

高流動コンクリートの塩化物浸透性に関する一考察

東洋建設 正 員 松本 典人 正員 佐野 清史 近畿大学 正員 川東 龍夫
京都大学 学生員 小林 孝一 正員 宮川 豊章 正員 藤井 學

1. はじめに 近年、高い流動性と高い分離抵抗性を併せもつ高流動コンクリートは、締固めを必要としないことによってコンクリート工事の省力化・合理化を可能にし、コンクリート構造物の信頼性を高めるものとして注目されている。本研究では、増粘剤を使用したコンクリート（以下、増粘剤系）および石灰石微粉末を使用したコンクリート（以下、粉体系）について同等強度を有する普通コンクリートとの比較の観点から塩化物イオンの浸透性に関する検討を行った。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合 使用材料および示方配合をそれぞれ表2.1、表2.2に示す。一般に、良好な充填性を発揮するには、スランプフローが50~70cm必要とされていることから、これを60±5 cmに設定した。また、標準水中養生で、4週材齢の圧縮強度が30MPa 程度のコンクリートに対応させることを目的として、3ケースの配合を考えた。

2.2 細孔径分布 材齢28日まで水中養生を行った円柱供試体からモルタル部分を採取したものを試料として、水銀圧入法で測定した。

2.3 塩化物イオンの浸透性 供試体は、1週間の水中養生ののち2週間の気中養生を行った10×10×20cmの角柱供試体を用いた。2側面での塩化物イオンの浸透性を調査することとして、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) の人工海水に長軸方向に約2/3浸漬した。塩分濃度の測定試料は深さ10mmごとに浸漬期間1ヶ月で30mm、浸漬期間3ヶ月で40mmまで採取し、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 鋼材腐食の非破壊推定 コンクリート中に鉄筋D10を2本、かぶり2cmとして配筋した10×10×40cmの角柱供試体を2体作製した。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、矩形波電流法により自然電位、分極抵抗(電流:10μA、周波数:0.1Hz)およびコンクリート抵抗(周波数:0.8KHz)を測定し、照合電極には、飽和塩化銀電極(Ag/AgCl)を用いた。

3. 実験結果および考察

3.1 細孔径分布 各種コンクリートの細孔径分布の測定結果を図3.1に示す。普通コンクリートに比べて、増粘剤系は0.1~数μmの空隙量が少なく、100μm以上の空隙量が多い。これは、増粘剤によって粘性が高められたため、巻き込まれたエアが多いことを示すものと考えられる。一方、粉体系は0.1μm以下の空隙量が多く、全空隙量は普通コンクリートに比べて2倍近い値であった。前者は、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、後者は、水セメント比が大きいことによるものと解釈できる。

3.2 塩化物イオンの浸透量 浸漬期間1、3ヶ月の各種コンクリートの単位コンクリート重量に対する全

表2.1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重:3.16 比表面積:3320 cm ² /g
粗骨材	滋賀県土山産: 碎石 最大寸法:20 mm 比重:2.64
細骨材	滋賀県野洲川産: 川砂 比重:2.58 吸水率:1.37 % F.M. 2.50
増粘剤	低界面活性型水溶性シリロ-スエーデン
石灰石微粉末	比重:2.73 比表面積:7260 cm ² /g

表2.2 示方配合

配合ケース	W/C	s/a	単 位 量 (kg/m ³)					増粘剤 W×%	高性能減水剤 C×%	高性能AE減水剤 (C+L)×%	填充剤 (C+L)×%
			水 W	セメント C	石粉 L	細骨材 s	粗骨材 G				
増粘剤系	57	50	190	334	—	863	880	0.21	5.00	—	0.40
粉体系	68	50	170	260	250	805	820	—	—	1.70	0.30
普通コン	54	50	170	315	—	897	914	—	—	1.80	—

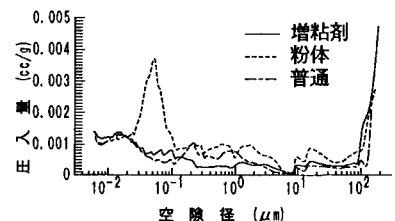


図3.1 細孔径分布

塩分量および可溶性塩分量の測定結果を図3.2 に示し、浸漬期間3ヶ月の全塩分量から求めた拡散係数を表3.1 に示す。全塩分量に着目すると、表層部は、普通コンクリートに比べて増粘剤系でほぼ同等、粉体系は若干少ない傾向を示した。しかし、15mm程度の内部では、普通コンクリートおよび増粘剤系でほぼ同等であるのに対し、粉体系は塩化物イオン濃度が若干大きく、拡散係数も粉体系で大きな値となった。この主たる原因は、粉体系の空隙量が普通コンクリートの約2倍

