

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。そこで本研究では、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 コンクリートの配合
使用材料を表1に、示方配合を表2に示す。すべての配合は、スランプフロー65±5cm、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、高炉スラグ微粉末を用いないSg0、高炉スラグ微粉末を30l/m³用いて、その比表面積が各々4100,5960,7950cm²/gのものを用了Sg30-4000,6000,8000、比表面積5960cm²/gの高炉スラグ微粉末を60l/m³用いたSg60-6000である。

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の深さ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(Ag/AgCl)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±2℃、相対湿度60±5%、炭酸ガス濃度5±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
細孔量が最も多い細孔径はすべての配合で10～20nm程度で、配合の違いによる影響は顕著ではなかった。各配合の毛細管空隙量(10nm～2μm)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

Shiro NAKAMURA,Koichi KOBAYASHI,Toyooki MIYAGAWA,Manabu FUJII

表1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重3.15、比表面積3260cm ² /g
高炉スラグ微粉末	比重2.90、比表面積4100、5960、7950cm ² /g
細骨材 海砂：砕砂 =7:3	海砂：岡山県堅場島産 比重2.56、F.M.2.29、吸水率1.53% 砕砂：兵庫県男鹿島産 比重2.52、F.M.3.12、吸水率2.05%
粗骨材 粗骨材小：粗骨材大 =6:4	粗骨材小：兵庫県男鹿島産砕石 比重2.52、F.M.5.97 粗骨材大：兵庫県男鹿島産砕石 比重2.65、F.M.7.18
増粘剤	低界面活性型水溶性セルロースエーテル 2%水溶液粘度 10,000cp
AE助剤	変性アルキルカルボン酸化合物を 主成分とする陰イオン系の界面活性剤
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系

表2 示方配合

示方配合	W/B *1 (%)	Sg (l/m ³)	s/a (%)	單位量 (kg/m ³)					高性能AE 減水剤 B×%	増粘剤 W×%		
				W	C	Sg	S	G				
Sg0	40	0	49.2	185	457	0	787	822	2.50	0.20		
Sg30-4000		30	49.0		370	87	784		1.20	0.15		
Sg30-6000									1.20	0.15		
Sg30-8000									1.50	0.10		
Sg60-6000		60	48.8		284		173		780	1.20	0.15	

*1 結合材量B=C+Sg * その他AE助剤をB×0.06%使用。

はSg0と比較して毛細管空隙量が小さく、特に細孔径10～20nmの微細な細孔量が減少している。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小さく、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性による反応が盛んで微細な空隙が減少し、毛細管空隙量が小さ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。また、細孔が最も多く分布する細孔径10～20nmの細孔量と浸透塩分量の間には良い相関が見られた(図3)。

3.3 鉄筋腐食モニタリング 塩水浸漬50日の時点のASTMの判定基準による鉄筋の腐食状況の推定結果を表3に示す。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大部分は浸漬50日の時点で腐食領域にある。一方、高炉スラグ微粉末を用いていないコンクリート中の鉄筋は大部分が不確定領域にあり、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と考えられる。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は大きいと推定される。

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。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推定される。今後も長期的な測定を行い、さらに鉄筋を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。

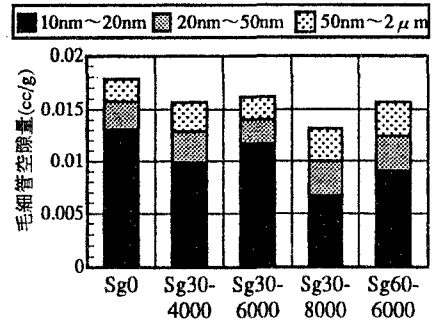


図1 毛細管空隙量 (材令1ヶ月)

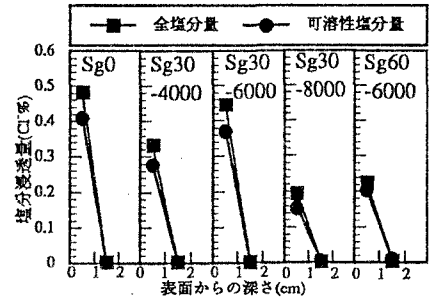


図2 浸透塩分量 (浸漬1ヶ月)

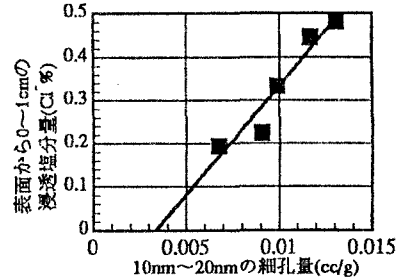


図3 浸透塩分量と細孔量の関係

表3 ASTM基準による鉄筋の腐食状況推定 (浸漬50日)

配合	各領域の鉄筋の数		
	非腐食領域	不確定領域	腐食領域
Sg0	0	11	1
Sg30-4000	0	3	9
Sg30-6000	0	4	8
Sg30-8000	0	7	5
Sg60-6000	0	1	11

ASTM基準 E:自然電位(V vs Ag/AgCl)

(1) 腐食領域: $E < -0.24$ (90%以上の確率で腐食が生じている。)

(2) 不確定領域: $-0.24 \leq E \leq -0.09$

(3) 非腐食領域: $-0.09 < E$ (90%以上の確率で腐食が生じていない。)

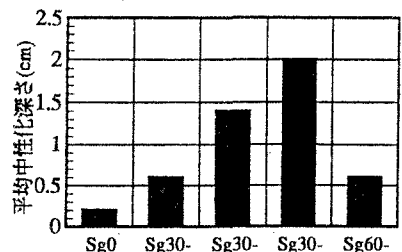


図4 中性化試験結果 (促進1ヶ月)