

## 乾式砕砂生産システム Crushed Sand Production by Dry System

畑中 治\*

Osamu Hatanaka

主要建設材料である砂は、今まで天然砂が大半を占めていたが、良質な天然砂の枯渇化ならびに環境保全の重要性により、さまざまな採取規制が行われている。このため、砕砂の需要が年々増加している。

砕砂生産の設備は湿式と乾式の2つに分類される。これからの砕砂生産は乾式砕砂増産の傾向にあり、当社では乾式による砕砂生産システムの開発を推し進めてきた。

本稿では、特に砕砂の粒度調整が可能な乾式砕砂生産システムの開発について報告する。

The sand for main construction material has been almost natural sand, however recently various collecting regulations have been laid because of exhaustion of the high-quality natural sand and the importance of the environmental preservation. Therefore, demand for crushed sand is on the increase, year by year. Equipment for the sand production is classified into two, wet and dry, types. The dry type crushed sand production is on the tendency of increasing, and development of the crushed sand production by dry system has been promoted in our company.

In this paper, we'll report about development of the crushed sand production by dry system which, particularly, particle size distribution control of crushed sand is possible.

### 1. はじめに

従来、建設基礎資材である砂については、河川、海および山地から採取した天然砂といわれるものが大半を占めていた。ところが近年、良質な天然砂の枯渇に加え、自然環境保護のため、さまざまな採取規制が行われるようになってきている。このため、石を砕いてつくる砕砂の需要が増加しており、品質の良い砕砂を生産できる砕砂生産システムの確立が重要視されてきている。

砕砂生産の設備は湿式と乾式の2つに分類される。砕砂はJISで粒度構成が規定されており、その分布範囲に収めるために分級して微粉を除去する必要がある。水を使用する方式を湿式といい、空気分級機などを利用して微粉を除去する方式を乾式という。このうち湿式の場合は、分級効果は高いが汚濁水の処理が必要となり、設備費・水処理費によるコスト高の問題や産業廃棄物扱いとなることが多い脱水ケーキの発生の問題がある。乾式の場合では、付着微粉の除去が不十分であるが、生産コストは低くなり、回収した微粉の再利用も可能である。このため、これからの砕砂生産は乾式砕砂増産の傾向にあり、当社では乾式による砕砂生産システムの開発を推し進めてきた。

以下に概要を紹介する。

### 2. 乾式砕砂生産システム

#### 2.1 砕砂生産

砕砂生産については、天然砂と比較して粒形が角張っているためコンクリートの流動性が悪いなどの品質に関する問題点、生産設備のランニングコストが高価である、振動・騒音が大きいなどの設備に関する問題点が

ある。これらの問題点に対し、一昨年当社では堅型ミル「オーロラミル(A-VXシリーズ)」を開発し、問題点解決を図っている。各種製砂機のうち堅型ミルは、乾式方式で粒形の良い砕砂が生産でき、設置面積、振動・騒音および動力原単位が小さいなどの特長がある。当社では、数年前から他社に先駆けロッドミルより粒形の良い製砂機として堅型ミル「SVXミル」を販売し、好評を得た。この従来機の全面的な構造の見直しを行い、コスト、性能面に優れた「オーロラミル」を開発、商品化した。

砕砂の生産で重要な項目として、上述の粒形以外に産物粒度(FM値)の調整がある。一般的に粒度構成の調整はスクリーンで行うが、分級点を小さくすると目詰まりの問題が発生する。また、例えば0.3mm~0.6mmなどのある特定の粒度分布範囲の割合調整などはスクリーンでは困難である。当社の砕砂生産システムでは風力分級を採用し、容易な粒度構成の調整を可能にしている。

#### 2.2 システムフロー

乾式砕砂生産システムのフローシートの一例を図1に示す。ミル破砕品のうち例えば7割を風力分級機に通し、粗粒と細粒に分級する。粗粒はそのままミルに戻し、再破砕を行う。細粒は風力分級機に通さなかった残り3割のミル破砕品と混合し、エアセパレータにて乾式分級を行い、最終的な製品砂となる。

