

京都大学工学部 学生員 渡辺 佳彦 京都大学大学院 学生員 小林 孝一
京都大学工学部 正会員 服部 篤史 正会員 宮川 豊章 正会員 藤井 學

1.はじめに 近年、高流動コンクリートに関する様々な研究が行われているが、現状では硬化後の性状、特に耐久性状に関する研究例が少ない。本研究では、普通ポルトランドセメントの一部を石灰石微粉末で置換した高流動コンクリートについて、同一水セメント比の普通コンクリートとの比較の上で細孔構造と塩分浸透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、配合を表2に示す。高流動コンクリートのスランプフローの目標値は自己充填性能を考慮して 65 ± 5 cmとし、普通コンクリートのスランプの目標値は 7.5 ± 1 cmとした。さらに、高流動コンクリートは、石灰石微粉末の比表面積の違いが耐久性状に与える影響を評価するため、比表面積の異なる3種類の石灰石微粉末を用いた。

2.2 細孔径分布の測定 表2の各配合について、 $10 \times 10 \times 20$ cmの角柱供試体を材令28日および3カ月まで標準水中養生を行った後、1辺5mm角程度の立方体に切断したものを試料として、水銀圧入式ポロシメータで測定した。

2.3 浸透塩分量の測定 高流動A以外の3配合について、 $10 \times 10 \times 20$ cmの角柱供試体を材令7日まで標準水中養生、およびその後14日間の気中養生を行った後、2側面からの浸透塩分量を測定するために、それ以外の面をエポキシ樹脂でコーティングし、塩分濃度3%(Cl⁻換算)の人工海水に1か月間および3か月間、供試体の長軸方向に約2/3を浸漬した。塩化物イオン濃度の測定は、表面から3cmまで深さ1cmごとに試料を採取し、JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準じた電位差適定法を用いて測定した。

2.4 鉄筋腐食の非破壊推定 高流動A以外の3配合について、長さ30cmの鉄筋(D10)をかぶり2cmとして2本ずつ配筋した $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱供試体を各配合2体ずつ作製し、2.3で用いた供試体と同様の養生を行った後、塩分濃度3%(Cl⁻換算)の人工海水に鉄筋位置まで浸漬し、飽和塩化銀電極(Ag/AgCl)を照合電極に用いて、自然電位の測定を約1週間毎に行った。

3.実験結果および考察

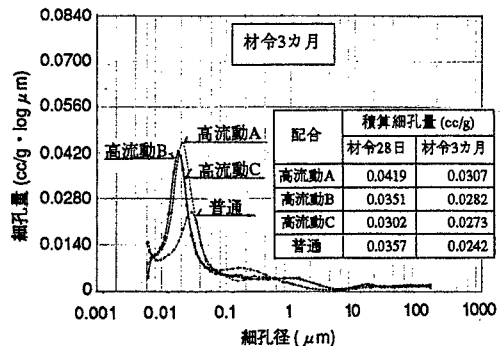
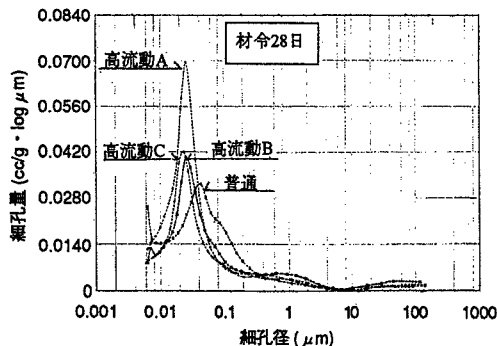


図1 細孔径分布

3.1 細孔径分布 各配合の細孔径分布の測定結果を図1に示す。各配合とも材令の進行によって細孔量が減少し、細孔量が最も多く分布する細孔径も小さくなっている。また細孔量が最も多く分布する細孔径は高流動コンクリートの方が普通コンクリートに比べて小さい。これは、高流動コンクリートには石灰石微粉末が添加されているため、普通コンクリートに比べて水和反応の進行が促進されていることや、石灰石微粉末の水和物間の充填効果によって細孔構造が小さい領域に移行したことによるものと考えられる。さらに比表面積が大きい石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートは比表面積が小さい石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートに比べて積算細孔量が少ない。これは、比表面積が大きい石灰石微粉末を用いた場合、比表面積が小さい石灰石微粉末を用いた場合に比べて充填効果が大きいことによるものと考えられる。

