

細径繊維を用いた FRC の余剰ペースト理論への適用性に関する研究

関西大学 学生生員 ○中道 優太
 関西大学 正会員 上田 尚史

1. はじめに

コンクリートの配合設計法の一つに余剰ペースト理論¹⁾がある。本研究では、繊維径 40 μ m、繊維長 12mm の細径の PVA 繊維を用いた FRC に対する余剰ペースト理論の適用性を明らかにするとともに、細径繊維を用いた FRC の作製の可能性について検討した。

2. 余剰ペースト理論

松下らは、余剰ペースト理論¹⁾を用いたコンクリートの配合設計法について検討しており、余剰ペースト膜厚 δ と骨材の平均粒径 d の比であるペースト膜厚粒径比 δ/d を指標とすることで、流動性を評価できることを指摘している²⁾。三宅らによれば、ペースト膜厚粒径比と骨材の実積率 G の関係は次式のように示される³⁾。

$$\frac{\delta}{d} = \frac{G - G_a}{6 \cdot G_a} \quad (1)$$

ここに、 G_a はコンクリート体積中に占める細骨材・粗骨材の比率(%)である。式(1)より、実積率が最大となるときペースト膜厚粒径比は最大となる。

本研究では、繊維を骨材の一部とみなし、式(1)より得られる δ/d と FRC の流動性の関係について検討した。

3. 実験概要

3.1. 配合

配合は、水粉対比(W/B)を 40%で統一し、セメント重量の 30%をフライアッシュII種で置換した。混和剤の混入量はセメント重量の 1.5%で統一した。繊維には、繊維径 40 μ m、繊維長 12mm のポリビニルアルコール繊維(以下、PVA 繊維)を使用した。また、繊維混入率の違いが実積率およびスランプに及ぼす影響を把握するため、繊維混入率を 0.5、1.0、1.5vol%の 3 水準とした。また、ペースト量の違いによる影響を把握するため、単位水量を 180、200、220kg/m³の 3 水準とした。細骨材率は、30~70%の範囲で変化させた。

3.2. 実積率試験

実積率試験は、繊維・細骨材・粗骨材混合物(以下、

混合物)を対象として、ジッキング法により行った。試料は絶乾状態とし、それぞれの試料を均一に混ぜた混合物を用いた。混合物の実積率は、式(2)により求めた。

$$G = \frac{100 \cdot W_j \cdot (\rho_f \rho_g W_s + \rho_f \rho_s W_g + \rho_s \rho_g W_f)}{V_j \cdot \rho_s \rho_g \rho_f (W_s + W_g + W_f)} \quad (2)$$

ここに、 G は混合物の実積率(%), W_j は試験容器内の試料の重量(g), V_j は試験容器の体積(cm³)であり、 ρ_s , ρ_g および ρ_f は、それぞれ細骨材、粗骨材および PVA 繊維の乾燥密度(g/cm³)である。

4. 実験結果

4.1. FRC の余剰ペースト理論への適用性

図-1 に実積率試験の結果を示す。図より、各繊維混入率において、それぞれ異なる細骨材率で実積率が最大となった。また、繊維混入率が増えるほど、最大実積率を得る細骨材率は大きくなる傾向にあった。

次に、本結果を用いて、式(1)からペースト膜厚粒径比を求めた。図-2 に各単位水量における細骨材率とペースト膜厚粒径比 δ/d の関係を示す。図より、単位水量が増加すると、 δ/d が大きくなる傾向にあった。これは、本研究では W/B を一定としていることから、ペースト量が増加したためである。

ここで、各単位水量でペースト膜厚粒径比が最大となる細骨材率の前後 10%の範囲に対して、スランプ試験を実施した。図-3 に細骨材率とスランプの関係を示す。単位水量 180kg/m³ で繊維混入率 1.5%の場合を除き、い

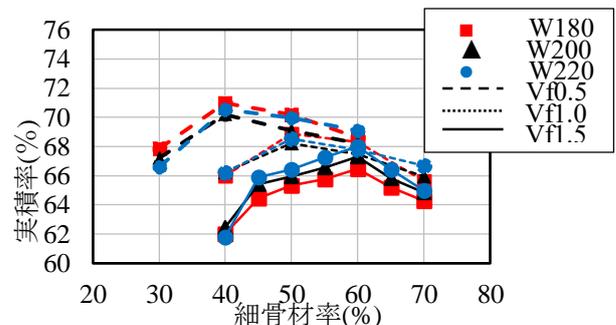


図-1 実積率試験結果

キーワード 繊維補強コンクリート, 配合設計, 余剰ペースト理論, PVA 繊維, 流動性

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3-35 関西大学理工学研究科環境都市工学専攻 TEL 06-6368-1121

