

# 시멘트 콘크리트에 있어서의 흡수성 폴리머

김 창 은 · 김 기 일  
 <연세대학교 교수> <산업기술정보원, 연구위원>

## 1. 서 론

시멘트에 폴리머가 도입된 것은 1923년에 영국에서의 천연 고무 라텍스가 시초라 할 수 있다. 그 후 기술이 점차 발전되어 여러가지 형태의 시멘트 복합체 형성방법이 개발되었는데 현재에 와서는 대략 다음과 같은 3가지로 나누어진다.

첫째는 시멘트 혼화용 폴리머를 시멘트의 mixing 단계에서 첨가하는 폴리머 콘크리트 (polymer modified mortar and concrete : PCM, PCC), 둘째는 시멘트와 폴리머 그리고 다른 성분들은 수분이 없는 상태에서 섞어주는 폴리머 시멘트 콘크리트(이것은 다른 이름으로 레진 콘크리트라고 불리운다. polyme mortar and concrete : resin concrete : PM, PC), 셋째로는 폴리머함침 콘크리트(polymer impregnated concrete : PIC)로 시멘트 콘크리트를 정화시킨 후 폴리머를 단량체나 액상으로 침투시키는 경우를 말하게 된다.

이러한 복합체들은 보통 압축·인장 강도, 탄성계수, 내충격성, 내마모성, 내화학성 등의 성질이 좋아지게 된다. 그래서 그 복합체들이 가지게 되는 성질에 맞추어 내진구조물, 내충격구조물, 슬래부나 지붕 등의 방수구조물, 도

로, 창고바닥재, 보수재 등으로 응용되고 있다.

선진국의 경우를 보면 건축재료로 PCM, PCC방식으로는 Styrene-butadiene rubber (SBR), Polyacrylic ester(PAE), Ethylene-vinyl acetate(EVA)가 많이 사용되고 있고 PM, PC방식으로는 Epoxy resin, 불포화 polyester resin, Methyl metacrylate 단량체가 널리 사용되고 있다. 그리고 세번째의 PIC방식으로는 Methyl metacrylate 단량체가 사용되고 있는데 이 방식은 잘 쓰이고 있지 않다. 그 이유는 폴리머 시멘트에 비해 성능은 비슷하고 반면에 재현성이 적어 그 성능을 정확하게 제어하기가 힘들기 때문이다. 그리고 기술이 복잡하고 고열이 필요하여 비용이 많이 든다는 점도 이유가 된다.

유럽과 일본에서 널리 사용되던 폴리머시멘트 복합체는 이제 미국에서도 많이 사용되고 있다. 그래서 세계 각국에서는 폴리머 시멘트 관련한 규격들이 제정되고 있으며 우리나라에도 그에 준하는 규격이 제정되어 있다.

여기 소고에서는 이러한 폴리머 시멘트의 광범한 성장 가운데 일부를 소개하고자 한다. 즉 시멘트 콘크리트에서 흡수성을 가지는 폴리머가 사용되는 기술들을 모아서 예를 들어 설명하고자 한다.

## 2. 본 론

시멘트콘크리트 분야에서 흡수성 폴리머는 여러가지 성분의 것이 여러가지 형태로 사용되고 있는데 성분으로는 아크릴산계 수지가 많이 사용되고 있다. 그리고 형태로 보면 각 입자가 고체상태로 존재하는 powder 형태와 액체상태에 포함되어 있는 에멀전 상태로 나누어진다. 그리고 앞의 입자상태는 다시 수분을 흡수하고도 그 모양을 유지하는 형태와 수분흡수 후에 팽윤하여 부피가 커지는 형태로 나누어진다. 이제 각각의 방법에서 흡수성폴리머의 역할을 중심으로 살펴보기로 한다.

