

[26] コンクリート廃材から再生産されたコンクリート用骨材の性質について

正会員 ○ 田野口耕一 (京阪コンクリート工業技術部)

畑 実 (京阪コンクリート工業技術部)

荒 川 均 (京阪コンクリート工業技術部)

正会員 西 堀 忠 信 (大阪市立大学工学部)

1 ま え が き

老朽化のためまたは社会的な変化のため、毎年多くのコンクリート構造物が取り壊され再び新しい構造物が建設されている。コンクリート構造物が取り壊されるときには多くの廃材を生ずる。社会資本の充実が急務と考えられていた時代には、これらの廃材となったコンクリートの多くは埋め立て用の材料として用いられ、新たに利用価値の高い土地を作り出すなどの貢献をしてきた。しかし、高度に工業化が進み、新たな開発は環境との関連を考慮することなくしてできなくなった現在では、取り壊されるコンクリート構造物の近くにコンクリート廃材を投棄できる場所を得ることは困難になってきているものと考えられる。一方、砂防工事の進んだ我国においてはコンクリート用骨材として天然産のもの利用は少なく、ほとんどは碎石にたよるを得ない。比較的石材資源に恵まれている我国においても、石材の生産はやはり環境に対する配慮が必要である。したがって骨材の入手が容易であるとは言い難い。

この2つの問題の解決法の1つとしてリサイクルが考えられる。コンクリート用骨材は強硬で、物理的にも化学的にも安定であることが要求されている。したがって、廃材となったコンクリート中の骨材をセメント硬化物と分離することが可能であれば、コンクリートから骨材を取り出しこれを利用できるであろう。しかしながら、1昨年より行なってきた実験の結果、セメント硬化物の1部は骨材と強く付着しており、骨材が破砕する程のエネルギーを加えてもなおセメント硬化物は付着していることが確かめられた。もし、付着しているセメント硬化物が骨材と同程度の強度と耐久性を有しているとすれば、このようなセメント硬化体の付着している骨材もまた、骨材として再利用が可能であると考えられる。しかしながらどの程度の、どのようなエネルギーを加えてなお付着しているセメント硬化物を骨材と同等程度と判断するかが問題である。

本研究は、コンクリートを破砕後、種々の処理を行なった場合に残存するセメント量の推定と、セメント硬化体の付着した骨材の物理的な性質を実験によって確かめ、コンクリートから再生産された骨材の再利用の可能性を処理方法との関連で検討したものである。

2 実 験 方 法

コンクリート廃材から骨材を生産するシステムを図-1に示す。図中に示した破砕機はインパクトクラッシャー、粗骨材の再生機は骨材に衝撃力、圧壊力および摺り合せ作用を与えるように開発した機械であり、細骨材の再生機は衝撃と摺り合せ作用を与えるような機械である。粗骨材用の分級機はスクリーン、細骨材用は風フルイを用いた。

また図中に示した細粗骨材は5mm以下および5mm以上の粒を、細砂は風フルイで遠くまで飛んだ粒径が小さく、比重の比較的小さい粒子を、微粉は処理の各段階で集塵機によって回収された微細な粒をいう。

粗骨材は6種の処理方法によって生産した。MG0は未処理、MG1は衝撃力のみ、MG2は衝撃力と圧壊力を、MG3はMG1の処理を2度繰返したもの、MG4は衝撃力と摺り合せ作用を、MG5は衝撃力、圧壊力、摺り合せ作用を

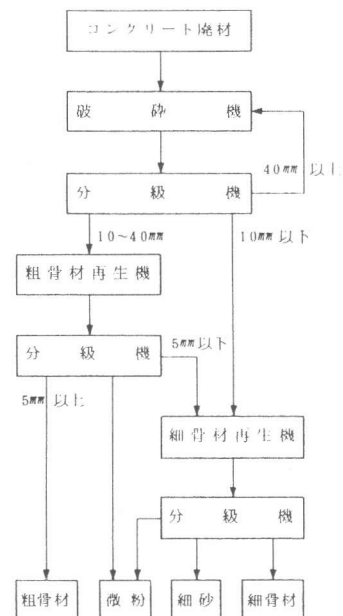


図-1 骨材の再生産システム

たものである。MG 5は2.5 t/時の処理量であったがMG 1、MG 2、MG 4はいずれも13.5t/時であり、MG 3は6.7 t/時。

細骨材も6種の処理方法によった。細骨材はインパクトクラッシャーで破砕された10mm以下の粒を原料とした。MS 0は未処理、MS 1～MS 5は細骨材の再生機を1～5回通過させ処理したものである。

