

# 내구성향상을 고려한 R.C조 외벽보수시스템의 성능과 그 활용

(제2보 : 무기질계 보수공법 개요)

## The Performance and Application of Repair System for the Exterior Wall According to the Durability Improvement in the RC Structure

(Part2 : Summary of Inorganic Repair System)

권 영 진\* 김 철 호\*\* 광 영 준\*\*\* 박 득 곤\*\*\*\* 최 롱\*\*\*\*\*  
Kwon, Young Jin Kim, Chul Ho Kwak, Young Jun Park, Deuk Kon Choi Long

### ABSTRACT

It is the aim of this study to introduce the performance and application of new repair system for the exterior wall by durability failure caused seasand especially.

The elementary performance of this repair system is as follows

- (1) All the layer in the repair are cement based, same with the mother concrete
- (2) this repair system use SBR admixture
- (3) This cement and mortar powder for this repair system are premixed and ready to use just adding admixture at the job site.

#### 1. 머리말

리폼(Rcform)의 목적으로서는 크게 ①미장성의 회복 ②생활의 쾌적성의 확보 ③안전성의 확보 ④열화의 억제라는 측면으로 나누어 볼 수 있으나, 제1보에서 기술한 바와 같이 콘크리트구조물의 열화에 대한 대책이 시급한 현 단계에서는 안전성의 확보가 강조되고 있으며, 체계적인 보수공법에 대한 검토가 시급한 것으로 생각된다. 예를들어, 염분이 있는 콘크리트 중의 철근의 부식은 함유염분량이 많을수록 빨리 진행하나 일정한도이하의 염분이라면 부식진행의 조건인 물과 산소의 공급을 저감시킴으로서 부식속도를 억제할 수가 있다.

일반적인 열화현상인 피복두께부족에 의한 철근발청, 콘크리트의 결손·박락 등에 관해서는 여러 종류의 보수공법들이 있으나 현재로는 그 효과, 공법, 재료자체의 품질 또는 표준적인 시방, 품질관리와 아울러 평가방법이 확립되어 있지 않은 상황이다.

본 제2보에서는 제1보에서 서술한 바와 같이 외국의 신보수공법을 국내상황에 적합한 공법으로 정착시키기 위하여 일본의 리프리트공법을 소개하고 그에 대한 재료적인 품질과 성능에 관하여 기술하고자 한다.

#### 2. 무기질계 보수공법

##### 2.1 개요

1976년 일본에서 공법 개발후 80여건의 시험시공을 거쳐 1981년 사업화를 시작한 콘크리트 구조물의 보수공법으로 18년간 1만건의 실적을 가지고 있다. 이 공법의 특징은 건축물의 보존과 내구성향상을 위해 단순히 표면만의 개장이 아니라, 구조체의 내부로부터 시공하는 구조체의 개수공법이다. 이 공법은 특수한 무기계 약제를 사용하여 열화한 콘크리트에 알카리성을 부여하고 그위에 특수염해 방제용 방청액을 조합하여, 상승적으로 콘크리트중의 철근을 보호하는데 있다. 더구나 방청페이스트에 의한 철근의 방청, 방청모르타르에 의한 단면복구, 그후 전면에 걸쳐 방청페이스트를 도포하고, 이후의 중성화방지, 염해방지를 목적으로 하는 화학적, 물리적 기술을 도입한 철근콘크리트구조물의 재생공법이라는데 그 특성이 있다.

##### 2.2 공법 특징

###### (1) 함침제

이 공법은 타보수공법이 함침제를 사용하지 않는 것에 반해 알카리성의 함침제(리폼실리케이트제)를 사용하므로써 중성화된 콘크리트의 알카리성 회복이나, 염해방제 기능이 우수하다.

