

탈염 및 재알칼리화 공법의 적용

Application of Desalination and Realkalization

배수호*
Su-Ho Bae이광명**
Kwang-Myong Lee조창근***
Chang-Geun Cho

1. 서 론

콘크리트 구조물의 유지관리가 필요없다는 인식은 이미 과거의 것으로 되었고, 적절한 유지관리를 시행하지 않으면 각종 환경작용 혹은 성능저하 외력에 의한 내구성 및 내하력 저하는 불가피하다. 염해 및 탄산화 등으로 성능저하·손상을 받는 철근 콘크리트 구조물의 보수 방법으로서 다중·다양한 방법이 연구 개발되고 있다. 이들 중 전기화학적 방식 공법은 성능저하된 콘크리트 구조물의 대책 공법으로 그 적용 사례가 증가하고 있는 추세이다. 현재까지 전기화학적 방식 공법으로 실용화되고 있는 공법은 전기방식 공법, 탈염 공법, 재알칼리화 공법 및 전착 공법의 4개 공법이다. 전기방식 공법은 1960년대 미국에서, 탈염 공법과 재알칼리화 공법은 1970년대 북유럽에서, 전착 공법은 1980년대 일본에서 개발된 기술이다.

종래의 보수 공법은 보수 시기나 보수 개소의 선정을 잘못하면 충분한 보수효과를 얻을 수 없는 데에 반해, 전기화학적 보수 공법은 기본적으로 대규모 단면보수는 불필요하고, 설정된 통전처리만 실행하면 보수효과는 거의 확실하다는 이점이 있다. 전기화학적 보수 공법 중 가장 활발하게 검토되고, 시공실적이 많은 것이 전기방식 공법이다. 탈염 및 재알칼리화 공법은 단면 보수 공법이나 표면처리 공법에 비해서 급속시공이 가능하고, 비파괴 공법이므로, 공사의 안전성이 높고, 친환경적인 측면이 장점이다. 한편, 이들의 적용범위나 평가방법, 내구성 등은 아직 연구의 여지를 남겨놓고 있는 공법이기도 하다.

본 고에서는 탈염 및 재알칼리화 공법의 적용에 대해서 최근 일본에서 연구된 결과를 중심으로 소개하고자 한다¹⁻³⁾.

2. 탈염 및 재알칼리화 공법의 적용

2.1 탈염 공법의 원리

2.1.1 탈염 효과

탈염 속도는 콘크리트에 인가한 전류량에 직접 비례한다. 전압이 일정할 때, 콘크리트에 함유된 물과 같이 전기저항이 대단히 작을 경우 탈염 속도는 최대로 된다. 전류가 인가되는 동안 염화물 이온에 의해서 운반되는 전류량은 염화물 이온 농도에 정비례한다. 염화물 이온은 콘크리트 내의 전류선에 따라서 이동하므로, 철근 위치와 양극 설치 위치가 중요하다. <그림 1>은 철근과 양극재 간의 콘크리트의 비저항이 동일한 경우 전류선을 나타낸 것이다. <그림 1>과 같이 철근 바로 위의 유선 길이가 가장 짧고, 철근 배면으로부터의 유선 길이가 가장 길다. 유선이 짧은 것은 이온에 대해서 강한 전기영동의 힘이 작용하고, 큰 속도로 이동하고 있는 것을 나타낸다. 바꾸어 말하면, 이것은 피복 콘크리트 중 염화물 이온의 탈염 속도가 가장 작은 것은 2개의 철근 중간 부이고, 철근배면 영역은 거의 탈염작용이 일어나지 않는다는 것을 의미한다.

이 관계를 고려하면, 피복두께의 차이가 탈염 효과에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 피복두께가 가장 작은 부위는 전류밀도가 가장 커서 탈염 효과가 가장 크고, 피복두께가 큰 경우에는 그 반대로 된다. 또한, 시공 대상부위의 피복두께가 극히 작은 경우는 단락회로가 형성되어, 여기에 전류가 집중 흐르게 된다. 이 같이 전기저항이 작은 영역에서 탈염에 특히 주의를 요하고, 결국 탈염 공법을 시행하기 전에 대상 부위의 균열이나 초기결함을 보수하여야 한다.

2.1.2 사용되는 전해질 용액

탈염 공법은 재알칼리화 공법과 마찬가지로 양극과 음극에 인가하는 전압에 의해 양극부에서는 다음과 같은 반응이 발생한다.

