

加振条件下のコンクリートの充填性を確保する配合設計法に関する一考察

フジタ 正会員 ○高橋 直希

フジタ 正会員 井手 一雄

1. はじめに

初期欠陥がなく高品質で密実なコンクリートとする上で、コンクリートの充填性は重要な性能となる。充填性の良し悪しは、スランプで示される流動性によってのみ決定するものではなく、流動性と材料分離抵抗性を考慮して決まる。特に、コンクリートの施工は振動締固め機を使用することが多く、フレッシュコンクリートの施工性能を評価するためには、加振時の充填性を評価する必要がある。また、近年の多様な混和剤の開発により、スランプの調整が容易となっているが、同一のスランプであっても、充填性が大きく異なることが確認されている。三宅らは、加振時の変形性の指標である、VB 沈下度が最小となる細骨材率は、細骨材と粗骨材の混合物の実積率を最大にする実積率に一致していることから、実積率を最大にする細骨材率において、最も締固めが容易になるとしている¹⁾。本研究では、細骨材率の違いによる細骨材と粗骨材の混合物の実積率を測定し、水セメント比と細骨材率をパラメータとしたコンクリートを用いて、加振時のコンクリートの充填性について検討を行った。その結果、余剰ペースト膜厚を用いれば、水セメント比によらず、間隙通過性を一義的に評価できることを確認した。これにより、間隙通過性に影響する余剰ペースト膜厚を最大にする、すなわち、細骨材と粗骨材の混合物の実積率が最大となるような細骨材率を選定することで、充填性が最大となることが確認された。

2. 実験概要

使用材料を、表-1 に示す。コンクリートの配合は単位水量を 165kg/m^3 の一定とし、水セメント比を 0.4, 0.5, 0.6, 細骨材率を 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70 の水準とした。混和剤の添加量は、セメント質量に対する標準使用量とした。練り混ぜ後、スランプは JIS A 1101 に従って測定した。加振条件下でのコンクリートの充填性の評価は、土木学会規準「ボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験方法(案)(JSCE-F-701-2016)」(以下、間隙通過性試験)に従って実施した。細骨材率を変化させた細骨材と粗骨材の混合物の実積率は JIS A 1104 に準じて測定した。

3. 結果および考察

本実験に使用した細骨材と粗骨材の混合物の実積率試験の結果を、図-1 に示す。この結果から、本実験に用いた骨材では、細骨材率が 55% 付近で、細骨材と粗骨材の混合物の実積率が最大となった。

次に、間隙通過性試験によって得られた間隙通過速度とスランプの関係を、図-2 に示す。いずれの水セメント比に

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント
	密度 : $3.16\text{ (g/cm}^3\text{)}$
細骨材	上内田産陸砂
	表乾密度 : $2.58\text{ (g/cm}^3\text{)}$ 実積率 : 67.4 (%), 粗粒率 : 2.68
粗骨材	鳳来産碎石 ($G_{\text{max}} : 20\text{mm}$)
	表乾密度 : $2.67\text{ (g/cm}^3\text{)}$ 実積率 : 60.4 (%), 粗粒率 : 6.65
混和剤	AE減水剤
	ポリカルボン酸系

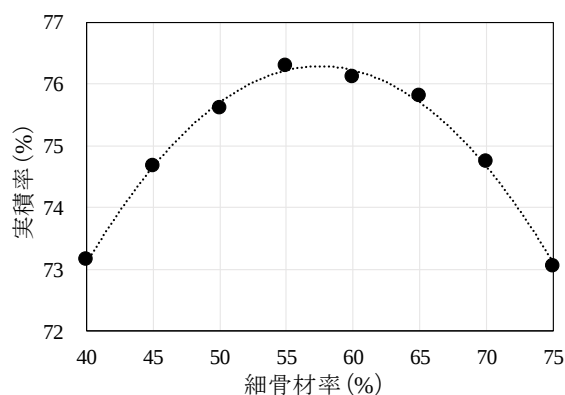


図-1 細骨材と粗骨材の混合物の実積率

キーワード 間隙通過速度, 細骨材率, 実積率, 余剰ペースト膜厚

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ技術センター TEL 046-250-7095

おいても、スランプが大きくなるほど、間隙通過速度は大きくなっている。しかし、同程度のスランプであっても、間隙通過速度は異なっていることから、スランプの大小のみでは、間隙通過性を評価することは困難であることを確認した。

