

コンクリート再生骨材の粒子形状の測定と評価

愛知工業大学大学院 学生員 ○木村 由香  
愛知工業大学 正会員 森野 奎二  
愛知工業大学 正会員 岩月 栄治

1. はじめに

解体コンクリート塊の再生用途のほとんどは路盤材や裏込め材である。これをコンクリート用骨材として活用するためには吸水率・密度、強度等の改善が必要である。しかし、これらを改善すればするほどエネルギーを使用し、また微粉末が発生し新たな廃棄物・副産物が発生する。そこで、最小限の破碎ですべてを利用する方法を考えることも重要である。本研究では、先ず基礎実験として実験室で作製したコンクリート供試体をジョークラッシャに1回通すだけで再生骨材を製造することにした。そのためにクラッシャーの歯間を最適粒度・粒形になるように調整した。その結果、骨材の粒子形状については、市販の碎石よりは良好な結果が得られた。次いで解体現場から採取したコンクリート塊についても検討したが、ここでは前者の結果についてのみ記述した。

2. 実験方法

2. 1 再生骨材用コンクリート供試体の作製

再生骨材製造用のコンクリート供試体に用いた骨材の密度、吸水率、単位容積質量及び実積率を表1に示す。使用材料は普通ポルトランドセメント、細骨材に天竜川川砂（静岡県）、粗骨材に砂岩碎石（愛知県産）、混和剤にAE減水剤(ポリアルキルアリルスルホン酸塩)を用いた。骨材粒度は土木学会標準粒度範囲内に調整使用した。コンクリートの配合を表2に示す。供試体寸法はφ10×20cm円柱形供試体及び10×10×40cm角柱形供試体とした。養生は20℃水中養生とし、28日養生後、圧縮強度（結果：28.1MPa）及び曲げ強度試験（結果：5.47 MPa）を行った後に破碎した。

2. 2 再生骨材及び砂岩碎石の形状測定

ブレーキジョークラッシャーの構造は、投入塊寸法80mm以下、歯間幅5-20mm可変、製造量350kg/hである。また、円柱形供試体はせん断破壊した2片をそのまま投入し、角柱形供試体については1箇所が80mm以下（長さは200mmでも可）になるように粗割りしてから投入・破碎した。破碎後、再生骨材を20~15mm、15~10mm、10~5mmにふるい分け、それぞれの粒径のものから無作為に100個づつ抽出し、図1に示す最大径(a)、中間径(b)、最小径(c)をノギスで0.05mmまで測定した。また、原コンクリートに使用した砂岩碎石も同様に測定した。測定後、Zinggの方法による分類、球形率による分類、及びその他に提案されている種々の形状係数を算出した。

3. 結果及び考察

3. 1 Zinggの方法による分類・評価

Zinggの方法による分類を図2に示す。図では球状の割合が、再生骨材では20~15mmで46%を占めており、15~10mmで29%、10~5mmで21%へと粒径が小さくなるほど減少している。反対に葉片状は、同粒径順に4、15、19%と増加し、寸法が小さくなるほど形状が悪くなっている。一方、砂岩碎石では円盤状が最も多く、同寸法順に42、32、45%となっており、球状は最大でも37%に過ぎない。葉片状については7、15、18%と再生骨材とよく似た状態を示している。全体的にみて、再生骨材の方が碎石よりも形状が良い。この

表1 コンクリート供試体作製用骨材の性質

| 項目  | 表乾密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 絶乾密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率<br>(%) | 単位容積質量<br>(kg/l) | 実積率<br>(%) |
|-----|------------------------------|------------------------------|------------|------------------|------------|
| 骨材  |                              |                              |            |                  |            |
| 細骨材 | 2.64                         | 2.61                         | 0.85       | 1.72             | 65.7       |
| 粗骨材 | 2.65                         | 2.63                         | 0.763      | 1.60             | 58.9       |

