

報 告

[1039] 碎石粉の品質評価方法に関する一実験

正会員 ○田村 博 (日本建築総合試験所)

正会員 高橋利一 (日本建築総合試験所)

五十嵐千津雄 (日本建築総合試験所)

1. はじめに

本報告は、碎石・砕砂の生産に伴って産出される碎石粉を、コンクリートに有効利用するため、当試験所が自主研究として1998年より取組んでいる継続研究の成果の一部を取りまとめたものである。

前報⁽¹⁾では、碎石粉の海外における活用の現状と既往の研究成果を踏まえて、基礎的な実験的検討を行い、次のようなことを明かとした。

(1) 山砂・砕砂と碎石粉について、洗い試験・砂当量試験・粒度分布測定ならびに粉末X線回折による鉱物の同定を行った結果、碎石粉はコンクリートに有害な粘土鉱物などの不純物量が、山砂や砕砂に含まれる微粒分に比べて少ないことが判明した。このことから、碎石粉はコンクリート用混和材料として利用できる可能性が高い、と判断された。

(2) アルカリシリカ反応性の異なる碎石粉を用いたモルタルについて、モルタルバー法ならびに生コンGBRC促進法の試験を行った結果、碎石粉使用によるアルカリシリカ反応の抑制効果が認められた。

(3) 碎石粉をコンクリート用混和材料として用いるためには、まず碎石粉の品質評価方法が必要であり、フランスの碎石粉の品質規格に取入れられている砂当量試験やメチレンブルー量試験が同試験方法として有望である。従って、まず砂当量試験やメチレンブルー量試験を国内の各種岩種の碎石粉ならびに、各種生産工程により生産される碎石粉に適用して、碎石粉の品質の実態を調査する必要がある。同調査結果に基づいて代表的な碎石粉を選定し、碎石粉を使用したコンクリートに関する各種実験を行い、碎石粉使用コンクリートの性能を確認するとともに、碎石粉の品質評価規準ならびに同コンクリートの調合設計・施工指針案を策定するのがよい。

本報告は、碎石粉の品質評価方法として有望な、砂当量試験とメチレンブルー量試験に注目し、岩種ならびに吸水率の異なる碎石を粉碎して作製した碎石粉試料と、比較用として、粘土、石灰石粉、スラグ粉といった粉体試料を用いて両試験を実施した結果について述べたものである。

2. 碎石粉の品質試験

2.1 使用材料

試験に用いた試料は、表-1に示すとおり、岩種(安山岩、砂岩、珪質粘板岩、石灰石)ならびに吸水率(0.31%~6.80%)の異なる碎石を粉碎して作製した碎石粉試料(記号: RA1, RA2, RS1, RS2, RSL, RL)と、比較用として、粘土、石灰石粉、スラグ粉といった粉体試料(記号: FC1, FC2, FL, FB)とした。

碎石は、ジョークラッシャーで5mm以下に粗粉碎後、各試料60gを回転型振動ミルで、15, 30, 60, 120, 240, 360 秒間粉碎したものを、それぞれ試料とした。粘土には、セメントの製造原料として使用される2種類(記号: FC1, FC2)を、石灰石粉には、JIS A 5008(舗装用石灰石粉)に適合す

る製品（記号：FL）を用いた。それらの品質試験結果を表-2に示す。スラグ粉には、比重：2.91の水砕高炉スラグ粉を用いた。

2.2 試験項目および試験方法

（1）洗い試験：碎石粉試料と粉体試料について、JIS A 1103（骨材の洗い試験方法）によって行った。但し、一回の試料採取量は50gとした。

（2）砂当量試験：JIS A 1801（コンクリート用骨材の砂当量試験方法）によって行った。各試料は、洗い試験の操作によって75 μ m以下の微粉末を除去した山砂に、各粉体試料を混入する方法で、洗い試験によって失われる量（以下、洗い損失量という）が7.0%