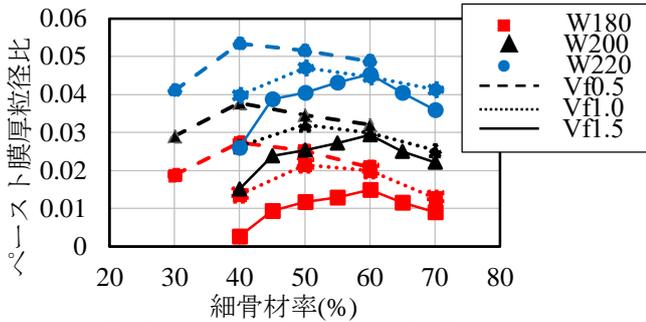


図-2 細骨材率とペースト膜厚粒

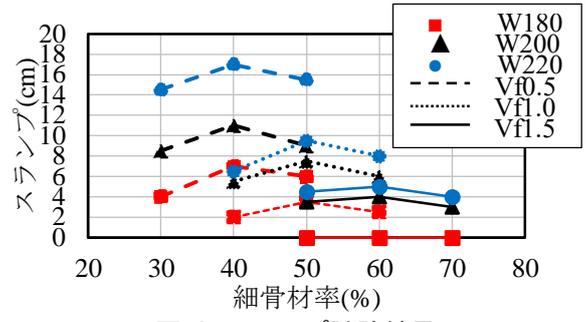


図-3 スランプ試験結果

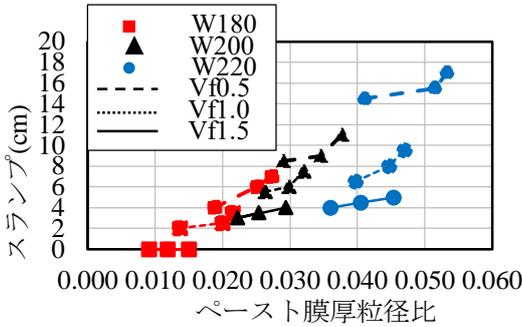


図-4 ペースト膜厚粒径比とスランプ関係

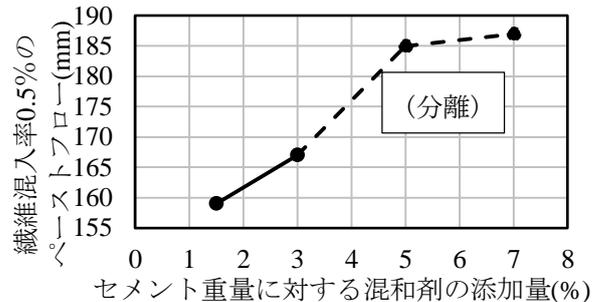


図-5 混和剤添加量とペーストフロー関係

ずれの場合においても、ペースト膜厚粒径比が最大となる細骨材率においてスランプが最大となった。このことから、繊維長 12mm、繊維径 40 μ m の細径繊維を用いた FRC に対しても余剰ペースト理論を適用することが可能であることが確認された。

また、単位水量 180kg/m³ で繊維混入率 1.5% のケースでは、 δ/d の大小にかかわらずスランプは得られなかった。当該のケースにおいては、いずれも δ/d は 1.5 以下であることから、この程度の δ/d では FRC の流動性を確保することができなかったものといえる。

4.2 ペースト膜厚粒径比とスランプの関係

図-4 にペースト膜厚粒径比 (δ/d) とスランプの関係を示す。図より、 δ/d が大きくなるに従い、スランプが増大する傾向が得られることがわかる。また、両者の関係は概ね線形関係にあり、繊維混入率が増加するに従って傾きは小さくなっている。同一の δ/d で比較すると、繊維混入率が高いほどスランプは小さい。これは、繊維混入量が高いほど繊維+ペーストの流動性が低くなったためであると考えられる。そこで、繊維+ペーストのフロー性状について検討した。

図-5 にセメント重量に対する混和剤添加量と繊維混入率 0.5% のペーストフロー関係を示す。図より、混和剤の添加量を増加させることで、繊維+ペーストフローは増加するが、過度の添加は材料分離を起すことが確認された。この結果を基に、スランプが 7.5cm であっ

た単位水量 200kg/m³、細骨材率 50%、繊維混入率 1.0% のケースに対して、セメント重量に対する混和剤添加量を 3.0% として流動性を確認した。その結果、スランプは 7.5cm であり同程度の結果となった。繊維+ペーストフローの 8mm 程度の増加では、FRC の流動性を向上させることはできなかったものとする。今後、材料分離を起こさないことを前提としてペーストフローを増加させるための検討が必要であると思われる。

5. 結論

繊維長 12mm、繊維径 40 μ m の細径繊維を用いた場合においても、ペースト膜厚粒径比が最大となる細骨材率近傍で流動性が最大となったことから、細径繊維を用いた FRC に対しても、余剰ペースト理論を適用可能であることが示された。

参考文献

- 1) Kennedy, C.T. : The Design of Concrete Mixtures, Proceeding of ACI, 36, PP373-400, 1995.
- 2) 松下博通, 近田孝夫, 前田悦孝 : コンクリートの配合設計への余剰ペースト理論の適用に関する基礎的研究, 土木学会論文集, Vol. 37, No. 578, pp. 57-70, 1997.
- 3) 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, Vol. 64, No. 2, pp. 361-370, 2008.