表2 コンクリートの配合

| 粗骨材の最大寸法<br>(mm) | スランブ<br>(cm) | 空気量<br>(%) | 水セメント比<br>W/C<br>(%) | 細骨材率<br>s/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |           |          |          | AE減水剤<br>(ml/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|--------------|------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------|----------|----------|-------------------------------|
|                  |              |            |                      |                    | 水<br>W                  | セメント<br>C | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G |                               |
| 20               | 8.0          | 6.0        | 55                   | 45                 | 165                     | 300       | 799      | 1010     | 30.0                          |

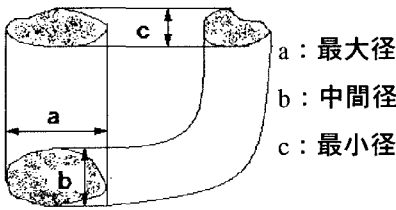


図1 形状測定方法

ことは再生骨材にはモルタルが付着しているので、破碎時に強度の低いモルタルが剥がれたり、角が欠けたりするために球形に近いような良い形状になったものと考えられる。

3. 2 球形率測定方法による分類・評価

球形率測定方法による分類を図3に示す。球形率( $\psi$ )は、 $(b \cdot c/a^2)^{1/3}$ によって求めたもので、値が1.0に近いほど球に近くなるが、図では、いずれの粒径も1.0近くに散在している。また、図には方形率( $a/b$ )及び偏平率( $b/c$ )も併記しているが、この2値が1.5以下の領域は球状であり、1.5以上は葉片状、 $b/c=1.5$ 以上で $a/b=1.5$ 以下は円盤状、 $b/c=1.5$ 以下で $a/b=1.5$ 以上は棒状を意味している。また図では砂岩碎石の方が各点の分布が広がっており、球状が少なく他の形状のものが多いこともわかる。図の上下段をみると、両骨材とも粒径が小さいほど分布範囲が広がっており偏平で細長い骨材が増加している状態がわかる。

3. 3 各種形状係数による分類・評価

各種形状係数を表3に示す。表より、粒径が小さくなるほど方形率( $a/b$ )では再生骨材は1.350から1.509へ、碎石は1.343から1.439になり、細長率( $a/c$ )も同様に大きくなっており、粒径が小さくなると細長い粒が増える。また偏平率( $ab/c$ )は再生骨材3.889、砂岩碎石4.298であり、再生骨材の形状が良いといえる。

