

流砂によるコンクリート製水路の摩耗における細骨材率の影響

名城大学大学院 学生会員 ○柴田 賢吾
名城大学理工学部 正会員 新井 宗之

1. まえがき

コンクリート製資材は施工性や経済性に優れているため河川構造物等に広く使用されている。しかし、摩耗に対しては一般に耐久性が低い。このため流砂により河川構造物が損傷を受ける場合がある。しかしながら、コンクリート壁面の粒子衝突による剥離や、摩耗プロセスには複雑なことがらがあり、まだ十分解明されているとは言えず、その予測法も必ずしも十分明らかでない。本研究ではコンクリートの摩耗において流水中の砂粒子の衝突力が主要な要因であると考え、摩耗過程の粒子衝突による壁面剥離の物理的モデルをもとに、粒子の衝突によるコンクリート面の摩耗量を定量的に予測し、コンクリートの骨材率が摩耗量にどのような影響を及ぼすか実験的に明らかにすることを目的とした。

2.1 供試体

供試体は長さ 50cm、高さ 5cm、幅 10cm の矩形断面で、圧縮強度を一定とするために水セメント比を一定、また水：セメント：絶対骨材量の比を 3：2：5 と定め、骨材中の細骨材率のみを 100%、80%、60%、40%、20% と変化させたコンクリート供試体である。供試体の圧縮試験結果は表 1 に示す。

表 1 圧縮試験結果

細骨材率	平均値(Mpa)
100%	46.1
80%	56.8
60%	51.4
40%	50.6
20%	51.1

2.2 実験方法

実験装置の概略図を図 1 に示す。実験水路の水路床に前述の供試体 5 種類を設置し、実験砂(珪砂 6 号、 $d_{50}=0.31\text{mm}$ 、比重 $\rho=2.63\text{g/cm}^3$)を水に含有して、水中ポンプにより流砂を循環させた。開始から 12.5 時間毎に濃度、流量、流速を測定、25 時間毎に摩耗量の測定を行った。50 時間毎に実験砂の交換、及びバルブ内部の金属リングの調整をした。これは長時間の流砂循環のため、流砂の粒径が小さくなってしまう事と、流砂によって金属リングが削られてしまうためである。またポンプ停止時には、濡れた布を供試体にかぶせ、供試体を湿潤状態に保った。

2.3 摩耗量の測定

測点は供試体中央の両端から 1cm をそれぞれ基準点 1、2 として、流砂により基準点高さが変動しないよう透明なアクリル板をその上から貼り付ける。それを基準点として、水路幅方向に等間隔で 7 点測定した。摩耗量の測定は、ダイヤルゲージを基準点 1、2 間を平行移動させることにより測定した。ダイヤルゲージは最小目盛 0.001mm で、目線で 0.0001mm まで読み取る事ができるものを使用した。測定値は基準点 1 から基準点 2 への往復での誤差が 0.001mm 以内の値を採用した。また、供試体に設けた基準点からの深さで測定し、開始からの変化量を摩耗量とした。

3. 実験結果

実験中の流速、濃度、流量、を 12.5 時間毎に測定し、ほぼ一定となるようにした。図 2 は濃度変化を示したものであるが、流速、流量も同様な関係があり、ほぼ一定である。まえがきで述べたように、目的は供試体の圧縮強度をほぼ一定にし、骨材の細骨材率と粗骨材の割合が摩耗量にどのように影響しているかを明らかにしようとするものである。しかし圧縮試験の結果では細骨材率 100% の供試体圧縮強度が他の供試体より低くなり、細骨材率 80% の供試体では他の供試体より高い値となった。図 4 に 25 時間毎の摩耗量測定結果が示されている。摩耗量は時間とともにほぼ直線的に増加するが、時間の経過とともに細骨材率 40%、60%、100% の供試体において若干摩耗率が低減する傾向が見られる。ここでは、細骨材率 20% の測定値前半のばらつきを測定誤差と考え、175 時間以降のデータ者を考察の対象としている。また、一般に供試体の圧縮強度(せん断強度)の高いもの程、他の条件が同じであれば、摩耗量は少なくなるが、図 5 より実験の 300 時間後の摩耗量を見ると、最も圧縮強度の強い細骨材率 80% のものが最も摩耗量が多くなった。