\* 정회원 평용안전기술사협회·보수사업팀·과장·공학박사  
 \*\* 평용안전기술사협회·보수사업팀  
 \*\*\* 정회원 평용안전기술사협회·보수사업팀·주장  
 \*\*\*\* 정회원 평용안전기술사협회·보수사업팀·팀장  
 \*\*\*\*\* 정회원 평용안전기술사협회·보수사업팀·이사·공학박사

● 알카리성 회복에 의한 중성화 억제

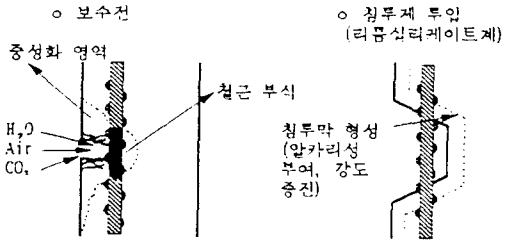


그림 1. 함침제 효과

(2) 방청처리

현재 일반적으로 행해지고 있는 부식철근의 방청처리인 Epoxy수지의 도포는 에폭시수지가 電導性이 없기 때문에 도포한 에폭시수지 양끝에 국부적으로 電池가 형성되어 또다시 철근에 부식이 발생하게 되나, 무기질계 보수공법은 무기계의 RF방청페이스트를 사용하여 이러한 電池가 생성되지 않기 때문에 철근의 재부식을 방지하게 된다. 이러한 이유로 일본 도로공단에서는 1988년부터 방청제로 에폭시수지의 사용을 금지하고 있는 실정이다.

● 電池형성 억제

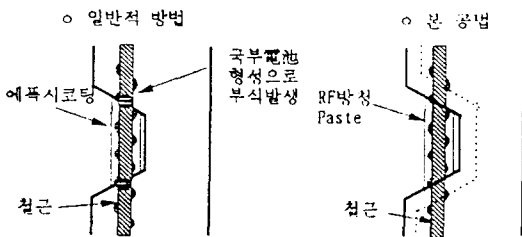


그림 2. 電池형성 억제 비교

(3) 단면수복

단면수복제로 경량 에폭시수지 모르타르가 빨리 경화되는 장점 때문에 일반적으로 많이 사용되고 있으나, 에폭시수지는 열팽창계수가 콘크리트보다 약 3 ~ 4배 정도 높으며, 탄성계수가 다르기 때문에 단면수복후 온도차이와 하중작용

에 의해서 균열이 발생하게 된다. 이에 반해 무기질계 보수공법에 사용되는 단면수복제는 콘크리트와 열팽창계수와 탄성계수가 동일하여 단면수복후에 온도차이와 하중작용에 의한 균열이 발생되지 않는다.

● 보수시 탈락 방지

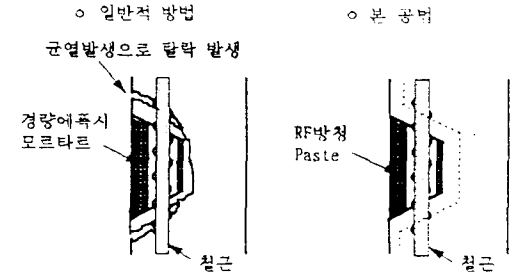


그림 3. 단면수복제 비교

(4) 마감재

단면수복후 표면마감은 일반적으로 모르타르 마감을 하지않고 방수성확보를 위해 유연형 방수도막제를 사용하여 마감을 하고 있는데, 이 유연형 방수도막제는 외부의 수분을 차단하는 방수에는 유효하지만, 통기성 확보 차원 즉, 내부의 수증기를 외부로 유출시키지 못해 철근에 결로를 유발시켜 결국은 철근이 부식하게 된다.

그러나, 무기질계 보수공법에 사용되는 마감재는 방수성 뿐만아니라 통기성까지 우수하여 내부의 수증기를 외부로 유출시켜 철근이 부식하지 않는 특성이 있다.

