

マサ土砂の生産実態と課題

— マサ土砂生産設備 (乾式) の開発 —

高倉 寅喜・宮武 英信・末宗 仁吉

従来、建設工事に使用する細骨材は、川砂、海砂、砕砂、輸入砂等により賄われてきたが、これらの供給源のうち、最も大きな割合を占める海砂の採取を、広島県が全面的に禁止したのをはじめとして、瀬戸内海に面するその他の各県も採取制限を強めており、早急にその対応を迫られている状況にある。

そこで今回、細骨材の需給実態を調査するとともに、代替材の一つである「マサ土砂」(風化花崗岩を加工して製造した細骨材)の製造設備の現状と課題に関する調査、並びに乾式マサ土砂製造プラントの実証実験を行ったので概要を紹介する。

キーワード：細骨材、マサ土砂、マサ土砂生産設備 (乾式)

1. はじめに

細骨材の需要量は、バブル期を頂点としてその後はやや減少したものの、今後も相当な量の需要が見込まれている。

一方、細骨材の供給源である海砂は、自然破壊、枯渇等の理由によりその採取を厳しく制限されており、川砂についても環境保全、災害対策上の観点から、ほとんど採取できない状況にある(西日本における海砂採取許可量の推移は図-1、表-1のとおりである)。

また、輸入砂については、コスト、荷上げ港等の問題点があり、その量は僅少(全需要量の1.5%程度)である。

そこで、中国地方ではその対応策の一つとして、中国地方に広く分布するマサ土を原料とした「マサ土砂」を生産している。

今回、このマサ土砂生産設備の実態と課題を調

査すると共に、細骨材のコスト縮減を中心にした検討を行ったので、その概要をここに紹介する。

2. マサ土砂の生産実態と課題

マサ土を細骨材として使用するためには、主として次の処理が必要である。

- ① マサ土中に含まれる大量の微粒分(10~20%)の除去および風化した脆弱部、有機物等を除去すること。
- ② 角張った砂粒の角を取るとともに、扁平率、偏長率を改善すること。
- ③ 粒度分布およびFM(Feiner Median)値を調整すること。

現在これらの処理を行うため、一般に図-2のような設備(湿式分級方式)を使用しているが、この方式には次のような問題がある。

- ① 製砂コストが高い
- ② 除去した微粒分の処理が困難

採取許可量(千m³)

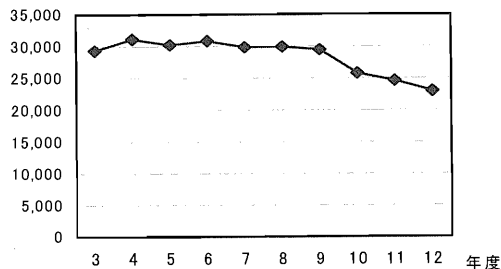


図-1 西日本における海砂採取許可量の推移

表-1 西日本における海砂採取許可量(単位:千m³)

年度 県名	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
香川	5,600	5,598	5,401	5,341	5,321	5,150	5,020	4,920	4,535	3,993
岡山	5,236	5,194	5,100	4,614	4,614	3,901	3,890	3,644	3,259	3,259
広島	4,986	4,477	3,930	3,430	2,981	2,476	1,950	0	0	0
愛媛	4,169	4,361	4,100	4,604	4,504	4,700	4,700	4,460	3,530	3,000
山口	434	1,079	1,232	1,860	2,175	2,175	2,360	2,210	2,278	2,180
福岡	4,560	4,970	4,970	4,970	4,737	5,500	5,500	4,560	5,000	5,000
長崎	4,333	5,450	5,500	6,020	5,520	6,017	6,017	5,960	5,960	5,500
計	29,318	31,129	30,233	30,839	29,852	29,919	29,437	25,754	24,562	22,932