* 정회원, 안동대학교 토목공학과 부교수
shbae@andong.ac.kr

** 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과의 교수

*** 정회원, 경북대학교 방재연구소 연구교수

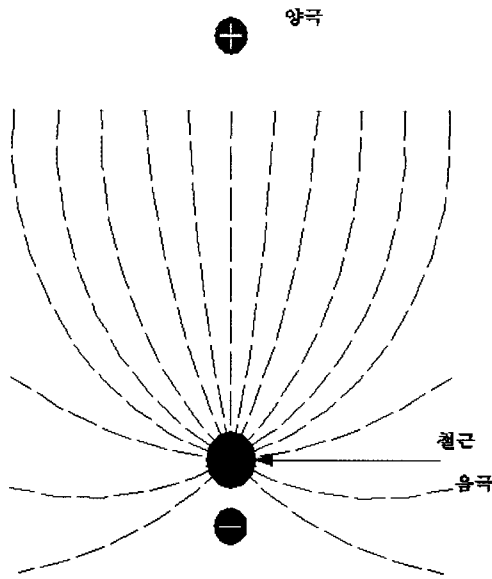
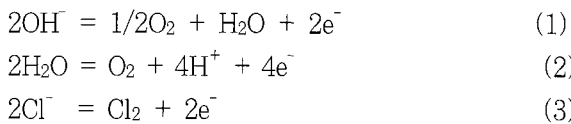


그림 1. 양극재와 철근 간의 전류선



탈염 공법으로 사용되는 전해질에는 여러 가지 물질이 있다. 가장 일반적으로 사용되고 있는 것은 수산화칼슘, 붕산나트륨, 수산화나트륨 및 수돗물을 들 수 있다. 알칼리성의 전해질 용액을 사용한 경우, 양극부에서 수산화물 이온이 존재하므로 이들이 반응하여 식 (1)과 같이 산소와 물로 된다. 그 결과 전극부의 pH는 저하된다. 또한, 수돗물과 같이 거의 중성인 전해질 용액을 사용한 경우 식 (2)와 같이 산소와 수소이온을 발생시킨다. 전해질 용액 중에 염분이 존재하지 않는 경우는 음이온이 양극으로 이동해 갈 때까지 식 (2)에서 전체가 반응한다. 이에 따라 양극부의 pH는 산성영역으로 된다. 발생한 수소이온은 전기영동에 의해 콘크리트 내부로 이동하고, 이것이 내부로부터 이동해 온 수산화물 이온이나 염화물 이온과 반응함으로써 물이나 염산을 발생시킨다. 양극까지 도달한 염화물 이온은 식 (3)과 같이 반응하여 염소가스로 된다.

양극부의 산성화나 염소가스의 발생은 바람직한 것이 아니다. 산성화는 콘크리트 표면의 성능저하로 연결되고, 유독한 염소가스의 발생은 인체에 악영향도 우려된다. 수산화칼슘이나 붕산나트륨과 같이 알칼리성 전해질 용액은 산성화나 염소가스의 발생을 억제하는 효과가 있다. 통상, pH 7 이상에서는 식 (1)의 반응이 우선되므로, 염소가스는 발생하지 않는다. 이상과 같이 사용되는 전해질 용액은 알칼리성이 바람직한 것을 알 수 있다.

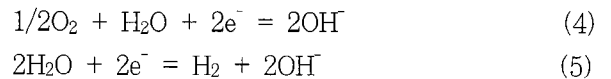
2.1.3 프리델 염분의 영향

콘크리트 중의 염분은 고정염분과 자유염분으로 분류되고, 양자를 합해서 전염분이라 한다. 탈염 공법의 경우, 인가전류는 자유염분에 의해서 운반되므로, 고정염분의 파악이 중요한데, 많은 경우 고정염분과 자유염분을 구분하는 것은 곤란하다. 전염분량에 대한 고정염분량은 시멘트 종류나 물-시멘트비의 영향을 받는다^{4,5)}. 탈염 효과는 고정염분이 용해되기 시작하여 자유염분으로 되는 속도에 큰 영향을 받는다는 보고도 있다. Elsener 등은 탈염 효과는 인가전류 시간이 경과함에 따라 작게 되나, 장기간 전류 인가를 중단하고 다시 탈염처리를 행하면 그 효과는 증대한다는 보고하였다⁶⁾. 그 이유는 고정염분이 용해하는 속도는 대단히 지연되므로, 자유염분의 탈염이 종료된 후 고정염분이 용해하는 기간을 뚝으로써 재탈염할 경우 그 효과가 증대하는 것으로 설명되고 있다.

2.2 재알칼리화 공법의 원리

2.2.1 물의 환원반응

양극과 음극 사이에 전압을 설정하면, 식 (4)와 같이 산소를 이용하여 물이 환원되고, 수산화물 이온이 발생한다. 또한, 철근 주위의 산소가 부족하면(24시간 정도에서 부족) 식 (5)와 같이 물의 환원반응이 발생한다. 이 같이 철근 주위에서는 수산화물 이온이 발생함으로써 pH는 증대한다.



2.2.2 전기영동

재알칼리화 공법으로 사용되는 전해질 용액 중의 전해질(Na₂CO₃)은 전하를 띤 이온의 형태로 존재한다. 콘크리트 중의 전류의 흐름은 오직 이온의 이동에 의해서 발생하므로, 양극과 음극에서 발생한 전압에 의해 이온은 전기적 힘을 받아 이동하고, 전류가 흐르게 된다. 음극인 철근으로 당겨지는 이온은 정(+)의 전하를 갖는 나트륨 이온이나 칼륨 이온이고, 양극재로 당겨지는 이온은 부(-)의 전하를 갖는 수산화물 이온이나 염화물 이온이다. 이 같은 전기장 하에서 이온의 이동을 전기영동이라 부른다. 이것이 재알칼리화 공법에서 발생하는 이온의 이동이다.

