

내구성 향상을 고려한 RC조 외벽 보수 시스템의 성능과 그 활용

(제1보 : 열화 요인별 외벽 보수 기술)

The Performance and Application of Repair System for the Exterior Wall According to the Durability Improvement in the RC Structure
(Part 1. Theoretical approach to the repair technic)

권 영 진* 김 철 호** 곽 영 준*** 박 득 곤**** 최 롱*****

Kwon, Young-Jin Kim, Chul-Ho Kwak, Young-Jun Park, Deuk-Kon Choi, Long

ABSTRACT

The reinforced concrete structure were once believed to have permanent durability. However, it is now spoiled by durability failure caused by the corrosion of embedded steel reinforcement, carbonation, alkali-aggregate reaction and salt attack. Recently, salt damage has been also spreading. Salt damage is found in concrete structures built using seassands or certain admixtures containing calcium chlorides and in coastal structures frequently caught in seawater spray or blown by seawind.

It is the aim of this study to investigate the performance and application of new repair system for the exterior wall according to the durability improvement in the RC structures

1. 서 론

최근, 각종 콘크리트 구조물의 대규모화 및 대량 건설이 진행되고 있는 가운데 각종 콘크리트 구조물의 내구성 부주파 열화현상에 의해 내용연수가 극도로 저하되어 건축물의 안정성 및 거주성이 악화되고 불량해질 뿐만 아니라 디자인 에피타인스 측면에서도 도시환경 파괴의 주역이 되고 있다. 이웃 일본의 경우, 수년전 콘크리트의 위기(concrete crisis)라 하여 국영방송 및 주요일간지를 비롯한 매스컴에서 콘크리트의 열화 및 내구성에 관하여 문제의 심각성을 제기하고 그 결과 건설상은 중심으로 콘크리트 구조물의 내구성향상에 대하여 심도 있는 연구를 진행하고 있는데 비하여 국내의 경우, 성수대교 붕괴 및 삼풍백회집 붕괴사고로 인하여 사회적인 불안요소로 까지 되고 있다. 또한 심도시의 해시사용으로 인한 일부문제에 의한 구조물의 유지관리는 일본의 예를 보더라도 더이상 방치해서는 안될 반드시 해결하여야 할 과제로 생각된다.

본 일련의 연구는 최근 문제로 되고 있는 중산화 및 염해로 인한 콘크리트 구조물의 열화한 부분에 대하여 보수하는 것은 주목적으로 하여 외국의 신기술을 도입하여 국내 신장에 적합한 공법으로 정착시키기 위하여 그 성능 및 활용방안을 검토한 것이다. 본 보고는 제 1보로서 열화요인별 외벽보수 기술에 필요한 기초적인 사항을 정리한 것이다.

2. 외벽하자의 원인과 국내 보수업계의 현황

일반적으로 외벽의 하자에 영향을 미치는 요인은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 이중에서도 콘크리트의 동결융해, 중산화, 염해 및 알칼리골재반응 등 내구성에 영향을 미치는 요인이 다종 다양하고 서로 복합적으로 작용하여 상승작용을 하므로 이에 대한 대책이 수립되지 않을 경우 외국의 예를 보지않더라도 콘크리트 수명의 단축에 의한 피해는 심각한 문제로 대두될 것으로 전망된다.

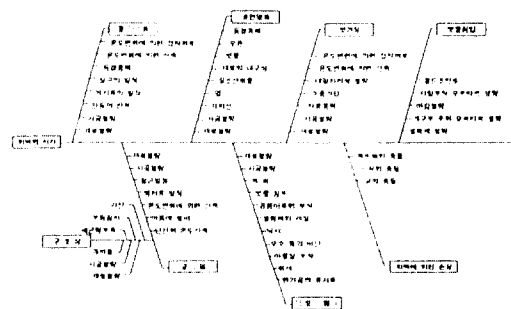


그림 1. 외벽의 하자 특성 요인도 (2)

한편 국내의 상황은 시설물 안전에 관한 특별법이 제정되는등 유지관리업무에 큰 관심이 집중되고 있으나 주로 안전신단에 국한되고 열화요인별 적신한 보수·보강기술