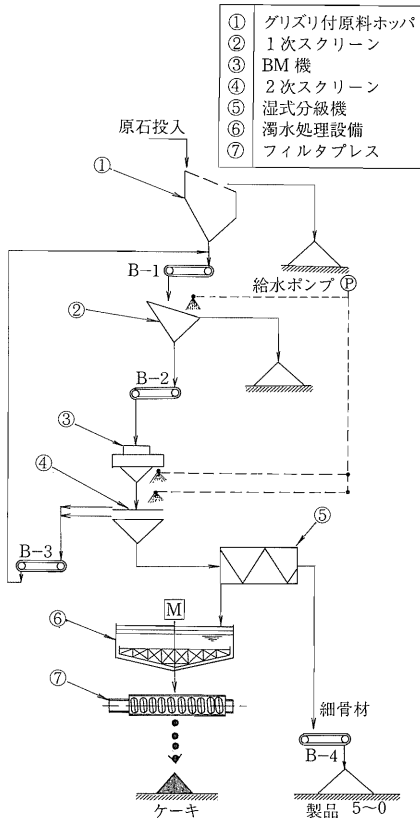


図-2 製砂整備（湿式分級方式）フローシート

3. 問題点に対する対応策の検討

前述のように、製砂コストの縮減が最大の問題点である。そこで、製砂コストが高くなる原因を調査したところ、製砂設備のうち濁水処理及びフィルタプレスのインシヤルコストが高価である点にある事が分かった（湿式製砂設備全体の60～70%を占めている）。そこでこれらの設備を必要としない方式、すなわち乾式分級方式を実用化することによりコスト縮減を図るものとした。また合せて微粒分の発生量を低減させるとともに、微粒分の処理をしやすくするものとした。

以下に乾式分級方式の実用化に関する検討事項およびその結果について記述する。

4. マサ土砂生産設備の検討

(1) 乾式分級方式実用化のための条件整理

乾式分級方式の検討を進めるにあたっては、品質の確保、コスト縮減等の目標が達成できなければ

ならない。

達成すべき条件を整理すると、表-2のとおりである。

表-2 マサ土砂生産設備（乾式）に要求される事項

区分	項目	具体的事項
品質に関する事項	① 粒度配分(FM値)が適当である。	・大粒形の砂粒を選別でき、かつ破砕できる。 ・微粒分量が適当である。
	② 微粒分量、粘土塊量、有機不純物の割合および吸水率の値が基準値以下かつ絶対比重が基準値以上である。	・脆弱部(風化部)が剥離され、かつ、微粒分、粘土塊、有機不純物が除去できる。
	③ 実績率が基準値以上である。	・砂粒の形状が細長状、薄片でなく多面形である。 ・角が削られ、丸味を帯びている。
コストに関する事項	① インシヤルコストが低廉である。	・構造が簡単(単純)かつコンパクトである。 ・既製品が利用できる。
	② ランニングコストが安い。	・維持修理がかからない。 ・乾燥用の燃料費が安い。 ・運転の労務費がかからない。 ・分級性能が良好である。 ・製品の歩留りが大である(無用な過粉碎をしない)。
その他	① 防塵対策が可能である。 ② 微粒分の処理がしやすい。	・塵埃の漏れにくい構造である。

(2) 乾式製砂設備の検討

(a) 設備の全体構成の検討

上述した条件を満足する製砂設備を検討した結果は、図-3のフローシートのとおりである。

すなわち、ホッパに投入した粒径30mm以下の材料をフィーダによって一定量ずつ引出し、ドライヤに投入すると、材料は重油バーナにより順次加熱、乾燥して排出される。乾燥された材料は、バケットエレベータを経てBM(Barmac)機へ投入し、粒形改善、風化物剥離等を行った後スクリーンにかけ、篩い下げられた5mm以下の材料は乾式分級機に送り、細骨材(製品)と微粒分とに分級し、各々排出するものである。