### 1) ALC(Autoclaved Lightweight Concrete)에서 기포형성 방법

ALC는 시멘트 콘크리트 내에 기포를 형성시켜 그 무게를 가볍게 하고 그 만큼 약해진 강도를 고온고압에서 증기양생시켜 보완하는 기술이다. 이 경우 경량, 단열, 차음 등의 성능을 갖게되어 아파트 간막이벽이나 공장외벽 등으로 많이 사용되고 있다. 기포를 형성시키기 위하여 여러가지 발포제가 사용되는데 형성된 기포가 mixing이나 압출에서 파괴되는 문제점이 나타나게 된다.

한국공업규격(KS)에서의  
레진 콘크리트와 폴리머 시멘트 모르타르

규격번호	규격 제목
KS F2419	폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법
KS F2474	폴리머 시멘트 모르타르의 슬럼프 시험방법
KS F2475	균지 않은 폴리머 시멘트 모르타르의 단위 용적 무게 시험 방법
KS F2476	시험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법
KS F2477	폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험 방법

KS F2480	폴리에스테르 레진 콘크리트의 인장 강도 시험 방법
KS F2481	폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축 강도 시험 방법
KS F2482	폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨 강도 시험 방법
KS F2483	보의 절편에 의한 폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험 방법
KS F2484	폴리에스테르 레진 콘크리트의 사용 가능시간 측정 방법
KS F4916	시멘트 혼화용 폴리머 분산제

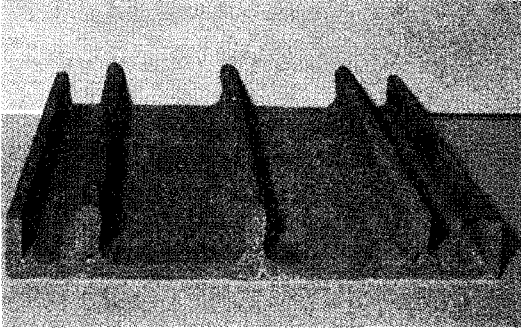
여기 방법은 흡수성 폴리머에 보강섬유와 열가소성 발포제를 넣고 시멘트와 물을 혼련시켜 압출성형기로 압출시킨 후 80℃ 이하에서 증기양생하고 다시 120~180℃로 오토크레이브시키는 것이다. 이 경우 혼합된 수분은 오토크레이브되는 가운데 증발하여 수증기로 되면서 독립된 기공을 형성하게 된다.

만일 열가소성 발포체가 병용되지 않으면 혼합되는 수분의 양이 너무 많아져 시멘트의 경화가 늦어지고 조기강도가 떨어지는 문제가 생기게 된다.

### 2) 이론수화 필요량의 수분으로 콘크리트를 타설하는 방법

보통의 경우 콘크리트 모르타르를 만드는 경우 시멘트와 물이 균일하게 혼합되고 유동성이 좋게 하기 위해서는 시멘트 수화반응에 필요한 이상의 물을 필요로 하게 되고 나중에 그 잔여 수분은 강도 저하를 야기한다.

여기 방법은 이론수화 필요량의 수분을 흡수시킨 흡수성 폴리머에 시멘트와 골재를 입자단위로 균일하게 섞어 필요한 곳에 타설시키는 것이다. 이 경우에 수분을 흡수한 폴리머의 표면에 수분이 스며나오게 되고 거기에 시멘트 입자가 흡착되어 수화반응이 진행된다. 이 상태로 미수화시멘트, 시멘트흡착폴리머, 골재물 유동성이 높은 겔보기 건조상태로 형틀에 타설



〈그림 1〉 흡수성폴리머를 이용한 벽에 붙여서 사용하는 형틀

시켜 두면 나머지 수분들이 스며 나와 미수화 시멘트들을 수화시키고 응고하여 강도가 나타나게 되는 것이다.

여기 사용되는 흡수성폴리머는 수분에 의해 팽윤하지 않으며 그 입도는 시멘트의 입도와 비슷하여야 균질하게 혼합될 수 있다.

