



# 친환경 유기계 방청제를 이용한 RC 구조물의 생체모사 보수시스템 공법

## Biomimicry Repair System for RC Structures Using Eco-friendly Organic Inhibitor

이한승 Hanseung Lee  
한양대학교 ERICA 건축학부 교수

류화성 Hwasung Ryu  
(주)한양이엔씨 대표이사

김성길 SeongKil Kim  
(주)비엔비 기업부설연구소 연구소장

### 1. 머리말

1994년 성수대교 붕괴 사고 이후, 1995년 1월 ‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’이 제정되면서 시설물 유지관리업 도입(1995년)의 시장규모는 연간 5,400억원에서 2001년 1조원, 2007년 2조원, 2013년에는 3조 5천억까지 급증하고 있으며, 유지관리업체수도 2003년 1,600개, 2013년 4,669개로 292%의 급성장을 하고 있다. 이러한 이유는 주요국 건설 투자 중 유지관리투자 비중이 약 21~57%인 반면 우리나라는 약 8.0%로 매우 낮아 앞으로 시설물의 유지관리시장이 급속하게 성장할 것으로 판단되기 때문이다. 따라서 본격적인 유지관리의 시대로 접어들면서 철근콘크리트(RC)조 구조물의 보수기술은 혁신의 시대를 요청받고 있다.

이러한 관점에서 최근 기존 보수공법의 한계성을 극복하기 위한 혁신적인 친환경 보수공법 개발 필요성이 대두되고 있으며, 특히, 생체모사기술을 응용한 융합 건설기술이 태동되고 있는 시점에서, 본 고에서는 이러한 최첨단 융합기술을 활용한 RC구조물의 생체모사 보수시스템 기술에 대하여 소개하고자 한다.

### 2. 기존 RC구조물의 보수공법의 개선점

탄산화 및 염해에 의하여 열화된 철근콘크리트구조물은 열화원인을 근본적으로 치료하는 보수시스템공법을 적용하는 것이 매우 중요하며, <그림 1>에 나타난 것처럼 열화원인이 침투하였으나 아직 철근부식이 발생하지 않은 경우에는 ‘철근부식 억제시스템공법’이 적용되고 있으며, 열화원인의 침투에 의하여 철근부식이 발생되고 콘크리트가 박리·박락된 경우 ‘철근부식 보수시스템공법’이 적용되고 있다. 그러나 국내외에서 개발되어 적용되고 있는 보수시스템공법은 단순히 열화원인을 차단하는 기존 일반 보수공법보다는 매우 우수한 성능을 가지고 있으나 최근 친환경성 및 첨단 소재와 첨단기술의 도입을 고려하면 기존기술을 개선해야 한다.

