

固体粒子の空隙と流動性に関する研究

大阪市立大学大学院 学生員 田野口耕一

大阪市立大学工学部 正員 西堀忠信

まえがき 未だ固まらないコンクリートおよびモルタルの流動性は、その構成材料の品質と量とに支配されるが、この関係は複雑であり、一般的性質を表わすモデルは未だ見当らない。コンクリートまたはモルタルの構成材料中で骨材は、その体積の半分以上を占めるため、流動性におよぼす影響も大きいものと考えられる。従来骨材としては主に川砂や川砂利が用いられてきたが、川砂や川砂利の粒形は大きな差がなく、そのため骨材の流動性におよぼす影響は一定の条件のもとで、骨材量のみの関数として取扱われてきた。しかし、粒形の優れている天然骨材の供給量が減少し、これに代って、粒形の劣る碎石、砕砂やスラグを骨材として利用しなければならぬ現在では、骨材の流動性におよぼす影響には量のみでなく、その品質も考慮される必要がある。

本研究は、骨材の粒形および粒度が流動性におよぼす影響の基礎的な資料を得るために行なったモルタルに関する実験的研究で、骨材が構成する空隙および骨材の表面積の関係について検討を加えたものである。

骨材の粒度と空隙率について 実験に用いた骨材は、理想的な形状のものとしてスチールショット（以下鋼球と略す）〔新東レタ製〕、従来用いられていた川砂および粒形の劣るものとして水砕砂の3種を用いた。各材料は粒径ごとにフルイ分けとし、これと再調整して用いた。球形の材料に関しては空隙率の最小となる粒度が計算しうるが、各粒群中に大小粒が混合しているものでは、一般にフルイの番号の1つおきに欠落したものが最小の空隙を示す。図-1は、鋼球と骨材とした168種の粒度の骨材の最小空隙を示した粒度を示す。また骨材のみの最大実積率は0.15mm以下の粒子が25~40%とかなり多い場合に生ずる。しかし、微粒子量の増大によって骨材表面積が著しく増加し、またコンクリートあるいはモルタル中のセメントと粒子干渉を引き起すものと考えられ、最大実積率の骨材は必ずしも好ましい骨材とは考えられない。

骨材の空隙率・ペースト量と流動性 図-2は3種の骨材とW/C=50%のセメントペーストで作ったモルタルのペースト量(単位水量)と流動性の関係を示したものである。同一材料、同一粒度の骨材の場合流動性はペースト量と相関が認められるが、同一粒度で材料が異なる場合または同一材料で粒度の異なる場合の流動性は異なり、骨材の空隙率の小さいものは流動性がよいことを示している。図-3は図-2の結果と余剰ペースト量(1m³-単位骨材容積)とフロー値の関係で示したものである。微粒子(0.15mm以下)の多い粒度1を除くと、骨材の種類および粒度の如何にかかわらず、余剰ペースト量とフロー値の間には相関関係が認められ、フロー値260、余剰ペースト量360g/m³以下では、フロー値は余剰ペースト量にはほぼ比例するとみられる。しかし、図から明らかなように骨材の粒度による差は認められる。また、余剰ペースト量が約360g/m³以上ではフロー値は余剰ペースト量に関係なくほぼ一定値を示している。このことから、モルタルにおいて余剰ペースト

ト量が全体積の約1/3以上となると、もはや骨材は空隙を作り出す構造とはならず、ペースト中に浮遊している状態となり、モルタルの流動性はペーストの性質にのみ依存するものと考えられる。余剰ペースト量がモルタルの流動性の大きな要因である」と推論できるが、この考え方のみでは粒度の異なるもののはつきの説明には不十分であろう。

図-4,5は同じ実験値と骨材表面のペーストの平均厚さとの関係で示したものである。骨材の空隙は骨材が相互に点または線で接触した状態で形成される量であり、流動性は骨材間に潤滑剤となるペーストが存在すると高くなり、固体摩擦から骨材間のペーストのフィルムのせん断変形へと変化するためと考えられる。図-4は余剰ペースト量と全骨材表面積で除したものである。表面積の計算にはTalbot¹⁾によるフルイ分析から求める方法を用い、形状係数 ϕ は鋼球に対して1.0、川砂、水碓に対してはそれぞれ1.1および2.0(著しく角ばつたもの1.9以上を類推)としたものである。図-4から明らかなように単純に骨材表面積が膜厚と求めると表面積の大きい水碓が一層薄い膜厚で大きな流動性を得られることとなる。しかし、実際には図-3で考えた空隙のうちの一部は骨材の表面の凹凸によるものであり、今膜厚を考えるとときには骨材表面の凹凸がペーストで埋められた表面の比較的にスムーズなものと考えの方が合理的であろう。図-5はこの考え方によって修正した後の値を示したものである。

以上の結果より、モルタルの流動性は、骨材の形成する空隙を充てんした残余のセメントペーストによる骨材表面の膜の厚さとして表わすことができ、膜厚60 μ までは膜厚に比例して流動性が増大して、60 μ 以上では流体中に骨材が浮遊した状態となるものと考えられる。

1) T.C. Powers "The Properties of Fresh Concrete"

