

콘크리트 구조물의 열화방지를 위한 보호마감 복합화 신기술의 개발

Development of New Hybrid Technique of Protective Finishing for the Prevention of Deterioration in Concrete Structures

하 기 주 최 민 권* 신 종 학 김 기 태** 홍 호 응*** 이 영 범****
Ha, Gee Joo Choe, min Kwon Shin, Jong Hack Kim, Gee Tae Hong, Hoo Yong Lee, Young Bum

ABSTRACT

In this study, experimental research was carried out to develop protective finishing, coating materials and new hybrid technique for deteriorating prevention and high durability in concrete structures. It had sufficiently recommended performance for the protective finishing method of concrete structures through testings. This is more progressive double membrane method than single membrane type designed by conventional method.

It was found that this hybrid construction method had very excellent performance to improve the durability of existing concrete structures and attain the beauty of concrete structures.

1. 서론

우리나라의 근대화와 함께 수많은 사회기반시설이 구축되었고 또한 도시의 발달과 인구집중으로 많은 주거단지들이 세워지게 되었으며, 경제발전과 아울러 많은 상업시설이나 업무시설들이 우후죽순격으로 들어섰다. 이들은 구조적인 장점과 경제성을 이유로 대부분이 콘크리트구조로 만들어져 왔다. 이러한 초기의 콘크리트구조물들은 지금에 와서는 구조적으로는 문제가 없을지라도 시간의 경과에 의해 외관상으로는 열화가 극심해졌고, 또 설사 새로 만들어진 구조물이라 할지라도 설계·시공·재료상의 이유나 산업고도화에 따른 차량배기가스의 증가 및 산성비 등 환경공해와 함께 점점 흉한 물꼴을 드러내 도시미관을 해치는 커다란 요소로 지적되고 있으며, 그림 1은 콘크리트 하자 및 열화요인을 나타낸다. 뿐만 아니라 콘크리트는 재료적 특성에 따라 한번 열화가 진행되고 나면 점차 그 속도가 가속화되어 결국에는 설계시에 의도한 본래의 수명을 다하지 못하고 심한 경우에는 재건설 내지는 대대적인 보수보강공사를 하지 않을 수 없다. 이것은 그 건축물 하나하나의 엄청난 재산적 손실일 뿐 아니라 사회기반시설의 대부분이 콘크리트구조물이라는 점에서 전국가적으로 보아도 막대한 손실이다. 특히 최근 들어와서는 잇따른 구조물의 붕괴사고와 함께 다중이용시설의 안전이 사회적인 관심사로 대두되면서 구조물의 유지보수에 대한 필요성을 인식하게 되어 유지보수시장이 크게 확대되고 있는 상황이다.

- * 정회원, 경일대학교 건축공학과 교수, 공학박사
- ** 정회원, 계명대학교 건축공학과 교수, 공학박사
- *** 정회원, (주) 한보엔지니어링 대표이사
- **** 정회원, (주) 동우건축사사무소 대표이사
- ***** 정회원, 경일대학교 대학원, 석사과정

따라서 이에 발맞춰 외기조건으로 부터 콘크리트를 보호하여 그 수명을 연장시키고 동시에 콘크리트구조물의 아름다움을 오랫동안 유지시켜 각 건물이나 구조물의 미관은 물론 도시미관에 이바지할 수 있는 성능이 우수하며 경제적인 재료와 공법이 절실히 요망되는 시점이라고 할 수 있다. 이러한 공법의 일환으로 열화 등에 의해 외형적인 손상이 심하게 드러나는 부분을 수정하기 위한 목적으로 보수공법이 사용되고 있고, 또한 구조체의 손상이 극심하여 구조적 성능을 발휘하기 어렵다고 판단될 때 사용하는 보강공법들이 개발·사용되고 있다. 그런데 구조적인 보강은 많은 비용이 소요되는 것으로, 보강공법이 요구되기 이전에 유지관리를 하여 구조물의 수명을 연장시키는 방법이 훨씬 경제적이라고 할 수 있고, 또한 외견상의 오염이나 경미한 균열 등 외관상의 보수를 요구하는 경우도 적지 않다. 그림 2는 유지관리에 의한 수명연장의 개념도로, 특히 그림 2의 (c), (d)와 같이 보호처리에 따른 수명연장 효과를 기대할 수 있다. 따라서 이러한 부분에 대해서 적용할 수 있는 콘크리트부재의 보호·보수 차원에서 경제적이고 성능이 뛰어난 공법이 요구된다고 사료되어 본 공법의 개발을 시도하게 되었다.

