

# 철근콘크리트구조물 보수공법의 성능평가 방법 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of Evaluation Method of Repair Performance for the Repair Method of Reinforced Concrete Structures

김 용 로\*  
Kim, Yong-Ro

김 호 락\*\*  
Kim, Hyo-Rak

이 도 범\*\*\*  
Lee, Do-Bum

김 무 한\*\*\*\*  
Kim, Moo-Han

### Abstract

The purpose of this study is to develop the evaluation method of repair performance for the repair method of reinforced concrete structures deteriorated due to combined deterioration, its results are summarized as the follows.

After investigating and analyzing the experimental data of this study and existing research, it is proposed the evaluation method on the repair performance for the repair method of reinforced concrete structures using evaluation method of reinforcing corrosion by combined deterioration accelerated test.

키워드 : 보수공법, 성능평가, 복합열화, 철근부식

Keywords : Repair Method, Performance Evaluation, Combined Deterioration, Reinforcing Corrosion,

## 1. 서 론

최근 국내의 경우에도 염해, 중성화 등의 다양한 성능저하 원인에 의한 철근콘크리트구조물의 성능저하 현상이 각종 매스컴을 통해 보도되는 등 커다란 사회문제로 대두되고 있는 실정이다. 이에 따라 성능저하된 철근콘크리트구조물의 내구성 회복을 위해 다양한 산·학·연 연구개발이 수행되고 있으며, 이와 같이 수행된 연구개발 결과를 바탕으로 하여 수많은 보수재료 및 보수공법이 개발되어 보수시공현장에서 실용화 되고 있다.<sup>1)</sup>

그러나 아직까지 국내에서는 보수시공을 실시하고자 할 경우 보수공법의 선정기준이 되는 규격과 규준이 명확히 확립되어 있지 않은 실정이며, 또한 개개의 보수재료에 관한 성능평가 방법 및 기준은 제안되고 있으나 각 보수재료들이 시스템화된 보수공법의 보수성능을 평가할 수 있는 방법 및 기준이 정립되어 있지 않기 때문에 보수업체의 홍보자료 및 단순한 경제성에 근거하여 보수공법의 선정이 이루어지고 있는 실정이다.<sup>1)</sup>

이에 따라 성능저하된 철근콘크리트구조물의 내구성 회복을 위한 보수공법의 적용 후 보수성능의 신뢰성을 향상시키고, 궁극적으로 건축 및 토목구조물의 대부분을 차지하고 있는 철근콘크리트구조물의 내구성 향상 및 장수명화를 도모하

기 위해서는 다양한 보수재료·공법의 보수효과 평가방법 확립이 반드시 선행되어 정립되어야 할 것으로 판단된다.

또한, 기존 철근콘크리트구조물 내구성 평가의 경우에는 대부분 외부로부터의 성능저하 요인으로서 염해, 중성화 등을 단독적으로 고려하여 수행되었으나, 이러한 평가방법은 실제 철근콘크리트구조물이 위치하고 있는 성능저하 환경에서 복합적인 원인이 작용하여 성능저하가 이루어지는 현실적인 성능저하 현상을 재현하지 못한다는 문제점이 제기되고 있다.<sup>1,2,3,4)</sup>

따라서 본 연구에서는 이와 같은 실정을 고려하여 철근콘크리트구조물의 복합적인 성능저하 환경조건을 재현할 수 있는 복합열화 촉진시험을 활용하여 현재 보수시공 현장에서 적용되고 있는 다양한 보수재료가 시스템화된 보수공법의 성능평가 방법을 제안함으로써 향후 성능저하된 철근콘크리트구조물의 내구성 회복 및 장수명화를 위한 보수공법 선정·적용시 보수공법의 선정 기준 및 기준 정립을 위한 기초자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

성능저하된 철근콘크리트구조물을 대상으로 보수공법의 보수시공 후 보수성능 평가방법을 개발을 위한 본 연구에 있어서 대상으로 하는 보수공법의 범위는 표 1에 나타낸 바와 같이 주된 성능저하 원인으로서 염해, 중성화를 설정하고, 보수

\* 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 주임연구원·공박  
\*\* 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 선임연구원  
\*\*\* 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 팀장  
\*\*\*\* 충남대학교 공과대학 건축공학과 교수·공박

공법은 철근부식에 대응하여 공정이 시스템화된 보수공법으로 설정하였다.