表3.1 拡散係数
(浸漬期間3ヶ月)

増粘剤系	0.98
粉体系	1.32
普通コンクリート	0.88

単位： $\times 10^{-7} (\text{cm}^2/\text{sec})$

近くあったことによるものと推測される。全塩分量と可溶性塩分量の差に着目すると、普通コンクリートに比べ

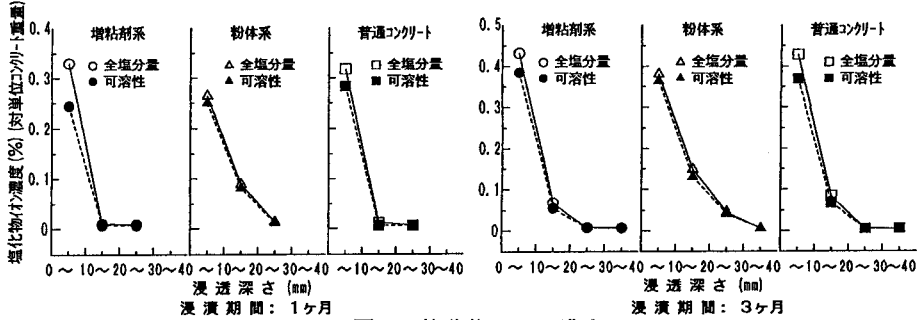


図3.2 塩化物イオン濃度

て、増粘剤系は両者の差がほぼ同等であるが、粉体系は表層部での両者の差が小さい。これは、単位セメント量が少ない配合のためセメントとの反応による塩分の固定化が少なくなったためと考えられる。

3.3 鉄筋腐食の評価

各種コンクリートの自然電位および鉄筋の単位表面積当たりの分極抵抗の逆数の経時変化を図3.3、図3.4 に示す（図中の凡例は、同様に作製した供試体2体中に鉄筋が2本配置されていることを示す）。増粘剤系は、供試体2において10日前後で腐食領域に入って

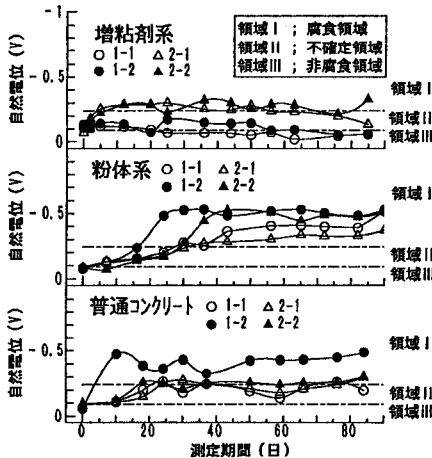


図3.3 自然電位の経時変化

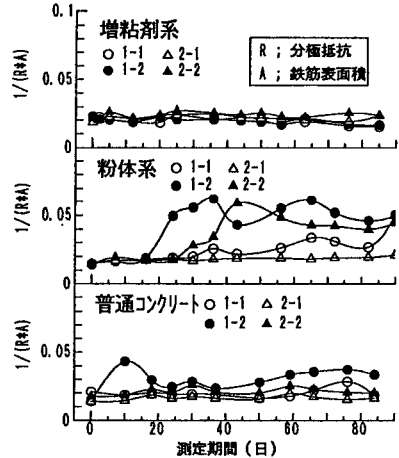


図3.4 分極抵抗の経時変化

いるものの、全て不確定領域近辺から非腐食領域で安定しており、腐食速度も小さく他のコンクリートに比べて腐食傾向が小さい。粉体系は10～40日後に腐食領域に入り、腐食速度も大きくなり、その後も腐食傾向が高く塩化物イオンの浸透が進んでいるものと考えられる。普通コンクリートはこれらの中間的な挙動を示した。コンクリート抵抗は、浸漬期間約3ヶ月ではいずれのコンクリートも測定値が0.3～0.7KΩの範囲で顕著な変化は認められなかった。

4. まとめ 同等強度を有する3種コンクリートの対比として、増粘剤系は普通コンクリートに比べて塩化物イオンの浸透性がほぼ同等、防食性で良好な結果が得られた。一方、粉体系は空隙量が多く塩化物イオンの浸透も普通コンクリートおよび増粘剤系に比べて大きい結果を示した。

謝辞 本実験を行うにあたって、京都大学・井上晋助手、服部篤史助手、金沢大学・五十嵐心一助手からは終始適切な助言と御協力をいただいた。謹んで感謝の意を表します。