本実験に用いた原料であるコンクリートはA、Bの2種で、原料Aは製品工場で製品製作に供給したコンクリートのテストピースで、粗骨材は茨木産砕石、細骨材は城陽産山砂、コンクリートの単位セメント量は平均で400kg/m³のものである。また原料Bは生コン工場で主として建築用コンクリートとして供給したもののテストピースで材料、配合は不明である。原料Aは比較的高強度のコンクリートであり、また原料Bは300kg/cm²以下の比較的低強度のものと考えられる。

実験はいずれもJISに定められた方法によった。

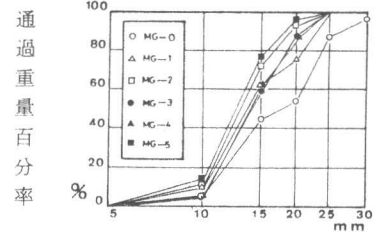
3 実験結果および考察

3-1再生粗骨材について

図-2は高強度コンクリートである原料コンクリートAを破砕し、処理して生産した粗骨材の粒度分布を示したものである。再生機による処理によって破砕された原料が粒径で $\frac{1}{2}$ 以下になっている。処理方法別によると衝撃力のみを与えたMG 1は粗粒が多く、外観上粗砕した骨材とあまり差異は認められないが、衝撃力に圧壊または摺り合せ作用を加えたMG 2～MG 5はMG 1に比較して、粒形が丸みをおびてくる。図-3～5は再生処理した5種の骨材、コンクリートを破砕したものおよび原料コンクリートに用いられた骨材の単位容積重量、実積率、および粗粒率を示す。これらの図より、破砕したコンクリートは再生処理によって粒形が改善されることが明らかであるが、粒形の改善は衝撃力のみより、衝撃力と圧壊もしくは衝撃力と摺り合せ作用とを併用する方法の方がより有効である。再生された粗骨材はモルタルの付着により砕石より比重が小さいため単位容積重量は砕石よりやや小さくかつ実積率は砕石より5%以上大きい値を示している。再生粗骨材を砕石とみなすならば、JISA 5005の規定によると実積率は55%以上であるので、今回の実験で行なった骨材は未処理のものも含めて全て規定に適合している。図-5によると、MG 1は砕石よりも粗いが、MG 2～MG 5は砕石より細かく、再生処理によって砕石の1部も破砕されたことを示している。

写真-1は再生処理を行なったMG 1、MG 5および未処理のMG 0の粒形を示したもので、処理によって角ばりが取れ、処理の時間が長ければ外観は川砂利とほぼ同じ丸みをおびたものが得られる。

図-6は再生処理した粗骨材の比重を、図-7は吸水率を示したものである。砕石の比重が2.67であるのに対して原料Aのコンクリートの比重は配合から推定して2.40であり、モルタル部分の比重は2.14である。したがって、砕石に比較して再生粗骨材の比重の小さいのは主として比重の小さいモルタルが付着していることによる。今この比重より再生粗骨材の組成



