

品質の良いコンクリートを造るために 骨材生産プラント

寺岡 敏男

コンクリート用の骨材生産は原石採取時の大きな原石を1次破碎で粗割りし、2次3次破碎で細かく砕いて製品とする。さらにロッドミルなどの機械を使用して砕砂を生産する。その過程には種々の管理すべき項目や考慮すべき点が含まれ、コンクリートの品質に影響を与えている。本報はそれら品質の良い骨材を生産するために必要な事柄を項目別にまとめたものである。

キーワード：骨材生産、粗骨材、細骨材、粒度、FM、実積率、有機不純物、原砂、扁平

1. はじめに

品質の良いコンクリートを造るために良い材料が必要な事は当然であり、良い原石を採取する事が最も大切ではあるが、ここでは骨材製造過程において品質向上が期待できる項目について述べる事とする。表—1は機械的に品質向上が可能な項目を列挙したものである。

表—1 機械的に骨材の品質を向上させる事が可能な項目

掲載No.	品質に影響を与える骨材の項目	機械的に対策可能
2.	粒度	○
3.	実積率	○
3.	吸水量	△
4.	骨材中の密度 1.95 g/cm ³ の液体に浮く粒子	○
4.	細骨材の有機不純物	○
5.	粗骨材中の軟石量	△
5.	骨材中に含まれる粘土塊量	△
5.	塩化物含有量	○
5.	微粒分量	○
	比重	×
	すりへり減量	×
	耐久性	×
	アルカリ・シリカ反応性	×
	骨材の圧縮強度	×

○：機械的に品質向上が可能な項目

△：ある程度向上可能だが技術的に難しい項目

×：機械的に対応不可能な項目

2. 粒度について

(1) 粗骨材

粗骨材は原石を破碎した後スクリーンにて篩い分けられ粒径別に 80～40 mm や 40～20 mm などをストックされる。スクリーンには篩分け効率があり、材料に粘性がないとした場合でも材料中の網目以下のものを 100% 篩い分ける事はできない。篩分け効率は網目より粒子の大きさが極端に小さければ効率は限りなく 100% に近づくが、網目に近い大きさだとなかなか篩い分けられず効率は落ちてくる。このため JIS の単粒の粒度の規定では 5～15% のオーバーサイズやアンダーサイズを許容している。計画段階でこの効率を考慮する必要はないが、運用段階では設定網目 + 1～5 mm 程度の大きな網サイズを選定し、そうする事で各サイズにストックする粒度をコントロールし粒度を規定値内に収めるよう管理する。ただしスクリーンは時間がたつにつれ磨耗により網目が大きくなってきたり、ひどい場合には穴が開いたりするため、日々のメンテナンスは非常に重要となる。

次に乾式設備の場合は原石中の水分に注意が必要である。原石中の水分量が多いとスクリーンを詰まらせ、篩分けができなくなってしまう。通常砕石工場では 1 次破碎設備で粗篩したアンダーサイズ (100～150 mm) をスクリーンにかけ、40 mm 以下をズリ抜きし粗骨材として使用しない。これは原石中の微粒分にダストが多量に含まれ、5 mm 以下の網目を詰まらせ機能を低下させるためである。ズリ抜きを行い、雨水などの浸入を防ぐ対策を施した原石は、2～2.5 mm まで乾式で篩い分ける事が可能である。

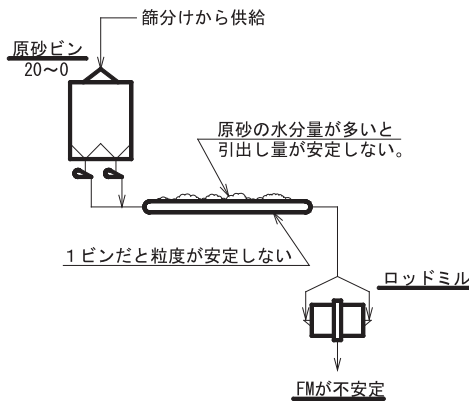
品質とは関係ないが乾式設備の場合には粉塵の発生が多いため各設備を建屋で覆ったり、集塵機を設備するなどの対策が必要になり、ダム工事などで使用する場合湿式に比べ決して安価ではないため、その現場の条件を良く踏まえ検討すべきである。