この風力分級機を使用することにより、要求される砂の粒度構成によっては、エアセパレータが不要となる場合もあり、またスクリーンが必要となる場合もある。本システムによりさまざまな目的の粒度構成をもつ製品砂を生産することが可能である。

\* 機械事業部 産業機械技術部

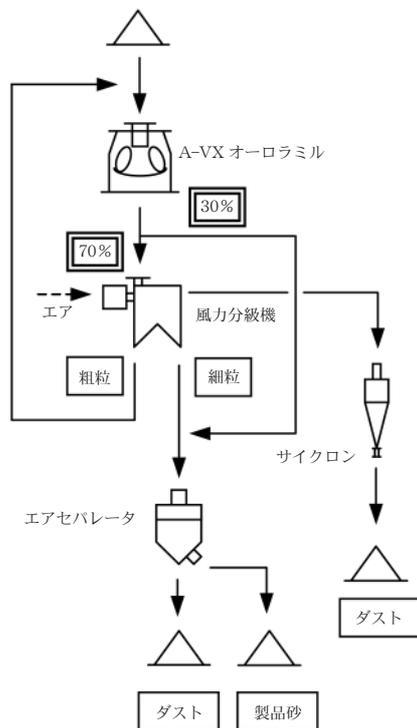


図1 乾式砕砂システムフローシート

Fig. 1 Flow sheet of crushed sand production by dry system

2.3 粒度分布

図2の粒度分布曲線は、最終的に得られる製品砂がJISで規定されている砂の粒度分布範囲(図中の点線で囲まれている範囲)の中心を通る粒度構成をもつことを目的として、図1のフローで砕砂生産を行った結果である。ほぼ目的の製品砂が得られることが認められる。

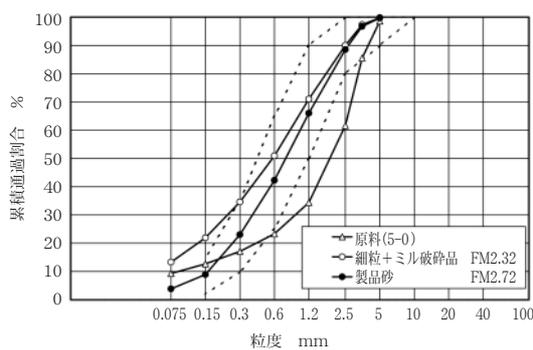


図2 砕砂粒度分布

Fig. 2 Size distribution of crushed sand

3. オーロラミルの構造と特長

3.1 構造

オーロラミルの構造は、原料の投入シュートとタイヤ型の3個のローラと凹型の回転するテーブルからなる破砕部を上部に備え、回転テーブルの上下動と破砕力を与えるための環状油圧シリンダ部と、電動機の動力を伝達する減速機と、この減速機とテーブルの主軸を特殊継手を介してテーブルを回転させている駆動部からなっている。投入シュートやローラ部を上部フレームで構成し、回転テーブルや環状油圧シリンダ部を下部フレームに、他の減速機などはロアベースから構成し、ユニット式構造としている。

オーロラミルの断面構造を図3に示しており、その作用を説明すると、原料は投入シュートから水平回転するテーブルの中心に落下させ、落下してきた原料は、遠心力によりテーブルの外周方向に移動し、原料は3個のローラとテーブルの凹部の間で挟まれ破砕された後、テーブル全域の外周部から落下して排出シュートを経て搬送コンベアに到達する。なお、テーブルは図3に示す皿型と碗型があり、処理物の物性に合わせた形状を選択することとしている。