수분에 의해 팽윤하는 흡수성폴리머 입자인 경우 수분을 흡수시킨 후 필요한 장소에 가서 냉동하여 얼음입자로 만들어 사용하고 있다. 그 이유는 흡수성 폴리머 입자의 빠른 파괴를 막을 수 있기 때문이다.

### 3) 아스팔트와 시멘트 에멀전의 질화를 촉진하는 방법

아스팔트 에멀전은 방수성을 증진시키기 위하여 많이 사용되고 있는 시멘트 복합재료이다. 이것은 터널의 내진성을 증진시키기 위하여 터널과 그 바깥 지반 사이의 공간을 메꾸는 아스팔트유체에 관한 것이다.

제조방법은 아스팔트 에멀전에 상당량의 시멘트 등 경화성 재료를 넣어 분산시키고 다시 고흡수성 폴리머를 넣어서 물의 양을 감소시켜 신속하게 질화되도록 하는 것이다. 그러면 흡수성폴리머가 아스팔트 유체 중의 수분을 흡수하고 아스팔트 코팅을 갖게되어 외부수분에 대하여 용해되지 않는 상태란 불투수성과 점탄성, 내진성을 갖게 되는 것이다.

### 4) 소각재 등의 처리방법

현재 유해물질을 함유하는 소각재는 많이 발생하고 있으나 그 처리방법은 여의치 않은 실정이다. 시멘트와 물 소각재를 섞어 압출성형하는 경우에 중금속 등 유해성분이 용출되거나 그 강도가 약해 실제 사용할 수 없는 상황에 직면하게 된다.

여기서는 시멘트, 골재, 소각재, 그리고 수분을 흡수시킨 흡수성폴리머를 함께 혼련하여 페이스트상으로 만들어 준 후 성형을 하는 방법이다. 이 경우 적은 양의 물로서 교반시켜 균질하게 만들어 페이스트가 되면 시멘트의 알칼리 이온의 영향으로 폴리머 입자에서 수분이 방출되면서 시멘트가 수화되고 강한 복합체가 형성된다.

### 5) 시멘트로 지붕타일을 제조하는 방법

보통의 로울러나 슬리퍼로 지붕타일을 제조하는 경우 그 혼련을 쉽게 하기 위해서는 상당량의 수분이 함유되어야 한다. 그러나 혼련이 끝나게 되면 수분이 남게 되고 유동도가 높아져서 그 형태가 유지되지 못하게 되고 강도도 떨어지게 된다. 감수제 등으로 수분의 양을 줄이게 되면 작업성이 떨어져 작업에 있어서 고압이 필요되며 표면에 흠집이 생기기 쉬워지고 고온양생시에 수분부족이 생겨 강도발생이 어려워진다. 이 경우에 흡수성폴리머를 첨가하여 이러한 문제점을 해결하는 기술이 나타나고 있다.

흡수성폴리머를 물과 모래, 시멘트와 함께 교반하면 균일 습윤한 상태가 얻어지고 강도저하가 나타나지 않게 된다.

### 6) 방수재료의 제조방법

기존에 방수에 사용되는 재료는 시멘트 모르타르계나 아스팔트계 그리고 우레탄 등의 도막 방수계였다. 이런 경우 첫번째 것은 경화 후에

수축이 생겨 미세균열이 생기면 충격에 약하다는 단점이 나타난다. 또한 이러한 점을 해결했다는 경우에도 균일혼합의 어려움, 양생의 필요성, 시공의 어려움이 문제점으로 지적되고 있다.

그러므로 아스팔트가 많이 쓰이고 있는데 이 역시 시공장소에서 200°C 이상으로 가열시켜야 하고 적엽성이 나쁘고 화상의 위험성이 있게 되고 좋지 못한 냄새가 나는 단점이 있다. 그리고 마지막 도막방수재의 경우에는 성형한 도막을 잘라야 하고 고가라는 단점이 있게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 음이온아스팔트 유화제, 합성수지 에멀전, 시멘트 그리고 유중수 양이온 흡수성폴리머에멀전을 섞어서 해결하고 있다. 여기서 흡수성폴리머 에멀전은 음이온 아스팔트 유화제 양의 1.5~2.0%가 사용되는데 그 역할은 아스팔트 유화제와 합성수지 에멀전의 수분을 흡수하여 계의 점도를 빠르게 증가시키고 물속에서의 분산을 방지하는 것이다.