* 정회원 방용안전기술사협회 · 보수사업팀 · 과장 · 공학박사
** 방용안전기술사협회 · 보수사업팀
*** 정회원 방용안전기술사협회 · 보수사업팀 · 과장
**** 정회원 방용안전기술사협회 · 보수사업팀 · 부장
***** 정회원 방용안전기술사협회 · 보수사업팀 · 이사 · 공학박사

기술에 대한 지식이 전문화 된 것이며, 사용되는 보수 보강재료의 선정에서도 적절한 검증기준이 없는 상태에서 실적 및 이론적 뒷받침이 없이 시공업체의 경험에 의존하기 때문에 보수·보강된 구조물의 안전성에 대한 신뢰성이 문제가 된 것으로 보여 적절한 평가 기준이 시급히 요청된다. 보수보강에 따른 확실한 안전성의 확보나 사용성의 향상은 보장하기 위해서는 우선적으로 사용재료에 대한 시험기준이 설정되어야 할 것이다.

3. 보수재료의 종류와 특성

3.1 보수재료의 종류

현재 일반적으로 사용되고 있는 보수공법은 그림 2에 나타난 바와 같이 방청처리, 철근방청, 단면수복, 표면피복의 순서로 행해지고 있으나, 문제점으로 지적되는 것은 현재 보수재료의 품질기준이 국내외를 막론하고 표준화 되지 않고 있는 상황에서 다양한 재료가 시판되고 있어 이에 대한 품질기준의 확보가 중요한 문제로서 대두되고 있다.

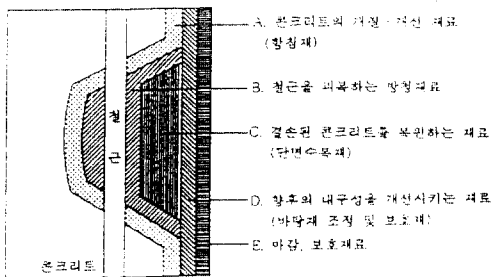


그림 2. 보수공법의 구성

이와 같은 품질기준 및 시험방법이 확립되어 있으면 보수재료의 질리, 신축은 용이하다. 그렇지 못한 경우 보수공사에 대한 클레임이 더욱 증가된 것으로 예상된다.

3.2 보수재료의 특성

3.2.1 도포 함침제

도포 함침제는 방수성을 개선시키거나 취약화된 콘크리트를 강화시키는 역할을 한다. 철근의 부식 환경을 개선시키는 목적으로 콘크리트 표면에 도포하여 함침시키는 재료로서 그 목적에 따라 각종재료로 나눌수 있다. 대표적인 것으로 다음과 같은 것이 있다.

- (1) 방수성을 부여하여 열화방지를 도모하는 것
- (2) 중성화된 콘크리트에 알칼리성을 부여하여 철근을 보호하는 것
- (3) 취약한 콘크리트의 표면층을 강화하는 것
- (4) 인화물함유 콘크리트의 철근부식환경을 개선하는 것

콘크리트의 취약층, 중성화부분, 고염화물 함유분 등의 열화층은 기본적으로는 제거하는 것이 좋으나, 실제로는 완전히 제거하는 보수공사의 실시는 곤란한 경우가 많기때문에 도포함침제가 이용되게 되었다고 볼 수 있다. 특히 부재두께가 적은 건축물에는 패이네지 깊이를 가능한 한 적정한 필요가 있고, 유효한 도포함침제의 이용이 주장되고 있다.

도포함침제중 침투성 흡수방지제는 조기의 개수에 의한 콘크리트의 내구성을 개선하려고 하는 것이고, 또한 도포방청제는 보수기술의 수법으로서는 패이네지작업에 의한 콘크리트의 파괴를 경감하여 콘크리트 구조물의 내구성 개선을 도모하려 하고 있으므로 향후 이러한 종류의 기술진개가 기대된다.