한편, 보수공법의 성능평가를 위한 실험요인 및 수준은 표 2에서 보는 바와 같이 보수공법의 종류를 국내에서 현재 적용되고 있는 보수재료 및 공법으로서 7수준을 설정하였으며, 일부 보수공법의 경우 철근방청처리 및 표면피복 공정이 생략된 공법을 적용하였고, 각 보수공법별 보수공정의 구성 상황은 표 3에 나타낸 바와 같다.

또한, 모체콘크리트의 경우 W/C를 55%, 목표 슬럼프 18±1cm, 목표 공기량을 4.5±1.5%로 설정하였으며, 염해, 중성화 및 온도도 변화를 고려하여 복합열화 촉진조건을 설정하였다.

표 1. 성능평가 대상 보수공법의 범위

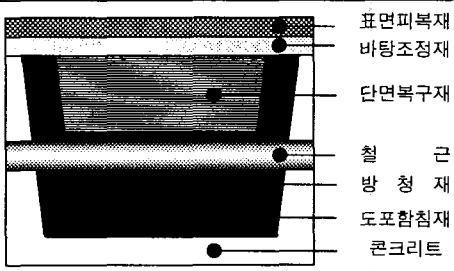
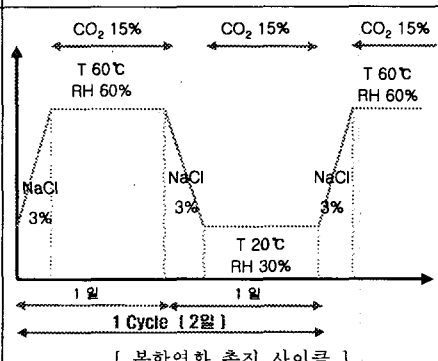
구분	내용 및 범위
주요 성능 저하 원인	• 염해, 중성화에 의한 철근부식에 기인한 성능저하
대상 보수공법	 <p>• 상기와 같은 일련의 공정으로 시스템화된 보수공법</p>

표 2. 실험요인 및 수준

요인	수준
보수공법 종류	7종 / 국내에서 적용 중인 보수공법
모체콘크리트 목표 성능	물시멘트비 : 55%, 슬럼프 : 18±1cm, 공기량 : 4.5±1.5%
복합열화 촉진 조건	 <p>1 Cycle (2일) [ 복합열화 촉진 사이클 ]</p>

2.2 콘크리트배합 및 사용재료

본 연구에서 모체콘크리트의 제조를 위하여 적용한 콘크리트의 배합은 표 4와 같으며, 본 연구에 사용한 재료의 물리적 성질은 표 5에 나타낸 바와 같다.

표 3. 보수공법별 보수공정의 구성 상황

보수공정 및 시공순서	보수공법별 보수공정						
	A	B	C	D	E	F	G
바탕처리/철근 녹제거	○	○	○	○	○	○	○
함침재 도포		○	○	○		○	
철근 방청처리	○	○	○	○	○	○	○
단면 복구	○	○	○	○	○	○	○
콘크리트 바탕조정	○						○
표면 피복	○	○	○	○	○	○	○

표 4. 모체 콘크리트의 배합

W/C (%)	S/a (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위 중량 (kg/m <sup>3</sup> )		
			시멘트	잔골재	굵은골재
55	43	185	308	778	1067