になるよう調整した後、48時間吸水させ、水が滴り落ちない程度の含水状態にした。

表-2 粉体試料の品質

記 号	比 重	最大粒径 (mm)	砂 分 (2mm~74 μ m) (%)	シルト分 (74~5 μ m) (%)	粘土分 (5 μ m以下) (%)
FC1	2.67	0.84	1.3	27.7	71.0
FC2	2.64	0.84	6.7	29.2	64.1
FL	2.73	0.84	21.9	78.1	

表-1 碎石の岩種および吸水率

記 号	岩 種	碎石の 吸水率 (%)
RA1	安 山 岩	2.89
RA2	安 山 岩	6.80
RS1	砂 岩	0.40
RS2	砂 岩	0.50
RSL	珪質粘板岩	1.01
RL	石 灰 石	0.31

表-3 粉末 X 線 回 折 に よ る 含 有 鉱 物 の 同 定 結 果

記 号	岩 種	石 英	長 石	輝 石	雲 母	緑 泥 石	磁 鉄 鉱	カ サ ル イ ト	ト マ ロ イ ト	サ ナ ホ イ ト	ス タ メ イ ク ト	非 物 質 質
RA1	安 山 岩	—	○	○	—	—	○	—	—	—	—	—
RA2	安 山 岩	—	○	○	—	—	○	—	—	—	—	—
RS1	砂 岩	○	○	—	○	○	—	—	—	—	—	—
RS2	砂 岩	○	○	—	○	○	—	—	—	—	—	—
RSL	珪質粘板岩	○	○	—	○	○	—	—	—	—	—	—
RL	石 灰 石	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—
FC1	(粘 土)	○	○	—	○	○	—	—	—	○	○	—
FC2	(粘 土)	○	—	—	○	○	—	—	—	○	○	—
FL	(石灰石粉)	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—
FB	(スラグ粉)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○

○：多い ○：普通 ○：少ない —：存在せず

(3) メチレンブルー吸着量試験：フランスのメチレンブルー量試験 (NF P18-595) は、メチレンブルー吸着量の度合いを目視によって判定するため、吸着量の決定が厳密にできない。そこで、本実験では、セメント協会標準試験方法として規定されている、CAJS I-61-1986 (フライアッシュのメチレンブルー吸着量試験方法) を用いた。ただし、本実験では、メチレンブルー溶液の濃度を250mg/lとし、添加量を25~100ml、試料量を0.5~5gの範囲で調整して試験を行った。また、試験結果は、試料1g当りのメチレンブルー吸着量 (mg/g) で表した。

(4) 粉末X線回折：碎石粉試料については、360秒間粉碎した試料を、粉体試料についてはメノウ鉢で微粉碎した試料を、粉末X線回折に供して、含有鉱物の同定を行った。

2. 3 試験結果

(1) 粉碎時間と洗い損失量の関係 (図-1 参照)

粉碎時間が増大するにつれて洗い損失量が増大し、粉碎時間によって粒度が細くなる傾向が認められた。石灰石の場合には、360秒間の粉碎によっても、数%の75 μ m残分が生じた。他の岩石の場合には、360秒間の粉碎によって、75 μ m残分がほぼ零となった。

(2) 粉碎時間とメチレンブルー吸着量の関係 (図-2 参照)

両者の関係は、以下の3つのタイプに分れた。

- ①石灰石は、粉碎時間が増大してもメチレンブルー吸着量はほとんど零で不変であった。
- ②安山岩 (RA1, RA2) のメチレンブルー吸着量は、他の試料に比べ過大であり、粉碎時間の増大に伴って増大して、25mg/g程度で収束した。
- ③その他の試料のメチレンブルー吸着量は、粉碎時間の増大に伴って、僅かに増大したが、360秒間粉碎した試料の場合でも5mg/g以下であった。

(3) 粉碎時間と砂当量の関係 (図-3 参照)