3.2.2 철근 방청 처리제

이웃 일본의 경우, 시스템화된 보수공법으로서 최근에는 폴리머 시멘트계의 비율이 증가하는 경향이 있다. 이것은 후술하는 형성수지계의 문제점이 일반적 으로 인식되었기 때문이라고 생각된다.

폴리머 시멘트계에는 사용되는 시멘트 혼화용 폴리머의 종류로서 SBR계와 PAE계가 많이 시판되고 있다. 일반적으로는 SBR계는 방수성, 중성화에 대한 저항성이 우수하고, PAE계는 초기집착성, 시공성이 우수하다고 평가되고 있어 각각 특징이 있고, 우수한 철근 방청 처리제로서 평가되고 있다(3).

형성 수지계로서는 에폭시 수지재료의 이용이 가장 많고, 그외 아크릴 수지 및 우레탄수지계의 도료가 시판되고 있다. 이러한 종류의 재료는 경화가 빠르고, 도장자임도 간단하여 공기를 단축할 수 있는 이유로 널리 사용되어 왔으나 최근 통진성의 문제 등이 지적되고 있다. 대표적인 폴리머 시멘트계와

에폭시수지계의 2종류의 방청처리제의 특성비교를 표 1에 나타낸다.

표 1. 폴리머 시멘트계 방청처리제와 에폭시수지계 방청처리제의 특성 비교

항 목	폴리머시멘트계 방청처리제	에폭시수지계 방청처리제
방청성	도장방법 등에 주의가 필요	경화제의 종류에 따라서는 역효과로 될 수가 있다
부착성	첨가되는 폴리머의 효과에 의한 것으로 그 종류 및 혼화량에 의해 약간 다르다	수지의 효과에 의한 것으로 폴리머시멘트계에 비하여 큰 성능을 지니고 있다
방수성	상	상
차염성	상	상
내화·내열성	콘크리트와 같은 정도이나 폴리머의 혼화량이 많게되면 내화성은 저하한다	온도가 높게 될수록 변형되기 쉽다

3.2.3 단면수복제

단면 수복제의 경우, 특히 중요한 성능은 치수안정성(경화수축, 건조수축등이 적음 것), 열팽창계수(콘크리트와 같은 정도일 것), 탄성계수(콘크리트와 같은 정도일 것), 투습성(콘크리트와 같은 정도일 것) 등을 들 수 있다. 영국 콘크리트학회와 테크니컬레포트에는 표2와 같이 큰 결합부에 관해서는 폴리머 시멘트콘크리트 또는 폴리머 시멘트물탈이 주장되고 있으며, 시멘트를 사용하지 않은 폴리머 모르타르는 비교적 적은 결합부(두께 6~12mm)에의 적용을 주장하고 있다⁴⁾.

그러나 단면수복에서도 확립된 규격, 기준등은 없고, 경제성 및 시공성이 우선되어 여러종류의 재료가 사용되고 있는 것이 현상이다. 그중에서 대표적인 것은 폴리머시멘트 물탈계와 에폭시수지계 물탈이고, 2종류의 단면수복제로서의 특성비교를 표3에 나타낸다.

3.2.4 균일 들뜸보수제

일반적으로 들뜸의 보수에 사용되는 재료는 JIS규정의 선축 보수용 주입에폭시수지이다. 그 품질규격을 표4에 나타낸다.

에폭시수지 주입제는 습윤집착성, 경제성, 내화내열성, 구조체와의 강도차등의 문제로 부디 최근에는 폴리머시멘트 슬러리의 대체도 서서히 증가하고 있다. 또한 폴리머시멘트 슬러리에는 보통시멘트를

