粒度調整した細骨材の形状と微粒分量が フライアッシュ外割モルタルのフローに及ぼす影響

○九州大学大学院　学生会員　大屋　敦志　　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　　佐川　康貴　　九州大学大学院　学生会員　川端　雄一郎

１．背景・目的

石炭火力発電所から排出されるフライアッシュ(以下, FA)は, 今後も増加が予測され, その有効利用法として, FA を細骨材に置換する方法が検討されている。

本研究では，細骨材の形状と 150μm 未満の微粒分量が, FA を外割混入したモルタルの FA 置換率と流動性に及ぼす影響について検討を行った。

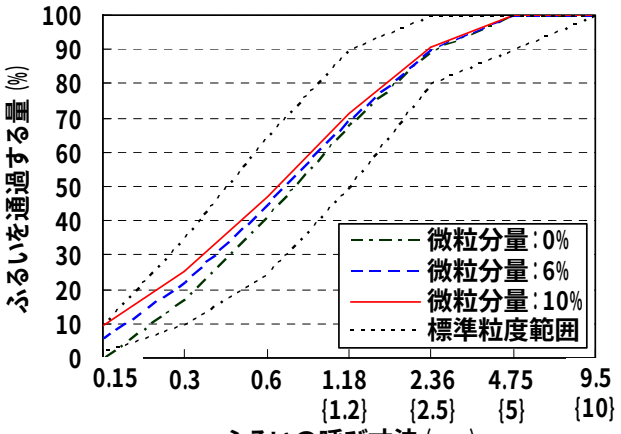
２．試験概要

２－１．使用材料

表－１に，本研究で使用した材料の物性値を示す。細骨材は粒子形状の異なる 3 種の細骨材，海砂，角閃岩砕砂を用いた。それぞれ粒径ごとにふるいわけ，**図－１**に示す 3 種の粒度に再び混合し, 150μm 未満の微粒分量を変化させて用いた。これら 9 種の細骨材について，JIS A 1104 に準拠し，実積率試験を行った。試験結果は**表－１**に示す通りである。微粒分量が同一のもので実積率を比較すると, 海砂, 角閃岩, スラグの順に実積率が減少し，この順で粒形が悪くなると推測できる。

表－１　使用材料および物理的性質

使用材料		物性値		
普通ポルトランドセメント		密度：3.16g/cm^3 比表面積：3250cm^2/g		
FAIV種		密度：2.24g/cm^3　強熱減量：1.6% 比表面積：3840cm^2/g		
使用材料		物性値	微粒分量	実積率
細骨材	海砂	密度：2.59g/cm^3 吸水率：1.26%	0%	65.2%
			6%	67.3%
			10%	68.8%
	角閃岩砕砂	密度：2.99g/cm^3 吸水率：1.24%	0%	60.8%
			6%	62.8%
			10%	65.0%
	高炉スラグ細骨材	密度：2.64g/cm^3 吸水率：1.06%	0%	56.8%
			6%	59.6%
			10%	61.6%



図－1　細骨材の粒度分布

２－２．配合条件

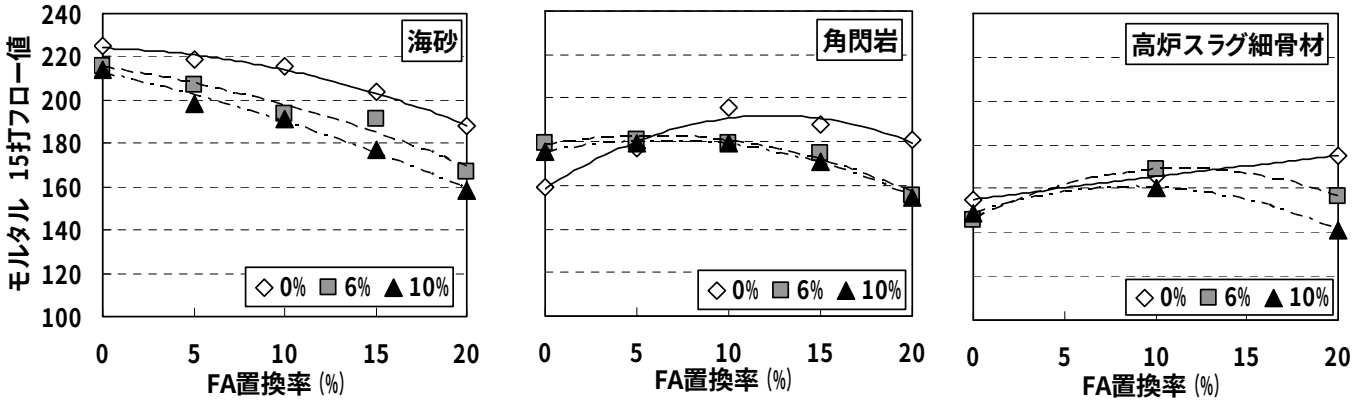
モルタルは，9 種の細骨材について，W/C=50%，単位水量を 273kg/m^3，砂セメント比 s/c=3.2（体積比）で全て一定とした。海砂と角閃岩砕砂は，FA を細骨材に対して 0，5，10，15，20%，高炉スラグ細骨材は 0，10，20%容積置換した。これら計 39 配合で，JIS R 5201 に従いモルタルの 15 打フローを測定した。さらに，モルタル配合中の水，セメント，FA，細骨材の微粒分にて作成したペーストの 15 打フローを測定した。