표 5. 사용재료의 물리적 성질

종류	물리적 성질
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 (밀도 : 3.15 g/cm <sup>3</sup> )
잔골재	바다모래 (밀도 : 2.56 g/cm <sup>3</sup> , 조립율 : 3.18)
굵은골재	부순자갈 (밀도 : 2.65 g/cm <sup>3</sup> , 최대치수 : 20mm)
혼화제	나프탈렌계 고성능감수제

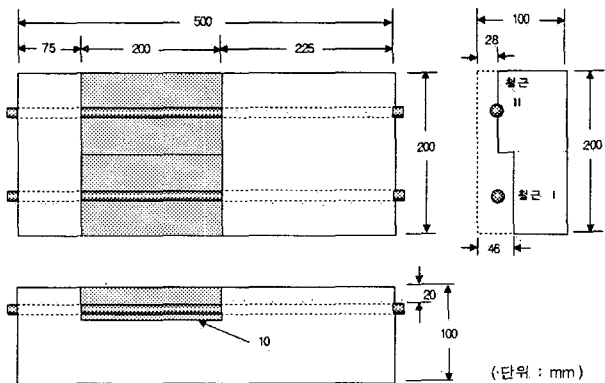


그림 1. 보수성능 평가용 시험체 전개도

2.3 시험체 제작방법

본 연구에서 보수공법의 보수성능을 평가하기 위하여 제작한 시험체는 기존의 연구자료<sup>1,5)</sup>를 참고로 하여 그림 1에 나타낸 바와 같이 임의로 단면결손 부위를 상정하고, 노출정도에 따라 철근 2분을 매입하여 보수성능 평가용 시험체를 제작하였다.

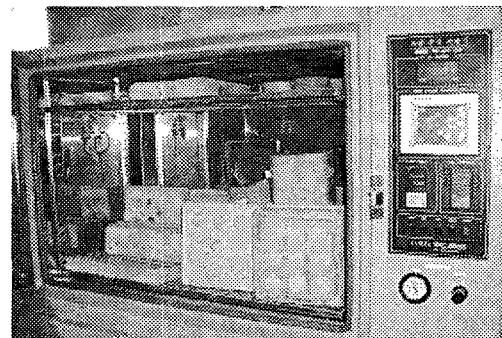


사진 1. 복합열화 촉진 시험 장치

표 6. 철근부식 평가등급

등급	평가기준
I	부식이 발생하지 않았거나 철근표면에 점녹이 일부 발생
II	철근표면에 점녹이 넓게 발생
III	면녹이 일부 발생되고, 부분적으로 들뜸 녹이 발생
IV	들뜸 녹이 전면에 발생하고, 콘크리트 표면에 녹이 부착
V	팽창성 녹이 발생하고 있고, 단면결손이 발생

2.4 시험 및 평가방법

1) 복합열화 촉진시험 방법

본 실험에서 복합열화 촉진시험은 표 2 및 사진 1에 나타난 바와 같이 NaCl 농도, CO<sub>2</sub> 농도, 습도 및 온도변화 등의 성능저하 요인을 동시에 작용시킬 수 있는 복합열화 촉진 시험장치를 사용하였다.

또한, 철근부식 평가용 시험체는 촉진 사이클 10사이클마다 육안관찰에 의한 철근의 부식등급, 중량감소율을 평가하였으며, 50사이클까지 반복하여 실시하였다.

2) 보수성능 평가방법 및 등급

본 연구에서는 보수성능평가 대상으로 되는 보수공법의 요구조건으로서 철근부식 진행 억제성능을 평가하는 것이 타당할 것으로 판단되어 보수성능 평가항목으로서 기존의 연구에서 제안하고 있는 표 6과 같은 철근부식등급을 설정하였다. 또한, 철근부식의 정량적 평가를 위하여 철근 단면감소량을 평가할 수 있고, 철근부식이 극심한 경우에도 평가가 가능한 중량감소율을 평가항목으로 설정한 후, 식 1에 의하여 산출하였다.