표 2. 폴리머시멘트 물탈계 단면수복제와 에폭시수지 물탈계 단면수복제의 성능비교

항 목	폴리머시멘트 물탈계 단면수복제	에폭시수지 물탈계 단면수복제
시공성	독성은 없고 시공기구의 세정이 간단하고 습윤면의 시공도 간단하다. 반면에 두껍게 바를수 없기 때문에 건조이전 때에는 중량이 적게 된다	경량과 경질이면 반면에 두껍게 바를 수가 없고 공질이 짙게 된다. 경화제에 약간의 습성이 있는 것도 있고 시공기구의 세정이 하기 어렵다
경화성	보통 명식의 것은 약간 경화가 늦고 공기가 섞여지게 된다. 단, 조장 명식의 것도 있다	일반적으로 빠르고 경화제의 종류에 의해 경화속도를 조절할 수 있다. 단, 온도의 습성이 높고 서운시에 경화하기 어려운 것도 있다
강도	콘크리트와 같은 정도이다	일반적으로 콘크리트 보다 약간 크다. 특히 인장, 휘 강도가 우수하다
탄성계수	콘크리트와 같은 정도이다	일반적으로 콘크리트 보다 약간 작고, 변형하기 쉽다. 단, 조절은 가능하다
부착성	양호하나 후화되는 폴리머의 종류에 따라 약간 다르다	폴리머시멘트 물탈계에 비하여 매우 큰 부착성을 지닌다
방수성	상	일반적으로 양호하나 균제의 입도에 의해 따라 서하는 것도 있으므로 주의가 필요하다
차염성	상	상
가스투과성	상	상
열팽창계수	콘크리트와 같은 정도이다	콘크리트 보다 크다 (2~4배)
내화·내열성	콘크리트와 같은 정도이다. 단, 폴리머의 혼화량이 많아지면 내화성은 저하한다	온도가 높게 되면 변형이 나타난다

표 3. 콘크리트 보수용 재료의 신장

보수용 재료	2면적 경손		균열 주입	구조 균열 보수	경질제
	외부부(㎜)	외부부(㎜)			
콘크리트 중질콘크리트 시멘트·모르타르	*				
폴리머시멘트 모르타르	*	*			
에폭시수지 모르타르	*	*			
폴리에스테르수지 모르타르		*			
내수성 에폭시수지					*
SBF, 아크릴 및 중중합수지계면연			*		*
서피도폴리에스 테르 및 아크릴수지			*		
서피도 에폭시수지				*	
PVAC(폴리우산 비닐)경질제	외부보수에 부적당				
PVAC(폴리우산 비닐)용화모르타르	외부보수에 부적당				

4. 일화요인별 보수기술

표 4. 건축보수용 주입 에폭시수지의 품질(JIS A 6024)

		저강도형		중강도형		고강도형	
		인장	도출	인장	도출	인장	도출
강도	최소인장강도 MPa (N/㎠)	100~1000	100~1000	5000	5000	20000	20000
	Tensile Index (%)			5:1	5:1		
유연성	15:2 (%)						5이상
	30:2 (%)						5이상
유기용제	포수용제	200 (20.4)이상		300 (30.4)이상		300 (30.4)이상	
	비수용제		200 (20.4)이상		200 (20.4)이상		200 (20.4)이상
입자크기	포수용제	600 (61.2)이상	600 (61.2)이상	600 (61.2)이상	600 (61.2)이상	600 (61.2)이상	600 (61.2)이상
	비수용제		300 (30.6)이상		300 (30.6)이상		300 (30.6)이상
수축률	습수축	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상	600 (60.6)이상	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상
	건수축	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상	300 (30.6)이상
강화수축	강화수축률(%)	3이하	3이하	3이하	3이하	3이하	3이하
가열변형	열변형률(%)	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하
	냉각변형률(%)	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하	5이하
취약강도	취약강도 N/㎠ (kgf/㎠)	3000 (306)이상	3000 (306)이상	3000 (306)이상	3000 (306)이상	3000 (306)이상	3000 (306)이상
	인장강도 N/㎠ (kgf/㎠)				5000 (510) 이상		5000 (510) 이상

베이스로 한것과 초미립시멘트를 베이스로 한 것이 있으나 전자는 비교적 큰 들뜸의 주입에 사용된다.