(2) 細骨材

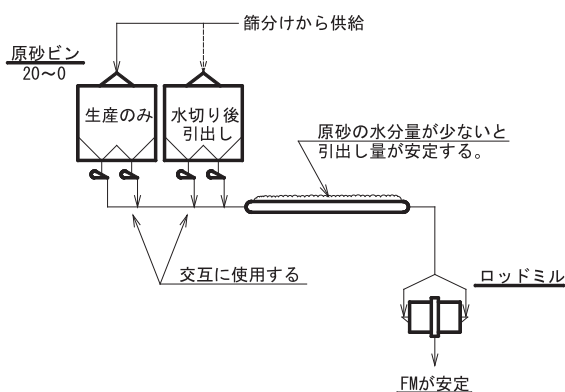
表—2 に示すように細骨材の生産に最も影響を与えるのは原砂である。原砂の生産は篩分けで行われるが、この時かなりの水分を伴って原砂に供給される(図—1)。しかしこのような一般的な場合、ロッドミルに供給する原砂が水の影響により引出し量が不安定になり、結果としてFMを一定値に保つ事が難しくなる。そこで図—2のように原砂ビンに2ビンに分け、原

表—2 細骨材を湿式で生産する場合の粒度に対する影響度合い

調整場所	調整項目	FM小	FM大	影響の大小
		細くなる	粗くなる	
原砂	粒度	細かい→粗い		大
	ロッドミルへの供給量	少ない→多い		大
	水量	少ない→多い		小
	ロッド量	多い→少ない		中
分級機	水量スラリー濃度	少ない→多い		小



図—1 一般的な原砂引出し



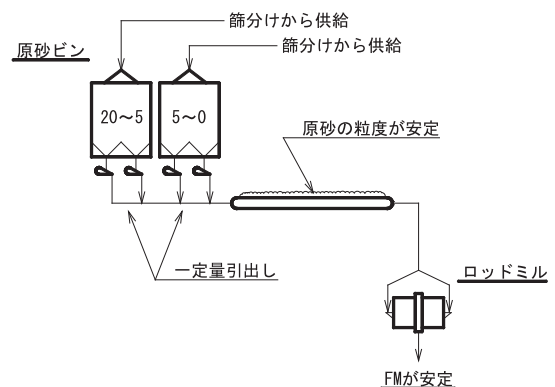
図—2 原砂引出し量を安定させる方法

砂を生産し貯めるだけのビンと、ロッドミルに供給するビンに分け、交互に使い分ける事により原砂の供給量を安定させる方法がある。原砂の場合粒度が粗いため1~2時間も置けば水が切れ、安定した供給が可能となるため、昼休みを挟んで交互に使っても安定供給の効果が期待できる。ただ最近ではコスト面から採用される事は少なくなった。

湿式での細骨材の生産は通常ロッドミルを使用する。粒度の調整は表—2 に示すように水量<ロッド量<粒度・ロッドミルへの供給量の順で影響が大きく、まず原砂の供給量を一定に保つ事が大切である。ロッド量はできた製品を見ながら量の調整を行い目標粒度に近づけるよう管理する。ロッドミルから排出された細骨材は分級機で水と分離し製品として貯蔵するが、この状態では水分量が多く細骨材に含まれる水分だけで、コンクリートの使用水量を超えてしまうため、24h~36hの水切り時間を設定する。このためダムでのストック量の規定は最大打設月の日平均の3~5日分と規定している。しかし最低の3日分では最大打設日に対応できないため最低でも4日分が必要で、できれば最大打設日に使用する細骨材量に見合ったストックが必要である。

分級機の選定も品質に大きく影響する。最近の傾向として水平式バケット排出型が多く使用され、微粒分の回収に威力を発揮している。また水切りスクリーンが付いているため生産直後の水分量が、16~18%とスパイラル式の25%程度に比べかなり低く抑えられ、水切り時間を短縮できる。

また原砂の粒度を安定させる試みもある。図—1の方法だと原砂を貯める段階で分離が生じ、上述のように供給量の不安定さと同時に粒度も不安定となる。このため図—3のように原砂を20~5mmと5~0mmの2山設備しそれぞれを一定割合で引き出す事で、ロッドミルへの供給粒度を安定させる方法である。



