

V-117

液体透過法による骨材形状評価法と余剰ペースト膜厚理論への適用

九州大学 工学部 学生員 松尾栄治
九州大学 工学部 正会員 松下博通
九州大学 工学部 正会員 牧角龍憲
新日鐵化学 正会員 近田孝夫
J R 西日本 正会員 平居竜也

1. はじめに

余剰ペースト膜厚理論はコンクリートをセメントペーストと骨材の2相材料と考え、最密充填状態の骨材空隙がペーストで満たされ、更に余剰のペーストが存在することによって骨材が分散され流動性が得られるとする考え方である。すなわち余剰ペースト量から決まる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められる。

筆者らは既にモデル骨材を用いたモルタル、コンクリートにおいて余剰ペースト膜厚 δ と骨材粒子径 d の比 δ/d によって流動性が定まることを報告¹⁾したが、一般の骨材に適用するには、骨材の表面積を正確に把握することが必要である。よって本研究では液体透過法により形状の異なる細骨材の表面積を測定し、算出した余剰ペースト膜厚比 δ/d とモルタルフロー値との関係を検討した。

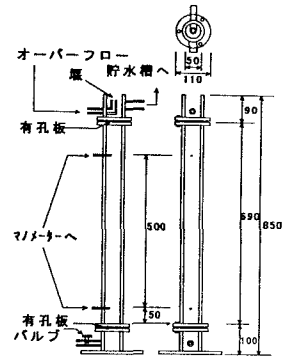


図.1 測定装置

表.1 透水試験結果

骨材種類	空隙率 (%)	水頭差 (cm)	動水勾配	平均流速 (cm/s)	透水係数 (cm/s)	比表面積 (cm ² /cm ³)
結晶片岩 1.18~ 2.36mm	48.8	7.75	0.155	0.498	3.213	50.46
	47.9	8.35	0.167	0.497	2.974	50.24
	47.0	9.10	0.182	0.495	2.718	50.26
	46.1	10.1	0.202	0.491	2.432	50.72
	45.2	11.3	0.226	0.490	2.170	51.15
	45.2	9.80	0.196	0.402	2.052	52.61
	46.4	9.40	0.188	0.479	2.547	51.13
	52.4	8.10	0.162	0.193	1.189	99.36
硬質砂岩 0.6~ 1.18mm	51.5	9.10	0.182	0.198	1.052	100.89
	49.9	10.6	0.202	0.190	0.895	101.28

2. 細骨材の形状評価

2.1 測定装置及び試験方法

図.1に液体透過法による表面積測定装置を示す。比表面積はKozeny-Carman式²⁾によって算出した。

$$S_v = 14 \sqrt{\varepsilon^3 \cdot h / ((1 - \varepsilon)^2 \cdot \mu \cdot u \cdot L)}$$

ここで S_v : 比表面積 (cm²/cm³)
 ε : 細骨材充填層の空隙率 (%)
 h : 水頭差 (cm)
 μ : 液体の粘性係数 (poise)
 L : マノメータの取り付け位置の高低差 (cm)
 u : 液体の平均流速 (cm/s)

実験には海砂、川砂、4種類の砕砂をそれぞれ網ふるいによって0.6~1.18mm、1.18~2.36mmの単一粒度に分類した合計12種類の細骨材を用いた。また、透過溶液の温度による粘性変化を抑えるため、実験は20℃の恒温室内で行った。

2.2 試験結果

(1) 空隙率の検討

表.1は空隙率を変化させたときの各係数及び比表面積の値である。空隙率の変化により各係数は大きく変動するが、比表面積はほとんど変化せず、詰め込み方法の違いが比表面積に及ぼす影響は小さいといえる。

(2) レイノルズ数の検討

本試験では透過溶液の流れを層流で考えているため、液体流速を変化させてレイノルズ数と比表面積の関係を検討した。その結果を図.2に示すが、0.6~1.18mmの粒径範囲ではレイノルズ数は0.3~2.0となり、骨材

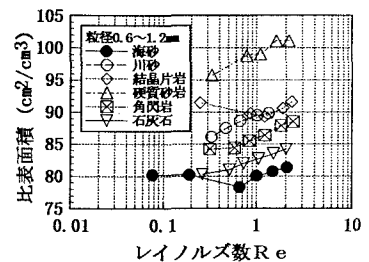


図.2 Reと比表面積の関係

ごとの明確な差異が認められる。層流限界のレイノルズ数は1～2前後であり、比表面積の測定条件は0.6～1.18の試料を用い、レイノルズ数が1～2の範囲内となる流速で行った。