フルイの寸法

図-2 再生粗骨材の粒度

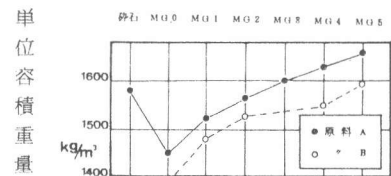


図-3 再生粗骨材の単位容積重量

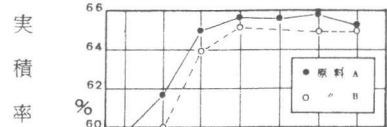


図-4 再生粗骨材の実積率

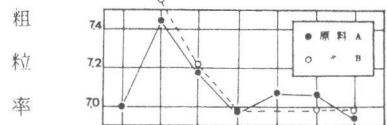


図-5 再生粗骨材の粗粒率

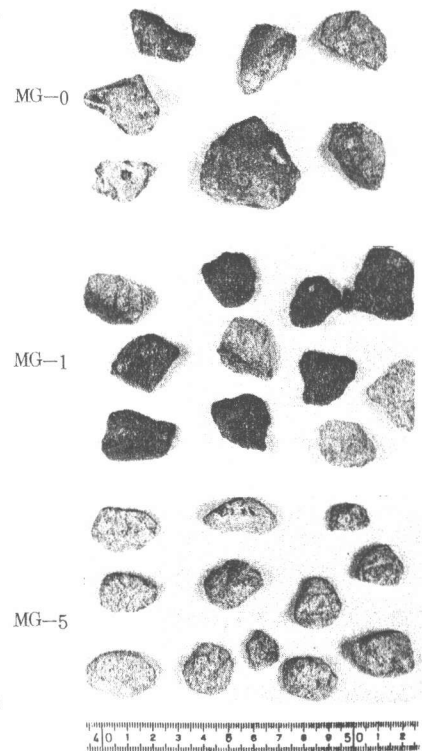


写真-1 再生粗骨材

を計算すると図-8に示すようになる。また図-8には原料コンクリートを基準とした場合の再生粗骨材の生産量も同時に示してある。図-8によると、生産量の多いものとしてMG1とMG4で原料コンクリート中の碎石の90%以上の再生粗骨材が得られている。しかしながら、衝撃力のみを加えたMG1では再生粗骨材中の44%はモルタルであり、原料コンクリート中のモルタル分5%より若干低くなっているにとどまっている。すなわち、コンクリート中の粗骨材とモルタルを分離する目的からは衝撃力はあまり有効でないことが明らかになった。それに対してほぼ同程度の生産量を示したMG4はモルタル分が30%であり、コンクリート中の碎石の65%を回収したことになる。したがって、モルタルと碎石とを分離するには骨材同志または骨材と処理機との間の摺り合せ作用が有効であると考えられる。5種の処理方法のうちモルタル量が最も少なかったのはMG5であった。しかしながら、MG5は処理に時間を要し、またコンクリート中の碎石の50%しか回収出来ない。また、衝撃力と圧壊力とを作用させたMG2とMG1を2度繰返したMG3は再生骨材の回収率が低く、かつモルタルの付着量も多い。

再生粗骨材は碎石の比重に対する規格値2.5以上に対してMG5は満足するが、他はいずれも規格値を下廻っている。しかしMG3およびMG4は処理に若干の改良を加えると比重の規格値を満足するものが得られるものと考えられる。

吸水率はコンクリートに用いられた碎石の吸水率よりも若干大きな値を示しているが、JISの規格値3%以下はいずれも満足している。吸水率も碎石よりモルタル部分の方が大きいと考えられ、吸水率の差よりモルタル量を推定しても図-8に示す比重からの結果とほぼ同じ値が得られ、この2つの測定値からも、再生粗骨材の品質は、付着しているモルタルの量に依存していることが明らかになった。

また、図-2～図-7には比較のため原料Bを用いた場合の結果を併せて示してある。原材料の品質等が明らかでないため骨材に付着しているモルタル量の推定は出来ないが、実験結果は原料Aを用いたものと同様の傾向を示し、処理方法とモルタル残存量が同じ関係にあると推定される。特に原料Aでモルタル残存量の多かったものでは、原料Bの場合その品質が著しく低いのにに対して、モルタル残存量の小さいものでは原料の碎石との差は小さい。したがって、低品質のコンクリートを原料とした場合、モルタル残存量は再生骨材の品質に著しい影響をおよぼすと考えられる。

図-9は再生粗骨材のロサンゼルス試験結果を示したものである。ロサンゼルス試験によるすりへり減量は11.4～16.4%であり、規格値40%よりかなり小さい値ですりへり抵抗の面からも再生粗骨材は碎石の規格に適合している。すりへり試験において、すりへり減量は図-8に示したモルタルの残存量にほぼ比例関係にあり、モルタル残存量の多いもの程大きい値を示している。図-10および図-11はロサンゼルス試験後の試料の比重・吸水率試験結果を示したもので、この結果からロサンゼルス試験によって

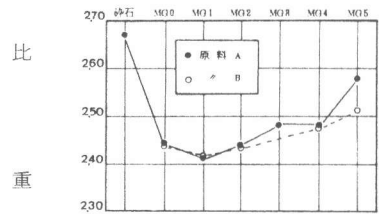


図-6 再生粗骨材の比重

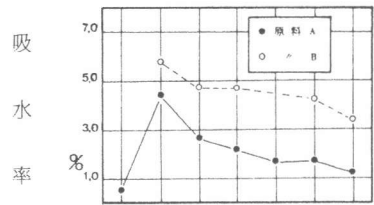


図-7 再生粗骨材の吸水率

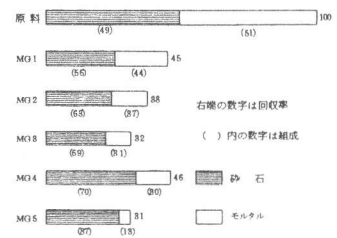


図-8 再生粗骨材の回収率と組成

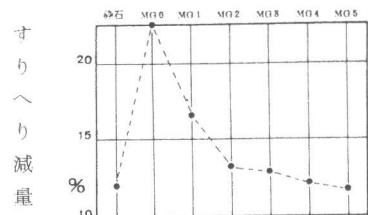


図-9 再生粗骨材のすりへり減量

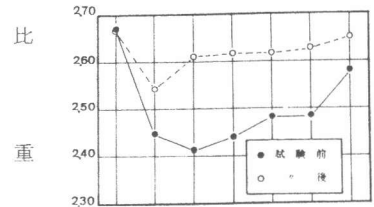


図-10 すりへり試験後の比重

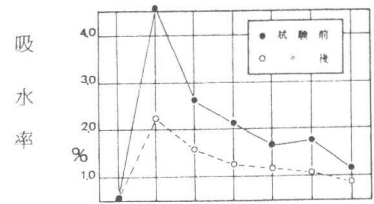


図-11 すりへり試験後の吸水率

比重・吸水率は砕石の比重・吸水率に近づくことが明らかである。したがって、先に述べたようにコンクリートから粗骨材を分離する処理としては、摺り合せ作用が有効であることを示すものと考えられる。