粉碎時間の増大に伴って、砂当量が減少した。安山岩の場合には、他の岩種に比べて比較的小さな砂当量を示した。試料の中には (RS2, RL)、粉碎時間が長いとき (粒度が細かい時)、砂当量試験結果が定まらない場合があった。

(4) メチレンブルー吸着量と洗い損失量の関係 (図-4 参照)

図中には、碎石を粉碎して作製した碎石粉試料の試験結果に加え、比較用試料として用いた、粘土、石灰石粉、スラグ粉の試験結果を示してある。同図により、以下のような事が明かである。

- ①石灰石粉、スラグ粉の場合には、洗い損失量が過大な (粒度が細かい) 場合にも、メチレンブルー吸着量は、ほぼ零となった。
- ②粘土の場合には、メチレンブルー吸着量が過大な値 (15mg/g, 39mg/g) となった。
- ③安山岩 (RA1, RA2) の碎石粉試料のメチレンブルー吸着量は、他の試料のそれに比べて過大であり、粉碎時間の増大に伴って、増大し、11mg/g~25mg/gとなった。
- ④その他の碎石粉試料のメチレンブルー吸着量は、粉碎時間の増大に伴って僅かに増大したが、いずれもほぼ5mg/g以下であった。

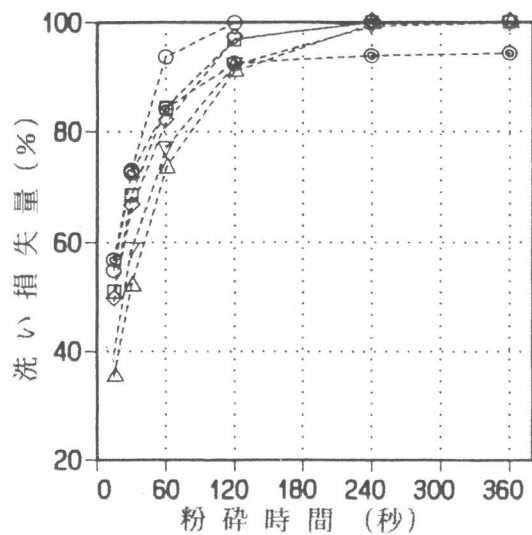


図-1 粉砕時間と洗い損失量の関係

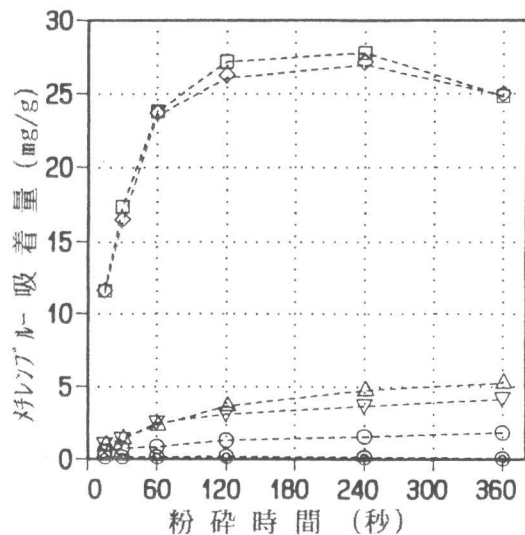


図-2 粉砕時間とメチレンブルー吸着量の関係

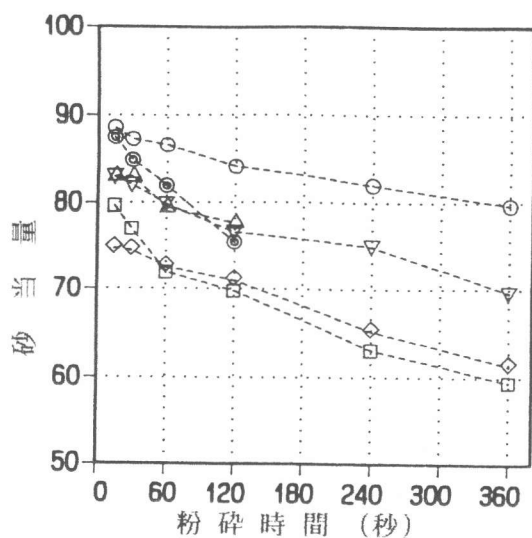


図-3 粉砕時間と砂当量の関係

図記号の凡例			
試料種別	試料記号	図記号	岩種
砕石粉	RA1	□	安山岩
	RA2	◇	安山岩
	RS1	△	砂岩
	RS2	▽	砂岩
	RS L	○	珪質粘板岩
	RL	◎	石灰石
粉体	FC1	■	(粘土)
	FC2	◆	(粘土)
	FL	●	(石灰石粉)
	FB	▲	(スラグ粉)