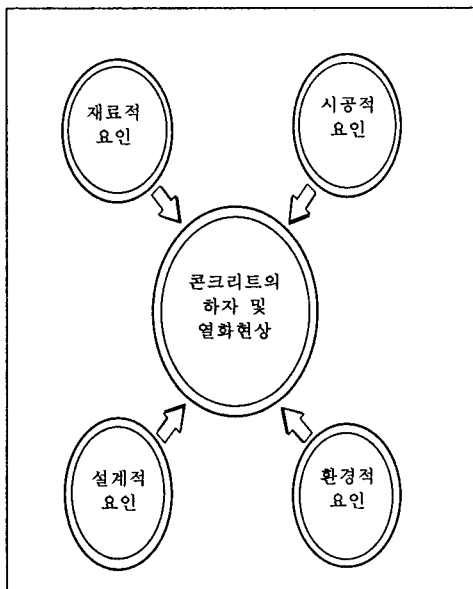


그림 1 콘크리트 하자 및 열화요인

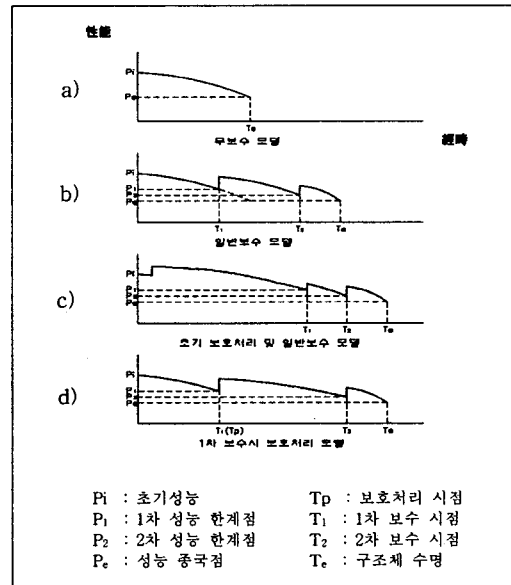


그림 2 보수 및 보호처리에 의한 수명연장 모델

2. 콘크리트 구조물의 보호마감을 위한 재료특성

2.1. 개요

노출되어 있는 콘크리트면을 대상으로 하여 콘크리트의 열화를 방지 또는 지연시키기 위하여 무기질 분말형도포재와 무기계 세라믹코팅재를 개발하였으며, 본 재료는 다음과 같다.

- 물과 혼합할 수 있는 무기질 분말형도포재(H.B Protector)
마이크로 시멘트, 알루미늄 시멘트, 칼슘카보네이트 및 마이크로 실리카 등이 주성분으로 구성되고, 물과 잘 혼합할 수 있으면서 기존 액상형과는 다른 분말형도포재(H.B Protector)
- 표면에 피막하는 세라믹코팅재(H.B Coat)
미세유화 세라믹(Micro Liquid Ceramic), 미세유화 실리콘(Micro Liquid Silicon) 및 무기중점제로 구성되고

내오염성, 내구성, 코팅효과에 의한 발수성 등을 보유한 세라믹코팅재(HB Coat)

2.2. 재료성분 및 물성

2.2.1. 보호마감재의 성분

콘크리트 구조물의 열화방지 및 성능개선을 위한 분말형도포재(H.B Protector)와 세라믹코팅재(H.B Coat)의 구성성분 및 구성재의 특성을 분석·정리한 결과는 표 1과 같다.

