

ガラス破碎砂のアルカリシリカ反応性

金沢大学工学部 正会員 山戸博晃 葛飾区役所 正会員 本田貴子
金沢大学自然科学研究科 学生員 酒井賢太 金沢大学自然科学研究科 正会員 鳥居和之

1. はじめに

良質な天然骨材の枯渇や、廃棄物のリサイクルの観点から、空き瓶や建設ガラス廃材をコンクリート用骨材として有効に利用することが検討されている¹⁾。一方、ガラス破碎砂のコンクリート用骨材としての利用においては、ガラスの原料や製造過程で非晶質相の量とその化学組成が大きく相違するため、ガラス破碎砂のコンクリート中での安定性（とくにアルカリシリカ反応性）について明らかにすることが重要になる²⁾。

本研究は、3種類のガラス破碎砂と1種類の発泡ガラス砂の化学組成および内部組織を調べるとともに、これらの骨材のアルカリシリカ反応性を化学法(JIS A1145)と3種類のモルタルバー法(JIS A1146, ASTM C1260 およびデンマーク法)により検討した。

2. 実験概要

本研究で使用したガラス破碎砂（最大寸法 5 mm）は、(1)パイレックスガラス製品（無色）の廃棄物（以下、P ガラスと略記）、(2)ワインボトル（緑色）の廃棄物（以下、G ガラスと略記）、(3)各種ガラスの混合物（緑色 60 %、無色 27 %、茶色・青色など 13%）の廃棄物（以下、M ガラスと略記）である。また、発泡ガラス砂は廃棄ガラスを原料として焼成した、気孔を持つ軽量細骨材（以下、L ガラスと略記）である。セメントは、普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm³、比表面積：3330cm²/g、等価アルカリ量：0.68%）を使用した。ガラス破碎砂および発泡ガラス砂の化学組成および非晶質相の構造については、湿式化学成分分析、ガラス破碎砂の鏡面研磨試料（粒子径：1～2mm）の走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型X線分析との組み合わせによる分析（SEM-EDX）および粉末X線回折分析(XRD)を実施した。また、骨材のアルカリシリカ反応性試験として、化学法（JIS A1145）およびモルタルバー法（JIS A1146）とともに、外部よりアルカリが常に供給される条件での養生である、促進モルタルバー法（ASTM C1260 法（温度 80 の 1N・NaOH 溶液への浸漬）およびデンマーク法（温度 50 の飽和 NaCl 溶液への浸漬））を実施した。

3. 実験結果および考察

ガラス破碎砂およびガラス発泡砂の化学成分を表 - 1 に示す。ガラス破碎砂の主要成分は、シリカ分およびアルカリ分であるが、アルカリシリカ反応に関係するシリカ分およびアルカリ分は3種類のガラス破碎砂にて大きく相違した。また、発泡ガラス砂はアルミナ分が多い特徴があり、気孔の組織内に銅の固溶相が存在していた。化学法(JIS A1145)の結果を図 - 1 に示す。シリカ分が多く、アルカリ分が少ない P ガラスのみが、アルカリ濃度の減少量が正となり、「無害でない」と判定された。それに対して、G ガラス、M ガラスおよび L ガラスは、化学法の試験中に骨材のアルカリシリカ反応で消費されるよりも多いアルカリが骨材自身から溶出したために、アルカリ濃度減少量が

表 - 1 ガラス破碎砂の化学成分（湿式分析）

	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	B ₂ O ₃
P ガラス	82.6	0.1	4.0	2.3	—	—	0.1	—	10.6
G ガラス	71.9	10.3	13.3	2.0	0.7	1.0	0.2	0.1	—
M ガラス	71.6	9.7	12.4	2.9	1.7	0.9	0.3	0.2	—
L ガラス	71.0	9.4	12.0	4.4	0.6	1.2	0.4	0.4	—

負となった。現行の化学法の判定基準を適用すると、3種類のガラス骨材は判定ができないことになる。

3種類の養生条件下における

キーワード：ガラス破碎砂、リサイクル、化学組成、アルカリシリカ反応性

連絡先:工学部土木建設工学科 〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 Tel 076-234-4621 Fax 076-234-4632