図—3 原砂粒度を安定させる方法

この場合もコスト面から採用される事は少なくなったが、最近ではTダムで採用されている。

乾式の製砂設備でFMを調整できるのはローラーミルしかないが、かなり高額となる。他の機械はロッドミルも含めてFM調整が困難となる。全ての機械で共通している事は、破碎後の製品に多量の+5mmが含まれている事で、このため製品を5mm網のスクリーンに投入し、+5mmを原砂に戻す設備が必要になる。一般の砕石工場では細粒分が多く含まれた、1次破碎でズリ抜きしたものを原砂として使用したり、-2.5mmの細砂を混合して製品として出荷している。また機種によっては、原砂の粒度を-13mmとしなければならず、4次破碎が必要になる。このためダム工事での乾式製砂の例は少ない。

3. 実積率について

(1) 粗骨材

粗骨材の実積率に影響を与える要因としては骨材の扁平がある。扁平率が大きいと実積率は下がり、扁平率が小さいと上がる。図-4のような一般的な単粒子破碎の場合、同一方向に亀裂が入り扁平の製品ができやすい傾向がある。扁平率を小さくする方法として、図-5のようにクラッシャ内での石同士の層圧縮破碎を期待する方法がある。これは破碎室内で処理原料が層状になるように原石を供給する事により、原石相互間に圧縮作用が生じ、扁平部分が優先的に破碎される事を利用している。この破碎方法は主にコーンクラッシャの場合だが、ジョークラッシャでもそのような破碎を目的とした機種が出てきている。

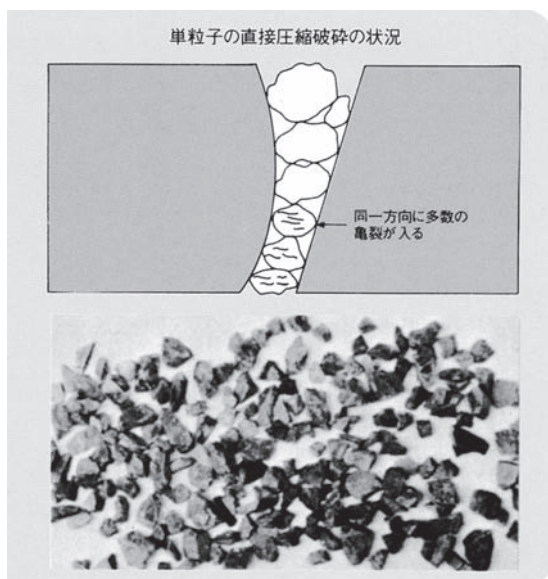


図-4 一般的な単粒子破碎¹⁾

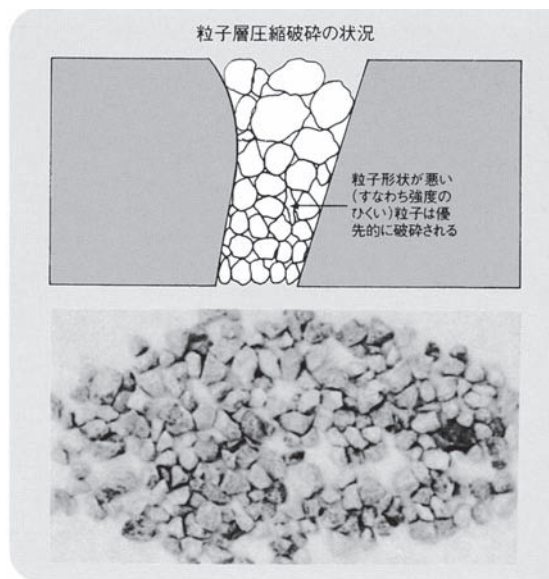


図-5 層圧縮による優先破碎の状況²⁾

次に衝撃破碎をする事によって丸みを帯びた石に改善する方法がある。インパクトクラッシャ(写真-1, 図-6)や立型衝撃式インパクトクラッシャ(写真-2, 図-7)がこれに当る。Nダムでは立型衝撃式イン