표 1 분말형도포재(H.B Protector)와 세라믹코팅재(H.B Coat)의 성분 및 특성

	성분	화학적 구성	특성
분말형도포재 (H.B Protector)	White Cement	MgO, Fe ₂ O ₃ , SO ₃ , 3CaO, Al ₂ O ₃	수경성, 고강도, 내구성, 착색가능
	Micro Cement	CaO, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ 등	분말도 좋음
	Calcium Aluminate Cement	보오크사이트와 석회석의 화합물	속경화, 내열성, 백화무, 흰색
	Calcium Carbonate	CaCO ₃	충진제, 흰색
	Micro Silica	SiO ₂ 96% 이상	미세골재
	Vinylacetate-Ethylene Copolymer	(CH ₃ COOH-CH ₂)n(CH ₂ CH(Cl))n 의 공중합물	인장력, 열성, 접착력, 방수성, 시멘트 개질제
	Fly Ash	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ 등	포졸란 반응 촉진, 강도 증진
	Melamine Superplasticizer	C ₃ H ₆ N ₆ 의 유도체 화합물	유동성, 분산성
	Ca-Stearic Acid	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	방수성
	Power Defoamer	Si의 공중합물	소포제
Lithium Carbonate	Li ₂ CO ₃	속진제	
세라믹코팅재 (H.B Coat)	Micro Liquid Silicon	Si의 공중합물	내오염성, 발수성
	Micro Liquid Ceramic	무기바인더	내후성, 내구성
	무기 충점제	Si의 공중합물	처짐 방지

2.2.2. 보호마감재의 물성

콘크리트 구조물의 열화방지, 성능개선 및 보호마감을 위한 분말형 도포재와 세라믹 코팅재를 개발하였으며, 콘크리트 보호마감재의 요구성능에 준하여 각 항목별로 시험한 결과는 표 2와 같다.

표 2 보호마감재의 성능

항목	대 상	본 기술		시험규격
		Protector	Protector + Coating	
압축강도 (kgf/cm ²)		67.2	Protector에 준함	KSF 2451
휨강도 (kgf/cm ²)		37.3	Protector에 준함	KSL 5104
인장강도 (kgf/cm ²)		61.4	Protector에 준함	KSF 4919 (10.2 이상)
부착강도 (kgf/cm ²)		18.9	Protector에 준함	KSF 4919 (8.2 이상)
내투수성 (30N/m ² , 3hr)		이상없음	이상없음	KSF 4919 (3.1(kgf/cm ²) 수압에서 3시간동안 투수되지 않을 것)
흡수량 (g)		0.9	0.7	KSF 4919 (2.0이하)
동기성 (g/m ² , 24hr)		18.1	6.8	KSF 2607
내염해성 (15%NaCl, 24hr)		이상없음	이상없음	KSF 2451 (제시규격)
내잔갈림성		이상없음	이상없음	KSF 4919 (표면에 잔갈림성이 없을 것)
온도의존성 (-20℃×12hr 후/10℃×12hr)×5회		이상없음	이상없음	제시규격
내후성 (WS형, 500시간)		이상없음	이상없음	KSF 2274
내오염성		이상없음	이상없음	KSM 3802

