

碎石の重液選別について (第1報)

愛媛大学工学部 正員 江沢政男

1. まえがき

わが国では従来、コンクリート用骨材などに川砂利が広く利用されていたが、近年、都市周辺などの河川で川砂利の採取が規制されるなどの理由から、川砂利に代る碎石の重要性が増してきた。国としても川砂利のウエイトを漸減し、碎石の占める比率を、少くとも昭和45年には50%ぐらいに高めて行く目標で、碎石の積極的開発が叫ばれている。

この碎石プラントを設置するに際しては、原石山の岩質、採掘上の諸条件、需要地への輸送条件などが問題になるが、この原石山から採掘した碎石の中には、例えばコンクリートに対して有害と考えられる軟質の岩石片が混っていることがある。この軟質の岩石片というのは ①本来、固結度の弱いものと ②風化作用などによつて軟質となつたもの などがある。従つて原石山を選定するに当つては、この軟質岩石の含有割合に充分、注意を向けなければならない。しかし、一度、開発を進めた原石山の碎石に、このような軟質の岩石片が相当、多くなれば、これを選別、除去して品質の向上を計らねばならぬ。ところで、このような軟質の岩石片は一般に比重が小さいが、風化などしていない強靱な岩石片は比重が大きいという差があるので、この軟質の岩石片を選別、除去するには、この比重差を利用することが考えられる。筆者は、この碎石、あるいは砂利などの原石から軟質の岩石片を選別、除去して品質を向上する方法として、松山市郊外の一碎石について、重液選別(Heavy media separation, または浮沈選別 Sink and float separation)の適用を考えてみた。

2. 砂利、碎石の選別

現在、一般に選別というと、砂利、碎石の篩分け、すなわち規定の粒度に篩い分けて製品別にすることを指すが、こゝで「選別」というのは前述の通り、「砂利や碎石の中から軟質の有害な岩石片を選別、除去して品質を向上すること」を指すものとする²⁾。

この選別を機械的に行うこと、すなわち機械的選別法には「ジグ」という機械がある。急激に上下運動する水の中で比重の大きい粒子と比重の小さい粒子に分離するのであるが、粒子の比重だけでなく、粒子の大きさの影響も受けるので、若干、難点がある。しかし経費は安上りである。この従来からのジグも再認識されている実例がある²⁾。また、砂の選別にスパイラル選別機が試みられている³⁾。

これらの方法に対して最近、注目されているのが重液選別法である⁴⁾。その原理は例えば砂利と木屑の混つたものを水中に投ずれば、木屑は浮き、砂利は沈んで分離されるのと全く同じであつて、中間比重の液(重液, heavy media と呼ぶ。珪素鉄(比重6.5位)や磁鉄鉱(比重5.2)の微粉末を水に混ぜた懸濁重液)によつて、比重の小さい岩石片は浮き、比重の大きい岩石片は沈んで分離するという方法である。砂利や碎石の重液選別が初めて実際に行われたのは1948年、カナダであつて、碎石(比重2.65)に混入する頁岩(比重1.8~2.3)を分離、除去した。この重液選別で得られた良質の碎石を使用すると、コンクリートの圧縮(曲げ)強度が325(44) $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ から338(60) $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ に向上した。ついで1952年、アメリカで Dravo Corp. が川砂利に適用し、現在では数多くの実

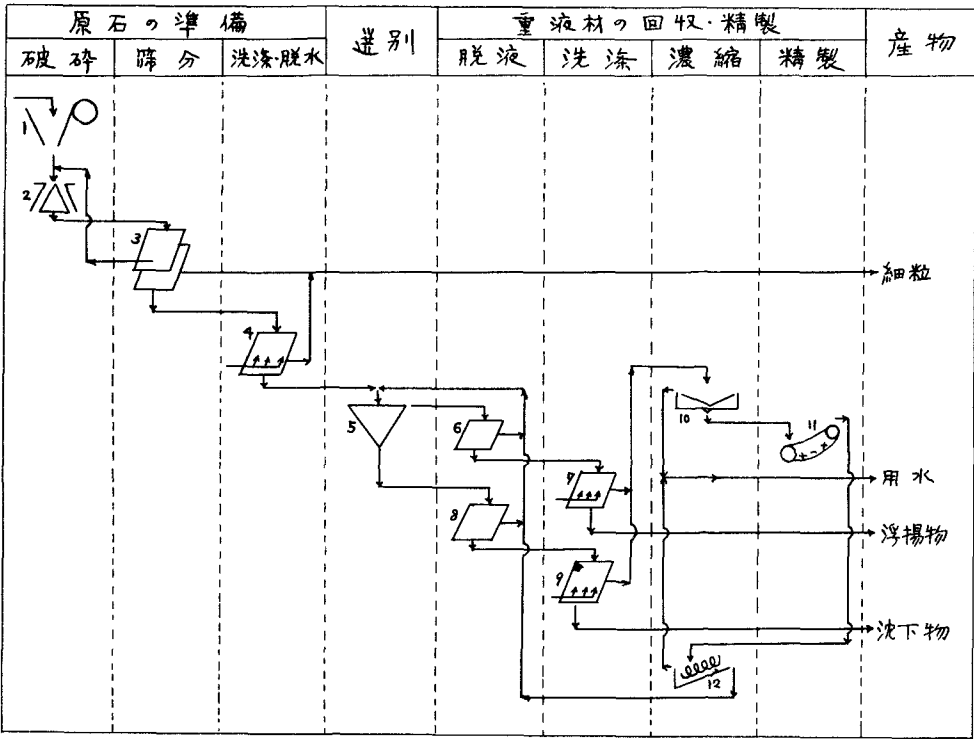
施例がある³⁾。

また、ソ連でも 1961 年、モスクワに近いドミトロフ碎石場で実用化された。原石から重量で 15 %の有害岩石(主に粘板岩)を除去し、コンクリートの圧縮強度は 424 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ から 497 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ に向上した⁴⁾。また、ドイツにおける近況も発表されている⁵⁾。