一方、スクリーンで篩い上げられた材料は、ベルトコンベヤ、バケットエレベータを経て再度BM機に投入し、破砕する。

(b) 各機械の選定理由

① ドライヤ

ドライヤ(キルン)は実績が豊富で、性能が確認されているアスファルトプラントの骨材乾燥用のものを準用した。なお、燃料は経費を節減するため、A重油を使用する。

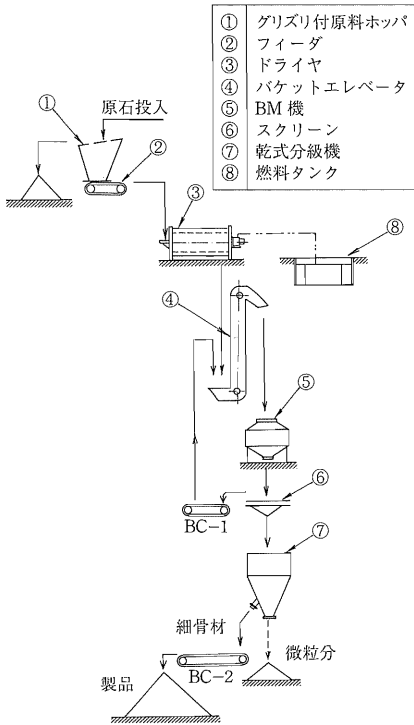


図-3 製砂設備（乾式分級方式）フローシート

② 粒形改善・風化物剥離用機械

従来から使われてきた製砂機械には、主としてコーンクラッシャー形、衝撃破砕形、ロッドミル形の3形式がある。これらの機械は、いずれも大粒径の岩石をたたき潰して、砂を生産するために考案された機械であるため、そのほとんどが風化して小粒径になっているマサ土用としては、あまりにも衝撃力が強すぎる。

そこで、砂と砂を衝突させて粒形改善、風化物剥離を行いうるタイプ（適度の衝撃力を有する）の機械（BM機）を選定した。この機械はぶつかる砂の速度を変える事により製品の粒度（FM値）等を調整する事も可能である。

③ 乾式分級機

乾式分級機は、使用実績が豊富で信頼性があり、かつ、分級性能が良好であるエアセパレータを選定した。

(c) 主要機械の諸元等

選定した主要機械の諸元は次のとおりである。

① ドライヤ

形式：向流式傾斜円筒回転形
 能力：25 t/h（含水比6%以下）

ドラム寸法：1,300 mm（径）×6,000 mm（長さ）

② 燃焼装置

形式：低騒音高圧燃料噴霧式
 燃料：A重油
 燃焼量：180~620 l/h

③ BM機

形式：立型回転式
 能力：70 t/h
 投入原料粒径（最大）：50 mm
 ロータ周速：45 m/s

④ 乾式分級機

形式：エアセパレータ
 能力：30 t/h

※条件

原石吸水率=3.0%，材料含水率=1.2，
 微粒分含有率=19%，外筒径=φ2,400

5. テストプラントによる乾式分級試験

(1) 概要

前述のとおり、乾式の製砂設備を立案したが、実績が皆無であるため果たして表-2の目標が達成できるか否か全く不明である。そこで、乾式製砂設備の効果を確認するため、テストプラントを製作し、実機による検証を行うものとした。