● 통기성 확보

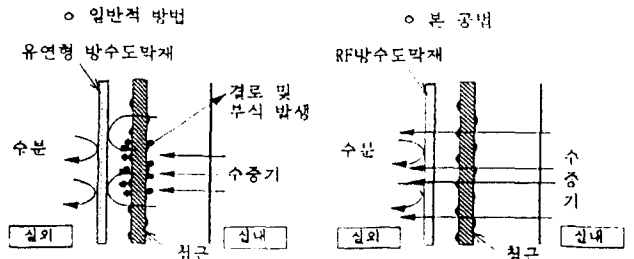


그림 4. 마감재의 비교

## 2.3 재료

### (1) RF-100 (알카리성 회복, 표면강화)

RF-100은 무기질계 보수공법의 주재료로 주 성분은 리튬실리케이트( $(Li_2O \cdot SiO_2)_n$ )로 pH = 11의 고알카리성을 가지며, 점도가 물과 유사한 10cp 이하로 침투성이 양호하며, 건조시 강도가 높고 특히, 물에 쉽게 용해되지 않는 난용성을 가지고 있어 동일계의  $Na_2O \cdot SiO_2$ 와는 구별된다.

#### 1) RF-100의 일반적 성질

##### ① RF-100의 외관 및 성질

RF-100은 수용액으로 취급이 용이하고, 작업성이 우수하다

표 1. RF-100의 일반적 성질

항 목	성 질
점 도 (20℃)	10CP 이하
비 중 (20℃)	1.1±0.02
pH	11±0.5
빙 점	0℃
외 관	투명 담황색

##### ② 알카리성 부여 효과

RF-100은 중성화된 콘크리트의 알카리성을 부여하는 효과가 탁월해서 RF-100을 중성화된 콘크리트에 처리하면 콘크리트의 pH가 10이상의 고알카리성으로 된다.

##### ③ 침투성

RF-100의 침투성은 구조체의 상태에 따라 큰 영향을 받는다. 침투성을 좌우하는 요인에는 첫째, 구조체의 新舊, 둘째, 구조체의 비중(점도)의 大小, 셋째, 구조체의 함수율의 大小, 넷째, 구조체의 공극율의 大小 등이 있다.

즉, RF-100의 침투성은 구조체가 오래될수록, 비중과 함수율이 작을수록, 공극율이 클수록 크게 된다.

### ④ 표면강도의 향상

표면강도의 향상은 구조체의 종류와 RF-100의 도포량에 따라 다르게 나타나게 된다. 그림 5는 지금까지의 일본에서의 시공경험에 의한 표면강도의 변화를 그래프로 나타내었다.

가로축은 RF-100 처리전의 표면강도를 표시하고, 세로축은 RF-100 처리후의 표면강도를 표시하며, 각각의 점들은 각대상물건의 표면강도 평균치를 나타낸다.

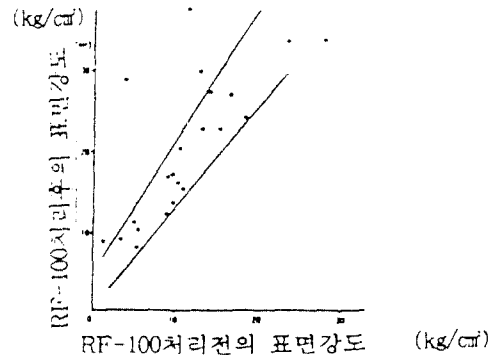


그림 5. RF-100처리에 의한 표면강도 향상

표 2는 실험실에서 혼합한 유기산으로 강제적으로 열화시킨 모르타르 표면에 RF-100을 처리하여 표면강도의 변화를 나타내는데 RF-100처리후에 강도의 향상이 큰 것을 알 수 있다..

표 2. 표면강도 (1 : 2 모르타르)

열화일수(日)	처리전(kg/cm²)	처리후(kg/cm²)
1	1.0	4.3
3	0.2	3.6
5	0	3.1
9	0	2.2

##### ⑤ 내수성

RF-100은 일반적인 규산알카리염에 비해 우수한 내수성을 가지고 있다. RF-100과 규산나트륨의 건조고형물에 대한 용해속도를 증량백분율로 그림 6.에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 RF-100은 거의 용해가 되지 않지만 규산나트륨은 2시간에 약 4% 용해 한다.