3.2.5 하지조정제

보수에 사용되는 하지조정제는 일화표면을 정리하고 피복의 부축을 보양하는 것을 주목적으로 사용하였으나 하지조정을 겸하여 보호층을 형성시키기 위하여 사용되는 것이 많다. 하지조정제의 종류는 단면수복제와 마찬가지로 폴리머시멘트계와 합성수지계가 있다. 하지 조정제로서의 요구성능은 단면수복제의 기본성능 중 특히 보호피막으로서의 요구성능이 중요시되어 중성화방지효과, 치위성 등이 중요하다.

3.2.6 마감제

구체의 보호, 내구성 개선 및 미관의 회복등을 목적으로 사용된다. 콘크리트의 마감제로서는 도료, 건축마감도제, 성형품(파넬류)등이 있다.

일반적인 일화현상인 피복두께 부족에 의한 철근 방청, 콘크리트의 결손, 박락 등에 관해서는 실로 많은 종류의 보수공법·재료가 개발되고 있다. 그러나 현재는 그 효과, 공법, 재료자체의 품질 및 성능기준 등의 평가기준이 명확하지 않고, 또한 표준적인 공법 시방, 품질관리 및 시공후의 검사의 시방도 확립되어 있지 않기 때문에 코스트만으로 평가되는 경향이 있고, 이러한 평가기준 및 표준시방의 시급한 작성이 요망되고 있다.

현재 많은 내구성 문제 중 국내에서 가장 큰 문제로 되는 중성화 및 취해에 대한 보수공사시 고려해야 할 점에 관하여 정리하면 다음과 같다.

4.1 중성화에 대한 보수기술

일반적으로 중성화에 대한 보수기술로는 마감재 등의 보호막을 사용함으로써 향후의 중성화의 진행을 억제하는 방법이 채용되고 있다. 마감재의 중성화 진행 억제효과는 외벽 방수제 및 타일마감과 같은 기밀성이 높은 마감재일수록 크고, 기밀성이 작은 것은 적다. 따라서 보수시의 외벽개장에는 구 마감재보다는 중성화 진행억제효과에 우수한 마감재로 바꾸는 것이 좋다.

이와 같은 방법으로 중성화의 진행을 늦추어 철근의 부식개시시기를 늦추는 것은 유효한 방법이나 최근 대기중의 이산화탄소 농도의 증가 경향 및 콘크리트의 배합의 문제로부터 이전보다 중성화의 진행속도가 빨라지고 있을 뿐만아니라 피복두께의 부족에 의해 이미 철근위치까지 중성화가 진행하고 있는 경우도 많다. 이러한 경우는 단순히 중성화의 진행을 억제하는 마감재로 처리하는 것이 아니라 적극적으로 중성화한 콘크리트에 알칼리성을 부여하는 세안알칼리화 공법이 있고, 마감재와 알칼리화 공법을 조합하여 실시하고 있는 경우도 있다.

현재 세안알칼리화 공법으로는 도포함침제에 의한 방법과 전기적으로 처리하는 방법(5)의 2가지가 있다. 후자는 노르웨이의 기술로 주로 유럽에서 실시되고 있다.

4.2 취해에 대한 보수기술

취해보수에 관해서는 현재 확립된 방법은 없고, 현실적으로 중성화에 대한 보수방법과 유사한 방법이

사용되어 문제가 야기된 예도 적지 않다. 특히 일해 보수로서 생각되는 방법은 다음과 같은 것(3)에 되어 있으나 실제로 적용하기에는 문제가 있는 것도 있다.

(1) 임분농도가 높은 콘크리트 부분의 제거

이 방법의 문제점으로는 때어내기 및 단면수복이 많아 코스트가 높게 되는 것과 아울러 제거해야 할 임분 함유량이 명확하지 않은 것을 들 수 있다.

