

V－8 金属製鍊スラグ細骨材を用いた高流動コンクリートの配合特性

八戸工業大学 正会員 ○阿波 稔
八戸工業大学 正会員 庄谷 征美
太平洋セメント(株) 正会員 徳橋 一樹

1. まえがき

近年、コンクリートの施工性の改善を主目的とした自己充てん型高流動コンクリートが開発され、すでに実構造物に使用されている。一方、資源のリサイクル、有効利用といった観点から、産業副産物をコンクリート用材料として積極的に利用する研究が鋭意進められている。この研究の一環としてスラグを利用した代替骨材の研究が進展し、金属を精錬する際に副産される、高炉スラグ、フェロニッケルスラグおよび銅スラグがコンクリート用骨材として、1997年8月にJIS A 5011に統合規格化されるに至った。そこで本研究は、高流動コンクリートの自己充てん性を得るためのメカニズムはその構成材料間の密度差が大きく関わりを持っていることから、これら密度の異なるスラグ細骨材を用いた粉体系高流動コンクリートの配合設計手法について検討を加えたものである。

2. 実験の概要

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は、2.5mm 粒度に適合するように粒度調整した。密度 2.67g/cm³、吸水率 0.45%、F.M.2.35 の高炉スラグ細骨材(以下 BFS 細骨材と略す)と密度 2.97g/cm³、吸水率 1.37%、F.M.2.48 のフェロニッケルスラグ細骨材(以下 FNS 細骨材と略す)および密度 3.63g/cm³、吸水率 0.31%、F.M.2.20 の銅スラグ細骨材(以下 CUS 細骨材と略す)を用いた。さらに、比較用および混合用に密度 2.67g/cm³、F.M.2.55 の石灰石砕砂を使用した。

粗骨材は、最大寸法 20mm の硬質砂岩碎石を使用した。混和材としては、密度 2.70 および比表面積を 3 タイプに変化させた (10000cm²/g、5700cm²/g、4000cm²/g) 石灰石微粉末を用いた。また、高流動性およびフレッシュ性状の保持性能を付与する目的で、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水材を使用し、空気連行の助剤として、天然樹脂酸塩を主成分とする AE 剤を使用した。

コンクリートの細骨材絶対容積に対するスラグ細骨材の混合率は、0%、50%および 100%である。フレッシュコンクリートの自己充てん性能は、スランプフロー試験、漏斗を用いた流下試験、充てん装置を用いた間げき通過性試験(ボックス型容器、障害 R1)により評価した。スランプフローは 700±50mm、V 型漏斗流下時間 10～20 秒程度、空気量は 4%±0.5 を目標とした。

3. 実験結果

表－1 は、コンクリートの目標試験値をほぼ満足した配合の一例を示したものである。この図より、間げき通過性試験の結果、何れの条件においても充てん高さ 300mm 以上が得られており、全ての配合において土木学会高流動コンクリート施工指針に示されている自己充てん性のランク 1 に相当することが認められた。

図－1 は粗骨材とモルタルの密度差と水粉体容積比との関係を石灰石微粉末の比表面積毎に示したものである。

この図に示されるように、比表面積が 4000cm²/g の 表－1 配合一覧および自己充填性の評価(石灰石微粉末 6000) 石灰石微粉末を用いたコンクリートの場合、所要の 自己充填性を確保する為に要求される水粉体容積比は、粗骨材とモルタルの密度差が変化してもおよそ 0.80 と一定の値となった。一方で、比表面積が 6000cm²/g および 10000cm²/g の石灰石微粉末を用いたコンクリートの場合、粗骨材とモルタルの密度差が大きくなると共に、要求される水粉体容積比が減少する傾向が見られた。これは粗骨材とモルタルの密度差が大きくなると、間隙通過試験において鉄筋間での粗骨材のかみ合いが生じ易く生じ易いためであり、それを回避する為にペーストの粘性を増大させる必要があるためであると考えられる。

図-2 は石灰石微粉末の比表面積と水粉体容積比との関係を示したものである。この図よりスラグ細骨材の種類およびその混合率に関係なく、微粉末の比表面積の増加に伴い水粉体容積比は増加する傾向が見られた。これは比表面積が大きな微粉末ほどフレッシュコンクリートの所要の粘性が得られやすくなるためであると考えられる。また、スラグ細骨材の種別で比較すると、FNS 細骨材および BFS 細骨材を用いた場合は、微粉末の比表面積の増加に伴い直線的に水粉体容積比も増加するが、CUS 細骨材を用いた場合は比表面積が6000cm²/gを境にその増加率が急激に低下する傾向が確認された。