4. まとめ

再生骨材及び砂岩碎石の形状測定を行い、各種の方法で分類・評価した結果をまとめると次のようである。

- ①市販の砂岩碎石より1次破碎しただけの再生骨材の方が形状が良い。
- ②再生、碎石骨材ともに粒径が小さくなるほど偏平、細長粒が増える。

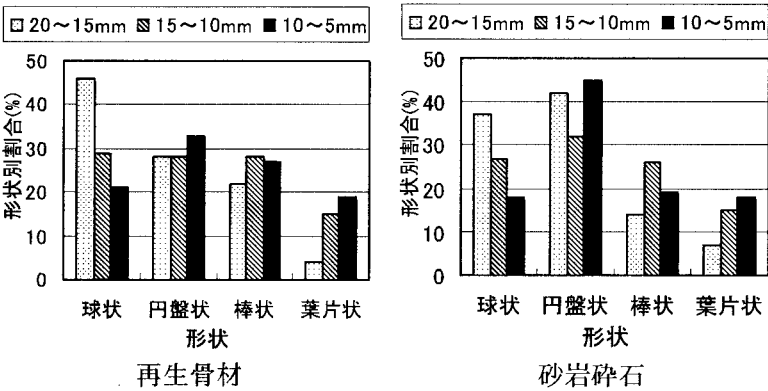


図2 Zinggの方法による分類

表3 再生骨材・砂岩碎石の粒径実測値

| 形状係数                                     |        | 再生骨材(mm) |       |       | 砂岩碎石(mm) |       |       |
|------------------------------------------|--------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
|                                          |        | 20~15    | 15~10 | 10~5  | 20~15    | 15~10 | 10~5  |
| 形状係数 $F=(a+b)/2c$                        |        | 1.664    | 1.880 | 2.005 | 1.900    | 1.994 | 2.162 |
| Zinggの<br>分類形状<br>別割合(%)                 | 球状 (A) | 46       | 29    | 21    | 37       | 27    | 18    |
|                                          | 円盤状(B) | 28       | 28    | 33    | 42       | 32    | 45    |
|                                          | 棒状 (C) | 22       | 28    | 27    | 14       | 26    | 19    |
|                                          | 葉片状(D) | 4        | 15    | 19    | 7        | 15    | 18    |
| 球形率 $\psi=(b \cdot c/a^2)^{1/3}$         |        | 0.744    | 0.692 | 0.673 | 0.720    | 0.680 | 0.674 |
| 標準偏差                                     |        | 0.086    | 0.089 | 0.109 | 0.091    | 0.094 | 0.097 |
| 細長率 $e=a/c$                              |        | 1.905    | 2.221 | 2.455 | 2.175    | 2.367 | 2.527 |
| 方形率 $s=a/b$                              |        | 1.350    | 1.469 | 1.509 | 1.343    | 1.485 | 1.439 |
| 偏平率 $f=a \cdot b/c$                      |        | 3.889    | 3.576 | 2.329 | 4.298    | 3.769 | 2.175 |
| 容積係数 $K=V/(a \cdot b \cdot c)$           |        | 0.388    | 0.369 | 0.460 | 0.410    | 0.433 | 0.421 |
| 球形率 $R=6V/(\pi \cdot a \cdot b \cdot c)$ |        | 0.740    | 0.705 | 0.878 | 0.782    | 0.827 | 0.804 |
| 容積係数(仏) $C=6V/(\pi a^3)$                 |        | 0.316    | 0.243 | 0.246 | 0.303    | 0.273 | 0.256 |
| 球形率(仏) $\psi=a/D$                        |        | 1.514    | 1.662 | 1.845 | 1.542    | 1.614 | 1.668 |

V: 粒子の体積 D: 粒子の容積を球としたときの直径

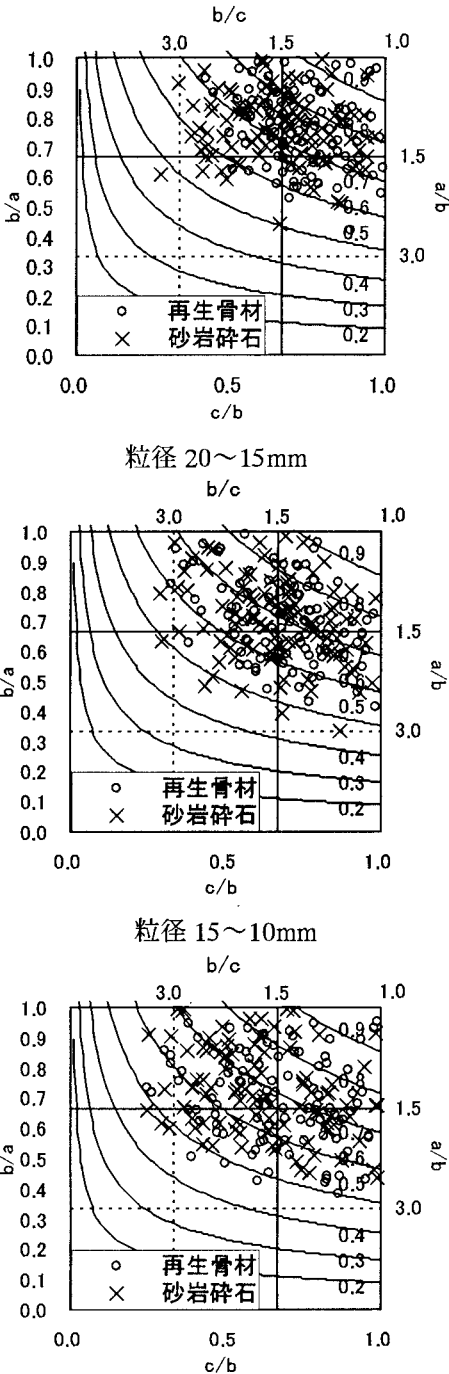


図3 球形率による分類