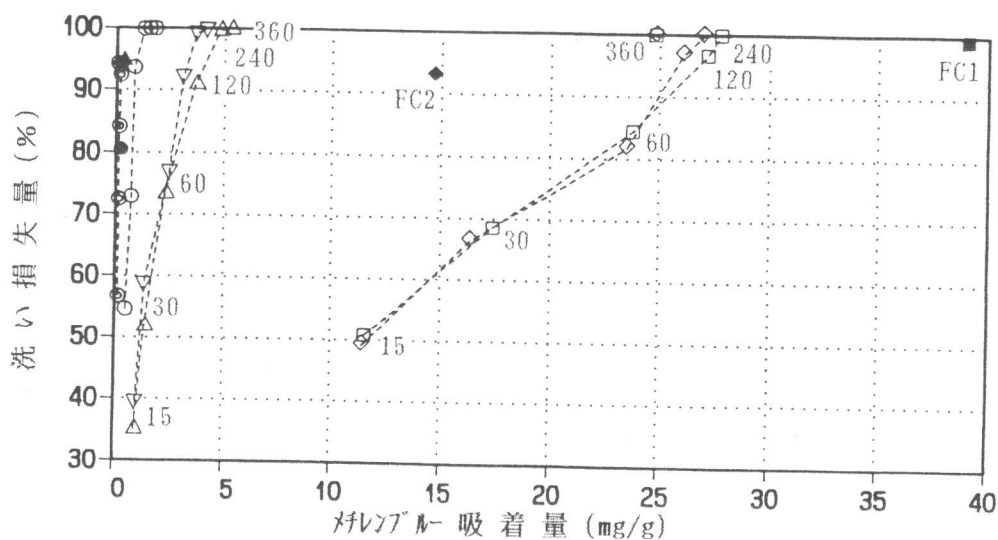


図-4 メチレンブルー吸着量と洗い損失量の関係

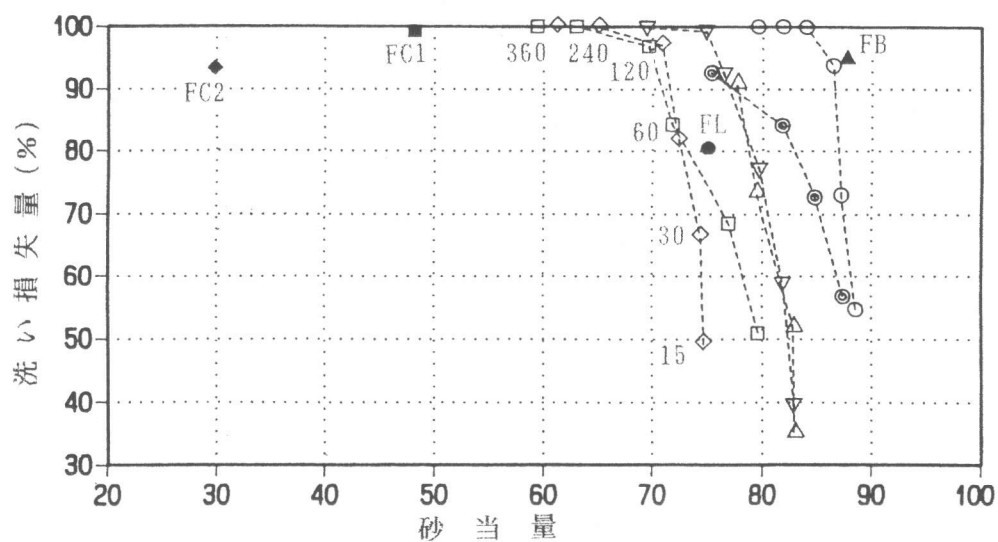


図-5 砂当量と洗い損失量の関係

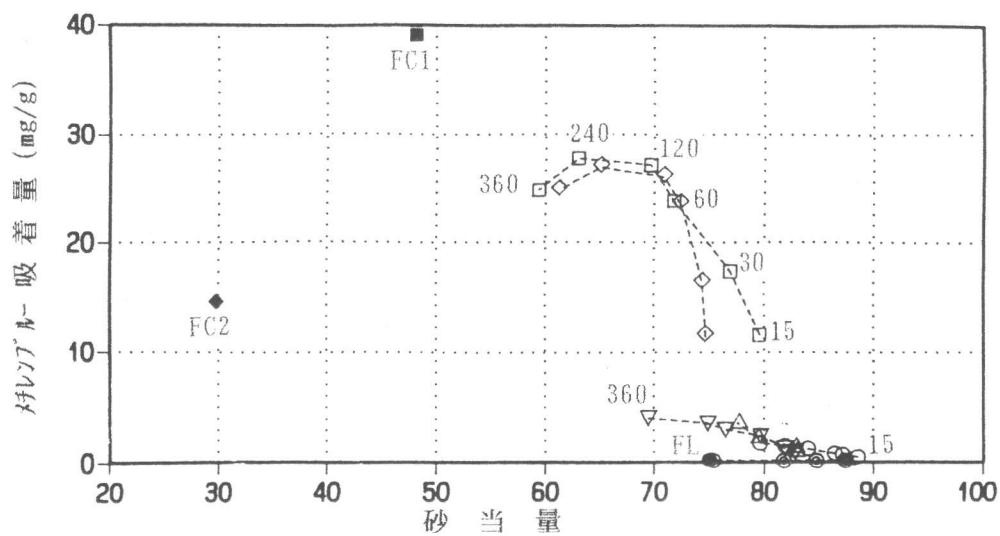


図-6 砂当量とメチレンブルー吸着量の関係

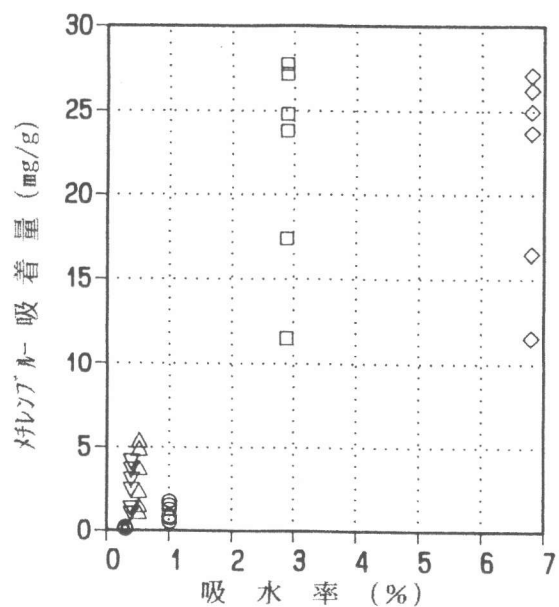


図-7 吸水率とメチレンブルー吸着量の関係

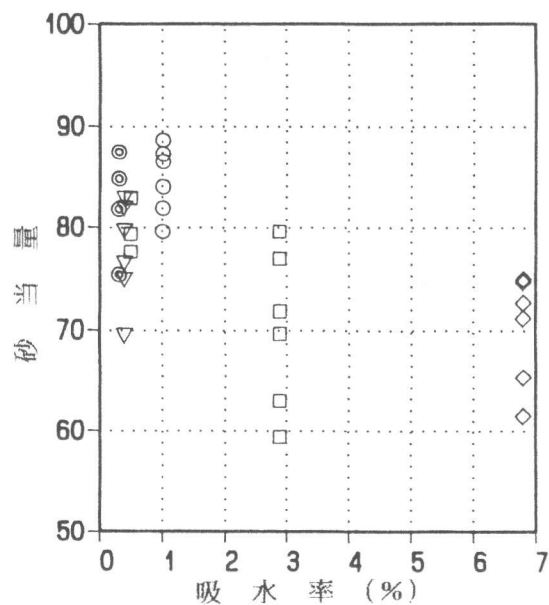


図-8 吸水率と砂当量の関係

(5) 砂当量と洗い損失量の関係 (図-5 参照)

①石灰石粉, スラグ粉の場合には, 洗い損失量が過大な (粒度が細かい) 場合にも, 砂当量は 70以上となった。

②粘土の場合には, 砂当量が過小な値 (30.48) となった。

③安山岩の場合には, 洗い損失量が100%の時, 他の岩石と比べ小さな砂当量を示した。