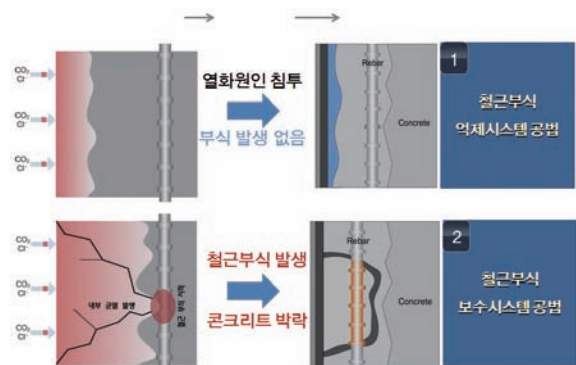


그림 1. 기존 철근콘크리트구조물 열화정도에 따른 보수시스템 구성

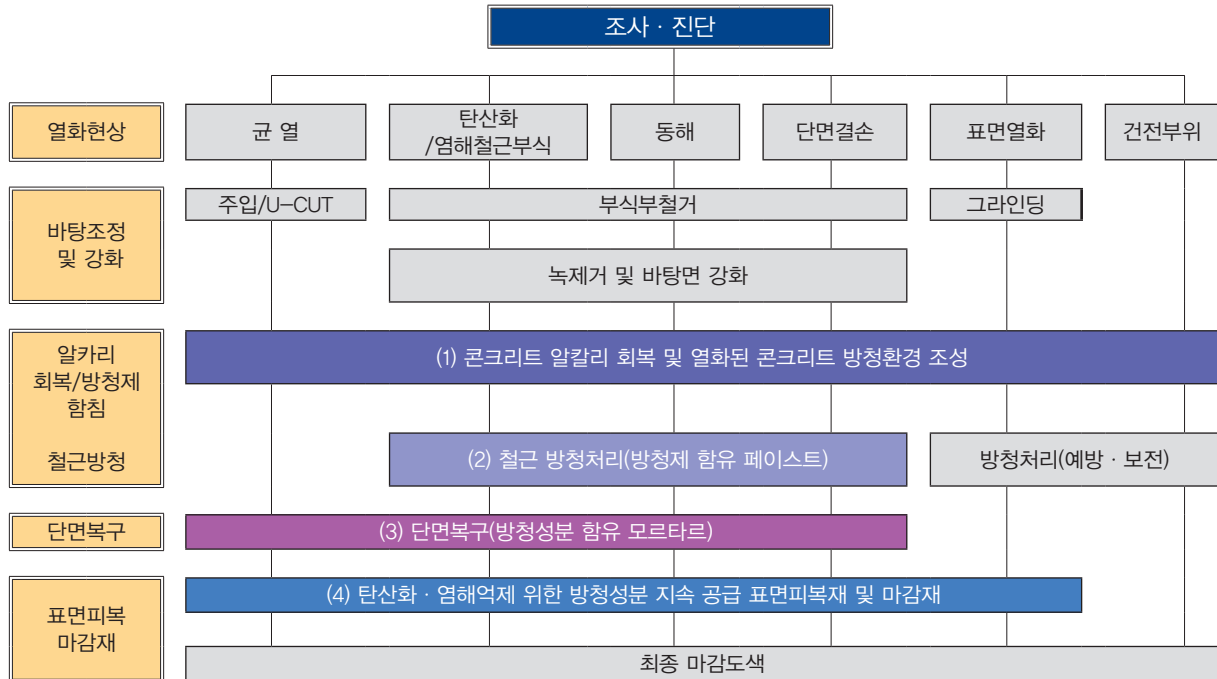


그림 2. 표준적인 보수시스템공법의 시공방법

한편, <그림 2>는 표준적인 RC구조물의 보수시스템공법을 나타낸다. 보수시스템공법이란 “철근콘크리트구조물에 발생하는 열화현상별 열화원인을 근본적으로 치료하기 위한 화학적·물리적 조치를 취한 시스템적인 보수공정을 포함한 공법”을 말한다.

<그림 3>과 같이 우리나라 철근콘크리트구조물 보수공법의 연혁을 보면, 1980년대에는 단순히 물리적 잠정보수공법이 적용되었고, 1990년대에 표면코팅 및 고강도 재료에 의한 열화원인 침투억제 공법이 적용되었다. 2000년대에는 열화원인 침투억제와 함께 열화원인을 화학적으로 치료하여 철근주위에 방청성을 부여하는 철근부식 보수시스템공법이 적용되었다. 그러나 2010년 이후에는 철근부식 보수시스템공법 관련 건설기술이 전부 만료되어 있으며, 새로운 보수시스템공법 개발에 관한 요구가 시설물 유지관리업에서 증가하고 있는 실정이다. 국내에서 개발된 철근부식 보수시스템공법으로는 2000년대에 ‘SBR 리프리트 공법, 1999년 개발’, ‘CROS-TECH 공법, 2001년 개발’이 있으며, 국외에서