3. 콘크리트 구조물의 열화방지를 위한 보호마감 복합화공법

3.1. 콘크리트 보호마감 복합화공법의 원리 및 특성

콘크리트부재의 열화는 부재표면과 외기 및 우수 등의 접촉에 의해서 이루어진다. 따라서 콘크리트 부재를 보호하여 열화를 방지하기 위해서는 필수적으로 부재표면을 외기와 차단하는 방법을 사용하여야 한다. 이러한 기본적인 원리에 따라 기존에는 콘크리트 표면에 발수제나 방수제를 얇게 코팅하는 도막차단, 콘크리트 표면에 어느 정도 두께를 가지도록 보호재료를 덧발라 미장재료와 같은 역할을 하게 하는 도포차단, 그리고 더욱 적극적인 방법으로 표면에 기성재(타일, 패널 등)를 부착하는 부착차단의 3가지 방법이 있다. 도막차단방식은 거의 두께가 없을 정도로 얇은 피막이므로 콘크리트 표면의 외관적 결함을 조정할 능력이 없을 뿐 아니라 내구성도 미약하다. 또한 도포차단방식은 표면 조정효과를 갖는다는 장점은 있으나 내구성이나 방수성은 떨어지는 단점이 있다. 한편 부착차단은 표면의 결점을 완벽하게 감춰주며 내구성도 뛰어나지만 많은 비용이 들게 되므로 토목구조물이 아닌 고급 건축물의 리노베이션용으로만 사용된다. 따라서 콘크리트의 질감과 외관을 그대로 살리면서 열화방지처리를 하기 위해서는 도막차단이나 도포차단으로 하는 것이 불가피하다. 그러나 단일공법으로는 내구성이 미흡하다는 점에 착안하여 내부에는 도포차단으로 콘크리트 표면 정리효과를 두고 도포차단층 표면에 다시 도막차단을 하여 콘크리트 보호마감 복합화공법을 적용하면 방수효과와 내구성을 높일 수 있어 완벽한 열화방지 효과를 가지게 되며, 그림 3은 본 공법의 원리를 나타낸다.

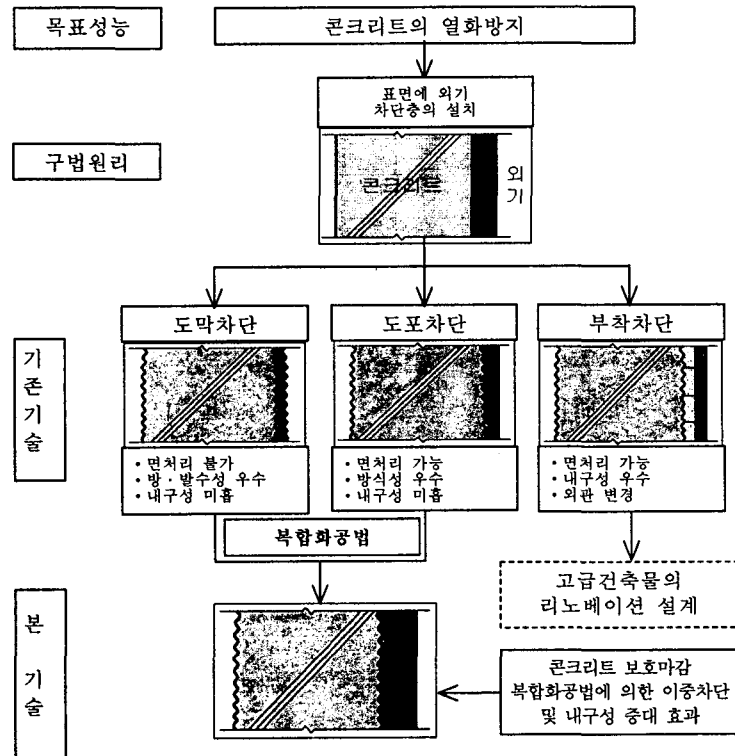


그림 3 콘크리트 보호마감 복합화공법의 원리

3.2. 콘크리트 보호마감 복합화공법의 시공개요 및 특성

본 공법의 시공순서 및 각 공정별 특성과 기존공법과의 차이점은 표 3과 같다.