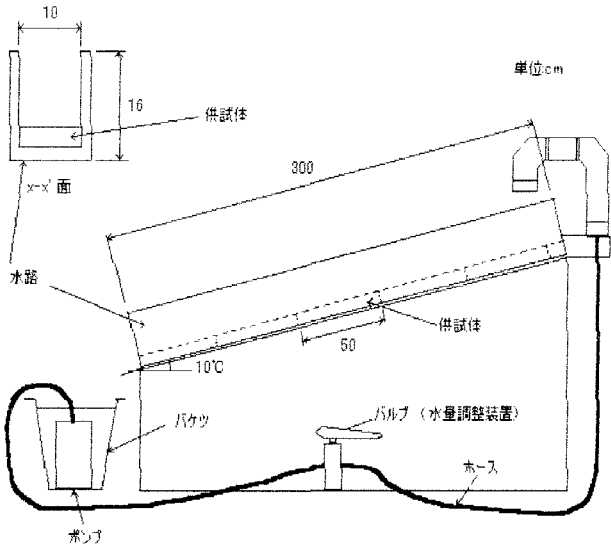


図 1 実験水路

4. 考察

球体粒子が壁面に衝突し、その一部が剥離し摩耗する過程を図3のようにモデル化すると、単位時間の摩耗量(厚さ)は次式のようにである。

$$\begin{aligned} \frac{dD}{dt} &= \Delta V \cdot N \\ &= \frac{3}{4\pi R} \left\{ \left(\frac{1}{\tau_c} \right) \frac{C_d}{t_a} \rho_s \frac{4\pi R^3}{3} (1-e^2) \right\}^2 v^2 \cdot N \quad \dots (1) \end{aligned}$$

ここに、

D : 平均摩耗量、 ΔV : 粒子1個あたりの摩耗量、 R : 粒子半径($=1/2d$)、 d : 粒子径、 τ_c : 材料せん断強度、 t_a : 運動量の変換時間、 C_d : 運動量変換における特性(減衰率)、 ρ_s : 粒子の密度、

e : 粒子の跳ね返り係数、 v : 粒子の衝突速度、 N : 単位時間単位面積当たりの粒子衝突数である。また供試体のせん断応力は圧縮強度の1/2を、鋼球衝突実験より $C_d=0.8$ 、 $e=0.6$ 、 $t_a=1/7500\text{sec}$ を用いる。

式(1)による計算値と実験値を比較すると図4のようである。ほぼ一致を示しているのは細骨材率100%、60%、40%の場合であり、細骨材率80%、20%は計算値より低い摩耗量となった。一般に圧縮強度が高い供試体の方が、摩耗量が少ないという事は知られている。図5は300時間後における摩耗量と細骨材率との関係を示した図であるが、この場合圧縮強度の最も高い細骨材率80%の供試体が最も摩耗量が大きくなっている。逆に100%の供試体では圧縮強度が最小であるにもかかわらず、摩耗量が最大とならなかった。これは摩耗量に寄与する要因

は、圧縮強度のみではないということを示しているものと思われる。また、ほぼ圧縮強度が同程度の細骨材率60%、40%、20%の供試体を比較すると、細骨材率20%の供試体が最も摩耗量が多くなっている。つまりコンクリートには摩耗量が少なくなる細骨材率が存在し、それは今回の実験では細骨材率が40%から50%程度であることが示されている。このことにより圧縮強度の最も高い細骨材率80%の供試体の摩耗量が、細骨材率60%、40%の摩耗量より多い摩耗量を示したことが説明し得る。以上のことからコンクリートの摩耗量は、圧縮強度ばかりでなく細骨材率(40%~50%)が摩耗量に関係していることが明らかとなった。今後は、細骨材率が摩耗量に寄与するメカニズムおよび、モデル式に使用した粒子接触時間についても詳しく検討したい。

参考文献: 1)新井宗之、川島和義、福島浩一、武田晋治; 鋼球衝突によるモルタル面の摩擦量に関する実験的研究
土木学会第54回学術講演会概要集、VI-177、1999.9.