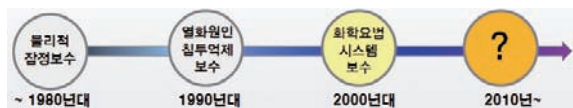


그림 3. 우리나라 철근콘크리트구조물의 보수공법 원리 발전 연혁

개발된 보수시스템공법으로는 ‘리프트리 공법, 1976년 개발’, ‘AR방청 공법, 1995년 개발’, ‘MCI 공법, 1980년대 개발’이 있다. 이러한 보수시스템공법의 원리는 열화원인인 CO<sub>2</sub>와 Cl<sup>-</sup> 이온의 침투를 수동적으로 억제함과 동시에 알칼리회복제 및 방청제를 사용하여 철근주위에 방청환경을 조성하는 것이다. 따라서 기존 열화원인의 침투억제를 중심으로 하는 수동적인 보수공법(Passive Repair System)의 개념을 뛰어 넘어 열화원인의 침투억제는 물론 열화원인을 고정하여 더 이상 내부로 침투하지 못하게 하는 차세대 개념의 능동적인 보수공법(Active Repair System) 개발이 필요하다고 판단된다.

한편, 기존 우리나라에서 개발된 보수시스템공법은 방청제로써 대부분 무기계의 아질산계를 사용하고 있다. 그러나 아질산계 방청제는 NO가스의 발생 및 발암물질을 함유하고 있어 유럽지역에서는 이미 사용이 금지되어 있으며(유럽 : 리치협약, REACH Regulation), 한국의 기화성방청제 업체인 하이텍코리아와 미국의 MCI 방청제 업체인 Cortec사에서도 아질산계 방청제의 발암물질의 유해성을 지적하고 있어 가능한 유해가스 방출 및 발암물질을 갖는 아질산계 방청제를 사용하지 않으면서도 방청효과가 우수한 친환경적인 방청제 개발이 필요하다고 판단된다. 또한, 탄산화에 의해 콘크리트의 pH가

10 이하로 떨어진 경우에는 pH가 높은 고알칼리성 수용액을 콘크리트 표면에 고알칼리의 함침제를 도포하여 탄산화된 콘크리트의 알칼리를 회복시키는 것이 중요하며, 염해에 의해 콘크리트내에 염화물이온이 함유된 경우에는 방청제를 대량 함유한 함침제를 콘크리트 표면에 도포하여 콘크리트내의 방청환경을 조성하는 것이 매우 중요하다. 따라서 이러한 도포형 함침제는 방청성분과 함께 고알칼리성을 가지는 것이 탄산화 또는 염해에 의해 열화된 콘크리트를 보수하는데 시공효율을 높일 수 있다고 판단된다. 그러나 기존 보수시스템공법은 알칼리회복제와 방청제가 별도의 제품으로 구성되어 있어 1개의 제품으로 제조할 필요성이 있으며, 이들 도포형 함침제의 pH가 10.9~11.1로 낮기 때문에 pH를 12 이상의 고알칼리화를 하면서도 방청성분이 대량 함유되는 것이 필요하다고 판단된다.

### 3. RC 구조물의 생체모사 보수시스템공법의 개요

본 기술기사에서 소개하는 이산화탄소와 염소이온 고정 메커니즘을 도입한 스마트 보수시스템 기술은 기존 철근부식 보수시스템공법의 개선점을 과학적·공학적으로 해결하기 위하여 대안을 설정함과 동시에 철근콘크리트 구조물내로 침투하는 CO<sub>2</sub>와 Cl<sup>-</sup> 이온을 고정화함으로써 콘크리트내로 침투하거나 내재하는 열화원인을 능동적으로 제거하는 과학적·공학적 기술원리 적용과 함께 고알칼리성의 친환경 유기계방청제를 병용사용함으로써 탄산화 및 염해에 의하여 내구성이 저하될 우려가 있는 철근콘크리트구조물의 보수시스템공법을 구성하고 있다. <그림 4>는 생체모사 보수시스템공법 구성 예를