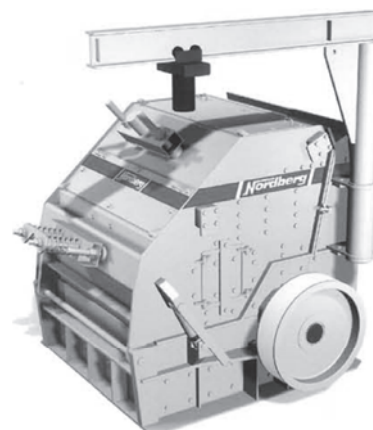


写真-1 インパクトクラッシャ³⁾

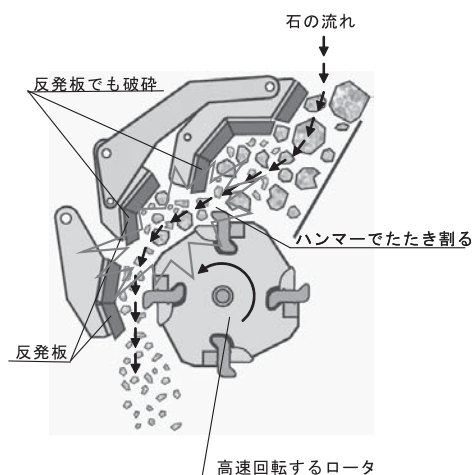
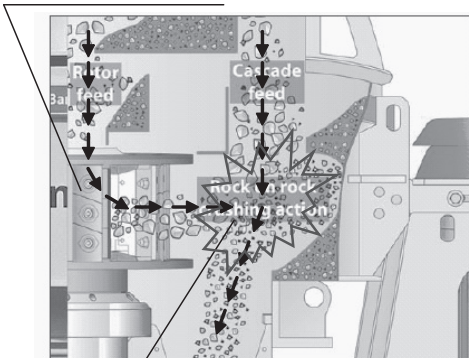


図-6 インパクトクラッシャ破碎状況⁴⁾

写真一 立型衝撃式インパクトクラッシャー⁵⁾

高速回転するロータ



遠心力で弾き飛ばされた石が周囲の石とぶつかり合い相互破碎を起こす

図一 立型衝撃式インパクトクラッシャー破碎状況⁶⁾

パクトクラッシャーを使用した実績があり、40～20 mmと20～5 mmの粗骨材の実積率が約3%改善している。

(2) 細骨材

細骨材の実積率を上げる方法は、まず2. 粒度について述べたようにFMの管理を徹底して行き粒度を安定させる事が最も大切である。しかしさらに高品質の砕砂を得るため、立型衝撃式インパクトクラッシャーを使って粒径改善を行った例がある。ロッドミルでFM3.0程度に粗割し、その全量を立型衝撃式インパクトクラッシャーに投入して粒度をFM2.7前後に調整すると同時に粒径の改善を行う。この方法もNダムでの実績があり、実積率で2%程度の改善が見られた。また最近Tダムでも採用している。

(3) 工事事例

表一3にNダムでの事例を示す。これを見ると実

積率以外にも吸水率の改善も見られる。これは品質の悪い骨材が優先的に破碎され、洗い流された結果と考える。

表一3 Nダム立型衝撃式インパクトクラッシャー導入前後の実績⁷⁾

骨材区分	試験項目	粒径改善前	粒径改善後
40～20 mm	表乾比重	2.59	2.59
	吸水率 (%)	0.39	0.32
	実積率 (%)	56.9	59.8
40～20 mm	表乾比重	2.59	2.59
	吸水率 (%)	0.39	0.32
	実積率 (%)	57.4	60.4
40～20 mm	表乾比重	2.47	2.56
	吸水率 (%)	1.00	0.26
	実積率 (%)	65.4	67.1

4. 骨材中の密度 1.95 g/cm³ の液体に浮く粒子及び細骨材の有機不純物について

(1) 粗骨材

骨材中の密度 1.95 g/cm³ の液体に浮く粒子はもっぱら原石の品質による所が大きく、それらを除去するためには原石採取時の施工管理をしっかりと行い、不良岩や表土の混入を避けなければならない。また1次破碎設備に選別設備を設け20～40 mmアンダーを除去する方法や、Mダムでは有害物質を除去するためであったが、洗浄設備で分級機から出てくる-10 mmを廃棄した。