$$R = \frac{W_0 - W_R}{W_0} \times 100 \quad \text{..... (식 1)}$$

여기서, R : 철근의 중량감소율 (%)  
 W<sub>0</sub> : 시험체 제작 전 철근의 단위중량 (g/cm)  
 W<sub>R</sub> : 촉진시험 후 철근의 단위중량 (g/cm)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 철근의 부식등급 검토 및 분석

그림 2는 복합열화 촉진 사이클에 따른 육안관찰에 의한 철근부식 평가등급의 변화를 나타낸 것으로서 복합열화 촉진 사이클이 경과할수록 철근부식등급이 높게 되는 경향을 보이고 있다.

또한, 본 실험의 범위에서는 복합열화 촉진시험 초기의 경우 결손부위를 상정하지 않은 비보수부위의 콘크리트에 비하여 보수시공을 실시한 부위에서 철근부식이 다소 빠르게 나타났으나 촉진 사이클에 경과할수록 플레인콘크리트 내부의 철근부식이 빠르게 증가되는 것으로 나타났다.

한편, 보수공법 종류에 따라 다소 차이는 있지만 복합열화 촉진 사이클 50사이클에서는 철근부식 진행이 완화되어 안정화되는 것으로 나타났으며, 이때 7종류 보수공법의 평균 철근

부식 등급은 약 2.6, 비보수부 콘크리트의 부식 등급은 약 3.2 정도의 수준으로 나타났다.

3.2 철근의 중량감소율 검토 및 분석

그림 3은 복합열화 촉진 사이클에 따른 철근 중량감소율의 변화를 나타낸 것으로 철근부식 등급의 평가 결과와 유사하게 복합열화 촉진 사이클이 경과될수록 철근의 중량감소율은 증가되는 경향이 나타났다.

보수시공을 실시한 보수부위와 비보수부위의 중량감소율을 살펴보면, 보수공법 종류에 따라 다소 편차는 있지만 결손부위를 상정하지 않은 비보수부위의 콘크리트에 비하여 보수시공을 실시한 부위에서 중량감소율이 상대적으로 작게 나타났다.

또한, 철근부식 등급 평가 결과와 유사하게 중량감소율의 경우에 있어서도 복합열화 촉진 50 사이클에서 철근의 중량감소율이 완화되어 안정화되고 있으며, 이때 보수공법의 평균 중량감소율은 약 2.2% 정도, 비보수부 콘크리트의 중량감소율은 약 3.0% 정도로 나타났다.