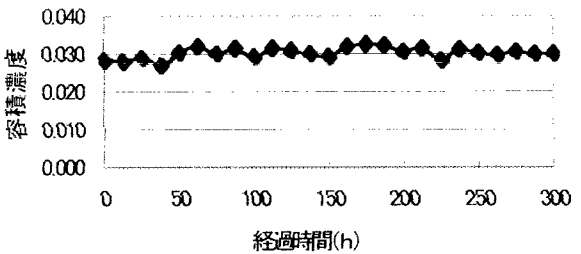


図2 濃度変化

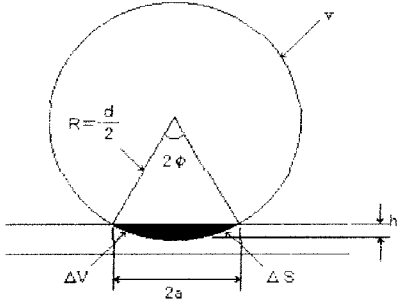


図3 摩耗モデル

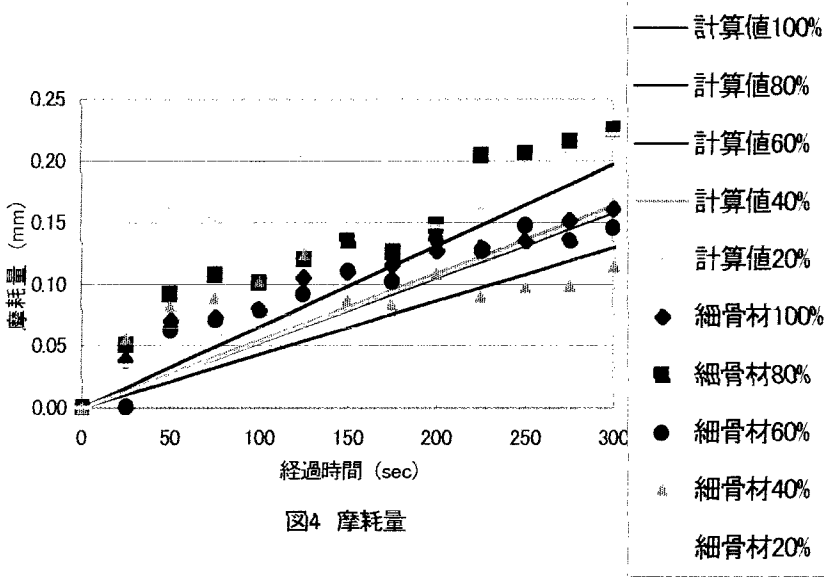


図4 摩耗量

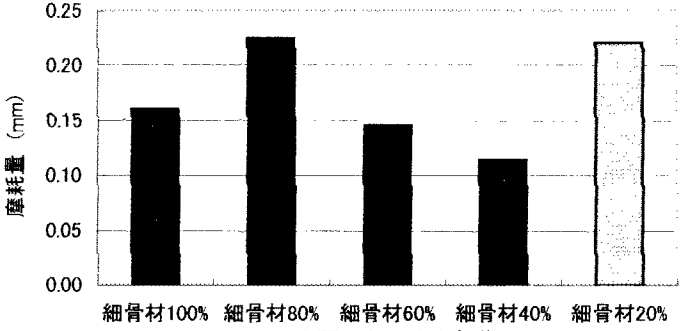


図5 300時間における摩耗量