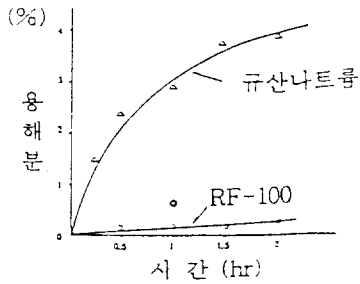


그림 6. RF-100과 규산나트륨의 용해속도 비교

그림 6.에서 알 수 있듯이 RF-100은 우수한 내수성을 가지고 있으며, 일반적인 리튬화합물은 타 알칼리화합물에 비해 물에 쉽게 용해되지 않는 특성이 있어 이 난용성이 RF-100이 내수성을 갖는 요인이 된다.

⑥ 타 재료와의 비교

RF-100은 타 재료보다 침투성, 표면강도향상 및 취급성에서 우수한 성능을 갖고 있으며, 특히 중성화된 콘크리트의 알칼리성 부여에 탁월한 효과가 있다.

표 3. 타재료와의 비교

구 분	RF-100	에폭시계 용제 타입	에멀션계 용제 타입
알칼리성부여	○	×	×
침투성	◎	○	×
표면강도향상	◎	○	×
취급성	○	×	○

◎ 우수, ○ 양호, × 불량

(2) RF방청시멘트, RF모르타르파우더

RF방청시멘트 및 RF모르타르파우더는 무기질계 보수공법 전용으로 개발된 기배합 시멘트 모르타르로 RF혼화제와 혼합하여 사용하며, 작업성이 우수하다.

표 4. 성분, 용도

종 류	RF방청시멘트	RF모르타르파우더
성분	보통포틀랜드시멘트, 골재(모래:Max 0.6mm), 각종 특수혼화제	보통포틀랜드시멘트, 골재(모래:Max 1.2mm), 각종 특수혼화제
용도	노출철근 방청처리, 바탕조정, U컷트부분 복구	결손부분 복구, 厚塗용 바탕조정, U컷트부분 복구

(3) RF혼화제

RF혼화제는 무기질계 보수공법의 전용재료로 철근콘크리트용 방청제를 첨가한 보수용 특수합성 RF방청시멘트 및 RF모르타르파우더와 시멘트에 혼합하여 사용하므로써 방청성, 접착성, 방수성, 내충격성 등 각종 모르타르 성능을 개선시킨다.

표 5. RF혼화제의 일반적 성질

항 목	성 질
외 관	유백색 액체
고형분	2.4 ± 1.0%
pH	7.5 ± 1.0
점도(25℃)	10cps이하
비 중	1.0 ± 0.05

(4) RF방청페이스트

RF방청페이스트는 RF방청시멘트와 RF혼화제를 배합하여 제조하며, 시멘트계 충전재로서의 기능도 겸하고 또한, 염화물을 혼입한 조건하에서도 우수한 방청효과를 발휘한다.

표 6. RF방청페이스트의 일반적 성질

시험항목	규격	규정치	시험결과
접착강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	상태	7이상	12.1
	내수	5이상	9.2
	온냉조투입	7이상	17.0
압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )	JASS 23 M-103	110이상	534
휨강도(kg/cm <sup>2</sup> )		35이상	87.3
내균열성			균열없음
내충격성			박리없음
흡수성(g/49cm <sup>2</sup> )	일본주택공단	1.0이상	0.6

(5) RF 모르타르

RF모르타르는 RF모르타르파우더와 RF혼화제를 배합하여 제조하며, 압축, 휨, 흡수, 접착 등 각종 성능의 향상에 효과가 높다.

