

余剰ペースト理論を用いたモルタル性状評価に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 江頭 正之
九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章
新日鐵高炉セメント(株) 正会員 前田 悦孝

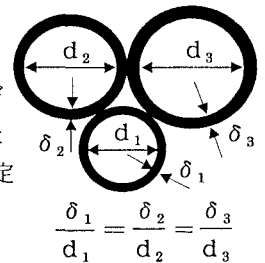
1 はじめに

フレッシュコンクリートの配合理論の一つに余剰ペースト理論がある。骨材が余剰ペーストによって分散し、隣り合う骨材表面間の距離とセメントペーストの性状によってコンクリートの流動性が定まるとする考え方である。この理論をフレッシュなモルタルに拡張した場合、余剰ペースト厚 δ と細骨材粒子径 d との比である δ/d を指標として、細骨材形状、粒度、単位細骨材体積の変化がフロー値に及ぼす影響を統一的に評価できることが確認されている。ただし、これが適用できる範囲は明確ではないが、分離せずかつ細骨材がペースト中の粉体と干渉を起こさない程度の間隔で分散しているモルタルに限られる¹⁾。本研究は既往の研究について3種類の細骨材を用い、 δ/d を指標とした統一的な評価ができるか実験的検証を行った。

2. 実験概要

2.1 余剰ペーストの適用モデル

図1に本実験における骨材粒子径 d と余剰ペースト厚 δ に関する考え方をモデル的に示す。各細骨材表面の余剰ペースト厚 δ_i は細骨材粒子径 d_i に比例すると仮定し、比例係数を δ/d と称する。 δ/d は骨材の固有実積、配合実積率のみで定まる値である。本実験では δ/d を骨材の分散を示す指標とみなしており、 δ/d が増減することは骨材間距離の増減を示す。



δ_i : 余剰ペースト厚

d_i : 細骨材粒子径

図-1 δ と d の関係

2.2 試験方法

骨材は砕砂、海砂、ガラスビーズを使用した。各細骨材ともに粒径が0.15mm以上のものを細骨材として取り扱った。そのときの密度、実積率を表-1に示す。

モルタルの配合はW/C=35,45,55,65%の4種類とし、各配合において δ/d が約0.01~0.10となる範囲で単位細骨材容積を変化させた。

モルタルの練混ぜおよびフロー試験は『JIS R 5201-1997 セメントの物理試験』に従った。

2.3 相対フロー面積比 Γ_p

セメントペーストの性状を表す指標として、セメントペーストのフロー値とフローコーン底面積との比である相対フロー面積比 Γ_p を用いた。

表-1 使用細骨材の密度および実積率

使用細骨材	絶乾密度 (g/cm ³)	実積率 (%)
砕砂	2.60	60.0
海砂	2.54	62.9
ガラスビーズ	1.90	87.4

3. 実験結果および考察

3.1 δ/d とフロー値の関係

図-2は細骨材に砕砂を使用したものである。いずれの系においても δ/d の増加とともにフロー値が直線的に増加する領域が存在し、その領域はペースト性状によって異なる。また、同一 δ/d の場合、それに対応する各系のフロー値はペーストの性状に支配されていることがわかる。そこで、図-3に相対フロー面積比 Γ_p および δ/d が等しくなるときのフロー値の関係を示す。同一 δ/d ならば Γ_p の増加に伴いフロー値は増加しその後一定となる。また、同一フロー値ならば Γ_p の増加に伴い δ/d は減少する。

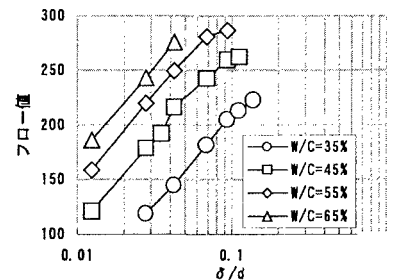


図-2 フロー値と δ/d の関係

3.2 モルタルのフロー値と Γ_p , δ/d の関係

実験結果より、 Γ_p 、 δ/d およびフロー値の間に相関性があることが推察された。そこで、図-2から δ/d とフロー値の関係において直線関係になる部分に着目すれば式(I)のような関係にあると仮定できる。