C.T.Kennedy²⁾によって提唱されている余剰ペースト理論から、本実験で得られた結果を考察する。余剰ペースト理論では、容器内に骨材粒子のみを充填した場合に存在している、粒子間の空隙の体積に相当する量以外の量のペースト(以下、余剰ペースト)が粒子間の潤滑に寄与しているとしている。さらに、各骨材粒子は余剰ペースト膜で覆われていると考えられている。三宅らは、セメントペーストがセメント、水および空気により形成されているとし、式(1)～(2)によって、余剰ペースト膜厚(δ_p)を算出している¹⁾。

$$P_{exc} = 10^4 \cdot (G - G_a) \quad (1)$$

$$\delta_p = 10^4 \cdot \frac{P_{exc}}{S_s + S_g} \quad (2)$$

ここで、 P_{exc} はコンクリート 1m^3 中の余剰ペースト量(cm^3)、 G は細骨材・粗骨材混合物の実積率(%), G_a は細骨材および粗骨材の合計体積がコンクリート体積中に占める比率(%), S_a はコンクリート 1m^3 中の細骨材の表面積(cm^2)および S_g はコンクリート 1m^3 中の粗骨材の表面積(cm^2)である。上式から、細骨材と粗骨材の混合物の実積率が大きくなると、余剰ペースト量が多くなり、潤滑に寄与する余剰ペースト膜厚が大きくなる。この余剰ペースト膜厚を用いて、充填性に及ぼす細骨材率および実積率の影響について考察する。

図-3 は上記により算出した余剰ペースト膜厚と間隙通過速度の関係を示している。この結果から、図-2 のように、スランプと間隙通過速度の関係は水セメント比によって異なるため、一義的に評価することが困難であったが、余剰ペースト膜厚を用いれば、間隙通過性が一義的に評価できることが明らかとなった。また、余剰ペースト膜厚が大きくなるほど、間隙通過速度が大きくなり、充填性が向上していることが分かる。本実験から、間隙通過性に影響する余剰ペースト膜厚を最大にする、すなわち、細骨材と粗骨材の混合物の実積率が最大となるような細骨材率において、加振条件下のコンクリートの間隙通過速度が最大となることが確認された。

4. まとめ

余剰ペースト膜厚と間隙通過速度には正の相関があることが確認され、余剰ペースト理論による余剰ペースト膜厚を用いれば、水セメント比によらず、間隙通過速度を一義的に評価可能である。したがって、振動下における充填性を高めるためには、間隙通過速度に大きく影響する余剰ペースト膜厚を大きくすれば良く、実積率が最大となるような細骨材率において、加振条件下のコンクリートの間隙通過速度が最大となる。

参考文献

- 1)三宅淳一, 松下博通:フレッシュコンクリートの変形性を最大にする細骨材率に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.64, No.2, pp361-370, 2008.6
- 2)C.T.Kennedy:The Design of Concrete Mixtures, Proceedings of the ACI, Vol.36, pp373-400, 1940

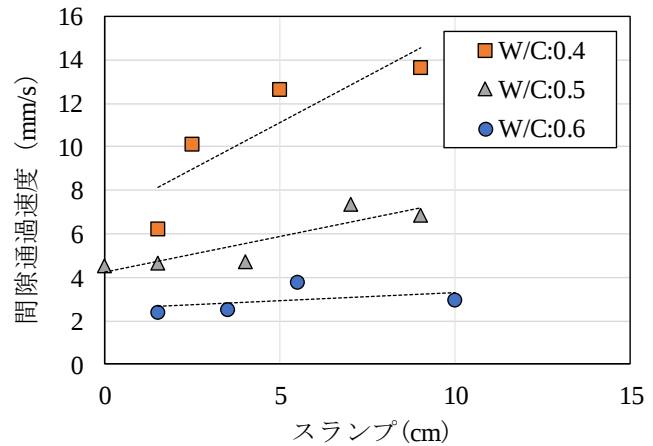


図-2 間隙通過速度とスランプの関係

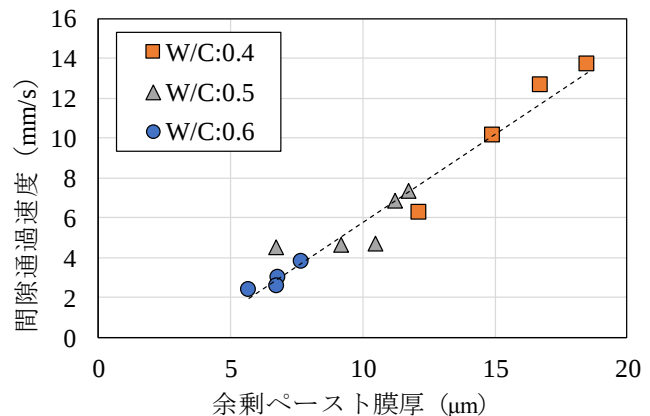


図-3 間隙通過速度と余剰ペースト膜厚の関係