2.2.3 흡수작용

전해질 용액은 콘크리트 표면에서 공극의 모세관 장력에 의해 내부로 흡수된다. 흡수작용은 콘크리트의 함수상태나 공극구조에 크게 좌우된다. 전류를 인가한 일반적인 재알칼리화 공법의 시공기간에는 흡수작용의 영향은 그다지 중요하지 않다.

2.2.4 확산작용

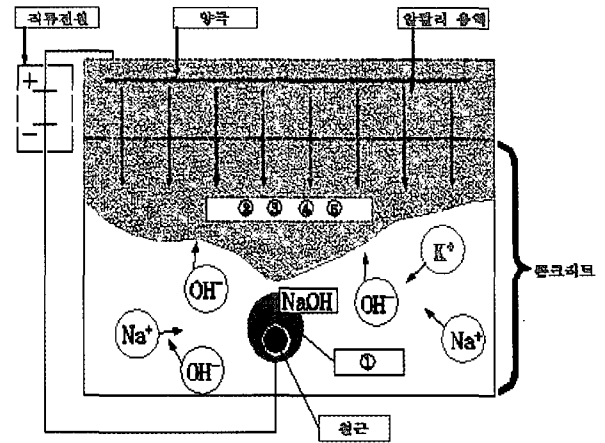
물질의 농도가 다른 환경에서는 확산작용에 의해 물질의 이동이 발생한다. 해석 결과에 의하면, 일반적인 재알칼리화 공법의 시공에서는 이 확산작용은 무시할 수 있다. 그러나 구조물의 시공후 사용기간에는 확산작용이 중요한 의미를 갖는다. 재알칼리화 시공후 확산작용은 철근 주위의 수산화물 이온량의 저하를 가져오고, 알칼리성을 저하시키는데, 그 결과 부식 보호작용이 감소될 수가 있다.

2.2.5 전해질 용액 이동에 따른 이온의 이동

전류를 인가하면, 전해질 용액이 이동한다. 이에 따라 함유된 이온도 동시에 이동할 가능성이 있다. 그러나 이 작용의 중요성에 대해서는 현재까지 그 양이나 평가방법에 대해서 직접적으로 입증되지 않고 있다. 거시적으로 보면, 수산화물이온이 용액과 함께 철근 주위로 이동하므로 재알칼리화 공법의 경우는 유용하나, 이 때 용액에 함유된 염화물이온도 철근 주위로 이동함으로써 탈염 공법의 경우는 유해하다.

2.2.6 작용의 상관성

상기의 이론으로부터 다음과 같은 가설이 성립한다. 전류 인가 시간에 비례하여 물의 환원반응이 발생하고, 동시에 전기영동이 발생한다. 나트륨염을 사용한 경우는 나트륨이온이 철근측으로 이동한다. 철근 주위의 수산화물 이온과 전기적 중립을 유지하기 위하여 발생한 수산화물 이온과 같은 양의 나트륨 이온이 철근 주위에 존재할 것이다. 최종적으로는 침투한 나트륨 이온의 20%가 수산화나트륨이라는 형태로 철근 주위로 집적한다. 물의 환원반응, 전기영동으로 가해지는 흡수작용 및 전해질 용액 이동에 따른 이온 이동에 의해 모든 알칼리 금속이 철근 주위로 집적한다. <그림 2>는 이상의 재알칼리화 작용의 5가지 상관성을 나타낸 것이다.



①: 물의 환원반응 ②: 전기영동 ③: 흡수작용 ④: 부식작용
⑤: 전해질 용액 이동에 따른 이온의 이동

그림 2. 재알칼리화 작용의 상관성

목적 원리 공법

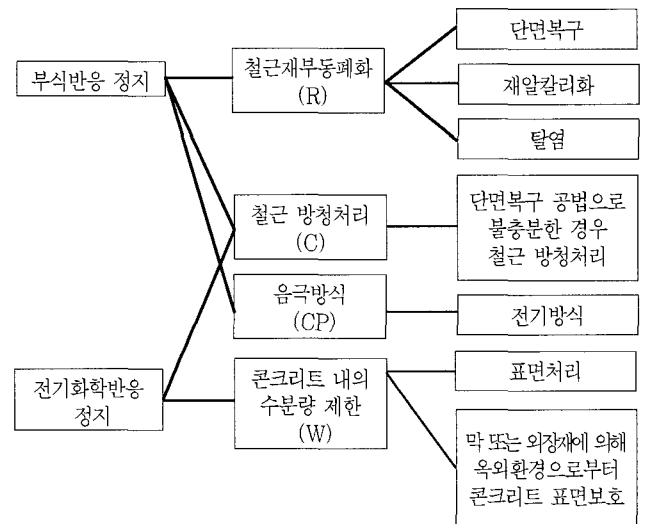


그림 3. 보수공법의 분류

2.3 탈염 및 재알칼리화 공법의 적용

RILEM에서는 탈염 및 재알칼리화 공법을 철근의 재부동태화 공법에 포함시키고, 주 목적은 부식반응의 정지 공법으로 간주하고 있다(그림 3).

