

流砂によるコンクリート磨耗における細骨材率の影響と粒子衝突時間

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、経済性に優れており、多くの河川構造物に使用されている。しかし、耐磨耗性は低いとされている。このため、流砂により河川構造物が損害を受ける場合がある。そこで本研究では、コンクリートの磨耗量を粒子衝突による壁面剥離の物理モデルより予測する。および磨耗のモデル式に使用される運動量の作用時間を粒子衝突試験により明らかにする。また、骨材率の磨耗量への影響について明らかにすることを目的としている。

2. 磨耗モデル¹⁾

球形粒子が壁面に衝突し、その一部が剥離し、磨耗する過程を図-1のようにモデル化すると、単位時間の磨耗量（厚さ）は式-1 のようである。

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

ここに、 D ：平均磨耗量、 ΔV ：粒子1個当りの磨耗量、 R ：粒子半径、 τ_c ：材料せん断強度、 t_a ：運動量の変換時間、 C_d ：減衰率、 ρ_s ：粒子の密度、 e ：跳ね返り係数、 v ：粒子の衝突速度、 N ：単位時間単位面積当りの粒子衝突数である。

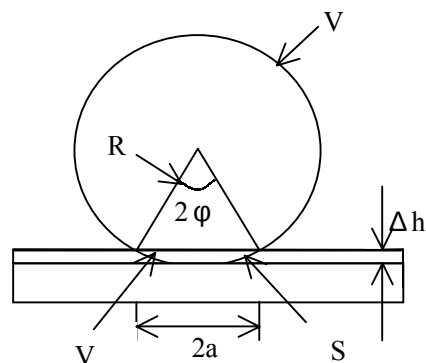


図-1 磨耗モデル

3. 粒子衝突試験

3.1 実験方法

本実験は磨耗モデルに必要な接触時間、跳ね返り係数を求めることを目的に行っており、実験装置は図-2に示す。実験は珪砂6号と密度のほぼ同じであるガラスビーズを長さ2.75mのパイプ上方からコンクリート供試体に落下させ、その様子を高速CCDカメラにより撮影する。その後、画像解析により粒子接触時間、および跳ね返り係数を求める。

3.2 画像解析方法

図-3は1/5000秒毎の粒子の軌跡を表した図である。ここで、 S は接触位置である。はじめに1~3間の距離を時間で除することにより1~3間の速度 V_1 を求める。3~ S 間の距離を V_1 で除することにより3~ S 間の時間 Δt_1 を求めることができる。同様にして V_2 を求め、 S ~4間の距離を V_2 で除することにより S ~4間の時間 Δt_2 を求める。このとき3~4間の時間は1/5000秒なので、上で求めた Δt_1 と Δt_2 を1/5000秒から差し引くことにより粒子の接触時間を求める。

また、接触後の速度 V_2 を接触前の速度 V_1 で除することにより跳ね返り係数を求めることができる。

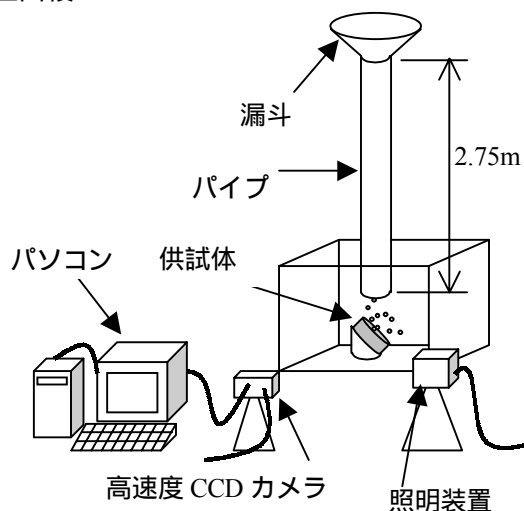


図-2 粒子衝突実験装置

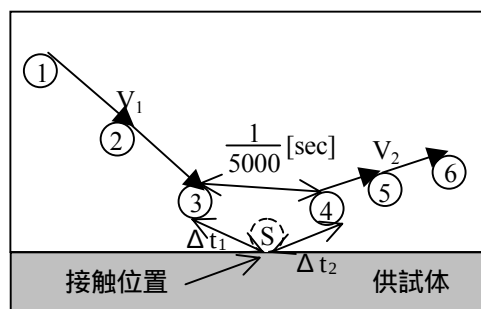


図-3 1/5000秒毎の粒子軌

キーワード：磨耗量、コンクリート、水路、流砂、骨材率、

連絡先：〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口1-501 tel:052-832-1151 Fax:052-832-1178