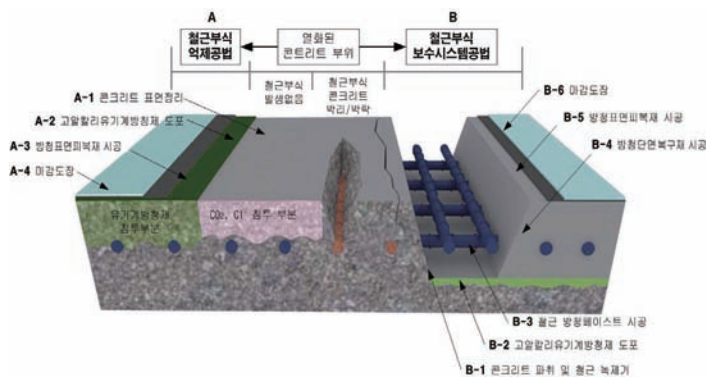


그림 4. 생체모사 보수시스템공법 구성 예

#### ■ 아미노알콜유도체의 CO<sub>2</sub> 및 Cl<sup>-</sup> 이온의 고정 원리

- (1) 콘크리트의 탄산화:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
- (2) 아미노알콜유도체의 CO<sub>2</sub> 및 Cl<sup>-</sup> 이온 고정

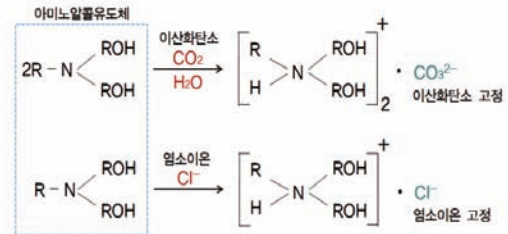


그림 5. 생체모사 보수시스템공법 적용 친환경 유기계방청제의 기술 개념

#### ■ 유기계 방청제의 고알칼리화: 기존 유기계 pH 10을 pH 12 이상으로 개발

- (1) 고알칼리화에 의한 탄산화 부분의 알칼리 회복
- (2) 고알칼리 환경에서의 방청 성능 향상: 고알칼리환경에 의하여 부식전위 및 부식 발생 임계염소이온량 향상으로 철근 방청성능 향상

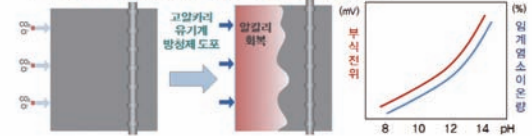


그림 6. 생체모사 보수시스템공법 적용 고알칼리 친환경 유기계방청제의 개념

나타낸다. <그림 5>에 나타난 것처럼 보수시스템기술에서 사용되는 방청제는 친환경인 유기계로써 아미노알콜유도체를 주성분으로 하며, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 염소이온(Cl<sup>-</sup>)과 반응하여 고정되는 기술 원리를 가지고 있고, 아미노알콜유도체의 고알칼리 유기계방청제의 제조, 방청표면피복제의 제조, 방청단면복구제의 제조에 적용되고 있다.

한편, <그림 6>에 나타난 것처럼 친환경 고알칼리 유기계방청제는 pH가 12 이상으로 고알칼리 환경에서 철근의 부식전위 및 부식발생 임계염소이온량을 증가시켜 철근의 방청성을 향상시키는 기술 원리를 가지고 있고, 고알칼리 유기계방청제, 방청표면피복제, 방청단면복구제 제조에 적용되고 있다.