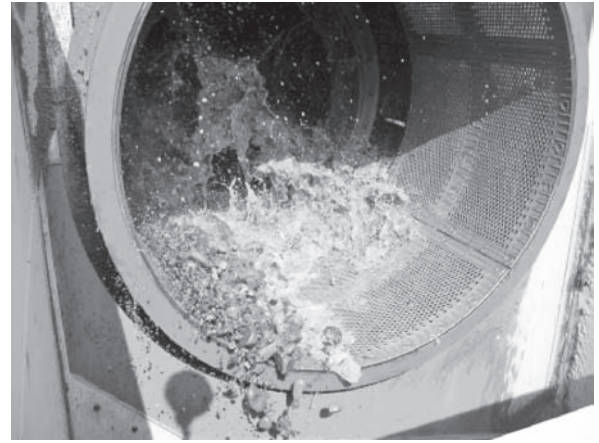
木片など比重の小さなものはバケット式やベルト式のゴミ取り機(写真一3, 4)で除去する。これは水流により比重の小さな木片やビニール類などを選別除去するもので、40 mm以上の処理にはベルト式を使用し40 mm以下にはバケット式を使用する。使用方法としては単粒(40～20 mmや20～5 mm)で使用するのが基本である。200～0 mmなどの微粒分まで含まれる材料を処理しようとする、微粒子も弾き飛ばしてしまいロスを考慮する必要がある。水中に長く存在していた木片など比重の高いものや、大きなゴミ



写真一3 ベルト式ゴミ取り機



写真一4 バケット式ゴミ取り機



写真一6 スクラバ排出側トロンメル

の除去は難しいが、水流の調整や投入粒度の設定などを適切に行えば、かなりの効果が期待できる。

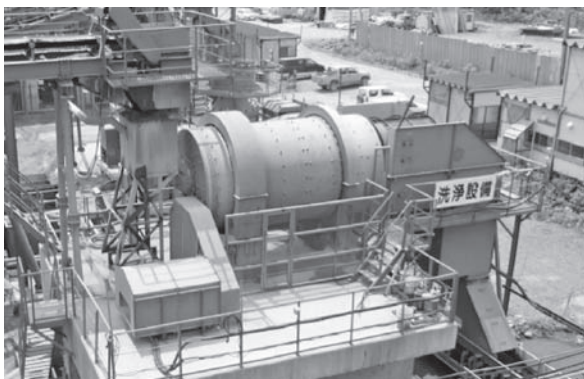
(2) 細骨材

粗骨材と同じく原石の品質による所が大きいですが、細骨材を生産する場合それらが優先的に破碎され、ダストとして分級機で除去される事を期待する 경우가多い。当然の事だが100%除去される訳ではなく、試験による検証が必要となる。ベルト式やバケット式に分級機には掻き上げた段階で軽い材料を除去する機能が付いているものもある。

有機不純物の除去は原砂段階での除去が必要である。上記粗骨材のゴミ取り機を使用して5mm以上の原砂に含まれる有機物を除去する事が可能である。5mm以下については原砂生産時に水洗いを徹底する事により除去する。

5. その他

塩化物・粘土分や微粒分の除去は水洗いが有効である。不純物の多い場合は1次サージ直後にスクラバでの洗浄を行い(写真一5, 6)、篩分けのスクリーンで



写真一5 スクラバ

再度水洗いを行い除去する。

軟石に関しては実積率の項目で述べた粗骨材の対策(軟石を優先的に破碎)が考えられるが、除去されるのは水で洗い流される程小さく破碎された場合で、その除去効果は限定的である。これも原石採取時点で、極力軟石の混入を防ぐ事が大切である。

6. おわりに

骨材の品質を高めるには良い原石を選定する事が大切であるが、最も重要な事は日々の運転管理に注力する事である。世の中が進み色々な機能の機械が開発され、良い品質の骨材を得る手段が増えている事は事実である。しかし日々の管理を怠るとどんなに優秀な機械を使っても、良い品質の骨材を生産する事は不可能である。骨材生産は他のもの作りと同様、人が造ると言う認識に立ち人材育成に力を注ぎ、技術力の研鑽と継承を行っていくことが最も重要であると考え、今後も業界の発展に努めていく所存である。

JCMIA

《参考文献》

- 1), 2) アーステクニカ オートファインクラッシュカタログより
- 3) ~6) メツォ ミネラルズカタログより
- 7) 「ダム日本」No.621号(1996年7月号)(助)日本ダム協会 P14表一9 骨材物理試験結果より

【筆者紹介】

寺岡 敏男(てらおか としお)
 (株)大阪砕石工業所
 設計部
 部長

