

V-357

高炉スラグ微粉末を用いた併用系高流動コンクリートの耐久性

京都大学大学院 学生会員 中村 士郎

京都大学工学部

正会員 小林 孝一

京都大学工学部 正会員 宮川 豊章

京都大学工学部

正会員 藤井 學

1.はじめに 高流動コンクリートに関する研究が盛んに行われているが、近年では増粘剤の高性能化を受け、増粘剤系、あるいは併用系高流動コンクリートに対する研究例も増加している。しかし、フレッシュ時の性状に関する報告が多く、硬化後の耐久性に関する報告は少ないのが現状である。本研究では、高炉スラグ微粉末を用いた併用系高流動コンクリートについて、塩分浸透や中性化に対する耐久性を明らかにすることを目的とした。

2.実験概要

2.1 コンクリート配合 示方配合を表1に示す。増粘剤は水溶性セルロースエーテル系のもの、SP剤はポリカルボン酸系高性能AE減水剤を用いた。すべての配合は、スラン

プフロー 65 ± 5 cm、V65ロート流下時間5~20秒、ボックス試験高低差8cm以下を目標値とし、各混和剤の添加量を決定した。配合は5種類で水結合材比を40%で一定とし、高炉スラグ微粉末を用いないSg0、比表面積が各々4100,5960,7950 cm^2/g の高炉スラグ微粉末を30 g/m^3 用いたSg30-4000,6000,8000、比表面積5960 cm^2/g の高炉スラグ微粉末を60 g/m^3 用いたSg60-6000とした。

秒、ボックス試験高低差8cm以下を目標値と

示方配合	W/B *1 (%)	Sg (g/m^3)	単位量 (kg/m^3)					SP剤 B×% W×%	増粘剤 W×% B×%	圧縮強度 *2 (MPa)
			W	C	Sg	S	G			
Sg0		0		457	0	787		2.50	0.20	74.6
Sg30-4000								1.20	0.15	63.2
Sg30-6000	40	30	185	370	87	784	822	1.20	0.15	61.3
Sg30-8000								1.50	0.10	65.5
Sg60-6000		60		284	173	780		1.20	0.15	65.8

*1 結合材量 $B=C+Sg$

*2 材令28日

*その他AE助剤を $B \times 0.06\%$ 使用

し、各混和剤の添加量を決定した。配合は5種類で水結合材比を40%で一定とし、高炉スラグ微粉末を用いないSg0、比表面積が各々4100,5960,7950 cm^2/g の高炉スラグ微粉末を30 g/m^3 用いたSg30-4000,6000,8000、比表面積5960 cm^2/g の高炉スラグ微粉末を60 g/m^3 用いたSg60-6000とした。

2.2 細孔径分布測定 各配合のコンクリートをウェットスクリーニングしたモルタルを1ヶ月標準水中養生した後、水銀圧入法によって細孔径分布を測定した。

2.3 浸透塩分量測定 各配合のコンクリートを1ヶ月標準水中養生、1ヶ月気中乾燥し、 Cl^- 濃度3%の塩水に1ヶ月浸漬した後、電位差適定法によって表面から深さ2cmまでの浸透塩分量を測定した。

2.4 鉄筋腐食モニタリング 長さ30cmの鉄筋(D10)を2本、かぶり2cmで配置した10×10×40cmのコンクリート供試体を、1ヶ月標準水中養生、1ヶ月気中乾燥した後、 Cl^- 濃度3%の塩水に鉄筋位置まで浸漬し、飽和塩化銀電極を照合電極に用いた矩形波電流分極法により、自然電位、分極抵抗（周波数：0.1Hz）を1週間おきに測定した。

2.5 中性化試験 コンクリートを2.3と同様に養生し、温度 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ 、炭酸ガス濃度 $5 \pm 0.2\%$ の中性化槽に1ヶ月静置した後、中性化深さを測定した。

3.実験結果

3.1 細孔径分布測定 各配合の毛細管空隙量(10nm~2 μm)を図1に示す。毛細管空隙量は高炉スラグ微粉末を用いないSg0で最も大きい。高炉スラグ微粉末を用いた配合はSg0と比較して毛細管空隙量が少なく、特に細孔径10~20nmの微細な細孔量が少ない。比表面積の大きな高炉スラグ微粉末を用いたSg30-8000の毛細管空隙量は最も少なく、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性による反応が盛んで主に微細な空隙が減少し、毛細管空隙量が少なくなっていると考えられる。

3.2 浸透塩分量測定 浸漬1ヶ月における浸透塩分量を図2に示す。すべての配合で塩分は深さ1cmまでしか検出されず、高炉スラグ微粉末の使用量が多いほど、高炉スラグ微粉末の比表面積が大きいほど浸透塩分量は小さくなる傾向にあった。

3.3 鉄筋腐食モニタリング 各配合中の鉄筋の自然電位の経時変化を図3に示す。また、塩水浸漬21日と70日の時点でのASTMの判定基準による鉄筋の腐食状況の推定結果を表2に示す。図3に示

