

ガラスカレットの形状がモルタルの性能に及ぼす影響に関する基礎的研究

松江工業高等専門学校	環境・建設工学科	正会員	高田龍一
	専攻科	学生会員	○佐々木和明
	専攻科	学生会員	安井千尋
一関工業高等専門学校	物質化学工学科	非会員	佐野 茂
島根大学	生物資源化学部	正会員	野中資博

1. はじめに

現在、環境調和と循環型社会の実現にあたって、資源の有効活用が重要な課題となっている。土木分野においても従来廃棄物とされていた未利用資源をコンクリート材料として有効利用しようとする多くの研究が進められている。廃ガラスを細骨材代替として混入した場合、一般に強度の低下を引き起こすとされている。その原因としては、廃ガラス自体の強度あるいはペーストとの付着が弱い、またはガラス粒子の形状の違いが影響しているものと考えられている¹⁾。

そこで、本研究では破碎処理過程の異なる 4 種類のガラスカレットを用いて、ガラスカレットの形状や表面加工処理の違いが強度、流動性に及ぼす影響について試験を行い、コンクリート骨材としてより有効なガラスカレットの形状、表面性状について検討を行った。

2. 試験概要

今回の試験では 4 種類のガラスカレットを使用した。まず、インパクトクラッシャーで破碎し粒度調整したものを 1 次処理とし、さらに破碎物同士を磨砕させ角を取ったものを 2 次処理、さらに熱を加え表面を溶かし、ざらつきをだしたものを熱処理、また、新しい破碎処理として 1 次処理と 2 次処理を同時に行ったものを新破碎処理とした。ガラスカレットの粒度調整は、JIS A 5005 (コンクリート用碎石及び細砂) の標準粒度に入るように調整した。

配合は水セメント比、45%、55%、65%、 $c:s=1:2.5$ とし、ベース骨材を ISO 標準砂として、ガラス混入率 0%、20%、40%、60%、80%、100% の 6 水準のモルタルを作成した。セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。強度測定にあたっては、標準水中養生後、28 日強度を測定した。

形状の違いについては、形状指標²⁾により定量化することによってその評価を試みた。形状評価としては、鋭利度 (粒子を取り扱う際の人体に及ぼす危害の度合いを知るための数値) を風船破壊法によって測定し、この値と二次元的ではあるが粒子の輪郭の特徴を比較よく表している円形度の二つを定義した。

鋭利度の測定方法は、まず両面テープ (25mm×50mm) の片面に粒子群を付着させ、もう一方の面をプラスチック板に粘着させて固定する。次に、中央部に縦 30mm、横 40mm の長方形の角穴をあけたアクリル管に一定圧 (7kPa) に膨らませた風船を詰めて、管容器ごと粒子群の上をスライドさせる。片道ごとに 1 回カウントし、往復で 2 回とし、破壊に至るまでのスライド回数の逆数とした。

円形度は、粒子の投影面積、粒子の周長を画像処理することによって求め、次式によって表される。

$$\Phi = 4\pi \cdot A/q^2 \quad \Phi: \text{円形度} \quad A: \text{粒子の投影面積} \quad q: \text{粒子の周長}$$

式から明らかなように、円形度は、粒子の投影像が円のとき 1 となり、円からかけ離れた形になるほど 1 より小さい値となる。

3. 結果と考察

形状評価として、本試験で用いた 4 種類のガラスカレットの円形度と鋭利度の測定結果を表 1 に示す。この結果から、4 種類の同じ粒径のガラスを比較してみると、鋭利度は、熱処理、新破碎処理、2 次処理、1 次処理の順で大きくなっている。円形度については、1 次処理、2 次処理、熱処理、新破碎処理の順で 1 に近い値を示している。しかし 1 次、2 次処理ではさほど大きな差は見られなかった。また、粒径が小さくなるにつれて、円形度は減少し、鋭利度は増加している。これにより、同じ粒径の

表1 円形度と鋭利度

1次処理			
粒径(mm)	5.0~2.5	2.5~1.2	1.2~0.6
円形度	0.721	0.679	0.621
鋭利度	0.5	0.641	0.683
2次処理			
円形度	0.735	0.686	0.645
鋭利度	0.451	0.605	0.568
熱処理			
円形度	0.812	0.807	
鋭利度	0.103	0.102	
新破碎処理			
円形度	0.86		
鋭利度	0.11		

ガラスカレットでは1次処理, 2次処理, 熱処理, 新破碎処理の順に, より丸みのある形状となっていると考えられる。

流動性について, 水セメント比 55% のフロー値を図 1 に示す。水セメント比 45% ではフロー値が小さく, 値の測定が不十分であり, 65% については 55% と比較して当然高い値をとっているが, 傾向としては 55% と同じ傾向を示している。図 1 より, ガラスカレットの混入率の増加に伴って, 4 種類とも同様にフロー値は低下している。これについては, ガラスカレットを細骨材に対して重量%で混入したため, c:s の細骨材部分の体積が増加したことがフロー値低下の原因として考えられる。また, ガラスの種類別に各混入率でフロー値を比べてみると, どの混入率でもさほど大きな差はなく, 形状, 表面性状の違いによる流動性に及ぼす影響は, 本試験からは見られなかった。