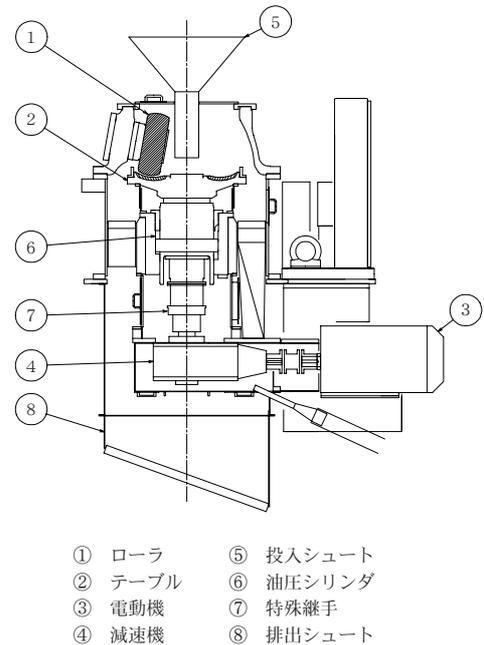


図3 オーロラミルの構造図

Fig. 3 Structure of AURORA MILL

表1 オーロラミル能力表

Table 1 Capacity of AURORA MILL

型番	供給量 トン/h	原料粒度別砕砂生産能力 トン/h			電動機 kW
		2.5~5mm	0~13mm	0~40mm	
A-VX150	60	40~45	37~40	34~37	100~250
A-VX300	140	88~98	80~90	71~82	250~400
A-VX500	220	130~150	118~143	103~123	450~750

注1. 能力は見掛比重1.6で乾いた適正粒度の原料を連続供給した場合の標準的な値を示す。

注2. 上記能力値は、使用条件などにより変わる場合がある。

### 3.2 特長

オーロラミルの特長を以下に示す。

#### 1) テーブル昇降機構の採用・構造のシンプル化

ローラ軸を上部フレームに固定し、テーブル部を上下可動させて間隙調整を行う方式を採用したことにより、ローラ軸取付部が簡素化され、低コスト化を実現した。

#### 2) 操作性の向上

運転中、常にローラとテーブル間の間隙が一定値になるよう制御することにより、一定破碎層厚を維持することが可能になり、微粉の発生量低減化、産物粒度(FM値)のコントロールがスイッチ操作でできるようになっている。

#### 3) 砕砂生産能力の向上

テーブルの回転数を上げ、テーブル支持力を大きくすることにより、処理能力が向上し、同一サイズのテーブル径をもつ従来機と比較して2倍の生産能力を発揮する(当社比)。

#### 4) 耐摩耗部品の低コスト長寿命化

ローラおよびテーブルの摩耗部は、新しく開発した高硬度、緻密組織の硬化肉盛(高Cr系)を使用しており、長寿命化を図っている。

また、摩耗した部分を再肉盛することにより、ローラおよびテーブルを数回再使用することができ、ランニングコストを下げることができる。

ローラが上下に揺動しないので、ローラの固有振動による偏摩耗が発生せず、長寿命であり、破碎効率も高い。

#### 5) 優れた粒形の砕砂生産

圧縮、せん断作用による原料同士の擦り合わせ現象により、砕砂粒形判定実積率がJIS規格(53%以上)を大幅にクリアする砕砂の生産が可能である。

砕砂粒形判定実積率：57～60%

#### 6) 全周排出構造

製品はテーブルから搬送コンベア上に直接落下するため、製品排出スクレーパは不要となっている。従って、スクレーパ部の消耗部品および製品の掻き取りに伴う動力消費がなくなり、ランニングコストを下げることができる。

また、従来は排出シュートの位置によって制限された搬送コンベアの配置を自由に設定することができる。

#### 7) 据付が容易なユニット構造

本体やモータなど一式がユニット化されているため、据付が容易であり、設置面積も小さい。

#### 8) 低振動・低騒音

ローラとテーブルが接触せず、加えてローラが上下に揺動しないので、圧縮とせん断による合理的な破碎原理となっており、低振動・低騒音で良好な作業環境を維持し、周囲の環境保全に貢献することができる。従って、公害対策費用もほとんど不要である。

#### 9) 高水分含有原料の破碎が可能

高水分を含んでいる原料の破碎が可能であり、湿式製砂設備でも適用可能である。

### 4. 風力分級機の構造と特長

#### 4.1 構造

図4に風力分級機の模式図を示す。スプレッダなどにより幅広の薄い層に広げた原料をベルトフィーダから分級機上部に供給し、重力落下する原料の前方水平方向から送風して、ある粒径グループごとに確率的に分離する。水平方向に飛ばされる原料は、粗粒が手前の粗粒室に、細粒が遠方の細粒室に落下し、回収される。各室の粒度調整は可動式仕切板の角度、風量などを変えることにより対応する。分級機を通過したダストを含むエアはサイクロンに送られ、ダストの回収を行う。