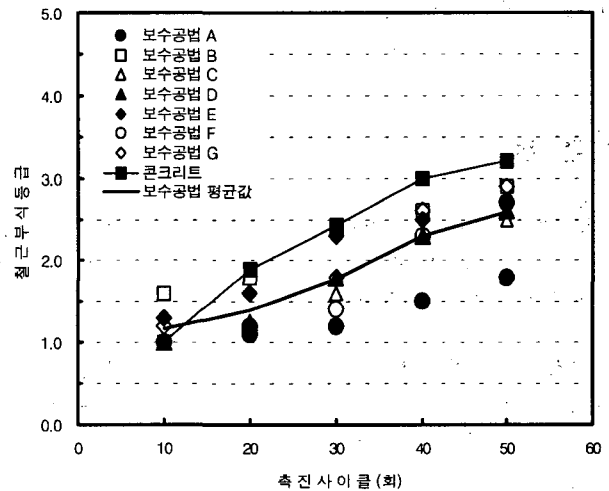


그림 2. 복합열화 촉진 사이클에 따른 철근부식등급 변화

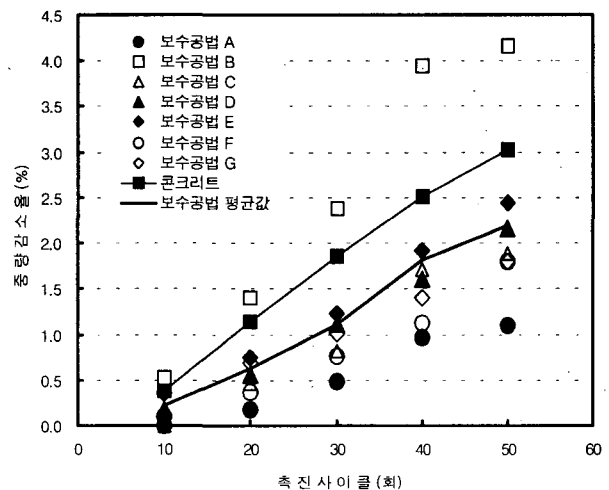


그림 3. 복합열화 촉진 사이클에 따른 중량감소율 변화

표 7. 보수공법 성능평가 기준

평가항목	범 위	평 가 기 준
철근부식 평가등급	보 수 부	부식등급 2 등급 이하
	경 계 부	부식등급 3 등급 이하
	비 보 수 부	부식등급 3 등급 이하
중 량 감 소 율	보 수 부	2.0 % 이 하
	경 계 부	3.0 % 이 하
	비 보 수 부	3.0 % 이 하

### 3.3 보수공법 성능평가 기준 설정

복합열화 촉진시험에 의한 철근부식 등급 및 중량감소율 평가 결과를 기초로 하고, 안전율을 고려하여 본 연구에서는 철근콘크리트구조물 보수공법의 철근부식에 대한 성능평가 기준을 표 7에서 보는 바와 같이 복합열화 촉진 50 사이클에서 철근의 부식등급은 보수부의 경우 2등급 이하, 비보수부의 경우 3등급 이하로 설정하였고, 철근의 중량감소율은 보수부의 경우 2.0% 이하, 비보수부의 경우 3.0% 이하로 설정하였다.

## 4. 결 론

성능저하된 철근콘크리트구조물 보수공법의 성능평가 방법 개발에 관한 연구를 수행한 결과 본 연구의 범위 내에서 다음과 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 복합열화 촉진 시험에 의한 철근부식 평가 결과 본 연구의 범위에서는 복합열화 촉진 50사이클에서 철근의 부식이 안정화 되는 것으로 나타났다.
- 2) 보수공법의 성능평가 결과 복합열화 촉진 50사이클에서 철근부식 평가등급의 경우 보수공법의 평균값은 약 2.6, 비보수부 콘크리트는 약 3.2의 수준으로 나타났다.
- 3) 복합열화 촉진 50사이클에서 철근의 중량감소율 평가 결과 보수공법의 평균값은 약 2.2%, 비보수부 콘크리트는 약 3.0%로 나타났다.
- 4) 염해, 중성화, 온습도 변화를 고려한 복합열화 촉진시험에 의해 성능저하된 철근콘크리트구조물의 보수공법에 대한 성능평가 기준을 제안하였다.

이상과 같이 본 연구를 통하여 보수공법의 성능평가 방법 개발을 위한 성능평가 시험 및 철근부식 평가기준을 제안하였으며, 향후 실제 환경조건에서의 폭로실험과 본 연구에서 수행한 복합열화 촉진시험의 상관성을 도출함으로써 회복목표를 고려한 보수공법의 성능평가 방법 구축이 가능할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부, 염해 및 중성화 피해를 입은 콘크리트구조물의 내구성 회복을 위한 보수공법 시스템 개발 및 실용화 방안, 건설기술연구개발사업 연차보고서, 2004. 6
2. 김무한 외, 내구성을 고려한 표면피복재의 성능평가에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 추계학술발표논문집, 제23권 2호, 2003. 10, pp.467-470
3. Moo-Han KIM et al, Corrosion properties of reinforced concrete with types of surface coating under the combined deterioration environments, The proceeding of japan concrete institute, Vol. 26, No. 2, 2004. 7
4. 日本コンクリート工學協會, 複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計畫研究委員會 報告書, 2001
5. 日本建築學會, 鐵筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)・同解説, 1997