細骨材の粒度がモルタルの流動性に与える影響

九州大学大学院　学生会員　取違　剛　　電源開発（株）　フェロー　三宅　淳一
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

１．はじめに

まだ固まらないモルタルおよびコンクリートの流動性に関する研究は以前から数多くなされており，細骨材中の微粒分量や，粒度分布および粒子形状によって流動性が大きく変化することが明らかとなっている。また，現在土木学会において細骨材の標準粒度分布には上限値と下限値が設定されている。しかし，今後海砂の採取規制が進み，代替骨材としての砕砂の利用が促進されれば，現在の基準を満足するだけでは所要の流動性を得られない可能性がある。

そこで本研究では，流動性に及ぼす細骨材の各粒径の影響を検討するために，粒径の一部を全量または半分除いた細骨材を用いてモルタルの流動性試験を行い，余剰ペースト理論を用いて考察を行った。

２．実験概要

2.1　使用材料および配合

表－1 に本研究で使用した材料の物性を示す。細骨材中の微粒分の影響を除くために，150μm 以下を除いた。また，**表－1** に記した細骨材を基準として，**表－2** に示すように S1 ～S5 を全量および半分除くことによって，粒度を様々に変化させて試験に用いた。モルタルの配合は W/C=50,60,70%，S/C=2.65（W/C=50%で全量細骨材を用いたときにモルタルフローが 200mm となる配合）で一定とした。

2.2　試験項目および方法

試験項目としては，モルタルの流動性の指標としてモルタルフローとミニスランプを測定した。また，各要因に対して細骨材の実積率（以下，実積率）および S/C=2.65 のときにセメントと細骨材を混合した試料の実積率（以下，混合実積率）を測定した。実積率の測定についてはジッギング法を採用した。

表－1　使用材料の物性

セメント	密度3.16g/cm³，比表面積3300cm²/g				
細骨材	呼称	粒径(mm)	絶乾密度(g/cm³)	吸水率(%)	ふるいに留まる量(%)
	S1	2.5～5.0	2.55	1.72	11.7
	S2	1.2～2.5			24.8
	S3	0.6～1.2			24.2
	S4	0.3～0.6			26.5
	S5	0.15～0.3			12.0

表－2　使用細骨材の粒度構成

呼称	仕様
原粒	原粒度分布のもの(表－1に示したもの)
Sx-cut	原粒度分布からSxを全量除く（不連続粒度）
Sx-hcut	原粒度分布からSxを半分除く

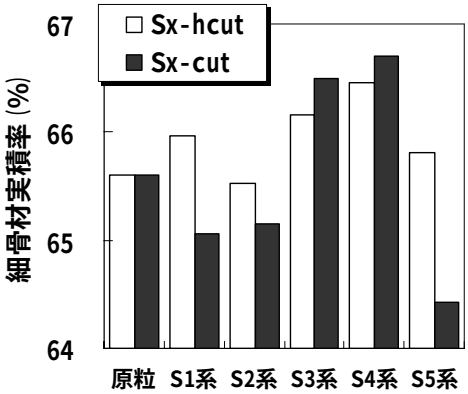
2.3　余剰ペースト膜厚および余剰水膜厚

C.T.Kennedyによって確立された余剰ペースト理論[1)]にはW/Cの変化による液相の性状変化が考慮されていない。そこで，余剰ペースト理論の計算方法をもとに，液相を水，固相をそれ以外（セメントと細骨材）と考え，上記の混合実積率を用いて余剰水膜厚δ_wを算出した。なお，比較として液相をセメントペースト，固相を細骨材と考えた余剰ペースト膜厚δ_pも算出した。

３．試験結果および考察

3.1　実積率試験結果

図－1 に各粒度における細骨材実積率試験結果を示す。また**図－2** にS/C=2.65 のときの混合実積率試験結果を示す。これによると，大粒径の細骨材を除くことによって実積率が低下すること，小粒径の細骨材を除くことによって実積率が上昇すること，ただしS5 を除くことによって実積率が大きく低下することが確認された。また，2 つの図を比較すると，細骨材とセメントの混合によって実積率が向上することがわかる。既往の研究[2)]によって，



図－1　細骨材実積率試験結果

細骨材と粗骨材を混合した場合，混合実積率が最大になるときの細骨材と粗骨材の比が存在することが知られている。本研究において，細骨材とセメントを混合した場合にも同様の傾向が見られた。さらに，半分除いたときと全量除いたときとで**図－1** と**図－2** の傾向が一致していないことから，モルタル全体としての流動性を細骨材の実積率のみによって示すことは困難であると示唆される。