$$\ln(\delta/d) = \alpha \cdot \text{flow} + \beta \quad (\text{I})$$

δ/d が等しいときのフロー値が Γ_p に支配されることから上式の α 、 β は Γ_p の関数で表せ、各々を式(II),(III)とする。

$$\alpha = 0.014 \Gamma_p^{-0.025} \quad (\text{II})$$

$$\beta = -5.376 \Gamma_p^{0.082} \quad (\text{III})$$

3.3 細骨材が異なる場合への適用性

図-4に式(I),(II),(III)をモルタルのフロー試験に適用した結果を示す。細骨材に砕砂、海砂、ガラスビーズ(GB)を使用した。 δ/d の値は図-2で示した実験結果からフロー値とほぼ比例する範囲で変化させた。同一 δ/d において、砕砂と海砂のフロー値はほぼ一致したが、ガラスビーズはW/Cが55%や65%の領域では合わないところがあった。尚、図-4中の矢印はフロー試験の際にモルタルが一体性を保てずにガラスビーズ粒子が崩れながら広がった状態である。練り上がり時の状態においても砕砂と海砂は骨材粒子間にセメントペーストが十分に充填されていたがガラスビーズは十分ではなかった。同一 δ/d であっても細骨材が異なれば骨材粒子間のペーストの存在状態も異なることがいえる。式(I)を種々の細骨材に適用させる場合、モルタルはキャピラリー域ないしスラリー域の状態でなければならない。従って、細骨材が異なれば、フロー値と δ/d が直線関係になる δ/d の範囲も異なることが推察される。

次にフロー値に関して実験値と計算値の整合性を図-5に示す。ガラスビーズを除いて実験値と計算値に近い値となっている。しかし、フロー値が小さくなるにつれその整合性は薄れていることがわかる。細骨材の種類によってその形状は異なり、 δ/d つまり骨材間距離が小さくなるにつれて骨材形状の影響が大きくなると考えられる。

4.まとめ

細骨材に砕砂と海砂を用いた場合、 δ/d を指標としたモルタルのフロー値は式(I)によってある程度評価ができた。しかし、ガラスビーズを用いた場合、W/Cが55%、65%において、 δ/d を指標とできない領域が存在した。これは、式(I)を適用可能にするための δ/d のとりうる範囲が細骨材固有に存在するものと考えられる。また、式(I)をフロー値の小さな領域まで適用するには、 α 、 β の算定に細骨材の性状等を考慮する必要がある。

【参考文献】

1)近田孝夫:余剰ペースト厚さによるコンクリートのコンシステンシーの評価に関する基礎的研究,九州大学学位論文,1997

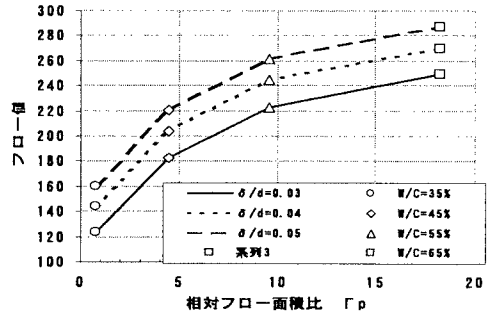


図-3 セメントペーストの相対フロー面積比 Γ_p とモルタルのフロー値の関係

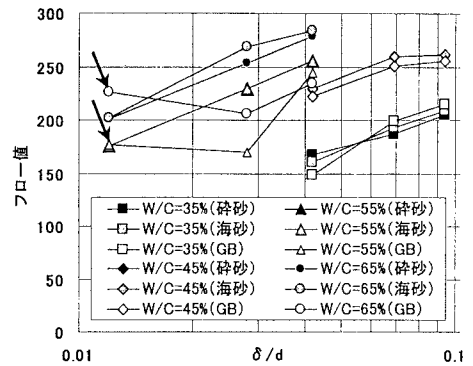


図-4 細骨材の違いによる δ/d とフロー値の関係

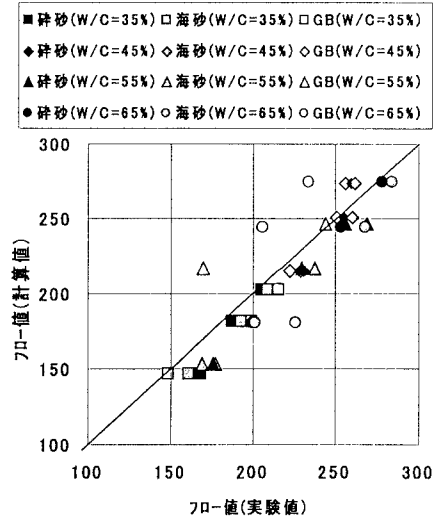


図-5 実験値と理論値の関係