

モルタルの材料分離性状に関する実験的検討

東京大学生産技術研究所 正会員 加藤 佳孝
東京大学国際・産学共同研究センター フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

構造物の大型化に伴い、コンクリートのブリーディングの発生も増大する傾向にある。ブリーディング現象は、水がフレッシュコンクリート中を上昇すると同時に、粉体・骨材が沈降するため、構造物中の鉛直断面方向において場所的不均一性（圧縮強度・密度などの物性が異なる）が生じ、結果として硬化コンクリートの品質を不均一な状態にするものである。このような現状を鑑み、近年高流動コンクリートの研究・開発が活発に行われている。高流動コンクリートは、自己充填性を有しかつブリーディングがほとんど無いといった特性を持ったコンクリートである¹⁾。しかしながら、その特性に関しての理論的裏付けが少ないのが現状であり、経験的に項目規定型の設計を可能にしているのみである。今後、高流動コンクリートをさらに普及させるためには、なぜ分離しないのかなどという性能を把握する必要がある。

本研究ではこの基礎的研究としてブリーディング現象を生じるモルタルを対象に、配合の違いが打設方向の材料分布特性に与える影響を実験的に検討した。

2. 実験概要

対象とした配合は、 $W/C = 0.5, 0.6, 0.7$ 、 V_s （モルタル中の細骨材割合） $= 0, 0.38, 0.48, 0.58$ の合計 12case とした。使用材料は普通ポルトランドセメント、富士川産川砂である。今回、細骨材の微粒分の影響を排除し細骨材そのものの影響を把握することを目的としたため、既往の研究²⁾を参考にし 0.15mm ふるいを行った細骨材を使用した。打設方法は、 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の型枠を縦置きし一層打ちとした。締固めは、内部振動機は微振動が材料の挙動に対し強制的な外力を与えると考え突き棒で 20 回突きとした。試験本数は各配合 3 本である。ブリーディング終了後、各試験体とも高さ方向に 3 等分し、各層から細骨材量および水量測定用の試料を採取する。採取後、細骨材量の測定に関しては 0.15mm ふるいを使用してモルタルをふるいにかけてものを 100 乾燥し、質量を測定することによりモルタル中の細骨材含有量を求めた。また、水量測定に関しては採取した試料の 100 乾燥による質量変化量から求めた。上記 2 つの試験より求めた細骨材および水の質量から残分をセメント質量として求めた。100 乾燥を施した細骨材を使用して、各層の粒度分布の変化を検討したが、何れの配合に関しても初期状態の粒度分布とほぼ変化がないことがわかった（図-1 参照）。また、材料分離性状を表現するフレッシュ挙動の代表値を得るために、0 打、15 打フロー試験も同時に行った。

3. 実験結果および考察

配合上の細骨材体積割合に対するブリーディング終了時各層の細骨材体積割合（細骨材比）と打ち上がり高さに対する各層の中間点の高さ（高さ比）の関係の一例を図-2 に示す。このように、本研究の範囲内では細骨材比の分布は高さ方向に対してほぼ直線的に分布していることがわかった。そこで、この直線の傾きを材料分布係数（ R ）と定義し以下考察を行う。図-3 に各配合条件における材料分布係数の結果を示す。材料分布係数は細骨材割合の増加および水粉体体積比の減少に伴って増加する傾向にあることがわかる。このように、細骨材の分布状態を示す指標である材料分布係数は配合条件に依存して決定することが可能と推測される。そこで、モルタルのフレッシュ性状を表現する代表的な指標である 15 打フロー値（ F_{m15} ）を用いた相対 15 打フロー面積比（ Γ_{m15} ）（式(1)参照）と材料分布係数の関係を図-4 に示す。

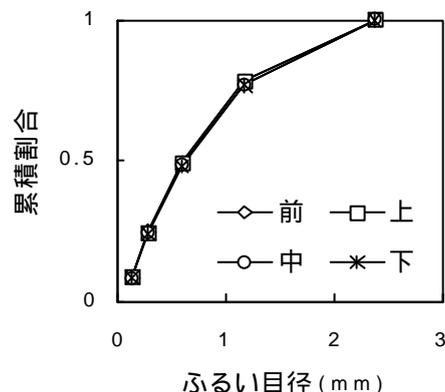


図-1 各層の細骨材粒度分布

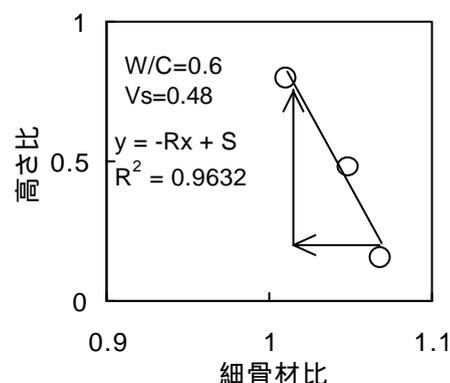


図-2 細骨材の分布状況および材料分布係数の算出方法

キーワード：材料分離，細骨材，余剰水，フロー試験

〒106-8558 港区六本木 7-22-1 TEL 03-3402-6231 FAX 03-3470-0759

$$G_{m15} = \frac{\alpha F_{m15} \theta^2}{\epsilon 100} - 1 \quad (1)$$

両者の関係は、ほぼ線形関係にあることがわかる。つまり、相対 15 打フロー面積比を配合条件から得られる情報で表現することが可能となれば、材料分布係数も配合条件から一義的に決定することが可能となる。