표 3 콘크리트 보호마감 복합화공법의 시공개요 및 특성

시공단계 구분	시공순서 및 공정별 특성	기존 공법과의 비교
전처리	<ul style="list-style-type: none"> ■ 콘크리트 열화부위 검사 및 측정 ■ 열화된 콘크리트 하지면 그라인딩 연마 ■ 고압세척을 시행하여 연마분진 및 기타 이물질 제거 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기존공법과 동일
열화부위 복구	<ul style="list-style-type: none"> ■ 콘크리트 열화부위 복구는 기존 보수공법을 사용하거나 미세한 균열이나 손상부위는 H.B Protector나 H.B 패칭 몰탈을 사용하여 콘크리트의 건전성을 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기존공법과 동일 ■ 미세균열 및 손상부위-본 공법 및 HB 패칭몰탈 적용
콘크리트 보호마감 복합화공법 적용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 재료배합 기존 공법은 액상형 보호재를 사용하나, 본 공법에서는 자체개발한 분말형 보호재를 사용하며 배합방법은 시방서에 준함 ■ 콘크리트 보호재 1차 도포 (보호) 도포시 적용 부위별에 따라 붓, 롤러, 쇠훅손, 스프레이 사용 ■ 콘크리트 보호재 2차 도포 콘크리트면의 균일성 확보, 마감두께, 색상 등을 고려하여 소요 두께를 확보하도록 도포 ■ 양생 콘크리트면 보호재의 소요성능의 확보하도록 양생 ■ 코팅제 오염방지 및 내구성 증진을 위한 보호마감 코팅 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기존 공법의 재료는 액상과 분말혼합형 및 수입재료인 반면 개발공법의 재료는 분말형이며, 자체기술 개발제품이므로 재료비가 저렴하고 시공성이 뛰어나며, 수입대체에 따른 경제성이 대단히 높음 ■ 개발공법의 재료는 무기질 재료로서 콘크리트 노후 정도에 따른 균일한 색상표현 가능 ■ 보호재 및 코팅제를 복합화한 보호마감공법 적용시 콘크리트 보호마감시 요구되는 제반 특성이 매우 개선 됨 ■ 이중화에 따른 이중보호 효과로 내구성, 내오염성이 매우 우수함 ■ 외관을 중요시하는 콘크리트 구조물의 경우 무기안료를 첨가하여 자유로운 다양한 색상표현 가능

3.3. 콘크리트 보호마감 복합화공법의 시공방법

(1) 표면처리

보호마감하고자 하는 콘크리트부재의 도포면에 부착된 레이턴스나 이물질 등을 제거하여 깨끗하게 한다.

(2) 부분보수

기존 콘크리트면에 열화현상이 있거나 손상된 부분은 일반적인 콘크리트 보수방법으로 부분적으로 보수한다. (볼륨조정이 필요할 때에는 H.B 패칭몰탈로 보수한다.)

(3) 재료배합

- ① 작업에 필요한 재료의 양을 산정한다. (배합후 1시간 이내 사용 가능한 양을 산정)
- ② 깨끗한 용기에 물을 약 30%(콘크리트보호재 : H.B Protector의 중량비) 정도 넣은 다음 분말을 천천히 부으면서 전동믹서로 균일하게 배합한 후 나머지 10%의 물을 부어 완전히 믹싱한다. (분말 : 물 = 100 : 40) 이때 배합시간은 5분이상 되도록 충분히 믹싱한다.
- ③ 이때 물의 양은 현장습도, 온도, 하지상태 또는 시공방법(미장, 롤러, 스프레이 등)에 따라 증감하여 사용한다. (35%~45%)

(4) 도포

- ① 배합된 재료를 붓, 롤러, 쇠훅손, 스프레이를 이용하여 1시간 이내에 1차 도포하고, 지축건조(약 2시간후) 되면 바로 2차 도포한다. 이때 평균 시공두께는 0.8mm 이상이 되게 하고, 적용부위별 도포방법은 다음과 같다.
 가. 붓, 롤러 : 보양작업이 불필요하며, 소량면적 이거나 복잡한 구조에 도포시
 나. 쇠훅손 : 바탕의 요철이 있는 부분에 도포시
 다. 스프레이 : 보양작업이 필요하며, 넓은면적 도포시 (특히, 넓은면적에 균일한 색상을 요구할 때)

- ② 시공시 배합된 재료의 침전방지를 위해 수시로 전동믹서로 재믹싱한다.
- (5) 코팅
콘크리트 보호재(H.B Protector)를 도포하고 24시간 이상 양생한 후, 오염방지와 내구성을 증진시키기 위하여 콘크리트 보호마감 코팅재를 도포하여 마감한다.
- (6) 콘크리트 보호재 도포시 주의사항
대기나 콘크리트 온도가 0℃ 이하 또는 4시간 이내에 0℃ 이하가 예상 되거나 시공후 8시간 이내에 비가 예상되면 시공을 중지 해야한다. 또한 대기 온도가 35℃ 이상일 때도 마찬가지다.