以上、述べた ジグ、スパイラル選別機、重液選別法などは本来、鉱山関係の選鉱技術として近年、著しい発達を遂げたものであつて、特に重液選別法は 1936 年、アメリカの鉛亜鉛鉱山で初めて工業化され、その後、長足の進歩を、とげて、現在は殆んど全ての種類の鉱石について実施され、選鉱技術の分野に大きな革新をもたらしたものである。南アフリカでは、ダイヤモンドに適用されているなど、注目すべき実例に富んでいる。

この重液選別の操業系統図(フローシート)は図-1に示す通り、原石を所要の粒度に破碎(1)、(2)、

図-1 重液選別フローシート



篩分け(3)してから洗滌(4)し、これを選別槽(5)に投入して浮揚物と沈下物に分離し、それぞれを脱液(6)、(8)、洗滌(7)、(9)し、重液材(珪素鉄、磁鉄鉱)を回収、精製(10)~(12)して、くりかえし使用するという標準化された方式である。この内、破碎、篩分けなどは碎石プラントの操業と全く同じで共通するところが多い。また、重液選別で処理可能な粒度範囲も従来は 30~5 mm ぐらいとされていたが、最近サイクロンなどを使用して、1~2 mm 位まで処理可能となつてきた²⁾。

3. 実験方法、結果および考察

松山市郊外の、ある碎石プラントから表-1に示すような3種類の碎石と川砂利(何れも主に砂岩)

を採取して試料とした。まず、粒度別の全粒子

について粒形(図-2)を遊動顕微鏡によつて測定したところ、表-2, 3を得た。川砂利に比べて、碎石の扁平さは、それほど、ひどくないが、細長いものが相当に多い。

次いで直示天秤によつて全粒子の比重を表乾状態で測定した

ところ、表-4に示すような結果を得た。比重2.3以下というのは非常に多孔質で軟質なものであつて、比重2.4付近から頁岩の混入が目立っている。また、原試料から別に、純粹に近い砂岩と頁岩の粒子を20~30個、とり出して比重を測定したところ、砂岩2.70~2.43、頁岩2.61~1.93となつた。表-4で、砂利、碎石、ともに比重2.5~2.7の範囲のものが全体の94~75%を占めているが、碎石は粒度が細くなるほど、比重2.4~2.5のものが多くなつていて、特に5~2.5mmの粒度では全体の20%近くになつてゐる。従つて重液選別の分離比重は2.4~2.5の辺りに考えるのが妥当であらう。この粒度5~2.5mmのものについて分離比重を2.4とすれば、2.4±0.1の近似比重範囲のもの(重液選別の困難度)は約21%重量となる。

なお、この碎石プラントでは最近、とくに原石中に頁岩などの混入が多くなり(原石山の岩質の変化による)、これについても、現在、実験を進めており、次の機会に発表したい予定である。そのときに、もっと明確な結果が得られるものと期待している。

表-1 供試々料 (碎石)

粒度 mm	個数	粒比重 ρ_v	バルク比重 ρ	空隙率 $\varepsilon = 1 - \frac{\rho_v}{\rho}$
20~10	390	1.487	2.61	42.9%
10~5	199	1.407	2.61	46.0
5~2.5	251	1.420	2.58	45.0

図-2 粒形

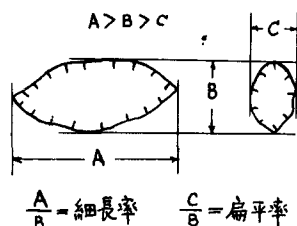


表-2 碎石(20~10mm)の粒形

$\frac{A}{B}$	1.7以下 良好	1.7~2.0 やや細長い	2.0~2.5 細長い	2.5以上 非常に細長い	計
個数	113	12	6	4	135
%	83.7	8.9	4.4	3.0	100.0

$\frac{C}{B}$	0.7以上 良好	0.7~0.4 やや扁平	0.4~0.2 扁平	0.2以下 非常に扁平	計
個数	53	62	20	0	135
%	39.3	45.9	14.8	0	100.0

表-3 粒形 (%は個数の%)

	砂利 25~5mm	碎石 石		
		20~10mm	10~5mm	5~2.5mm
$\frac{A}{B} > 1.7$ 細長いもの	2.2%	16.3%	17.0%	17.9%
$\frac{C}{B} < 0.7$ 扁平なもの	53.3%	60.7%	60.0%	62.1%

表-4 粒度別の比重構成

比重	砂利		碎石 石							
	25~5mm		20~10mm		10~5mm		5~2.5mm			
	個数	%	個数	%	個数	%	個数	%	個数	%
-2.30	2	1.0	11	2.8	8	4.0	3	1.2		
2.30~2.40	1	0.5	2	0.5	0	0	8	3.2		
2.40~2.50	6	3.0	8	2.1	18	9.0	44	17.5		
2.50~2.60	65	32.7	64	16.4	103	51.8	123	49.0		
2.60~2.70	109	54.8	303	77.7	69	34.7	64	25.5		
2.70~2.80	15	7.5	2	0.5	1	0.5	8	3.2		
+2.80	1	0.5	0	0	0	0	1	0.4		
計	199	100.0	390	100.0	199	100.0	251	100.0		

参考文献

1)~8) 省略