図-12は再生粗骨材の硫酸ナトリウムによる安定性試験結果を示したものである。安定性試験の結果はM G 1以外12%以下で砕石の規格に適合している。

3-2 再生細骨材について

図-13~図-17は再生細骨材の粒度、単位容積重量、実積率、比重および吸水率の試験結果を示したものである。再生細骨材の原料は破砕機によって破砕したコンクリートの10mm以下の粒を用いた。比重試験の結果、この原料は砕石を35%、モルタルを65%含むものと考えられる。

粒度分布は再生処理1回では未だ粗く処理を2回以上行っても大きな粒度の変化は認められない。単位容積重量および実積率の試験結果から処理回数が増すと粒形が改善されることが明らかである。比重および吸水率の試験結果からも処理回数により品質が改善されることを示している。再生細骨材はコンクリート中の砕石の破砕された粒、コンクリート中の砂およびこれらに付着したセメント硬化体よりなるが、実験結果より再生細骨材の成分を推定すると図-18のようになる。処理回数を増していくと砕石の破砕されたものとコンクリート中の砂の部分が增加するが、処理を5回繰返してもなお10%程度のセメント硬化体が含まれている。また処理回数が増すと回収率も低下し、微粉および細粉分が増加する。以上の結果、コンクリート中から回収した再生細骨材のコンクリート用骨材としての再利用については各種のコンクリート試験も行なう必要がある。

5 結論

本実験の結果から以下のような結論が得られる。

- (1) 再生粗骨材の処理方法としては摺り合せ作用がセメント硬化体と骨材を分離する作用に優れており、回収率も良い結果が得られた。
- (2) 再生粗骨材を砕石なみとみなすとM G 5は全ての規格を満足している。またM G 4は処理に若干の改良を加えると砕石の規格に合格するものが得られるものと考えられる。
- (3) 再生細骨材はセメント硬化体の混入率を10%程度まで減ずることができる。

今後の改良点としては処理時間を長くすることなくセメント硬化体を除去する方向で若干の改良が必要と考えられる。一方、再生骨材を用いたコンクリートによる試験も行ない、残存セメント硬化体との関連も検討する予定である。

(参考文献)

- 1)財団法人 建築業協会：コンクリート解体物の再利用に関する研究
- 2)向井、菊池、市川：コンクリート破砕物を用いたコンクリートの性質に関する研究 第35回セメント技術大会

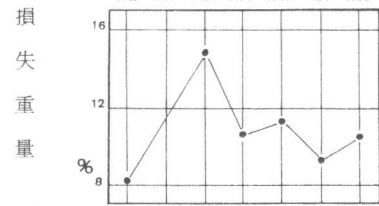


図-12 再生粗骨材の損失重量

通過重量百分率

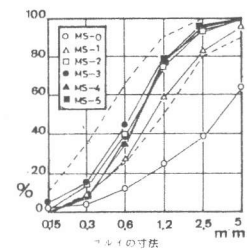


図-13 再生細骨材の粒度

単位容積重量

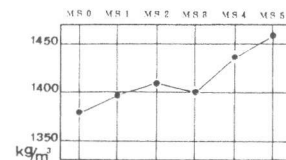


図-14 再生細骨材の単位容積重量

実積率

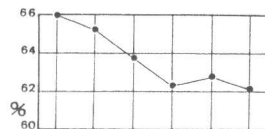


図-15 再生細骨材の実積率

比

重

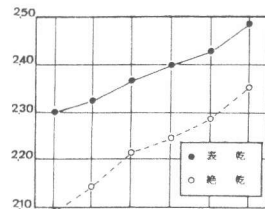


図-16 再生細骨材の比重

吸水率

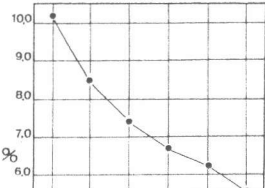


図-17 再生細骨材の吸水率

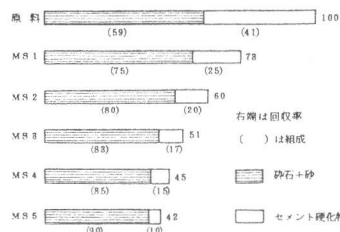


図-18 再生細骨材の回収率と組成