製作したテストプラントの全景は写真-1、構造は図-4のとおりである。

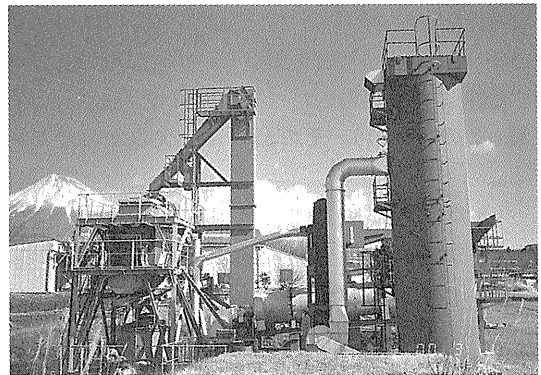
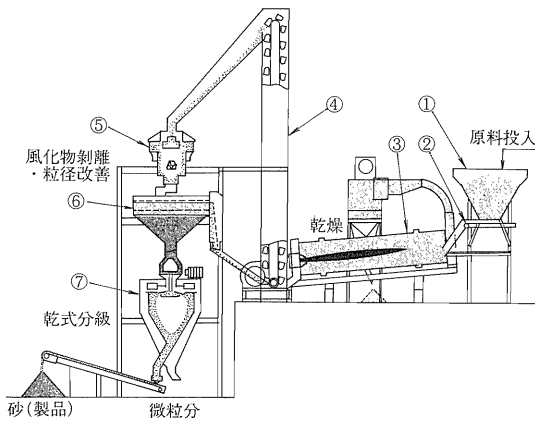


写真-1 テストプラントの全景

(2) 試験内容

製砂試験は、原材料を地山で採取し、テストプ



- ① グリズリ付き原料ホッパー
- ② フィーダ
- ③ ドライヤ
- ④ バケットエレベータ
- ⑤ BM機
- ⑥ スクリーン
- ⑦ 乾式分級機

図-4 乾式製砂設備の構造

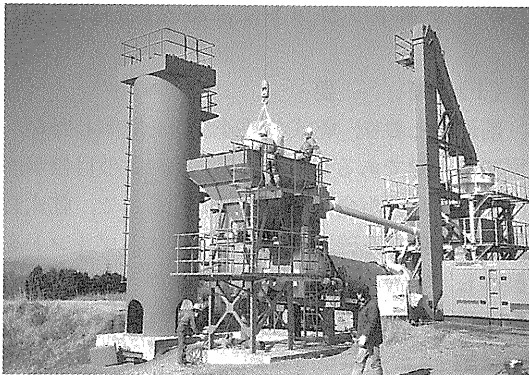


写真-2 乾式製砂設備による試験状況

ラントにより細骨材を製造し、物性試験およびその他の調査を実施した(製砂試験の実施状況は写真-2のとおり)。その概要は、次のとおりである。

(a) 物性試験

物性試験は、表-3の各項目について行った。

(b) その他の項目

コストに関する事項、すなわち燃料消費量、製品の歩留りについて調査を行った。

(3) 試験結果

(a) 物性試験の結果および評価

物性試験の結果は表-3のとおりであり、試験

表-3 製砂試験結果一覧表

試験項目	基準値	原材料	
		20-0	細骨材(砂製品) 5-0
含水率試験(%)		5.19	0.14
ふるい分け試験(JIS A 1102)	目標FM 2.65±0.20	3.88	2.87
微粒分量(%) (JIS A 1103)	3.0%以下	5.2	1.3
粘土塊量試験(%) (JIS A 1137)	1.0%以下		0.7
有機不純物試験(JIS A 1105)	標準色より濃くない		合格
比重1.95の液体に浮く粒子の試験 (JIS A 5308 付属書2)	0.5%以下		0.0
単位容積質量試験 (kg/ℓ) (JIS A 1104)			1,530
粒形判定実績率試験 (JIS A 5005)	53%以上		56.7
絶乾比重試験 (JIS A 1109)	2.5以上		2.54
吸水率試験 (JIS A 1109)	3.5%以下		1.64

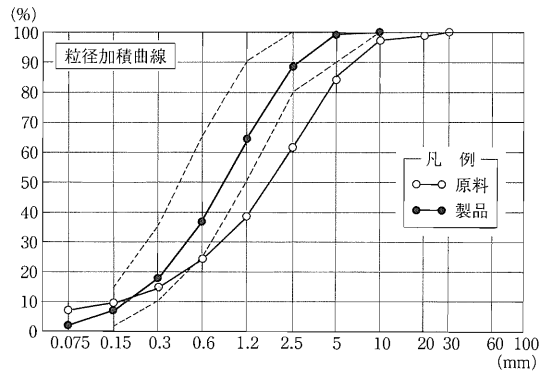


図-5 ふるい分け試験結果

結果について評価する。

① 絶乾比重および吸水率試験 (JIS A 1109)