표 7. RF모르타르의 성능향상 효과

시험 항목	규격	시험 결과	
		RF혼화제 미사용	RF혼화제 사용
압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )	JIS	263	389
휨강도(kg/cm <sup>2</sup> )	R5201	48.9	67.0
흡수량 (g/4×4×16cm)	JIS	34.2	13.2
	A1404		
투수량 (g/φ 15×4cm)	JIS	33.1	2.0
	A1404		
접착강도(kg/cm <sup>2</sup> )	JIS	7.3	20.0
	A6915		

## 2.4 시공

### (1) 적용 조사

구조체의 보수공사에 앞서 우선 대상물건에 관한 기본적인 사항(소재지, 시공회사, 설계사무소, 등), 대상물건의 이력(준공일, 구조형식, 마감, 입지환경 등) 및 대상물건의 현재상황(균열, 들뜸, 철근부식, 누수 등)을 파악하는 개황 조사가 이루어져야 하며, 이것을 마친후 전문가에 의한 안전진단을 한후, 무기질계 보수공법의 적용 가능성이 있다고 판단되면 시험을 하여 적합, 부적합을 결정하고 적합하다고 판단이 되면 바로 견적작업을 위한 상세조사에 들어간다.

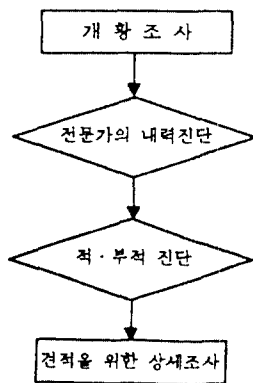


그림 7. 적용 조사 순서

### (2) 시공 요령

#### 1) 바탕처리

#### ① 표면열화부, 마감재의 들뜸 제거

열화된 부분과 기존의 도막을 제거하여야만 RF-100 도포시 높은 침투효과를 기대할 수 있으며, 열화부분과 마감재 들뜸 제거시에는 관찰되는 부분보다 더 여유를 주어 제거해야 보수후의 또다른 열화를 방지할 수 있다. 이 여유면적의 판정은 숙달된 전문가에 의해서 판정되어야 한다.

#### ② 노출철근 주변의 콘크리트 들뜸 제거

열화가 진행된 콘크리트구조물은 철근에 녹이 발생하여 피복콘크리트가 떨어져 나가거나 들뜨게 되고, 또한 이것에 의해서 균열이 발생하게 되는데 무기질계 보수공법은 이러한 콘크리트의 들뜸부위를 제거하여 차후 공정한 부식철근의 부식제거 작업에 효율성을 높인다.

#### ③ 균열 처리

구조체에 발생한 균열은 누수를 일으키며, 마감후에 그곳으로부터 마감재가 떨어질 위험이 있어 반드시 처리해야만 한다. 무기질계 보수공법에서는 균열폭이 0.5mm 이하인 경우에는 표면처리만 하며, 0.5mm 이상일 경우에는 폭 10mm, 깊이 10mm 정도로 U컷트 또는 V컷트를 하고 RF모르타르 또는 RF방청페이스트를 충전한다.

#### ④ 부식철근의 부식 제거

방청처리를 위한 사전공정으로 노출된 철근의 녹을 와이어브러쉬 또는 전동공구 등을 이용하여 제거한다.

#### ⑤ 세정 및 청소

고압수(30 ~ 80kg/cm<sup>2</sup>)를 이용하여 표면에 남아 있는 열화된 콘크리트나 마감재 등을 효과적으로 제거한다. 세정순서는 상부에서 하부로 하며, 오염수가 상부에서 흘러 하부 벽면에 부착되지 않도록 주의해야 한다.

물을 사용하여 세정할 수 없는 경우에도 압축공기나 진공청소기 등을 이용하여 반드시 표면에 남아 있는 오염물질을 제거해야 한다.

## 2) 시공

### ① 바탕의 건조 확인

바탕처리를 한 부분에 RF-100을 도포하기에 앞서 우선 바탕처리면의 건조상태를 확인하여야 한다. 왜냐하면, 수분이 남아 있는 상태에서 RF-100을 도포하면, 침투성이 떨어져 충분한 함침 효과를 기대할 수 없기 때문이다.