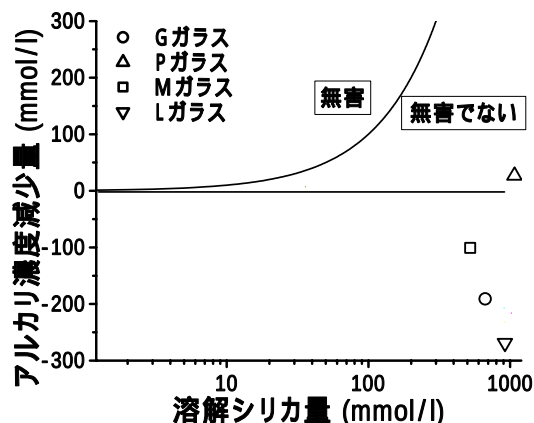


図 - 1 ガラス破碎砂の化学法の結果

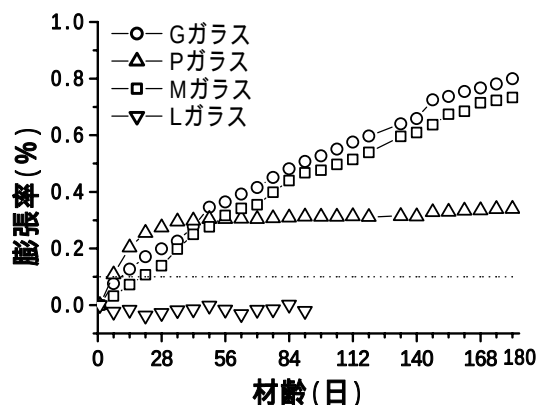


図 - 2 ガラス破碎砂のモルタルバー法の結果 (JIS A 1146)

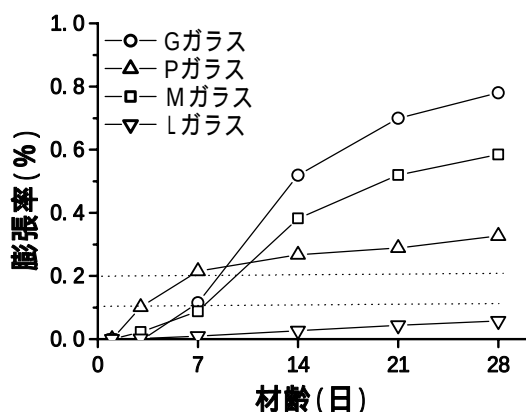


図 - 3 ガラス破碎砂のモルタルバー法の結果 (ASTM C 1260)

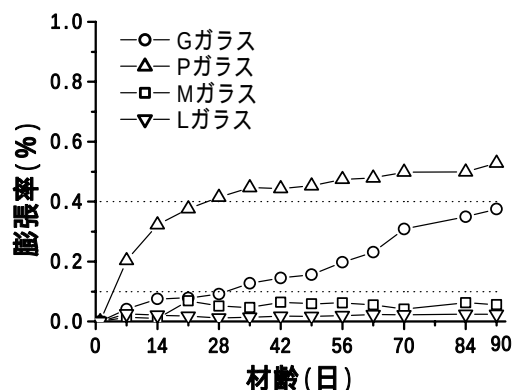


図 - 4 ガラス破碎砂のモルタルバー法の結果 (デンマーク法)

モルタルバーの膨張挙動を図 - 2、図 - 3 および図 - 4 に示す。反応性の高いシリカガラス相を多く含有する P ガラスでは、いずれの養生条件下でも初期材齢から大きな膨張が発生するが、一定の反応が生じた後には ASR ゲルの流動化による膨張の緩和が発生するため、28 日材齢以後は膨張が大きく抑制される傾向があった。それに対して、JIS A1146 および ASTM C1260 における G ガラスおよび M ガラスは、初期の膨張は P ガラスと比較して抑制されているが、骨材自身からのアルカリの溶出の影響で長期にわたり膨張が継続し、最終的な膨張量は P ガラスよりも大きくなった。また、デンマーク法と ASTM C1260 との比較では膨張挙動が相違するものが存在した。デンマーク法にて発生するアルカリ雰囲気は 1N の NaOH 溶液ほどアルカリ度が高くなく、M ガラスではガラスの化学組成との関係でガラスの溶解反応が生じていないものと推察される。一方、L ガラスは、いずれの養生条件下においてもモルタルの膨張は認められなかった。L ガラスは、骨材中に多数の気孔が存在するために、ASR ゲルの膨張圧が緩和されていることが考えられた。

4. まとめ アルカリ含有量の多いガラス破碎砂およびガラス発泡砂は、化学法のアルカリ濃度減少量が負となるものがあり、骨材からのアルカリ溶出の影響が認められた。一方、ガラス破碎砂およびガラス発泡砂を使用したモルタルの膨張挙動は、骨材の化学組成および内部組織の影響を受けるので、3 種類の養生条件下で大きく相違した。

【参考文献】

- 1) コンクリートへのリサイクル資材活用技術の標準化に関する委員会：リサイクル資材のコンクリートへの活用技術の標準化，コンクリート工学，Vol. 39, No. 10, pp. 98-101, 2001.
- 2) 山戸博晃他：ガラス破碎砂の化学組成とアルカリシリカ反応性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 27 (掲載確定)