

V-555

デサリネーションが鉄筋コンクリートの耐久性に与える影響

京都大学工学部 学生員 ○小川智広 徳島大学工学部 正員 上田隆雄
京都大学工学部 正員 宮川豊章 電気化学工業 芦田公伸

1. はじめに コンクリート中の Cl^- をデサリネーション（電気化学的脱塩手法）を用いて取り除いた後の、コンクリート中に残存している Cl^- （全塩分、可溶性塩分）の挙動を検討した。さらに、細孔径分布の測定を行うことによりモルタル部分の細孔構造の変化を検討するとともに、通電処理終了後に種々の環境下で経時的に塩分濃度と中性化深さの測定を行うことにより、デサリネーションが鉄筋コンクリートの耐久性に与える影響を評価することとした。

2. 実験概要 混入 Cl^- 量として、比較的厳しい塩害が生じた場合に見られる 8.0kg/m^3 を最大とする 2 レベル（ 4.0 、 8.0kg/m^3 ）を選んだ。電流密度は鉄筋表面積に対して 0.0 、 5.0A/m^2 、通電期間として 8 週間を基本レベルとし、細孔径分布測定用供試体のみ、4 週の通電も併せて行った。通電は 2 面通電とし、電流を流さない面にはエポキシ樹脂を塗り、絶縁した。実験に用いた供試体を図 1 に示す。

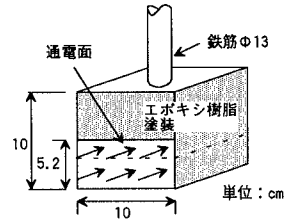


図 1 供試体図

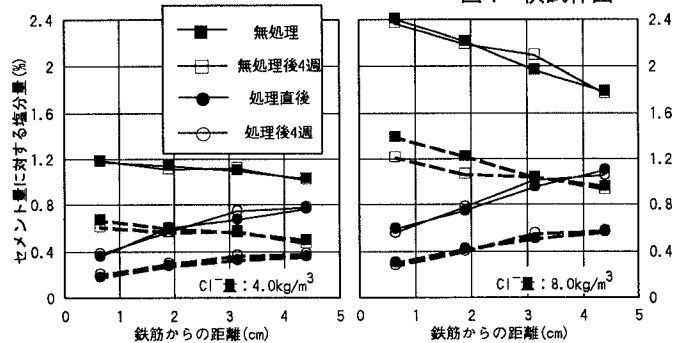


図 2 Cl^- の再分布状況

塩水浸漬は、5%の NaCl 溶液に浸漬し、促進中性化は温度 30°C 、湿度 60%、 CO_2 濃度 5% の環境条件に静置した。

3. 試験結果および考察 電流密度 0.0A/m^2 および 5.0A/m^2 で、8 週間通電処理を行った後、飽水シールを施した供試体の Cl^-

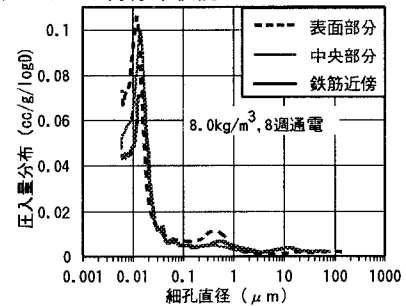
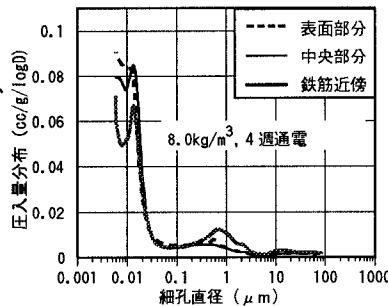


図 3 細孔径分布（4 週および 8 週通電）

表 1 細孔量一覧（単位：cc/g）

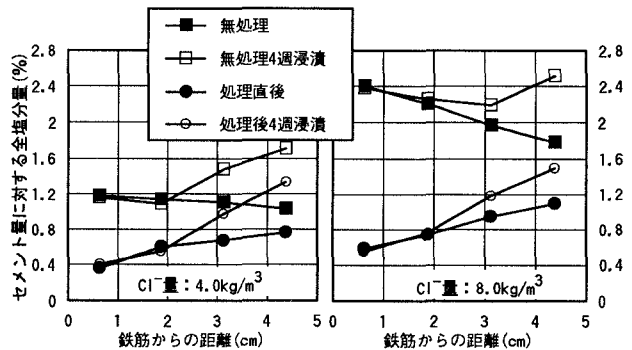
	D=0.006~0.05 μm			D=0.1~2 μm		
	表面部分	中央部分	鉄筋近傍	表面部分	中央部分	鉄筋近傍
無通電	0.03699	0.03908	0.04225	0.00995	0.00922	0.00915
4週通電	0.04619	0.04725	0.03474	0.00698	0.00606	0.01039
8週通電	0.04540	0.04376	0.03275	0.00963	0.00542	0.00664