(2) 콘크리트중의 임분의 제거

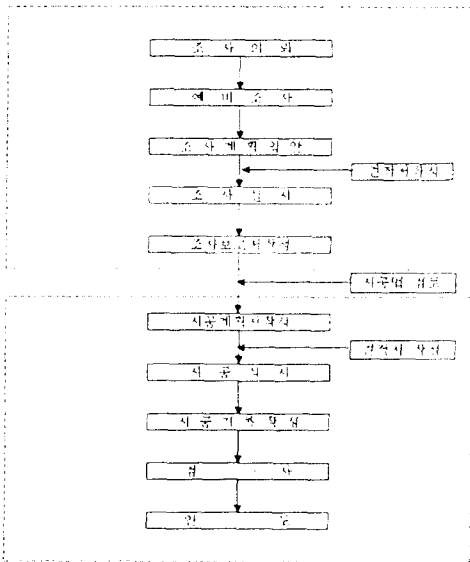
현재 실행되고 있는 방법은 임분의 전기분해를 응용한 전기적 방법이 있다. 그러나 이 방법을 실적이 적고 적용가능부위에 대한 제한이 있다.

(3) 방수층의 기능을 하는 도막재로 철근의 부식인자인 산소, 물의 공급을 차단시킨다

중대 방수성이 높은 표면 피복재는 산소투과저지성, 차입성 등의 면에서 그 성능이 높을수록 철근부식 억제효과도 큰 것으로 생각되어 일해보수에 이방법이 많이 채용되고 있다. 그러나 일해보수의 경우는 역으로 내부의 수분이 체류되어 철근부식을 촉진시킬 우려도 있는 것으로 지적되고 있다.

(4) 약제를 침투시키므로써 암회물 이온의 침투에 대한 방청작용을 억제

일회부위에 대한 제거자임을 적게하는 방법으로도 유효한 방법이나 적합한 사용량의 판정 및 농도분포의 불균형 의한 약효과등 해결해야 할 문제가 많다.



1) 그림 3. 보수공사 순서

(5) 전기방식의 적용

미국북부에서 동결방지제에 의해 일회한 콘크리트

슬래브에 적용한 실적이 많으나 아직 국내에서 콘크리트구조물에 적용한 예는 없다. 특히 건축물에서는 콘크리트의 함유율이 적기때문에 통전의 콘드률이 어려운 것도 지적되고 있다.

5. 외벽보수공사의 공정

보수보강 공사에 관한 건설작업 및 공정은 일반적으로 시공업체의 경험에 의존해 공사예산을 참조하여 결정되고, 시방서 없이 공사가 실시되고 있는 예가 많다. 보수·보강공사에서의 보수·보강 성능을 높이기 위해서는 그림3과 같은 공정으로 행하여 각각의 공정에서 엄격한 조사 및 평가를 하므로써 목적외로하는 성능향상을 도모하여야 할 것이다.

6. 결 론

본 연구는 내부성의 향상을 목적으로한 신보수시스템의 성능 및 활용에 관한 기초연구로서 국내 콘크리트 구조물의 일회요인별로 고려해야 할 보수기술에 대하여 정리하였으며 보수재료의 활용이라는 차원에서 보수제 각각의 특성에 관하여 제시하였다.

보수공법은 구조물의 하자원인을 정확히 진단하는 것이 대전제가 되고, 이에따른 적절한 보수재료 및 공법을 선택하여 정확한 시방하에 공사가 이루어져야 할 것이다. 또한 행하여진 보수공사에 대한 종합적 평가가 시행되어 보수공사 한 부위에 대한 신뢰성의 제고가 보수사업체의 과제라고 볼 수 있다.

제2부에서는 신보수시스템의 소개, 향후의 3보이후에서는 첨단 진단시스템의 구축, 시험시공분석, 신보수시스템의 시방서 제작과 아울러 신보수시스템의 활용방안에 관하여 소개할 예정이다.

參考文獻

[1] 김무한의, 실제 건축재료학, 문운당, 1996
 [2] 外壁補修工事業協同組合, 外壁補修マニュアル 1988.
 [3] 伊部 博, 各種コンクリート 躯体改修材料技術の特徵と性能, PEFORM, 1989.5
 [3] 콘크리트 工業會, 콘크리트 工法技術資料, 1992
 [4] 池野外, 瀧吉・中村化 補修・補強方法, 콘크리트 17卷, Vol.31, No.7, 1993.7, PP.65~68
 [5] 善, 電氣防食による 콘크리트 構造物の 補修, 콘크리트 17卷, Vol.31, No.7, 1993, PP.99~101