３．試験結果および考察

３－１．FA 置換率とフローの関係

図－２に 3 種それぞれの骨材を用いた場合の，FA 置換率とモルタルフロー値の関係を示す。図中の凡例は，それぞれの細骨材に含まれる 150μm 未満の微粒分の割合を表す。

海砂に関しては，微粒分量によらず，FA の置換率の増加とともにフロー値が減少した。同一 FA 置換率での微粒分量の影響を比較すると，微粒分量 0%の方が，微粒分量 6，10%よりも比較的緩やかにフロー値が減少した。角閃岩に関しては，微粒分量 6，10%は，　FA 置換率 10%以降で緩やかにフローが減少した。微粒分量 0%では，FA 置換率 10%でフロー値が最大となった。近似曲線より，FA 置換率 10～15%の範囲でフロー値のピークを示すと考えられる。高炉スラグ細骨材は，全ての微粒分量において，FA を置換することでフロー値が増大する範囲が存在した。微粒分量 0%に関しては FA 置換率 20%でフロー値が最大となっており，これ以降の範囲にフロー値のピークを示すと考えられる。



図－２　FA 置換率とモルタルフローの関係（W/C=50%，W=273kg/m³，s/c=3.2　一定）

３－２．余剰ペースト量とモルタルフローの関係

図－３にペーストの水粉体容積比とフロー値の関係を示す。全体的に水粉体容積比の増加に伴い，フロー値が直線的に増加した。ペースト中に角閃岩砕砂や高炉スラグ細骨材の粒形の悪い微粒分を含むものは，同一水粉体容積比でもフロー値に差が生じた。ここで細骨材の量と形状がモルタルフローに及ぼす影響を求めるために，各配合における余剰ペースト量 V_{exp} を求めた。これは Kennedy,C.T[1)]が示したもので, 次式により算出される。

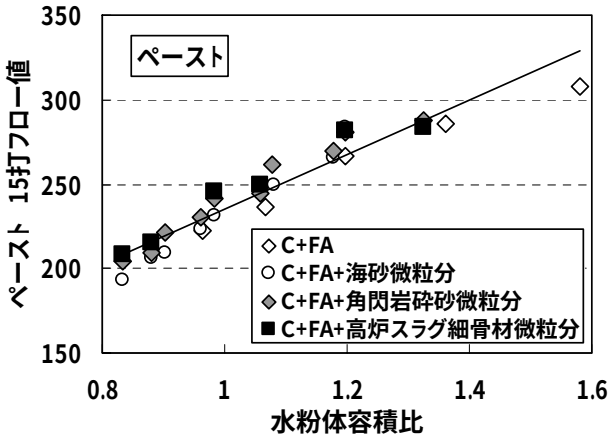
$V_{exp}=1000(1-G_C/G_0)$

V_{exp}：余剰ペースト量（cm³）

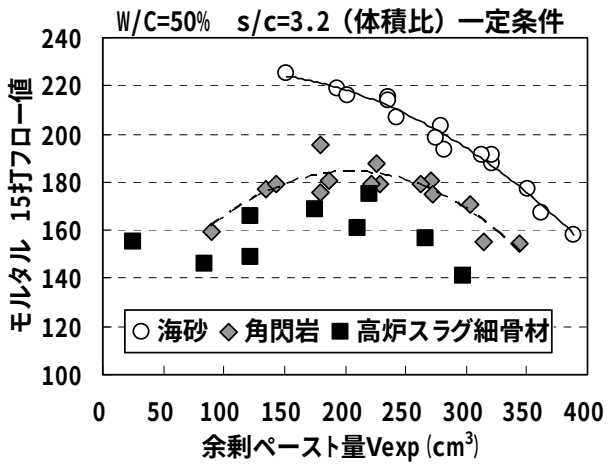
G_C：配合実積率（細骨材の微粒分を除く体積割合）

G_0：細骨材の微粒分 0%における実積率

本研究で用いる配合実積率は，細骨材の 150μm 未満の微粒分を除いた部分の容積割合を表す。**図－４**に余剰ペースト量とモルタルフローの関係を示す。海砂は余剰ペースト量の増加とともに水粉体容積比が低下し，フロー値が減少した。角閃岩砕砂は，余剰ペースト量 180～220cm³ 付近でフロー値がピークを示した。高炉スラグ細骨材にも同様の傾向が見られるが，同程度の余剰ペースト量におけるフロー値の差が大きく，評価は困難であった。同一骨材間で余剰ペースト量が等しくなれば，ペースト部分の水粉体容積比が等しくなるため，ここでのフロー値の差は**図－３**に示すペーストフローの差が影響したと考えられる。同一余剰ペースト量における各骨材間のフロー値の差は，余剰ペースト量の式に含まれる細骨材の実積率が影響したものと推測される。



図－３　水粉体容積比とフローの関係



図－４　余剰ペースト量とフロー値の関係

４．まとめ

本研究の範囲内で得られた結果について以下にまとめる。

（１）FA を外割混入する場合，細骨材粒子の形状と 150μm 未満の微粒分量によって，FA 無混入時よりモルタルフローが向上する FA 置換率の範囲が存在した。

（２）細骨材の 150μm 以上の粒度構成を一定とした場合，余剰ペースト量 180～220cm³ 程度の範囲内で，モルタルの 15 打フロー値が最大となった。

参考文献：1）Kennedy,C.T：The Design of Concrete Mixtures，Proceedings of ACI，Vol.36，pp.373-400，1940.