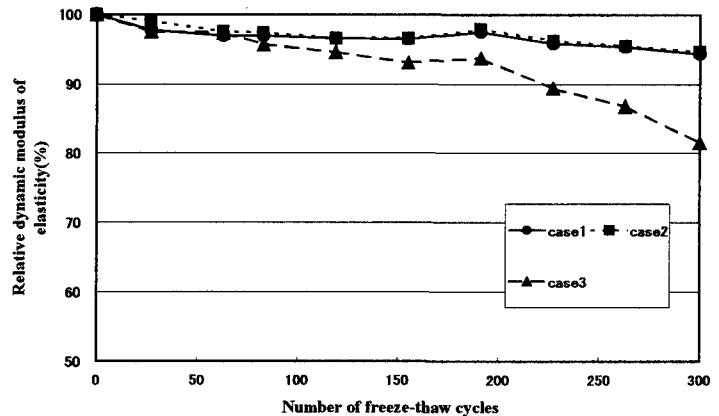


Fig.3 Changes in relative dynamic modulus of elasticity