絶乾比重試験の結果は、表-3のとおり2.54であり、規格値の2.5以上を上回っている。

また、吸水率試験の結果は、1.64%であり、規格値の3.5%以下を大きく下回っている。

② ふるい分け試験 (JIS A 1102)

ふるい分け試験の結果は、粒度分布がJISの範囲内に入っており、問題はない(図-5参照)。しかし、粗粒率は、目標値がFM 2.65±0.2に対して、実績値が、2.87であり、やや大きすぎる。今後はスクリーンの篩目を変更する必要がある。

③ 粘土塊量試験 (JIS A 1137)

粘土塊量試験の結果は、規格値が1%以下であるのに対して0.7%である。

④ 微粒分量試験 (JIS A 1103)

微粒分量は、目標値の3%を大きく下回り、最大1.5%、最小1.0%、平均1.3%である。

(b) その他の試験・調査結果

- ① ドライヤの燃料消費量 (l)
原料 1 m^3 当たりの燃料消費量 (l) は 14.8 (l/m^3) であった。
- ② 製品歩留り (α)
原材料 1 t 当たりの製品重量 (α) は約 84% であった。

(4) 総合評価

テストプラントを設置して、マサ土を原料とする製砂実験を実施した。

その結果、品質については、基準値あるいは目標値を上回っており、良好な成果を得た。

次に、同規模の湿式分級方式との経費の比較をした。

まず、機械損料については乾式においては濁水処理設備およびフィルタプレス等が不要なためインシヤルコストが廉価であり、湿式の 60% である。

据付け費は、設備が非常にコンパクトであり、湿式の 15% である。

また、運転経費は、湿式が運転労務費、薬品費、水道費、電気料によって構成されるのに対して、乾式では運転労務費、電気料のほか燃料費が必要であるため、 140% である。

トータルでは、湿式に対して約 70% であるので乾式分級方式の採用により約 30% のコスト縮減が可能である。

以上述べたように、乾式製砂設備は生産する細骨材の品質が良好で、コストも安価である。

このほか、本プラントは次の特長を有している。

- ① 表乾状態に近い (含水率が一定の) 細骨材が製造されるので、コンクリートを製造する場合の水分調整が容易である。
- ② 微粒分の有効利用を容易に行いうる可能性がある。
- ③ 構造が簡単で、かつコンパクトであるため短時間で移設が可能である (敷地造成費、機械基礎費も僅少である)。

- ④ 発動発電機でも運転が可能のため、商用電源がない場所でも運転が可能である。
- ⑤ 防塵対策が容易な構造である。

6. おわりに

今回の製砂試験により乾式製砂設備は良好な品質の細骨材の製造が可能なが実証された。また、乾式製砂設備は、コスト縮減が可能のほか、数多くのメリットを有する。

なお、製砂に伴って大量に発生する微粒分も資源の一部であるので、有効活用が今後の課題である。

この微粒分は、粒度の揃った、有害物質を含まない無機物であり、何等かの用途があるものと思われるので、その方法を模索中である。

建設工事のコスト縮減が強く叫ばれる中、大量に消費される細骨材の単価が低減できれば、大きなコスト縮減効果が得られる。

品質が良好で、経済的な本乾式製砂設備が実用に供されることを切望するものである。

【筆者紹介】

高倉 寅喜 (たかくら とらき)
国土交通省
中国地方整備局
地方事業評価管理官
(元中国技術事務所長)



宮武 英信 (みやたけ ひでのぶ)
国土交通省
中国地方整備局
機械課
整備係長
(元中国技術事務所機械設計係長)



末宗 仁吉 (すえむね むつよし)
社団法人日本建設機械化協会
建設機械化研究所
技術参事