## 7) 모르타르 콘크리트 양생 방법

시멘트 콘크리트를 타설하여 양생하는 경우 특히 고강도 시멘트 모르타르의 경우에는 대기 중에 양생하면 경화초기에 미세한 균열들이 나타나고 반대로 물을 뿌려주면서 양생시키면 표면에 부풀음이 나타나고 표면의 색이 바래는 문제점이 생기게 된다. 비닐시트 등으로 표면을 덮어주는 방법도 있으나 그 두가지의 문제점을 해결하지는 못하고 있다.

여기서는 그러한 양쪽의 문제점을 타설 후에 흡수성폴리머시트로 덮어주고 그 위에 물을 뿌려서 양생하므로써 지속적으로 수분이 공급되도록 하여 해결하고 있다. 이 시트는 양쪽을 부직포나 수지필름, 종이, 천 등으로 처리되어야 하고 폴리머는 자체중량의 10배 이상의 물을 흡수하여 겔상이 되어야 한다. 물을 뿌려주는 양은 폴리머 종류에 따르지만 최대흡수량의

1.1~2배가 좋다.

그리고 비슷한 방법으로 시트를 형틀에 부착하여 균열을 줄이는 방법도 살펴 보자. 일반적으로 형틀은 한번 사용하고 나면 거기에 이물질이 붙게 되고 다시 사용하면 처음의 모양이나 성질이 나오기 힘들게 된다. 그리고 경화초기에 수분이 공급이 원활하지 못하게 되면 미세균열이 생긴다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 여기서는 평면이나 곡면 형틀에 부착하여 사용하는 시트에 관한 것을 보고자 한다. 즉 형틀의 안쪽에 접착층, 수분 흡수층, 투과공을 가진 중간층, 미세투과공을 많이 가진 수분투과 지지층을 가진 시트를 부착시키고 그후에 시멘트 콘크리트를 타설시키는 것이다. 이 경우 그 층은 경화초기에 거품이나 과도한 습기를 흡수하고 탈형 후에는 수분을 계속적으로 공급해 주게 된다. 그러므로 경화 초기의 미세균열을 방지하고 나중에 표면의 경도를 높게 해주게 되는 것이다.

## 8) 새로운 전기 내부식층을 만드는 방법

철근콘크리트 내에 있는 철근이 부식 팽윤하여 구조물을 약화시키는 문제는 많이 거론되고 있다. 기존에 철근에 에폭시를 프라즈마 코팅시켜 사용하는 방법, 철근에 용융아연이나 산화피막을 형성시키는 방법, 전기방식법 등 여러가지 방법이 장구되고 있다.

여기서는 바닷가에서 쓰이는 파일에 사용되는 새로운 방식의 전기방식법을 소개하고자 한다. 기존의 전기방식법에서는 구조물을 전원으로 가지는 방법을 취하는데 비해서 여기 방법은 대기중이나 해수중에 있는 구조물에 두전극을 설치하는 방식이다. 즉 콘크리트 구조물 표면을 도전성물질로 코팅하고 그 위에 전해물질을 가진 흡수성폴리머재를 코팅하는 것이다. 그리고 내부철근과 연결된 양극을 형성시키는 것이다. 그러면 일부 내부식전기는 바닷물에서 콘크리트로 하여 철근으로 바로 흘러가서 표면을 내부식층으로 만들어 준다. 이 경우의 내부

식전기의 필요전류밀도는 철근만인 경우의 1/20 이하이면 좋다고 발표되어 있다. 그리고 일부 내부식 전기는 바닷물의 표면도전층에 유입되고 나서 대기중의 유전성 코팅과 콘크리트로 가고 또 다시 철근으로 감으로서 표면에 균일 전위를 분포시켜 준다.