④その他の碎石粉試料の砂当量は, 洗い損失量が過大な (粒度が細かい) 場合にも, 砂当量は ほぼ70以上となった。

(6) 砂当量とメチレンブルー吸着量の関係 (図-6 参照)

砂当量とメチレンブルー吸着量の試験結果は, 概ね以下の3つのパターンに分類された。

①砂当量<60, メチレンブルー吸着量 ≥ 5 mg/g: 粘土

②砂当量 ≥ 60 , メチレンブルー吸着量 ≥ 5 mg/g: 安山岩

③砂当量 ≥ 70 , メチレンブルー吸着量<5 mg/g: 石灰石粉, スラグ粉

碎石粉試料 (安山岩を除く)

(7) 吸水率とメチレンブルー吸着量の関係 (図-7 参照)

安山岩のメチレンブルー吸着量は, 他の試料のそれと比べ過大であり, 粉碎時間の増大 (細粒化) に伴って増大した。

(8) 吸水率と砂当量の関係 (図-8 参照)

安山岩の砂当量は, 他の試料のそれと比べて過小であり, 粉碎時間の増大 (細粒化) に伴って減少した。

(9) 粉末X線回折による鉱物の同定 (表-3 参照)

安山岩には, 磁鉄鉱および輝石が含まれており, 安山岩のメチレンブルー吸着量が過大であるのは, 吸水率が大きい事, あるいはこの成分的なことに起因していると考えられた。また, 2種類の粘土試料には, いずれも粘土鉱物であるサポナイトおよびスメクタイトが同定された。

3. まとめ

コンクリート混和材料として有望な碎石粉について, 砂当量やメチレンブルー吸着量試験を実施した結果, コンクリートに有害とされている粘土, 現在既にコンクリートに用いられているスラグ粉や石灰石粉との試験結果の関係が明となり, 碎石粉の品質評価方法として, 砂当量試験やメチレンブルー吸着量試験が有望であることが判明した。

今後さらに, これらの評価方法により分類した粉体を使用した, コンクリートによる実験を行い, コンクリートとしての性能を検討していくとともに, 碎石粉の品質評価規準を確立していく必要がある。

[参考文献]

- 1) 田村博, 高橋利一, 五十嵐千津雄: 碎石粉のコンクリートへの有効利用に関する研究, コンクリート工学年次講演論文集, Vol. 13, No. 1, pp. 57-62, 1991