3.2 δ_pおよびδ_wと流動性の関係

図－3 にW/C=50%のときのδ_pとモルタルフローの関係を示す。両者の間にはある程度の相関が見られるものの，そのばらつきは非常に大きいものとなっている。この原因として，小粒径の細骨材，特に 0.15mm～0.3mmのものが粉体に近い特徴を有しており，その部分の増減がペーストの性状を変化させ，流動性に大きな変化をもたらしているのではないかと考えられる。

図－4 に，W/C=50%のときのδ_wとモルタルフローの関係を示す。δ_wは前述のとおり混合実積率から計算によって得られるものである。δ_wの概念を導入することによって，細骨材中で粉体的特徴を有すると考えられる部分の効果を合わせて考えることができる。この図より，δ_wと流動性の間には高い相関が得られ，細骨材粒度の変化によるモルタルの流動性の変化は，粒子全体の実積率で一義的に表せることが明らかとなった。

図－5 にW/C=50,60,70%におけるδ_wとミニスランプの関係を示す。この図より，W/Cを変化させた場合にもδ_wによる整理によって流動性を一義的に表現できることがわかる。本研究においてはS/Cを一定としているため，単位水量を変化させることによってW/Cを変化させている。W/Cが 70%のときの配合では単位水量が 341 リットル/m^3，単位セメント量が 154 リットル/m^3である。すなわち，W/Cが 70%のときはモルタル容積全体の約 5 割がセメントペーストであり，粘性も非常に小さいものとなるため，液相の性状を考慮していないδ_pによっても十分整理可能であることが予測されたが，δ_wによる整理が妥当であるという結果が得られた。

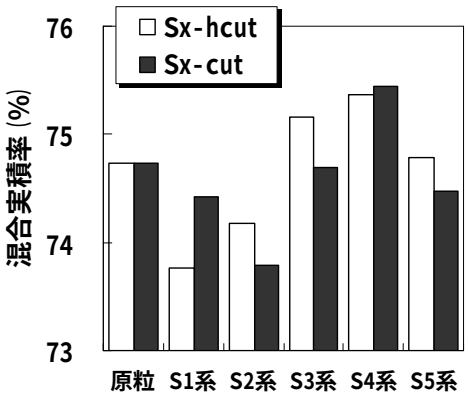
４．まとめ

本研究から以下に示す結果を得た。

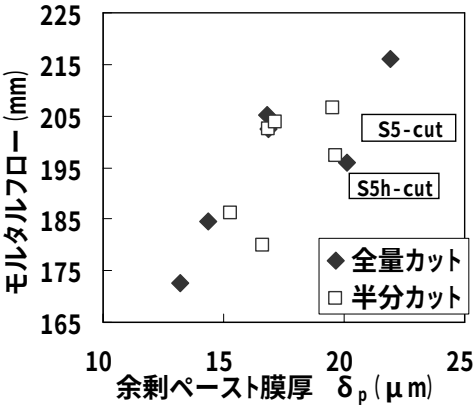
(1)細骨材の一部を除くことによって実積率が変化し，0.3mm～0.6mm を除くことによって最も実積率が高くなる。

(2)モルタルの流動性はδ_pによる表現が困難である。

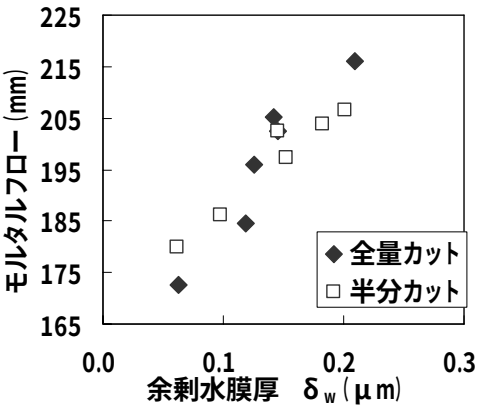
(3)モルタルの流動性はセメントペーストの濃度によらず，δ_wによって一義的に表現可能である。



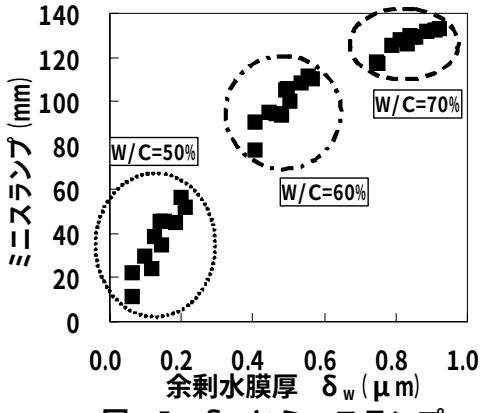
図－2 混合実積率試験結果



図－3 δ_pとモルタルフロー



図－4 δ_wとモルタルフロー



図－5 δ_wとミニスランプ

参考文献

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

2)松下博通ほか：砕砂コンクリートの細骨材率に関する一考察，セメント技術年報，No.42，pp.88-91，1988