표면수분 상태는 모르타르 수분측정기를 사용하여 측정하며, 7% 이하가 되어야 한다.

### ② RF-100 도포

이상과 같이 바탕처리를 한후에는 콘크리트와 노출된 철근에 RF-100을 롤러브러쉬 등을 이용하여 1회 도포한다. 1회 도포후 건조상태를 확인하고 2회 도포하는데 주의할 점은 지나치게 많이 도포하면 내부로 흡수되지 않고 고형물이 형성되어 다음 공정에 지장이 생기는 것이다.

또한, 이 RF-100은 물을 첨가하지 않고 원액 그대로 사용하고, 작업시 반드시 보호경과 장갑을 착용하여야 하며, 폐기물 발생시는 전문 폐기물처리업자에게 의뢰해야 한다.

### ③ RF-100 건조 확인

RF-100을 도포한 후 다음 공정을 진행하기 전에 반드시 RF-100의 건조를 확인하여야 하는데, RF-100은 통상 도포후 1일이 지나면 건조하게 된다.

### ④ 노출철근 방청처리

현재 사용하고 있는 유기계 방청제 대신에 무기질계 보수공법에서는 RF방청시멘트와 RF혼화제를 배합한 RF페이스트를 노출된 철근 뿐만 아니라 콘크리트에 도포하는데 도포할 때에는 붓을 두드리듯이 해서 고루 스며들도록 한다.

### ⑤ 단면수복(콘크리트 제거부위 및 U컷트 부위)

열화된 콘크리트의 제거부위와 U컷트부위의 요철을 메우기 위해 무기질계 보수공법에서는 RF모르타르파우더와 RF혼화제를 배합한 RF모르타르를 사용한다. 이 RF모르타르를 도포할 시

에는 한번에 단면을 수복하는 것이 아니라 여러 회 나누어 도포하여 집착성을 증가시켜야만 한다. 또한, 양생시 급격한 건조는 강도의 부족을 초래하기때문에 주의하여야 한다.

### ⑥ 바탕조정

손상된 단면을 수복한 후에는 RF방청페이스트를 이용 바탕조정을 하는데, 이것은 손상부위가 비교적 적은 경우와 구조체 본래의 의장을 유지할 필요가 있는 경우를 제외하고는 원칙적으로 평활한 면을 형성하여 무기질계 보수공법의 효과와 마감재의 효과를 더욱 증진시키기 위해 전면에 걸친 바탕조정이 필요하다.

### ⑦ 마감

RF-100 도포후 건조하여 고화한 특수규산염은 난용성이나, 완전히 불용하다는 것은 아니다. 구체를 알카리성으로 회복하고 표면을 경화시켜 더욱 철근의 발청을 억제하는 효과를 장시간 유지 시키기 위해서는 전술한 바와 같이 외부의 수분을 차단하고 내부의 수증기를 발산하는 마감재의 사용이 필수불가결 하다. 현재 무기질계 보수공법에서는 이러한 마감재로 RF탄성도막제를 사용하고 있다.

## 5. 향후계획

전술한 바와 같이 무기질계 보수공법은 철근 콘크리트구조체의 중성화, 동결융해, 알카리골재 반응 과 특히 염해로 인한 손상 보수에 우수한 성능을 지니고 있음을 알 수 있다. 하지만 아직 국내의 보수현장에 적용된 예는 없는 상태이기 때문에 이 공법의 국내 적용여부는 아직 불투명한 상태이다. 그래서 향후, 이 공법을 이용한 시험공을 철근콘크리트조 건축물과 시멘트사이로를 대상으로 실시할 계획이며, 이를 통해 이 공법의 성능평가와 국내 적용성을 타진후 다시 정리하여 소개하고자 한다.

### <참고문헌>

1. 上村克郎 外, コンクリート構造物の補修ハンドブック, 1993. 2
2. 伊部 博, 各種 コンクリート 躯体改修材料技術の特徴と性能, REFORM, 1985. 5 .