<그림 3>에 표시한 각 공법의 원리(R, C, CP, W)는 주 요인에 따라서 세분된다. 성능저하 요인이 탄산화인 콘크리트에 적용되는 보수 공법은 <그림 4>와 같고, 성능저하 요인이 염해인 콘크리트에 적용되는 보수 공법은 <그림 5>와 같다.

<표 1>은 성능저하의 주 요인이 탄산화인 경우, 재알칼리화 공법의 적용 예를 나타낸 것이고, <표 2>는 성능저하의 주 요

표 1. 재알칼리화 공법의 적용 상황

기 법	R1	R2	R3	W	C
장기적으로 사용되고 있는 일반적인 기법			○		○
수개국에서 사용되고 있는 기법 (주로 독일)	○				
과거 5년간 수개소에서 시험사용되고 있는 기법		○			
현장시험은 이루어지지 않은 새로운 기법				○	

표 2. 탈염 공법의 적용 상황

기 법	R1	R2	C	W	CP
장기적으로 사용되고 있는 일반적인 기법	○		○		
사용된 빈도가 많은 기법					○
과거 5년간 수개소에서 시험사용되고 있는 기법		○			○
현장시험은 이루어지지 않은 새로운 기법				○	

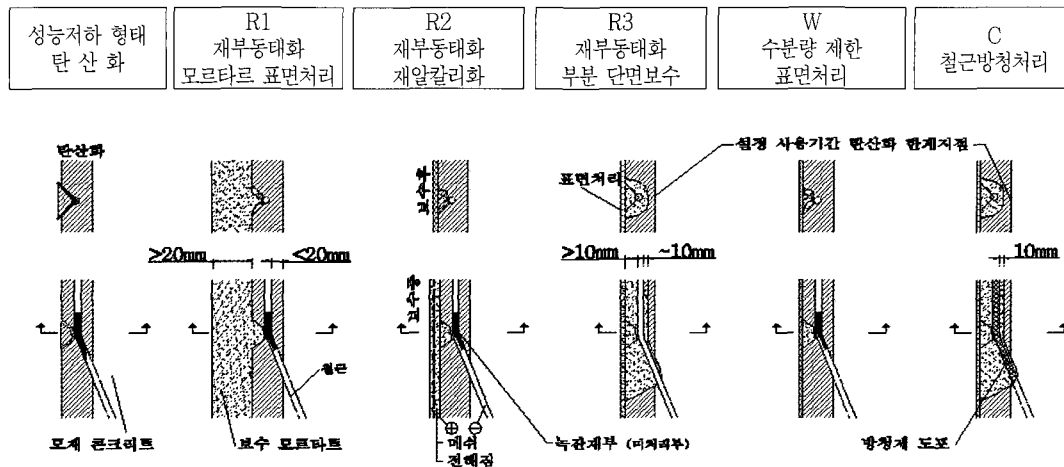


그림 4. 재알칼리화 공법에 의한 보수 공법

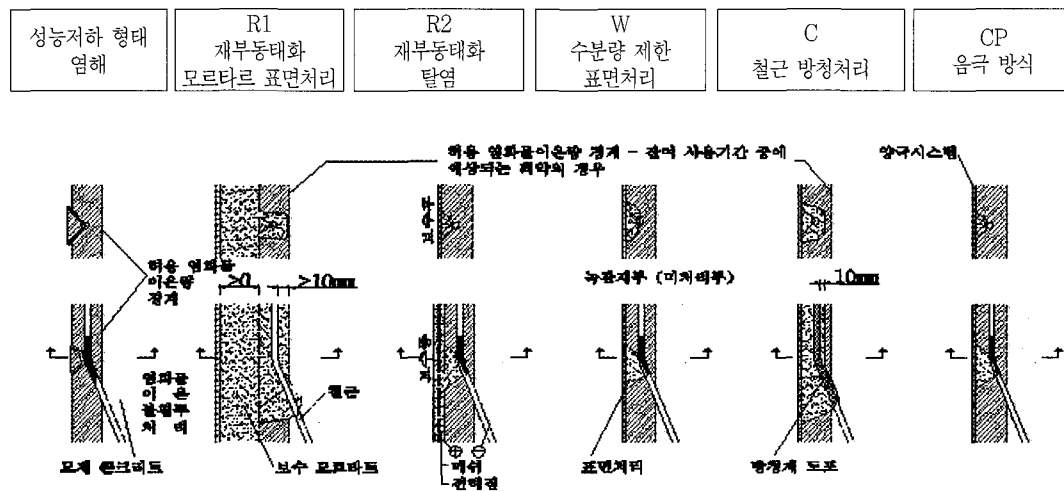


그림 5. 탈염 공법에 의한 보수 공법

인이 염해인 경우, 탈염 공법의 적용 예를 나타낸 것이다. 이들 표와 같이 재알칼리화 및 탈염 공법은 장기 내구성이나 적용 범위에 대해서 과제를 남기고 있으나, 시험적이면서 동시에 실시공을 행하고 있는 공법인 것을 알 수 있다.