### 9) 콘크리트 표면에 코팅층을 형성하는 방법

시멘트 콘크리트의 경우 그냥 양생시키게 되면 미세균열, 모세기공이 생기게 되고 독성 알칼리 및 가스가 배출되어 거주자의 건강을 해치는 결과가 나타나게 된다. 또한 구조적인 결함으로 인한 빗물의 침투, 결로, 곰팡이의 생성을 막지 못하는 문제점들이 나타나고 있었다.

여기서는 카르복실기 및 또는 설펜산기를 함유하는 고흡수성 폴리머를 물과 혼합하여 겔상으로 도포하여 줌으로 제반 문제점들을 해결하고 있다. 이 경우 도포된 겔상은 건조되어 수분흡수재로 되어 빗물이나 결로를 흡수하여 시멘트의 독성알칼리 및 가스, 먼지를 억제하게 되는 것이다. 그리고 내산성막을 형성시키기 위해서는 물을 흡수시킨 흡수성폴리머와 실리카프로라이드를 혼합하여 겔상으로 만들어서 콘크리트표면에 도포시킨다. 이때 겔상과 실리카프로라이드가 작용하여 프린트와 같이 균은 불화칼슘층이 형성되어 내산성을 갖게 되는 것이다.

### 10) 수분침투방지재로서 사용되는 수분 팽윤재

토목 건축에서 지하구조물의 경우에는 시멘트 콘크리트 접촉부에서 그 틈새로 스며나오게 되고 PC 콘크리트나 철근 역시 지반에 타정하게 되면 수분이 용출되는 문제점이 있었다. 이러한 점을 해결하기 위해서 기초에 흡수팽창재가 실용화되고 있다. 하지만 기존의 흡수팽창재의 경우 만드는 과정이 복잡하고 조금 지나

면 그 기능이 저하되는 문제점이 나타났다.

제기되는 수분팽윤재의 조성은 고무 또는 연질수지 재료인데, 친수성 폴리올과 다가의 이소시아네이트와 친수성 실리카를 촉합반응시켜 만들어지는 촉합생성물들이다. 또 여기에 고흡수성수지가 첨가될 수도 있다. 이 경우 수분으로 팽윤하여 수분의 용출을 방지하는 기능은 장기적으로는 안정하게 되고 기계적 강도는 높아지게 된다. 그리고 그 제조 단가 또한 낮아지게 되는 이점이 있다.

### 11) 콘크리트구조물 등의 균열 보수 방법

콘크리트 구조물에 발생하는 균열은 누수의 원인이 되고 더 빠른 열화를 부추기는 역할을 하여 항상 문제시되는 부분이다. 가장 일반적인 방법이 앵크리 수지 등 접착제를 주입시키는 방법일 것이다. 그러나 이 경우에는 수지를 처리하는 작업이 어렵고 접착되는 부분이 건조상태이어야 하고 또 오일성분이 없어야 하며 균열이 너무 얇거나 두께가 너무 두껍지 않아야 하는 등 여러가지의 점도를 높여주어야 한다.

이러한 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 수분을 흡수하는 수지 섬유를 사용하는 예를 들 수가 있다. 즉 균열이 있는 부분에 구멍을 내고 거기에 친수성 폴리우레탄 프리폴리머와 수분을 흡수하여 팽윤하는 고흡수성 수지 섬유로 된 액체를 채워 주어서 그 구멍을 닫아버리는 것이다.

이 경우 두가지의 성분은 점차 화학 반응을 하여 기포를 형성하며 팽윤하게 되고 더 나아가서는 균열에 팽압이 가해져 강도가 회복되고 수분을 잘 통과시키지 않게 되는 것이다.