3.4. 콘크리트 보호마감 복합화공법의 활용범위

본 기술은 구조물의 용도나 부위에 관계없이 미관상의 이유로 적절한 조치가 요구되는 각종 콘크리트 표면에 활용할 수 있어, 그 세부적인 활용범위를 들면 다음과 같다.

- 1) 외기(매연 등)에 오염된 노출콘크리트부재의 보수마감
- 2) 우수 및 누수에 오염된 노출콘크리트부재의 보수마감
- 3) 표면균열이 발생한 콘크리트부재의 보수마감
- 4) 보수 및 보강에 의해 얼룩진 콘크리트부재의 미장마감
- 5) 시공불량에 의해 표면손상이 있는 콘크리트부재의 미장마감
- 6) 열화현상을 억제 및 예방하고자 하는 콘크리트부재의 보호마감
- 7) 거푸집자국이 심한 콘크리트부재의 미장마감
- 8) 미관을 위한 콘크리트부재의 도색마감 (안료첨가)

4. 결 론

본 연구에서는 콘크리트 구조물의 열화를 방지하고 내구성 등을 개선하기 위하여 콘크리트 보호마감을 위한 재료 및 공법을 개발하였으며, 이를 실제 콘크리트 구조물에 적용시 다음과 같은 효과 및 개선점을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

- 1) 콘크리트 구조물의 열화방지 및 성능개선을 위하여 기존의 액상형이 아닌 분말형 무기질도포재 및 무기질코팅재를 개발하여 국산화에 성공하였으며, 실제 콘크리트 구조물에 적용할 수 있도록 실용화 하였다.
- 2) 콘크리트 구조물의 열화방지 및 성능개선을 위한 재료개발을 토대로 이를 이용하여 기존의 단일 방식에 의한 공법보다는 더욱 진일보한 콘크리트와 동일 특성을 지닌 무기질계의 도포재와 코팅재를 복합화한 공법을 개발함으로써 우수한 성능을 확보한 콘크리트 보호마감 복합화공법을 개발하였다.
- 3) 콘크리트 구조물의 보호마감 요구성능을 표 2에서와 같이 충분히 만족하며, 또한 무기안료와 분말형도포재를 혼합사용하여 다양한 색상을 표현할 수 있는 기술을 개발하여 콘크리트 구조물의 성능개선 및 미관향상을 위한 새로운 기술을 제시하였다.

참고문헌

1. 수화응고형 분말도포재 및 코팅재를 이용한 콘크리트 보호마감 이중처리공법, 건설교통부 신기술 제 274 호, 2001.4 ((주) 한보 ENG, (주) 동우 건축)
2. 국내 콘크리트구조물의 내구성 평가를 위한 조사연구, 한국건설기술연구원, 1989. 12.
3. 건축물의 안전진단과 보수·보강, 대한건축학회, 1993. 10.
4. 철근콘크리트 공사의 기본과 실무, 신동우·이도범역, 건설도서, 1995. 1.
5. 콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지관리, 한국콘크리트학회, 1995. 3.
6. 콘크리트의 균열조사, 보수보강 지침, 추영수역, 건설도서, 1995.4
7. 교량구조물의 보수·보강 공법편람, 건설교통부, 1995. 5.
8. 콘크리트구조물의 보수·보강, 대한건축학회, 1997
9. 항만구조물 잔교식 안벽 보수·보강 표준지침서, 해양수산부, 1997
10. RC구조물 보수·보강재에 관한 조사연구, 한국건설기술연구원, 1997
11. Philip H Perkins, Repair, Protection and Waterproofing of Concrete Structures, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 1997