한편, 국내의 경우 탈염 공법이나 재알칼리화 공법의 실 구조물 적용사례는 아직 없으나, 일본의 경우, 탈염 공법은 고가교 등에, 재알칼리화 공법은 건축물의 외벽 등에 적용되고 있다. 또한, 이들 어느 경우에도 보수효과가 충분히 확보되는 것으로 보고되고 있고, 향후에도 대규모 적용사례가 증가해 갈 것으로 예상된다.

3. 보수 효과

3.1 탈염 효과

탈염 공법에 의한 탈염 효과를 평가하는 지표로서 다음 식으로 정의되는 Cl^- 의 수율과 탈염율이 이용된다.

통전처리를 시행하면, 탈염율은 시간에 따라 증가하지만, Cl^- 의 수율은 감소한다(그림 6). 즉, Cl^- 의 추출속도는 통전처리 개시 직후가 최대이고, 그 후 서서히 감소하는 경향으로 되다가 탈염율은 한계로 된다. Cl^- 의 수율은 통전처리에 의해 이동가능한 유리된 Cl^- 의 농도에 의존하므로, 콘크리트에 함유된 초기 Cl^- 의 농도가 클수록 통전초기 Cl^- 의 수율은 커진다(그림 7). 통상, 처리시간이 길게 되면 콘크리트 내에서 유리된 Cl^- 가 추출되고, 음극반응에 의해서 OH가 생성됨으로써 Cl^- 의 수율은 저하된다. 이에 따라 탈염 공법의 적용기간은 일반적으로 4~8 주이고, 적용기간을 이 이상 연장해도 보수효과의 향상은 그다지 기대할 수 없다. (그림 7)과 같이 Cl^- 의 수율의 최대치는 40% 정도, 탈염율은 공시체 전체에서 70% 정도가 한계치로 되고 있

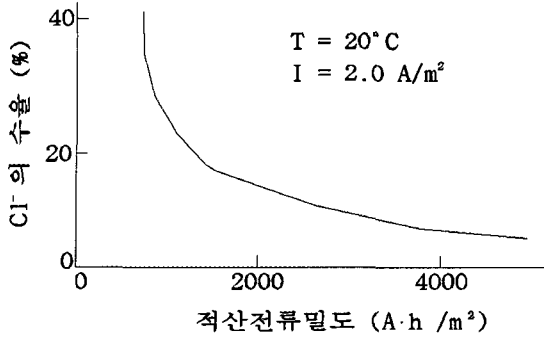


그림 6. Cl⁻의 수율과 통전량의 관계

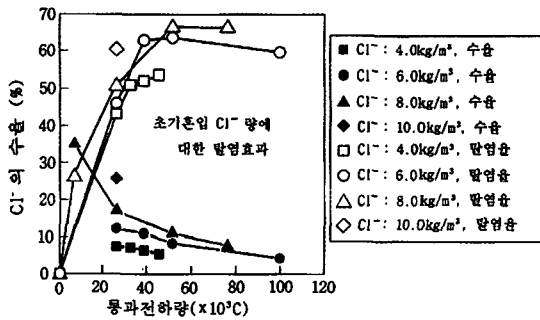


그림 7. Cl⁻의 수율 및 탈염율과 통과전하량의 관계

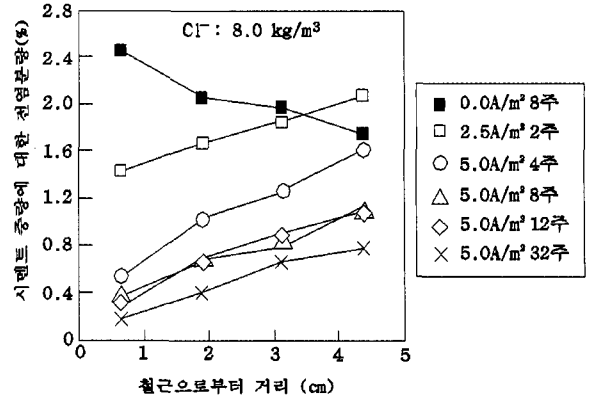


그림 8. 탈염 공법에 의한 탈염 상태

3.2 재알칼리화 효과

재알칼리화 공법은 탄산화된 콘크리트에 재차 알칼리성을 부여하기 위하여 행해지는 공법이므로, 통전처리 후에 콘크리트의 탄산화 깊이를 측정하고, 이것이 0이면 보수효과가 있는 것으로 판정된다. 기왕의 실험 결과를 참고하면, 전류밀도가 콘크리트 표면적의 1.0A/m² 정도이고, 통전시간은 1 ~ 2주 정도 통전처리를 시행함으로써 철근 내측부까지 재알칼리화 효과가 얻어지고, 처리 후 탄산화 깊이는 0으로 나타났다^{7,8)}.