3.2 浸透塩分量 高流動A以外の3配合の全塩分量をコンクリート重量に対する塩化物イオン濃度に換算した結果を図2に示す。表面からの深さが1cmまでの部分における塩化物イオン濃度は高流動コンクリートの方が塩化物イオン濃度が小さい結果が得られた。従来の研究によると、イオン透過性については、50nm $\sim$ 2 μ mの細孔量と相関が高いとされており[1]、3.1で得られたデータをもとに、50nm $\sim$ 2 μ mの細孔量と表面からの深さが1cmまでの部分における塩化物イオン濃度との関係を図3に示すが、本研究においても相関が高いことが認められる。

3.3 鉄筋腐食 高流動A以外の3配合の自然電位の経時変化を図4に示す。腐食領域に達している鉄筋の本数は、高流動コンクリートの方が普通コンクリートに比べて多くなった。つまり、表面からの深さが1cmまでの部分における塩化物イオン濃度は普通コンクリートの方が高流動コンクリートに比べてやや大きい、という結果からすれば、腐食領域に達している鉄筋の本数と塩化物イオン濃度の大小関係は逆転する結果となった。高流動コンクリートは石灰石微粉末の添加によってペースト部分の化学的組成に変化が生じ、従来のコンクリートに比べて鉄筋の腐食が生じやすい環境になっているとも考えられるが、今後更なる研究が必要と思われる。

4. まとめ 石灰石微粉末を用いた高流動コンクリートを同一水セメント比の普通コンクリートと比較した場合、高流動コンクリートの方が積算細孔量や細孔量が最も多く分布する細孔径は小さく、塩化物イオン濃度も小さいが、鉄筋の防食性は逆に劣る可能性があることが明らかになった。

参考文献 [1]H. Uchikawa, S. Uchida, S. Hanehara ; Relationship between structure and penetrability of Na⁺ ion in hardened blend cement paste, mortar and concrete, 8th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction(Kyoto), Vol.1, pp.121-128, 1989

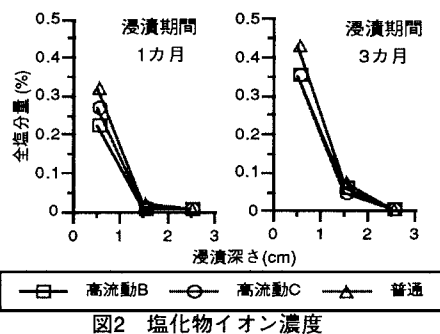


図2 塩化物イオン濃度

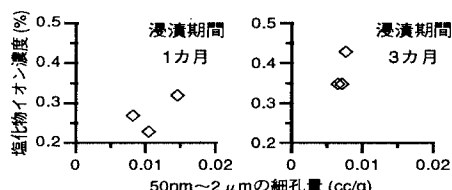


図3 細孔量と塩化物イオン濃度との関係

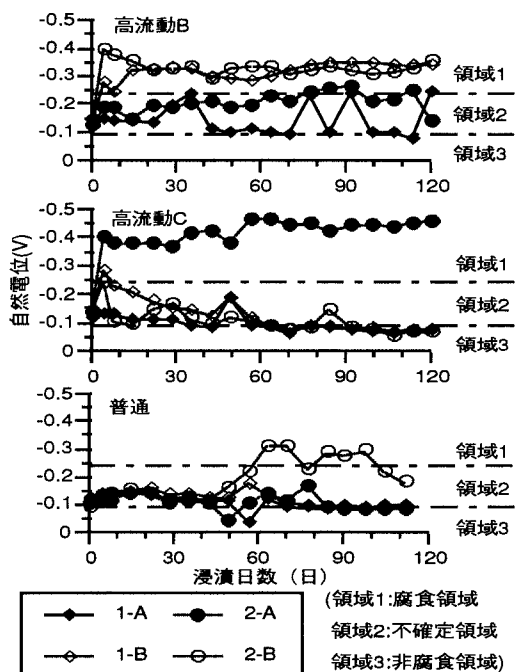


図4 自然電位の経時変化