（全塩分、可溶性塩分）の再分布状況を図 2 に示す。図 2 において実線は全塩分、破線は可溶性塩分量を示している。図 2 によると、無通電、通電に関わらず、4 週間の静置では Cl^- の再分布は全および可溶性塩分ともにほとんどみられない。なお、無通電の供試体のコンクリート表面付近の Cl^- 濃度が若干減少しているのは、無通電の場合も、通電期間中は電解液中に保存したため、 Cl^- が溶出したものと考えられる。今回は、通電処理後の静置期間が 4 週と短期間であるため、 Cl^- の再分布はほとんど観察されなかったとも考えられるため、今後はさらに長期的な検討を行う予定である。

Cl^- 量 8.0kg/m^3 で、 5.0A/m^2 を 4 週通電、8 週通電した供試体の細孔径分布を図 3 に示す。また図 3 において顕著な差が認められた細孔径領域 $0.006\sim 0.05 \mu\text{m}$ および $0.1\sim 2.0 \mu\text{m}$ の細孔量を無通電の供試体を加え表 1 に示す。4

週通電の供試体では、鉄筋近傍において $0.05 \mu\text{m}$ 以下の細孔量が減少し、 $0.1\sim 2.0 \mu\text{m}$ 付近の細孔量が増加している。このような分布となったのは、通電処理により、鉄筋近傍のセメントペーストが比較的ポーラスな細孔構造となったことによるものと考えられる。これに対して、表面部分および中央部分においては細孔構造に大きな差はみられない。8週通電の供試体では、無通電の供試体に比べ鉄筋近傍において、4週通電の場合と同様に、 $0.05 \mu\text{m}$ 以下の細孔量が減少しているものの、 $0.1\sim 2.0 \mu\text{m}$ の細孔量の増加は見られなかった。このような分布となったのは、4週通電の結果も併せて考えると、通電によりモルタルの細孔構造はいったんポーラスな状態となったが、さらにその後の通電により、鉄筋近傍に集積したアルカリの作用で C-S-H 相に含まれるケイ酸塩が、溶解性のケイ酸塩に変質し、モルタル中に存在した比較的大きな細孔を埋めたものと推定される。また、 Cl^- 量 4.0kg/m^3 の場合は、無通電と8週通電の供試体の細孔構造に、通電による顕著な影響は見られなかった。以上より、今回の実験程度の通電レベルでは、通電期間よりも混入塩化物量の方が細孔構造に与える影響は大きいと考えられる。

0.0A/m^2 および 5.0A/m^2 で、8週間通電処理を行った直後と、その後塩水に4週間浸漬した後の Cl^- 濃度（全塩分）の分布を図4に示す。塩水浸漬を開始する時点では、通電処理後の供試体の方がコンクリート中の Cl^- 濃度は小さいため、通電による表面付近の細孔構造の変化がないとすると、濃度勾配による Cl^- の拡散力は通電処理後の供試体の方が大きいといえる。

図4 Cl^- の分布（塩水浸漬）

しかし、図4によると塩水からの Cl^- の浸透深さに通電処理の影響はみられないものの、表面部分における塩水からの Cl^- の浸透量は、無通電の供試体の方が 4.0kg/m^3 では若干、 8.0kg/m^3 の供試体では2倍近く大きくなっている。この理由として本研究では、電解液として飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液を使用しているため、通電処理により CaCO_3 がコンクリート表面に析出し、 Cl^- の浸透を抑制した可能性も考えられる[1]。細孔径分布の測定結果からは通電によるコンクリート表面付近の細孔構造への影響は小さかったことも考慮に入れて、現段階では、通電処理が Cl^- の浸透性に与える影響は小さいと考えられるが、今後鉄筋近傍にまで Cl^- が浸透した場合も含めて長期的検討が必要であろう。

8週間の通電処理終了後に中性化を促進した時の、中性化深さを図5に示す。8週間の通電処理中は、すべての供試体を電解液中に浸漬したため、通電処理の有無によらず、処理期間終了直後の中性化深さは 0.0cm となった。この後4週間の促進中性化による中性化深さは、通電処理を行ったものの方が小さいことがわかる。今回の供試体は元々中性化していなかったが、通電処理により供試体中のアルカリ性が高くなり中性化しにくくなったものと考えられる。また、塩水浸漬の場合と同様に CaCO_3 のコンクリート表面への析出による影響の可能性も考えられる。

4. まとめ 通電処理終了後、静置期間4週間では Cl^- の再分布は全塩分、

可溶性塩分ともに認められなかった。今回の実験程度の通電レベルでは、通電期間よりも混入塩化物量の方が細孔構造に与える影響は大きいと考えられる。また現段階では、通電処理により Cl^- の浸透は抑制され、中性化もしにくくなっていると考えられるが、今後の長期的な検討が必要であると考えられる。

参考文献 [1]横田優、佐々木晴敏、福手勤、“電着工法による港湾コンクリート構造物の補修と防食について”、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14、No.1、1992

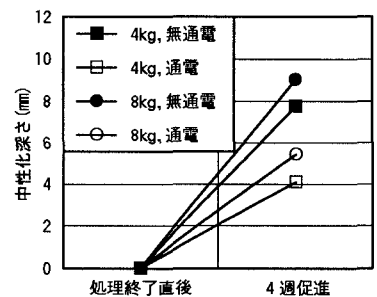


図5 中性化深さの経時変化