

論文 微粒珪砂副産物のインターロッキングブロックへの活用に関する研究

桐山和也*¹・服部啓二*²・森嶋和博*³・梅原秀哲*⁴

要旨：愛知県の珪砂産業で粒径 $100\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の微粒珪砂が有効な利用方法がないまま年間約 20 万トン廃棄処分されており、資源材料として有効活用することが重要な課題となっている。そこで本研究では、即時脱型方式で製造されるインターロッキングブロックの曲げ強度が $4.9\text{N}/\text{mm}^2$ 以上と規定されている硬練りコンクリートに、微粒珪砂を活用するため配合及び品質について検討を行った。その結果、W/C と強度の関係にとらわれず締固めが最適となるよう水量を調整することが、充てん率の増加と曲げ強度発現に有効であることが明らかとなり、コンクリート用材料として活用が可能であるとの結果を得た。

キーワード：廃棄物、微粒珪砂、充てん率、曲げ強度、細骨材置換、即時脱型

1. はじめに

生活水準の向上に伴って、廃棄物の排出量も増大し、既存の廃棄物処理施設、最終処分場の処理能力は限界に達しつつあり、残余容量の不足や処分費の増大が問題となっている。また、廃棄物を再資源化することにより、資源の節約と環境保全の問題を解決する技術の確立が強く求められている。愛知県の場合、愛知県瀬戸市はガラスの主原料である製品珪砂の国内供給量の 3.2% を占める国内最大の供給地であり、珪砂原鉱を年間 230 万トン採掘している。採掘された珪砂原鉱は精製工場へ運搬され、幾つもの水洗い分級による選鉱工程を経てガラス用製品珪砂となる。この選鉱工程においてガラス製造に適していない $100\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の珪砂が年間約 20 万トン取り除かれる。この産業副産物が微粒珪砂とよばれ、産業廃棄物（汚泥）指定を受け採掘場跡地にセメント処理をして埋立て処分されている。ところで、微粒珪砂の混入に関する影響について森野は、微粒珪砂を細骨材の代替品として使用する場合の問題点を指摘

している¹⁾。微粒珪砂は粒子が細かいので、使用水量が増大し、またセメントペーストの付着面積が大きいなど、ペーストが希釈される要因が多く、コンクリート強度が著しく低下し、混和材としての利用でも、シリカ成分に富んではいるが、フライアッシュのような活性はみられなく、普通養生での混和材としては不向きであるとしている。また、セメントペーストの量が不十分な場合や硬練りコンクリートで十分に締固めができない場合など、コンクリート中に空げきができるときには、水セメント比で期待する強度とはならず、強度は空げきにより支配されるとされている²⁾。本研究では、曲げ強度が $4.9\text{N}/\text{mm}^2$ 以上と規定され、即時脱型方式により製造されるインターロッキングブロック用硬練りコンクリートへ微粒珪砂を活用するため、コンクリート中の空げきを考慮した充てん率を強度の要因とし、微粒珪砂の使用可能量、及び配合について実験的検討を行った。ここで使用する充てん率³⁾ は式(1)に示すように定義した。

* 1 矢作建設工業(株) 技術企画部 技術開発課 (正会員)

* 2 矢作建設工業(株) 技術企画部 技術開発課 課長 (正会員)

* 3 日本コンクリート(株) 技術部 次長 (正会員)

* 4 名古屋工業大学大学院教授 都市循環システム工学専攻 Ph.D. (正会員)

表-1 微粒珪砂の化学組成

成分名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig-loss
比率 (%)	93.20	3.25	0.10	0.06	0.00	0.02	0.16	2.69	0.26

表-2 微粒珪砂の粒度分布

ふるい寸法 (μm), 各ふるい残留率 (%)						
300	150	106	75	53	32	Pan
0.1	1.2	8.3	20.5	28.6	39.3	2.0

$$\text{充てん率(\%)} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (1)$$

A: 実際の供試体の質量, B: 単位量より求められる空気量 0%とした供試体 1 個の質量

2. 実験概要

2.1 使用材料及び微粒珪砂

セメントは普通ポルトランドセメント (密度: 3.15), 細骨材は長良川水系川砂 (密度: 2.57, F.M.: 2.98, 記号: S), 粗骨材は内津産碎石 (最大寸法: 5mm, 密度 2.64, F.M.: 4.91, 記号: G1, 及び, 最大寸法: 13mm, 密度 2.63, F.M.: 6.19, 記号: G2), 混和剤はポリカルボン酸系高性能減水剤 (密度: 1.07) を用いた。また, 使用した微粒珪砂 (平均粒径: 68μm, 密度: 2.65, 記号: K) の化学組成を表-1に, 粒度分布を表-2に示す。ここで, 微粒珪砂の排出過程を図-1に示す⁴⁾。珪砂産業では原鉱を水洗いふるい分してまず砂利を除き, 次いで珪砂部分を粗粒子と細粒子とに分離する。次に, 粗粒子をミルにより粉砕し, 再びふるい分けて細粒子と合流し, ガラス原料, 鋳物材料等に適する粒径 (5~0.1mm) の珪砂を採取する。この工程で 0.1mm (100μm) 以下の微砂が廃棄される。一方, 水洗に使用した水には粘土と微砂が含まれるが, これを沈殿槽に送りそこで微砂を沈降させる。浮遊している粘土を次の沈殿槽に水流で運び, そこで凝集剤を加えて粘土を沈降させ, フィルタープレス等で締固めて水分を除き, 粘土原材料製品とする。ここでは 5μm 以上の粒子が廃棄物となる。従

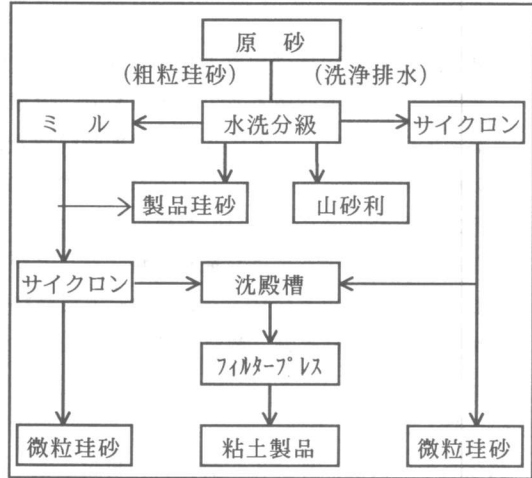


図-1 微粒珪砂排出概念図

って以上の選鉱工程により 100μm~5μm の粒子が廃棄される。廃棄される微粒珪砂は自然放置, 真空脱水, 遠心脱水等の脱水方法が取られ, 自然放置による方法では含水率が排出直後で 30~33%, 放置後 23~27%, 真空脱水では 24~26%, 遠心脱水では約 12%である⁵⁾。

2.2 供試体成形及び養生方法

供試体の作製は, 実製品の製造ラインを用い 1 バッチを 0.6m³とした。供試体の寸法は平面寸法で 198mm×98mm, 厚さ 80mmとし, 材料の練混ぜは, (G1+G2+S+K)投入→C 投入→1 分間空練り→W 投入→5 分間練混ぜ→排出の順序で行った。供試体の成形は, 十分な剛性を持った型枠にテーブルバイブレーターを用い, 供試体に 0.03N/mm²のプレス圧を 9 秒加えて締固め, 締固め終了後即時脱型を行い, 材齢 14 日まで屋内で気中養生を行った。

2.3 検討項目及び配合

本研究では, 検討項目別の実験を 4 つのシリーズに分けて行った。シリーズ 1 は微粒珪砂混