4. 처리 후 내구성

4.1 탈염 공법 적용 후 내구성

탈염 공법을 적용해도 콘크리트 내의 Cl⁻를 완전히 제거하는 것은 불가능하고, 특히 콘크리트 표면 부근이나 철근 내측부의 전류가 미치지 않은 깊은 부분에 미추출 Cl⁻가 잔류한다(그림 8). 또한, Na⁺나 K⁺ 등의 양이온은 철근 부근에 집적한다. 따라서, 통전처리 종료 직후는 콘크리트 내에 이온 농도구배가 형성되고, 어느 정도 시간이 경과하면, 콘크리트 내의 각종 이온은 새로운 평형상태를 형성하는 것으로 예측된다. 이에 따라 콘크리트 표면 부근에 잔존한 Cl⁻가 철근방향으로 재 분포하여 고정화되고 있는 Cl⁻가 유리되면 다시 철근부식이 시작할 위험성이 남아 있다.

교량 상판에 살포되는 제빙제가 이음부로부터 누출되어 성능 저하된 교각에 탈염 공법을 적용한 경우, 처리전, 처리 종료 직후 및 처리 종료 후 8년이 경과한 시점에서 코어샘플을 채취하여 염분함유량을 측정하였다⁹⁾. 그 결과 탈염 공법에 의해 대폭 감소한 염분함유량은 처리 종료 후 8년이 경과하여도 철근 주변부(콘크리트 표면으로부터 약 70mm에서 거의 변화하지 않았고, 처리 후 Cl⁻의 침투에 의해 콘크리트 표면 부근에서 약간

$$\text{Cl}^- \text{ 수율} : t_d = \frac{A \text{에 의해 운반되는 전하량}}{\text{콘크리트를 통과하는 총 전하량}} \times 100 (\%) \quad (6)$$

$$\text{탈염율} : r_d = \frac{\text{통전에 의해 제거되는 } A \text{ 량}}{\text{통전 전 콘크리트 내의 } A \text{ 총량}} \times 100 (\%) \quad (7)$$

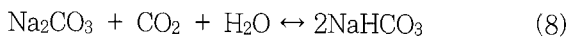
다. 기타 검토 효과를 보면, 거의 같은 정도의 탈염결과를 확인할 수 있다. 다만, 철근 주변으로 한정된 경우(그림 8)과 같이 탈염효과는 크고, 초기함유 Cl⁻ 량에 관계없이 5.0A/m²(철근 표면적에 대해서)로 4주 정도 통전처리(25,160 C)함으로써 시멘트 중량의 0.4%(일반적인 고정 염분량의 표준) 정도까지 탈염할 수 있다. 또한, 콘크리트 표면으로부터 침투한 외래염분의 경우는 내재염분의 경우보다도 탈염효과가 크다는 보고가 있다. Cl⁻나 Na⁺ 등 콘크리트 내의 각종 이온의 이동 상황은 전류밀도와 통전시간의 곱인 적산전류밀도(A·h/m²)나 거기에 대상면적을 곱한 통과전하량(C)에 의존하는 것이 확인되고 있다. 이에 따라 전류밀도를 크게 하면, 단기간에 탈염효과를 얻을 수 있으나, 10A/m²을 초과한 대전류밀도를 적용하면 콘크리트의 온도상승이나 음극반응에 의해 발생하는 수소가스의 영향 등에 의해 균열이 발생하는 폐해가 보고되고 있으므로, 전류밀도의 상한은 5.0A/m² 정도(콘크리트 표면적 또는 철근 표면적에 대해서)가 권장되고 있다.

증가는 것으로 나타났다(그림 9). 또한, 탈염처리 종료 후에 콘크리트 표면의 피복처리를 적절히 행하면 콘크리트 표면 부근의 Cl⁻가 증가하여도 염분함유량은 억제된다.

탈염처리 적용후 실내에 보관된 공시체의 경우 철근의 자연 전위 변화를 약 3년간 측정하였는데, 초기 혼입 Cl⁻량이 4.0, 8.0 kg/m³으로 심한 철근부식 환경임에도 불구하고, 처리후 자연전위는 귀(貴)인 값을 유지하였고, 방식효과가 지속되는 것으로 나타났다¹⁰⁾. 다만, 이 같은 처리후 이온 재분포 속도나 보수 효과 지속성은 콘크리트 물성치, 폭로환경의 온·습도, 각종 성능 저하 인자의 재침투 상황이나 처리후 잔존 Cl⁻량 분포 등에 크게 의존하는 것으로 판단되는데, 급후 장기적이고 상세한 검토가 필요할 것이다.

4.2 재알칼리화 공법 적용 후 내구성

재알칼리화 공법은 음극반응에 따른 철근 주위에서의 OH⁻ 생성 및 콘크리트 표면으로부터 알칼리 용액의 전기침투를 목적으로 하고 있으므로, 콘크리트 내 세공용액의 pH는 상승하나, 탄산화 반응에 의해서 생성된 CaCO₃는 기본적으로 처리후에도 존재하는 것으로 판단된다. 이 때문에 외부에서 CO₂의 재침투로 인해 세공용액의 pH가 다시 저하되면, 보수효과가 제한적으로 될 가능성이 있다. 그러나 재알칼리화 공법은 전기침투되는 전해용액인 Na₂CO₃가 CO₂와 함께 다음과 같이 평형상태를 형성하는 것으로 기대되고 있다.