## 3. 결 론

이상에서 본 시멘트 콘크리트에서의 흡수성 폴리머의 사용은 크게 둘로 나누어 볼 수 있

## 참고 문헌

다. 하나는 시멘트 콘크리트 내에 교반되어 어떤 역할을 하고 그 후에는 서로 섞여서 매트릭스 상으로 존재하는 것이고, 또 하나는 시멘트 콘크리트의 표면이나 그 틈새에 부착되어 어떤 역할을 하는 것이다.

엄격한 의미로 보면 후자의 것은 시멘트 콘크리트에 사용되고 있다고 보기는 어렵다. 하지만 흡수성 폴리머를 사용해서 시멘트 콘크리트의 문제점을 해결하고 있다는 점에서 같이 살펴 본 것이다.

과거에 이미 흡수성 폴리머는 그 흡수성으로 인해 오니의 처리 같은 부분에서는 일부 사용되어 왔으나, 흡수성 폴리머의 경우 흡수를 한 상태가 너무 약하여 mixing에서 그 입자가 파괴되는 점, 그리고 그 폴리머의 성능을 정확하게 제어하기 어려운 점 등의 문제점이 있었다. 그러나 시멘트 콘크리트 분야에서 유동도, 작업성을 관리하는 문제가 커다란 과제인 만큼 앞으로 그 분야에 많은 연구가 경주되어야 할 것으로 여겨지며 그 외의 용도에 대한 연구 또한 부수되어야 할 것으로 보인다.

이상에서 보면 일본 미국 영국 등 선진국에서는 토목과 건축에 종사하는 사람들이 폴리머를 단지 에멀전 상태나 단량체 상태로만 사용하는 것이 아니라 그 폴리머의 특성을 나름대로 잘 이용하고 있는 것을 알 수 있게 된다. 즉 위에 소개한 이외에도 형광성 수지, 도전성 수지 등 폴리머의 특수한 성질을 이용하는 폴리머 시멘트 콘크리트 복합체도 나타나고 있는 것이다.

우리나라의 경우에는 폴리머의 원료가 수입되고 있고 그 세부 품목들 역시 소비량이 적은 경우에는 수입되고 있는 형편이어서 시멘트 콘크리트에 사용될 수 있는 폴리머 생산에 대한 연구는 미비한 실정이다.

앞으로 시멘트 콘크리트 분야와 폴리머 분야의 공동연구가 지속적으로 추진되어야 할 것이고 두 분야 기업의 협조 또한 필요하다고 하겠다. ▲

1. Y. Ohama "Current state and trend of concrete-polymer composites" Advanced cements and chemically bonded ceramics vol. 13 1988 pp. 79-97.
2. 日特開 6-116060 輕量 セメント
3. 日特開 6-115996 輕量 日特告 6-47250 コソクリート・モルタルの打設方法
4. US1564428 US5092933
5. 日特告 6-62856 アスファルト乳劑ヲ 主成分とはる 混合組職物
6. 日特開 6-106153 燒却灰のセメント 固化方法 及び 燒却灰のセメント 固化品
7. 日特開 5-145818 セメント瓦の 成形 方法
8. 日特開 5-97489 常溫 防水材
9. 日特開 4-198075 モルタル又は コソクリートの 養生 方法
10. 日特開 5-286782 コソクリート 打 用 粘着型 剝離 シート
11. 日特開 4-89338 セメント混合物
12. 日特開 5-138965 セメント의 毒性 알칼리 등의 抑制 及び, 히히割れ等 同時に 防止する 코소크리트의 改良材及 改良方法
13. 日特開 5-222351 水膨脹性材料ひその 製造方法
14. 日特開 5-222845 コソクリート 構造物類의 龜裂補修方法
15. 日特告 4-54753 コソクリート 構造物의 電氣防食法
16. 日特開 6-115996 自己 充填用 コソクリート 組成物
17. John A. Manson "Overview of current research on polymer concrete : materials and future needs" Applications of polymer concrete, ACI committes 548 polymer in concrete 1981 pp. 1-19.