

高炉スラグ微粉末のみを結合材として用いたモルタルの強度発現特性に関する一考察

鹿島建設(株)技術研究所 ○正会員 橋本 学 正会員 坂井吾郎 正会員 尾口佳丈
 正会員 室野井敏之 正会員 井上 友 フェロー 坂田 昇

1. はじめに

コンクリートの製造時のCO₂削減策並びに産業副産物の有効利用の観点から、セメントの代替品として高炉スラグ微粉末の混合比率を高めたセメントの研究が進められている。著者らもこれまでにダム施工に用いられるRCDコンクリートを対象とした、高炉スラグ微粉末90wt%混合したコンクリートの研究¹⁾を行っている。本報では、高炉スラグ微粉末のみを結合材として用いたコンクリートの実験的検討を試みた。スランプ 8cm、水セメント比が55%程度の一般土木用コンクリートを想定し、モルタルによるフレッシュ性状および強度発現性に関する検討を行った結果について報告する。

2. 試験概要

(1) 使用材料および配合

使用材料を表-1に、モルタルの配合を表-2に示す。高炉スラグ微粉末は粉末度 4,000cm²/cm³の一般市販品を用い、アルカリ刺激材として表に示す2種類のアルカリ刺激材(炭酸ナトリウム(NC)、硫酸ナトリウム(NS))を用いた。アルカリ刺激材の添加量は既往の文献を参考に、NCをスラグ質量B×6.0wt%、NSをB×4.0wt%と定めた。また、NCについてはアルカリ刺激材の添加量、水粉体比および単位水量の影響を検討するために、アルカリ刺激材の添加量を4.0、6.0、8.0wt%の3水準、水粉体比をW/B=55、45%の2水準、単位水量についてはW=270、251、232kg/m³(アルカリ刺激材を含む)の3水準について検討を行った。アルカリ刺激材は予め練混ぜ水に溶かしており、添加量4.0、6.0、8.0wt%はそれぞれ、7.4、11.1、14.4%の水溶液として練り混ぜることとし、練混ぜはモルタル用ミキサ(容量5L)にて行った。配合OPCはセメントに普通ポルトランドセメント(OPC)を用いた配合とした。なお、モルタルの単位水量W=270kg/m³は、コンクリート換算で単位水量W=168kg/m³に相当する配合として算出した。

(2) 試験方法

フレッシュモルタルのモルタルフローはJIS R 5201に従って測定した。圧縮強度試験については、モルタル試料をφ50×100mmのモールドに2層に分けて詰め、材齢3、7、28日まで20℃一定の条件下で封かん養生を行った後、所定の材齢にて圧縮強度試験を実施し、3本の平均値により算出した。

3. 試験結果および考察

(1) モルタルのフレッシュ性状

モルタルフローの試験結果を図-1に示す。OPCと比較してNCおよびNSのモルタルフローが小さくなる結果であった。この理由

表-1 使用材料

種類	記号	摘要
普通ポルトランドセメント	OPC	密度: 3.16g/cm ³ , 比表面積: 3,280cm ² /g
高炉スラグ	BFS	密度: 2.90g/cm ³ , 比表面積: 4,140cm ² /g
細骨材	S1	密度: 2.64g/cm ³ , (表乾) F.M.=2.80
	S2	密度: 2.60g/cm ³ , (表乾) F.M.=1.74
アルカリ刺激材	NC	炭酸ナトリウム
	NS	硫酸ナトリウム
水	W	水道水

表-2 コンクリートおよびモルタルの配合

配合条件	単位量(kg/m ³)								
	配合名	W/B (%)	水 W*	セメント OPC	高炉スラグ BFS	アルカリ刺激材		細骨材	
						NC	NS	S1	S2
OPC	55	270	492	—	—	—	1128	199	
NC-6.0%	55	240(270)	—	492	30	—	1118	197	
NS-4.0%	55	250(270)	—	492	—	20	1118	197	
NC-4.0%	55	250(270)	—	492	20	—	1118	197	
NC-8.0%	55	231(270)	—	492	39	—	1118	197	
NC-251	55	223(251)	—	458	28	—	1182	208	
NC-232	55	207(232)	—	421	25	—	1249	220	
NC-45%	45	191(221)	—	492	30	—	1228	217	

※: ()内の数字は単位水量とアルカリ刺激材の合計

キーワード: ゼロセメントコンクリート, 高炉スラグ, アルカリ刺激材

連絡先 : 〒182-0036 調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8026

として NC および NS はアルカリ刺激材を水溶液とし、単位水量の一部として計量したため、水量が少なくなったことが考えられる。また、NC が NS と比較してさらに小さくなった理由は、NC の添加量が 6.0wt% に対して、NS の添加量は 4.0wt% であり、その結果として単位水量で 10kg/m^3 少なくなっているため、モルタルフローが小さくなったと考えられる。

(2) モルタルの強度試験結果

図-2 に材齢 28 日の圧縮強度試験結果を示す。圧縮強度は OPC の 38.8N/mm^2 に対し、NC で 29.1N/mm^2 、NS で 27.1N/mm^2 と OPC の 7 割程度の強度を発現することを確認した。

図-3 に水粉体比と材齢 7 日の圧縮強度結果を示す。一般的なセメントを用いた場合と同様に、水粉体比 W/C=55% から 45% に低減することで圧縮強度が大きくなる傾向が認められた。