이 같은 평형반응은 대기 중의 CO₂ 농도 수준으로 안정되고, pH는 10.7 정도 이상을 유지함으로써 보수효과는 지속하는 것으로 판단된다. 실제로 재알칼리화 공법 적용후 보수효과 지속성을 검토 한 예가 많지 않지만, 공시체 수준으로 검토한 결과 재알칼리화 처리 부분과 미처리 부분에 대해서 3개월간 탄산화 촉진시험(CO₂ = 5.0%, 30 °C, 60% R.H.)을 시행한 경우, 미처리 부분의 탄산화 깊이는 10 mm 이상으로 측정된 데 반해 처리 부분의 경우는 0 mm 인 것으로 나타났다⁸⁾. 단, 탈염 공법과 마찬가지로 아직 실적이 적은 공법이므로 장기적인 데이터가 부족한 실정이다.

5. 철근 주위의 알칼리 집적

5.1 부착강도의 영향

통전처리를 시행할 경우, 음극으로 작용하는 철근 주위는

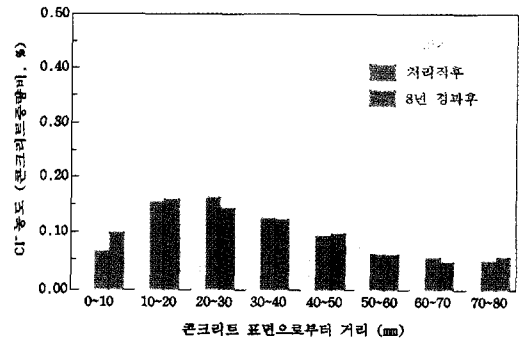


그림 9. 탈염 공법 적용 후 염분 재분포 상황

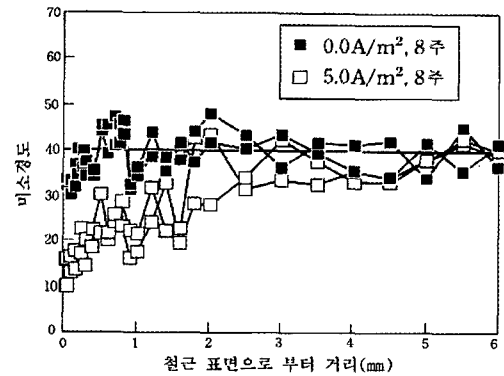


그림 10. 철근 표면부 시멘트페이스트의 변화 상황

Na⁺, K⁺ 등의 알칼리 금속이온이 축적되고, 또한 음극반응에 의해서 OH⁻가 생성된다. 철근 주위에서 농도가 높아진 NaOH 나 KOH 등이 시멘트페이스트 내의 칼슘이나 알루미늄같은 규 산염과 반응함으로써 용해성의 규산염을 생성하므로, 시멘트페이스트가 연화되고, 부착강도가 저하될 가능성이 지적되고 있다. <그림 10>은 탈염 공법을 적용한 공시체의 철근 주위에 있는 시멘트페이스트의 연화현상을 미소경도 분포로 나타낸 것이다. 이에 의하면, 무통전의 경우는 미소경도가 40정도로 거의 일정하지만, 통전처리를 시행한 경우는 철근 표면으로부터 수 mm 정도의 범위로 연약한 시멘트페이스트 층이 형성되고 있는 것으로 나타났다. 통전처리에 따른 부착강도 저하 정도는 철근 주위의 알칼리 집적 정도에 의존하는 것으로 판단되므로, 이온의 이동 정도를 지배하는 적산전류밀도와 NaCl로부터 공급되는 Na⁺ 총량을 지배하는 초기함유 Cl⁻량의 곱에 의해 부착강도의 저하 정도를 평가하는 것을 시도하였다.

<그림 11>은 탈염 공법을 적용한 공시체에 대해서 시행한 부착시험 결과로, 기왕의 시험 결과를 합해서 플로팅한 것이다. 종축은 무통전의 경우를 100%로 한 평균 부착강도비이다. 이에 의하면 적산전류밀도와 Cl⁻량의 곱이 클수록 부착강도가 저하되는데, 이 지표가 2만 이하이면 무통전 경우의 80% 이상의 부착강도비를 유지하는 것으로 나타났다.