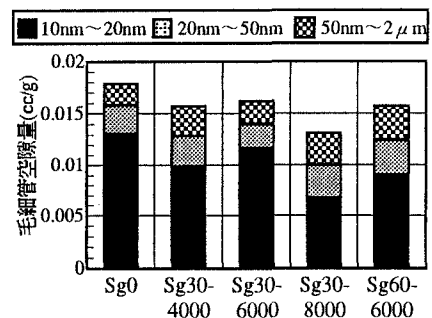


図1 毛細管空隙量（材令1ヶ月）

すように、一部の鉄筋では浸漬直後に腐食領域側となった後に、次第に不確定領域に移行するという傾向が見られた。したがって、表2に示すように腐食領域にある鉄筋の数は、浸漬21日の時点よりも浸漬70日の時点の方が少ない。また、高炉スラグ微粉末を用いなかった配合では、高炉スラグ微粉末を用いた配合よりも、腐食領域にある鉄筋の数は少ない。高炉スラグ微粉末の有無が自然電位の測定結果に影響を与えている可能性がある。浸透塩分量測定の結果から塩水浸漬1ヶ月の時点ではかぶり2cmの鉄筋近傍への塩分浸透がほとんど0であると考えられるのにも関わらず、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリート中の鉄筋の多くは浸漬70日の時点で腐食領域にある。鉄筋の自然電位が塩分浸透による腐食以外の要因によって卑となり、腐食領域にある可能性も考えられる。また、分極抵抗も自然電位と同様の傾向を示し、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリート中の鉄筋の腐食速度指標は大きいという推定結果を得た。これらの推定結果が実際の鉄筋の腐食状況を正しく表しているかを確かめる必要があり、今後鉄筋のはつり出しを行い、実際の腐食状況とモニタリング結果との比較、検討を行う予定である。

3.4 中性化試験 浸漬1ヶ月における中性化試験結果を図4に示す。すべての配合で中性化深さは2mm以下と小さく、中性化はあまり進行していないが、中性化深さは、高炉スラグ微粉末を用いないSg0で最小となり、比表面積の大きな高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートほど大きくなる傾向が見られた。

4.まとめ 高炉スラグ微粉末を用いた併用系高流動コンクリートでは、比表面積の大きな高炉スラグ微粉末を用いたもののほど、浸透塩分量は小さいが、中性化深さは逆に大きくなる傾向が見られた。また、自然電位などの鉄筋腐食モニタリングの結果では、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリート中の鉄筋の方が、高炉スラグ微粉末を用いないコンクリート中の鉄筋より腐食傾向にあるという推定結果を得たが、今後も長期的な測定を行い、さらに鉄筋のはつり出して実際の腐食状況とモニタリング結果との比較、検討を行う予定である。

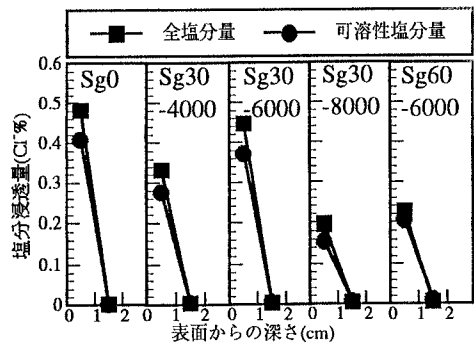


図2 浸透塩分量（浸漬1ヶ月）

表2 ASTM基準による鉄筋の腐食状況の推定結果

	各領域の鉄筋の数(浸漬21日→70日)		
	非腐食領域	不確定領域	腐食領域
Sg0	2→1	9→11	1→0
Sg30-4000	0→0	2→3	10→9
Sg30-6000	0→0	3→5	9→7
Sg30-8000	0→0	2→7	10→5
Sg60-6000	0→0	1→2	11→10

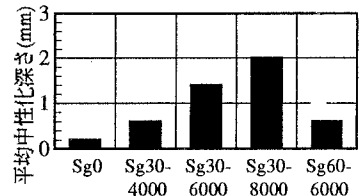


図4 中性化試験結果（促進1ヶ月）

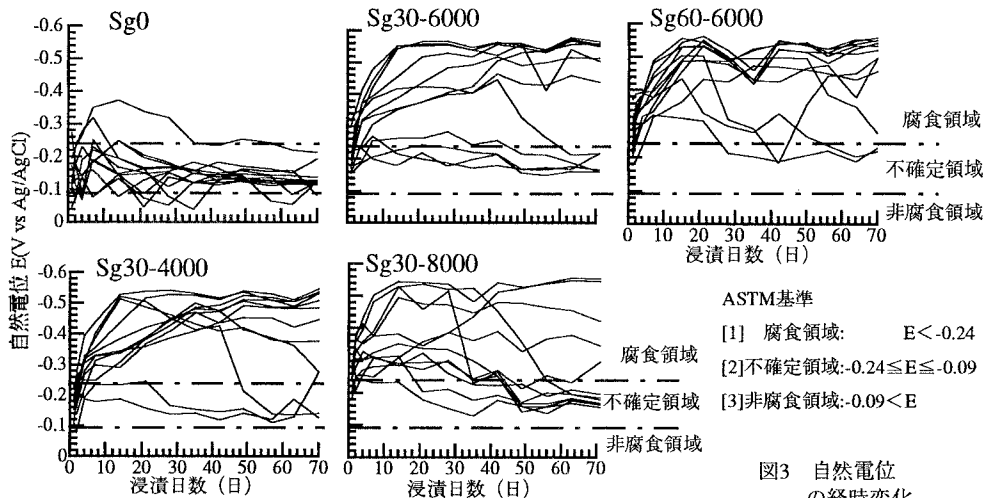


図3 自然電位の経時変化