3. 余剰ペースト膜厚理論への適用

3.1 計算方法

余剰ペースト膜量 P_{ex} 及び膜厚比は次式によって算出した。

$$\begin{aligned} P_{ex} &= 1000(1 - G_c/G_i) \\ P_{ex} &= \Sigma(\delta_i \cdot V_i \cdot S_i) = (\delta/d) \Sigma(d_i \cdot V_i \cdot S_i) \\ \therefore \delta/d &= P_{ex} / \Sigma(d_i \cdot V_i \cdot S_i) \end{aligned}$$

ここで

- G_c : 細骨材の配合実積率
- G_i : 細骨材の固有実積率
- d_i : 粒子径
- δ_i : 余剰ペースト膜厚
- S_i : 粒子径 d_i の比表面積

S_i には液体透過法による比表面積測定結果を用いた。 d_i にはふるい分けられた粒度範囲において、粒子を球と考慮して求めた面積体積平均径 d_{sv} ³⁾ 及び比表面積より求めた球相当径 $d_p (= S_v/6)$ を用いた。球相当径とは、骨材を球とみなして比表面積測定結果から仮想的に求めた直径である。

3.2 結果

図. 3～6に膜厚比とフローの関係を示す。用いた細骨材はガラスビーズ(G), 海砂(S), 砕砂(C)である。 $W/C=55\%$ の場合は、面積体積平均径 d_{sv} , 球相当径 d_p のいずれも膜厚比とフローの関係は細骨材種類によらず同一の直線関係になった。 $W/C=35\%$ -SP系では、 d_{sv} を用いた場合に形状の影響が現れ、ガラスビーズのフローが最も小さくなった。すなわち面積体積平均径がふるいによる形式上の分類という範疇に過ぎず、ペースト濃度が高い場合に膜を形成しやすくなると骨材種類の影響を受けてしまう。 d_p を用いた場合は細骨材種類の影響はみられなかった。

以上のことから球相当径 d_p を用いることで、形状の異なる骨材を用いた場合でもモルタルの流動性評価が可能であるといえる。

4. 結論

- (1) 適切な測定条件における液体透過法により、骨材の比表面積を適正に算出できる。
- (2) 骨材種類や形状の異なる骨材を用いた場合でも、算出された比表面積と球相当径を余剰ペースト膜厚理論に適用することによりモルタルの流動性を把握できる。

【参考文献】

- 1) 近田, 前田, 松下: モデル骨材を用いたモルタルのコンシステンシーに関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 17, 1995
- 2) P.C.Carman: Journal of Soc. of Chem. Ind. 57-58, 1938～39
- 3) 徳光: 粉体の詰め込みについて, 粉体工学, pp. 29-34, 1965

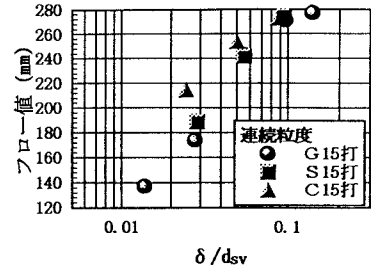


図. 3 δ/d_{sv} とフロー値: $W/C=55\%$

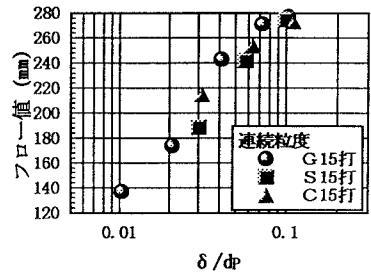


図. 4 δ/d_p とフロー値: $W/C=55\%$

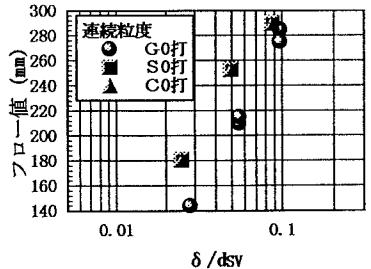


図. 5 δ/d_{sv} とフロー値: $W/C=35\%$

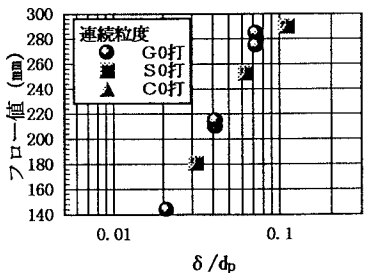


図. 6 δ/d_p とフロー値: $W/C=35\%$