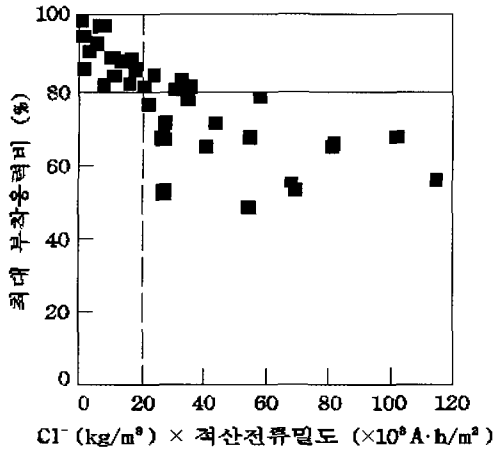


그림 11. (혼입 CI량 × 적산전류밀도)와 최대 부착응력비의 관계

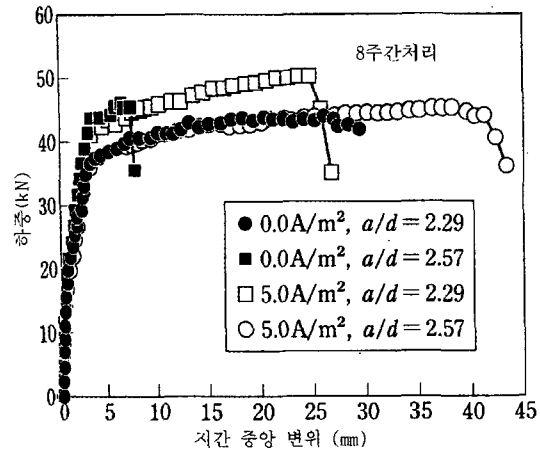


그림 12. 탈염 공법 적용후 하중-중앙변위 곡선

이 같은 부착강도 저하가 부재 수준의 역학적 거동에 미치는 영향에 관한 연구결과가 있는데¹¹⁾, 이에 의하면 초기 혼입 CI량이 8.0 kg/m³인 공시체(100 × 200 × 1,600 mm)에 대해서 5.0 A/m²으로 4주 혹은 8주 통전처리를 시행한 후 2점 집중 정적 휨재하 시험을 행한 결과 무통전 공시체에 비해서 내하력 저하는 나타나지 않고, 특히 전단파괴형 공시체는 타이드 아치형의 내하기구가 형성됨으로써 항복영역의 증대가 나타났다(그림 12).

재알칼리화 공법의 경우는 통전시간이 짧은 경우나, 통전 전의 콘크리트는 NaCl을 함유하지 않는 경우가 많으므로 통전처리에 의한 철근 주위의 알칼리 집적량은 탈염 공법의 경우보다 작고, 부착강도의 저하도 작은 것으로 나타나고 있다⁸⁾.

6. 결론

미국, 일본 등 선진 외국에서는 탈염 및 재알칼리화 공법 등의 전기화학적 보수 공법이 최근 활발하게 조사·연구됨으로써 보수효과는 거의 확인된 단계이고, 효과적인 보수 공법으로서 더욱 보급될 전망이다. 한편, 국내의 경우 콘크리트 구조물에 대한 전기화학적 응용분야는 그 이론을 이해하기가 어렵고, 경제성 등의 이유로 콘크리트 기술자들이 기피하는 경향이 있다. 그러나 탄산화 또는 염해 환경하에서 성능저하된 콘크리트 구조물의 보수·보강시에 전기화학적 방법인 전기방식 공법, 탈염 및 재알칼리화 공법 등이 강력한 보수·보강 수단으로 등장하였다.

따라서 이 같은 추세에 따라 콘크리트 구조물의 전기화학적 응용 기술 분야의 선진화를 위해서 향후 콘크리트 관련 기술자들의 분발을 기대한다. □

참고문헌

1. 官川豊章·上田隆雄, “콘크리트構造物へのデサリネーションおよび再アルカリ化工法の適用”, 콘크리트工学, Vol.38, No.3, 2000, pp.9~16.
2. 上田隆雄, “電氣化學的補修の現象と課題”, 콘크리트工学, Vol.42, No.5, 2004, pp.73~79.
3. 荒木弘祐, 海水における脱鹽・再アルカリ化工法の研究と實施工の歴史, 콘크리트工学, Vol.42, No.8, 2004, pp.50~55.
4. R. Polder, “Electrochemical Chloride Removal of Reinforced Concrete Prisms Containing Chloride from Sea Water Exposure”, UK Corrosion and EUROCORR94, 1994, pp.239~248.
5. J. Tritthard, “Chloride Binding in Cement-I(Investigations to Determine the Composition of Pore Solution of Hardened Cement Paste)”, Cement and Concrete Research, 19, 1989, pp.586~594.
6. B. Elsener, M. Molina, and H. Bohni, “Electrochemical Removal of Chloride from Reinforced Concrete Structures”, Corrosion Science, 35(5-8), 1993, pp.1563~1570.
7. 佐野世·八田建次·國川正勝·眞鍋隆, “電氣化學的手法を用いた鐵筋コンクリート構造物のアルカリ回復工法の適用事例”, 콘크리트構造物の補修工法に関するシンポジウム論文報告集, 1996, pp.55~58.
8. 石橋孝一·友澤史紀·芦田公伸·宇田川秀行, “中性化を愛したコンクリート構造物への電氣化學的補修技術の基礎論”, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, 1997, pp.871~876.
9. M. H. Dector, G. E. Nustad, J. B. Miller and W. McKee, “Desalination and Realkalization(A Study of the Durability of Treatment)”, Proc. of the 2nd RILEM/CSIRO/ACRA International Conference on Rehabilitation of Structures, 1998, pp.154~162.
10. 上田隆雄·芦田公伸·宮川豊章, “デサリネーション適用後の防食効果に関する研究”, 材料, Vol.48, No.8, 1999, pp.907~912.
11. 上田隆雄·服部篤史·芦田公伸·宮川豊章, “デサリネーションが鐵筋の附着舉動に与える影響”, 土木學會論文集, Vol.33, No.550, 1996, pp.53~62.