4. 磨耗実験

4.1. 供試体

供試体は、長さ 50cm、高さ 5cm、幅 10cm の矩形断面をしており、28 日間水中養生したものを使用した。また、圧縮強度を一定とするために水セメント比を一定とし、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。磨耗量を測定するため、供試体平面の横断方向に 1 cm 間隔で基準点、および測点を設けた。ここで、基準点上にアクリル板を貼り付け磨耗しないよう配慮した。

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

4.2 実験方法

実験水路の水路床に前述した 5 種類の供試体を設置し、実験砂(珪砂 6 号 $d_{50}=0.31[\text{mm}]$ 、密度 $\rho=2.63[\text{g}/\text{cm}^3]$) を水に含有し、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 時間毎に磨耗量の測定、50 時間毎に実験砂の交換、及びバルブ内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、実験砂の粒径が小さくなってしまふことと、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。磨耗量の測定は測点上にダイヤルゲージを平行移動することにより測定する。

5. 結果及び考察

粒子衝突試験の結果、粒子接触時間 $t_a=0.000125[\text{sec}]$ 、跳ね返り係数 $e=0.65$ となった。前述した磨耗モデルにこれらを適用し、式-1 による理論値と実験値とを比較すると図-4 の用である。図-5 は 300 時間後における磨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できる。本試験により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が摩耗量に関係していることが明らかとなった。今後は粒子衝突試験をガラスビーズではなく、実際に磨耗試験で使用した実験砂を用いて行う必要がある。また、細骨材率が摩耗量に寄与するメカニズムについて明らかにしていきたいと思う。

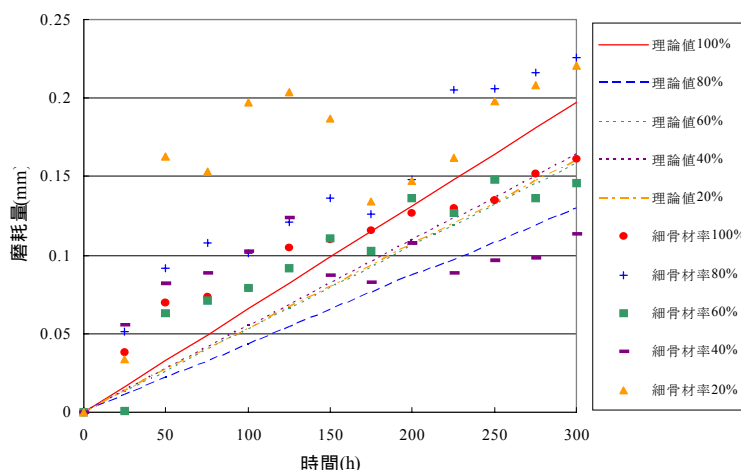


図-4 理論値と実験値の比較

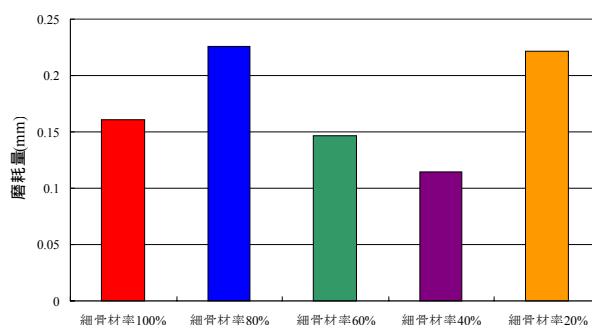


図-5 300 時間後における磨耗量

参考文献：1) 新井宗之、川島和義、福島浩一、武田晋治；土木学会第 54 回学術講演会概要集、-177, 1999, 2) 柴田賢吾、新井宗之；土木学会第 56 回学術講演会概要集、-088, 2001,