### 4. 맺음말

최근 우리나라의 건설경기는 신축이나 재건축 등의 비율이 낮아지고 구조물의 장수명화 기술 개발 및 리모델링 등 시장이 증가하는 추세에 있다. 특히, 구조물의 보수분야는 주로

SOC 구조물을 대상으로 시장이 형성되었으나 아파트 수직증축 리모델링법의 통과로 인하여 약 20 ~ 30년이 지난 아파트의 보수공법 적용은 구조물의 내구성 향상이라는 공익성에 크게 기여할 것으로 판단된다. 시설물의 보수보강 및 유지관리는 시설의 신설과는 다른 새로운 기술 분야이면서도 그 중요도는 신규건설과 견주어 떨어지지 않지만 현실적인 유지관리 투자비용은 아직 선진국 수준에 미치지 못하는 실정이다. 하지만 최근에 이르러 신규건설에서의 한계점을 유지관리 분야에서 보완하는 등 유지관리의 중요성을 사회적으로 인식하고 있고 사회 기반시설의 중요성에 맞물려 시설물의 유지관리는 선진국의 경우처럼 그 투자 비율이 증가되고 있는 시장이어서 신기술의 시장 진입 및 적용은 밝을 전망이다.

일반적으로 보강이 필요한 구조물 대부분이 보수공사가 필수적이며, 선행되는 보수공사의 품질은 보강공사의 품질에 중요한 요소로 작용한다. 하지만 실제 시공현장에서는 보수부분과 보강부분의 호환성이 떨어지고 이로 인하여 품질 저하 현상이 발생할 수 있으며, 이는 하자 발생의 원인이 되어 시공 이후 다양한 형태의 재열화현상이 발생된다. 이에 따라 유지관리비용이 증대되고 보수·보강층 및 내부의 콘크리트를 조기 열화시켜 재시공이 요구된다.

본 기술기사에서 소개한 바와 같이 생체모사 보수시스템공법은 30여년간 주변 환경에 적응하면서 진화해온 자연에서 영감을 얻어 발전시킨 기술로써 콘크리트 및 철근주위의 방청환경을 조성하고 철근콘크리트구조물의 열화요인인 CO<sub>2</sub>와 Cl<sup>-</sup>를 고정, 생성물질에 의한 공극의 충진으로 유해가스나 유해이온의 침투를 억제하여 열화 원인을 능동적으로 차단 또는 고정하기 때문에 기존 보수시스템기술과는 차별화되는 친환경적이고 혁신적인 RC구조물의 보수기술로 판단되며, 금후 새로운 원천소재의 개발을 통한 기술발전을 기대해 본다. □

담당 편집위원 : 송훈(한국세라믹) songhun@kicet.re.kr



**이한승** 교수는 동경대학 대학원에서 철근부식에 따른 구조부재의 내력 성능 평가 및 보강에 관한 연구로 박사학위를 취득한 후 2003년부터 한양대학교 에리카캠퍼스 건축학부 교수로 재직하고 있다. 연구는 콘크리트 내구성 평가, 내구성 설계, CO<sub>2</sub>와 에너지 저감형 친환경 및 지속가능 건축재료, 보수공법 개발이 있다.  
ercleehs@hanyang.ac.kr



**류화성** 대표이사는 현재 한양대학교 대학원 건축공학과 박사수료로 한국건설생활환경시험연구원 근무를 거쳐 2013년에 (주)한양이엔씨를 창업하여 건축재료 및 시공에 관한 연구역, 시험평가, 신기술 개발 및 컨설팅을 실시하고 있다. 주로 방식 및 부식공법 개발, 방청제 개발, 보수공법 개발, 콘크리트 내구성평가에 관한 연구개발 업무를 수행하고 있다.  
rhsung73@hanyang.ac.kr



**김성길** 연구소장은 명지대학교 화학공학과에서 내후성 도료에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, 삼화페인트 기술연구소에서 기능성 수지 및 도료에 관한 연구개발 업무를 수행하였으며, 1998년부터 동양미래대학교 생명화공과에서 겸임교수로 재직하고 있다. 부식방지 전문기업인 (주)비앤비에서 2007년 이후 중방식 도료 및 친환경 도료에 관한 연구개발 업무를 수행하고 있다.  
skkim1206@hanmail.net