図-4 に NC の添加量を変化させたときの材齢 28 日の圧縮強度結果を示す。既往の文献²⁾でも示されるように、アルカリ刺激材の添加量が多くなるに従い圧縮強度が高くなることが確認された。この理由として、刺激材量と高炉スラグ微粉末の潜在水硬性の反応量には関係³⁾があり、刺激材量が多くなるに従いスラグの反応量が大きくなったことによるものと考えられる。また、刺激材には最適量が存在し、それを超えた場合には強度が低下する⁴⁾と言われているが、今回の実験の範囲では、刺激材の最適量は確認されなかった。以上の結果より、圧縮強度はアルカリ刺激材量および水粉体比の 2 つのパラメータによって制御できる可能性があることが示唆された。

図-5 に水結合材比 W/B=55% 一定条件のもと、モルタルの単位水量を $W=270\text{kg/m}^3$ に対し $W=251\text{kg/m}^3$ および 232kg/m^3 としたときの材齢 3, 7 日の圧縮強度結果を示す。今回の実験では、材齢 3 日で強度発現せず、材齢 7 日時点で $W=270\text{kg/m}^3$ では 0.18N/mm^2 であったが、単位水量を小さくすることで強度発現する結果となった。この理由については今後の検討課題である。

4. まとめ

高炉スラグ微粉末のみを結合材として用いたモルタルの強度は、水粉体比、刺激材の添加量に依存しており、若材齢時では、単位水量を小さくすることで強度発現することを確認した。今後、実適用を見据えてコンクリートによる検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 坂田昇ほか：高炉スラグ微粉末を大量に混合した RCD コンクリートに関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.32, No.1, pp.191-196, 2010
- 2) 磯崎啓ほか：高炉水砕スラグ-アルカリ刺激材系セメントの性質，セメント技術年報，40，pp.127-130，1986
- 3) 近藤連一ほか：種々の刺激材による高炉水砕スラグの潜在水硬性，鉄と鋼，第 65 年第 13 号，pp.1825-1829，1979
- 4) 魚本健人ほか：高炉水砕スラグ-セッコウ系結合材を用いたコンクリートに関する基礎的研究 (3)，生産研究，31 巻 6 号，pp.537-540，1979

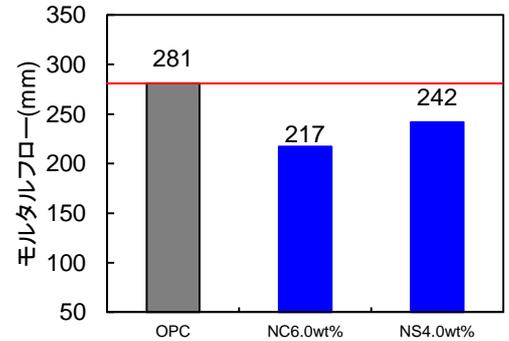


図-1 モルタルフロー値の比較

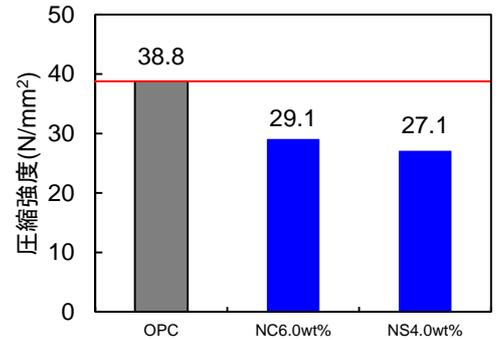


図-2 圧縮強度試験結果 (σ 28)

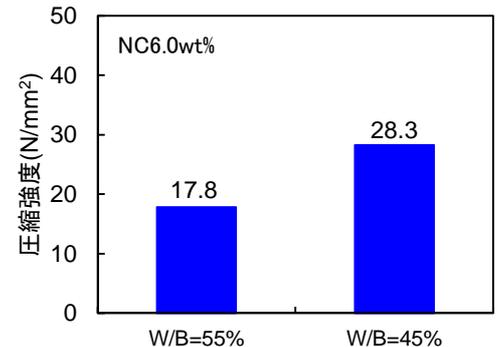


図-3 水粉体比の影響 (σ 7)

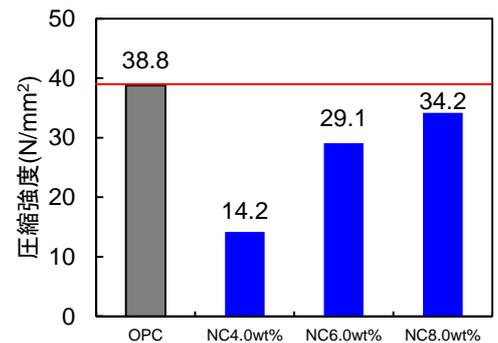


図-4 刺激材添加量の影響 (σ 28)

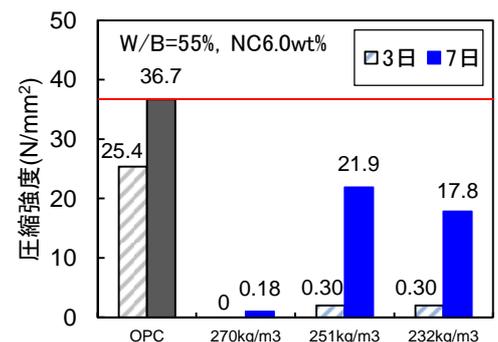


図-5 単位水量の影響 (σ 7)