ここで、既往の研究より粉体の拘束水比は 0 打フローを利用した相対フロー面積比から実験的に決定することが可能となれている¹⁾。そこで、本研究では同様の概念をモルタルに適用することにより、細骨材が拘束するペーストを実験的に決定することを試みた。結果に図-5 を示す。このように、細骨材が拘束するペーストの割合は細骨材をとりまくペーストの質に依存していることがわかる。そこで、モルタルをペーストを拘束している細骨材、水を拘束している粉体、余剰水の 3 相構造として成立していると仮定し考察を進める。ここで、上記仮定により算出される余剰水と相対 15 打フロー面積比 (G_{m15}) の関係を図-6 に示す。図から明らかなように、各 W/C に関して両者の関係は線形関係にあることがわかる。ここで、余剰水は上記で仮定したように使用する材料および配合条件が分かれば、一義的に決定することが可能な変数である。つまり、余剰水を変数として使用した場合、直線関係を示す切片と傾きの傾向が配合および材料条件を用いて表現することが可能となれば、結果として相対 15 打フロー面積比を表現することが可能となる。ここで、15 打フロー値は外力による変形性能の違いを表現する指標であり、さらにモルタル中の余剰水が 15 打フロー値に与える影響が W/C 毎に異なるのは、外力によって輸送される主因子であるペーストを拘束した細骨材の質が W/C に依存しているためであると考えられる。そこで、これをペーストを拘束している細骨材の見かけの密度で代表することが可能であると考え見かけの密度と図-6 中の切片および傾きとの関係を図-7 に示す。このように、両者の間にはほぼ直線関係が存在していることがわかる。以上より、相対 15 打フロー面積比は配合および材料条件から決定される余剰水量およびペーストを拘束している細骨材の見かけの密度を用いることにより、表現することが可能であることがわかる。

4. おわりに

本研究の範囲内ではあるが、ブリーディング現象に伴う細骨材の分離性状を配合および材料条件から算出する手法を提案した。これにより、使用する粉体および細骨材が各々拘束する水、ペーストの割合を予め測定しておくことにより、どの程度材料が分離するかを定量的に把握することが可能となる。今後は、コンクリートへの適用および実験的に求めた結果を裏付ける研究が必要となる。

謝辞：本研究を進めるにあたり実験を手伝って頂いた元芝浦工業大学 4 年小俣光弘君に感謝の意を表します。

参考文献：

- 1)岡村甫他：ハイパフォーマンスコンクリート，技報堂出版，1993。
- 2)枝松良展他：モルタルの変形性を表す細骨材の材料特性の定量化，土木学会論文集，No.538，V-31，pp.37 - 46，1996.5

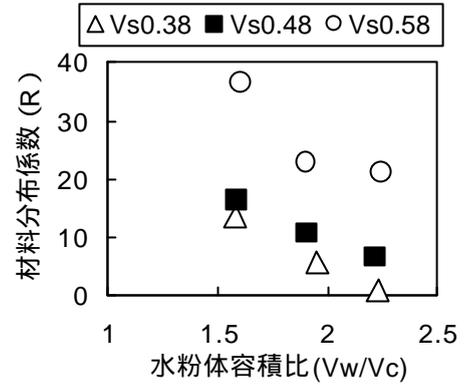


図-3 各配合における R

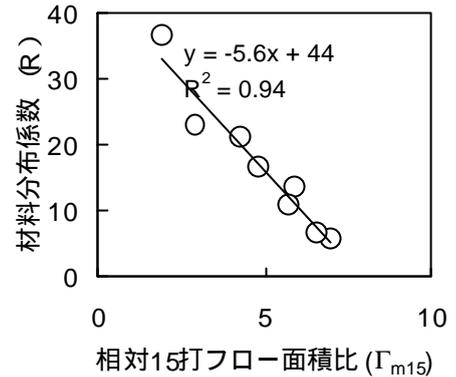


図-4 G_{m15} と R の関係

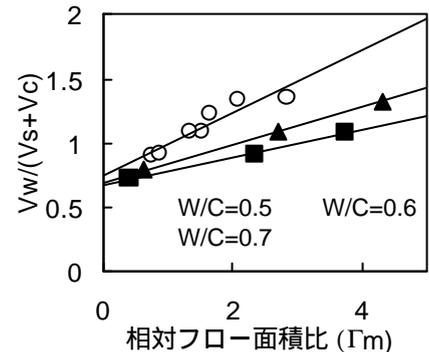


図-5 G_m と水固体体積比の関係

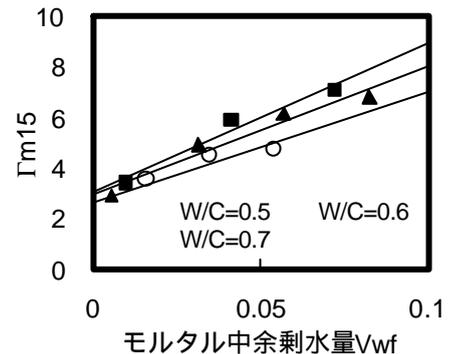


図-6 余剰水量と G_{m15} の関係

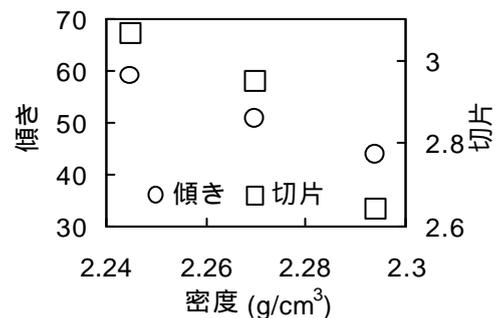


図-7 密度と傾きおよび切片の関係