図-3 は単位粗骨材絶対容積と粗骨材とモルタルの密度差との関係を石灰石微粉末の比表面積毎に示したものである。この図に示されるように、粗骨材とモルタルの密度が等しくなる点境に、それらの密度差が変化すると、単位粗骨材絶対容積が減少する傾向が見られた。これは粗骨材とモルタルの密度差が変化すると、間隙通過性試験において鉄筋間での粗骨材のかみ合い作用が生じやすくなり自己充てん性が得られ難くなり、それを回避する為に粗骨材の絶対的な使用量を低下させる必要があることを示しているものと考えられる。

図-4 は石灰石微粉末の比表面積と粗骨材絶対容積の関係を示したものである。この図にも見られるように微粉末の比表面積が約8000cm²/gの付近で凸状の曲線となる関係が見られた。これは、比表面積が著しく大きな微粉末材料を用いた場合、コンクリートの構成材料における、中間粒子が極端に少なくなるためにs/aを大きくする必要があるためである。また、微粉末の比表面積の低いものを用いた場合には、ペーストに粘性が寄与され難くなり、粗骨材量を低下させ、さらに粉体量を増加させる必要があると考えられる。

以上これらの結果より、粗骨材とモルタルの密度差を指標とすることで高流動コンクリートの水粉体容積比や単位粗骨材絶対容積の範囲を予想し易く、合理的に配合設計が進められるものと考えられる。

5. まとめ

高流動コンクリートの自己充てん性能は、粗骨材とモルタルの密度差と大きく関わりを持っている。粗骨材とモルタルの密度差を指標として、自己充てん性を得るための所要の水粉体容積比や単位粗骨材絶対容積の範囲を予想し易く、合理的に配合設計が進められるものと考えられる。

配合名	凡例
Control(4000)	●
BFS-50(4000)	■
BFS-100(4000)	▲
FNS-50(4000)	■
FNS-100(4000)	▲
CUS-50(4000)	■
CUS-100(4000)	▲
Control(6000)	●
BFS-50(6000)	■
BFS-100(6000)	▲
FNS-50(6000)	■
FNS-100(6000)	▲
CUS-50(6000)	■
CUS-100(6000)	▲
Control(10000)	●
BFS-100(10000)	▲
FNS-100(10000)	▲
CUS-100(10000)	▲

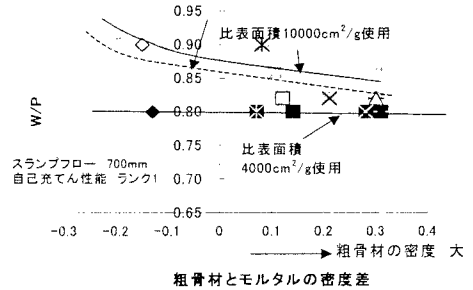


図-1 粗骨材とモルタルの密度差と W/P の関係

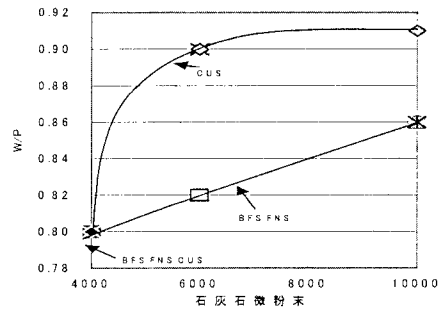


図-2 各比表面積における水粉体容積比の関係

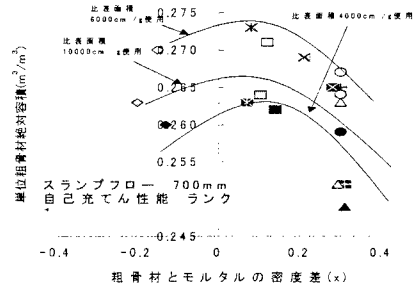


図-3 粗骨材絶対容積と粗骨材モルタルの密度差との関係

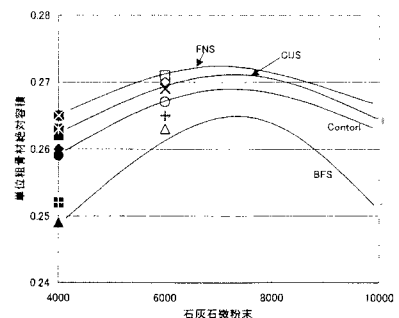


図-4 各比表面積別の粗骨材絶対容積の関係