各混入率に対しての圧縮強度試験結果を図 2, 3, 4 に, 各水セメント比に対しての圧縮強度を図 5, 6 に示す。図 2, 3, 4 より, 1 次, 2 次, 熱処理では, 各水セメント比のどの混入率においてもさほど大きな差はない。一方, 新破碎処理では, すべての混入率, 水セメント比において **Control** にほぼ近い強度を示している。この原因として, 1 次処理, 2 次処理では表 1 より鋭利度, 円形度に大きな差が見られないため形状の違いがあまりなく, 強度においても影響がでなかったと考えられる。しかし, 熱処理においては 1 次処理, 2 次処理と比較して, 鋭利度, 円形度共に明らかな差が見られるが, 強度には伸びが見られなかった。そこで, ガラスを破碎処理する際に表面に微小のクラック(ひび割れ)が入りガラス骨材自体の強度が低下していたのではないかと推測され, 電子顕微鏡を用いて, ガラスカレットのひび割れ性状などを調査した。その結果, 明確なひび割れは見られなかったが, 種類別にガラスカレットの形状の違いが明らかに見てとれた。

図 5, 6 より, いずれの種類のガラス骨材とも水セメント比の変化に対し, ほぼ **Control** と同じ強度発現傾向を示しており, 水セメント比すなわちペースト強度の違いによる特異な影響は見られなかった。

4. まとめ

以上の結果より, 1 次, 2 次, 熱処理の従来の処理方法に比べ, 新破碎装置を用いた新破碎処理を行ったものは, 標準砂とほぼ同等な強度を得ることが明らかとなった。本試験では, 粒度調整を行ったガラスカレットを混入したが, 今後, 置換粒度がモルタルの性能に及ぼす影響について検討を行う必要があると考えられる。また, 本試験の熱処理に見られるように, 円形に近いにも関わらず強度増加が期待できない性状も明らかとなった。これについては, 強度に及ぼす影響として空気量があるため, 廃ガラスの連行空気量についても検討する必要があると考えられる。

(参考文献)

- 1) 高田龍一, 野中資博: 廃ガラスのコンクリートへの利用に関する基礎的研究, 廃棄物のコンクリート材料への再資源化に関するシンポジウム論文集, pp73-78, 2002, 9
- 2) 佐野研究室: ガラス骨材粒子の形状評価, H14 年度一関高専卒業研究論文

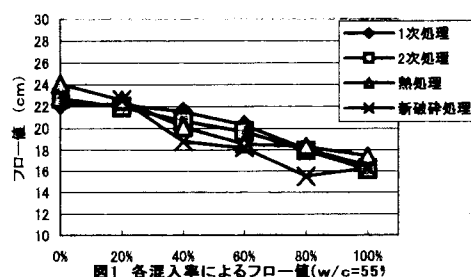


図1 各混入率によるフロー値(w/c=55%)

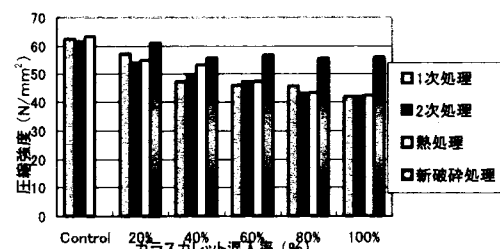


図2 各混入率による圧縮強度(w/c=45%)

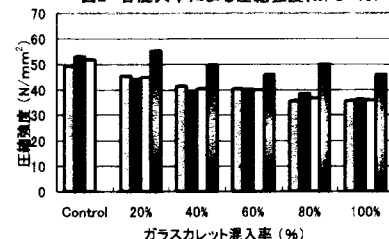


図3 各混入率による圧縮強度(w/c=55%)

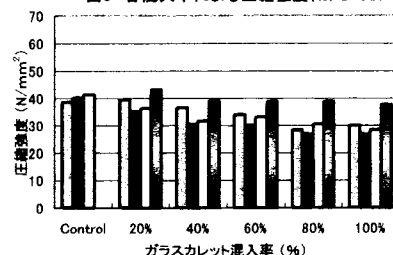


図4 各混入率による圧縮強度(w/c=65%)

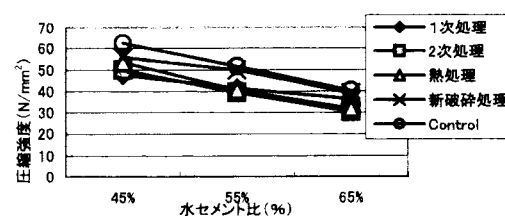


図5 各水セメント比による圧縮強度(混入率40%)

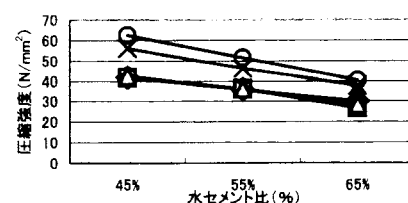


図6 各水セメント比による圧縮強度(混入率100%)