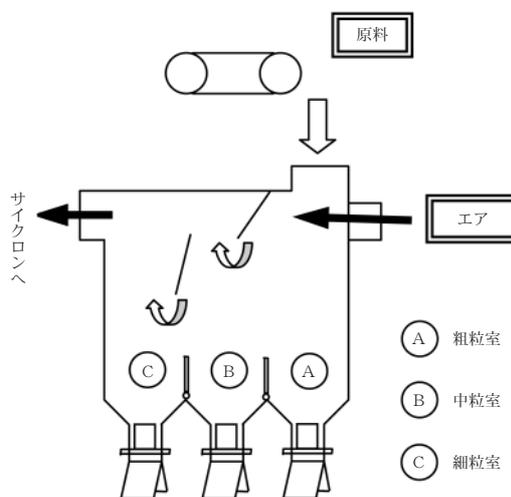


図4 風力分級機模式図  
Fig. 4 Schema of air classifier

#### 4.2 特長

風力分級機の特長を以下に示す。

##### 1) シンプルな構造

駆動部のないシンプルな構造のため、他の分級装置に比べ使いやすく、かつ安価である。

##### 2) 産物粒度(FM)調整が容易に可能

各室を分けている仕切板角度や風量の調整により、各室に回収される原料の粒度分布をコントロールできるようになっている。また、それぞれの室の中にも可動式仕切板が設けてあり、回収する製品の粒度を任意にコントロールできる。

##### 3) 分級効率の向上

分級機内のエアの通り道に邪魔板を設けており、分級効率の向上を図っている。

#### 4.3 性能

さまざまな粒度の砕砂に対して実施してきたテストデータの一例を表2に示す。

表3は風力分級機のサイズ別能力値を示す。ただし、この能力値は各粒度条件により変化する。

表2 粒度別配分率  
Table 2 Partition rate classified by particle size distribution

ふるい目	+2.5mm	+1.2mm	+0.6mm	+0.3mm	+0.15mm	-0.15mm	合計
原料粒度	11.4	35.7	21.0	10.9	8.6	12.4	100.0
A粗粒	11.4	28.1	6.5	1.3	0.7	1.8	49.8
B中粒	-	7.6	8.1	1.4	0.6	0.9	18.6
C細粒	-	-	6.4	7.7	4.9	3.0	22.0
Dダスト	-	-	-	0.5	2.4	6.7	9.6

表3 風力分級機能力表  
Table 3 Capacity of air classifier

分級機サイズ mm幅	供給量 トン/h
1200	20~40
1500	30~60
1800	40~80
2100	60~120

## 5. おわりに

はじめに述べたように、安定供給ができる砕砂の需要が今後さらに高まっていくと考えられる。本システムを使用することにより、余剰砕石、あるいは今まで未利用であった天然砂利中の不要粒などを砂として再生するなどの利用法も考えられ、幅広いニーズに対応可能となっている。

今回、新しく開発した乾式砕砂生産システムを紹介した。今後さらに実験と改良を重ね、本システムの性能をより高めていく考えである。

## 執筆者

畑中 治

Osamu Hatanaka

平成9年入社

破碎機的设计に従事



## 用語解説

### ジアシルグリセロール(Diacylglycerol)

多くの天然油、例えばオリーブ油、コーン油、紅花油などに含まれる天然成分であり、体に脂肪がつきにくい油として最近市場に出回っている。

一般の食用油の主成分はトリアシルグリセロールであり、人間が生きていくために必要な脂肪3つがグリセロールという物質と結びついた物で、これは、腸から吸収される時に一度バラバラに分かれるが、吸収された後またトリアシルグリセロールに戻ってしまっただけで中性脂肪となる。しかし、ジアシルグリセロールは脂肪2つ+グリセロールという構造であり、腸からの吸収後もバラバラのまま体内で中性脂肪に再合成されにくい特徴がある。ただし、脂肪がつきにくい油だからといって、摂りすぎて良いわけではなく、この油を摂っていればお菓子や肉をたくさん食べてもやせられるというものでもない。あくまでも、基本的な食生活を心がけた上で効果が期待できるものである。