

# 新材料로서의 폴리머 콘크리트

邊 根 周 (延世大學校 土木工學科 教授)  
 이 기 성 (延世大學校 土木工學科 博士過程)  
 강 대 남 (延世大學校 土木工學科 碩士過程)  
 남 지 현 (延世大學校 土木工學科 碩士過程)

## ◁ 目 次 ▷

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1. 서 론                  | 5. 폴리머 콘크리트의 이용 현황 |
| 2. 폴리머 콘크리트의 종류         | 6. 폴리머 칩투 콘크리트     |
| 3. 폴리머의 특성 및 종류         | 7. 결 론             |
| 4. Polymer concrete의 특성 |                    |

## 1. 서 론

건설재료의 주종을 이루고 있는 시멘트 콘크리트는 압축력에 대한 저항성이 크지만 그 결합재료들이 시멘트 수화물이기 때문에 나타나는 단점들, 즉 늦은 경화시간, 낮은 인장강도, 큰 건조수축, 내약품성에 약한 약점 등을 가지고 있다. 뿐만 아니라 시멘트 콘크리트는 심한 취성(brittleness)을 가지고 있기 때문에 건설구조용 재료로서의 충분한 요건을 가지고 있다고 볼 수 없다.

이러한 시멘트 콘크리트의 단점들을 보완하기 위한 특수 콘크리트들이 많이 개발되고 있으며, 그중에서 고분자 화학공업의 부산물인 폴리머(Polymer)를 콘크리트에 응용한 것으로서 폴리머 콘크리트가 있다. 폴리머 콘크리트는 폴리머를 콘크리트의 결합재, 칩투제 또는 혼화재료로 이용하여 콘크리트의 압축강도 증대, 인장 및 휨강도의 증대, 불투수성 및 불투기성의 개

선, 균열특성과 취성의 개선, 각종 환경조건에 대한 저항성 및 내구성의 증대 등 시멘트 콘크리트의 단점들을 보완 내지 해결하는 신재료이다.

폴리머 콘크리트는 이미 세계적으로 이용되고 있으며, 특히 교량이나 포장 콘크리트의 보수, 건축용 Panel, 말뚝 등의 precast 제품, 화학물 저장탱크, 터널기초, 해양구조물 등에 널리 이용되어지고 있다.

## 2. 폴리머 콘크리트의 종류

폴리머 콘크리트는 다음과 같이 3가지 종류로 분류된다.

### (1) 폴리머 콘크리트(Polymer Concrete : PC)

시멘트를 전혀 사용하지 않고 골재와 함께 모노머(monomer)나 수지(resin)를 배합하여 타설한 후 중합(polymerization)시킨 콘크리트로

서, 이때 폴리머는 골재와의 결합재료로써 작용한다.

(2) 폴리머 침투 콘크리트(Polymer Impregnated Concrete : PIC)

이미 경화되어 있는 기존 콘크리트의 표면으로부터 그 내부로 모노머를 침투시키고 여러가지 중합방법을 이용하여 콘크리트내에서 중합한 콘크리트로서, 폴리머는 공극의 침투체로 작용한다.

(3) 폴리머 시멘트 콘크리트(Polymer-Portland Cement Concrete : PPCC)

모노머나 프리폴리머(Prepolymer)를 분말(powder), 액체(liquid) 또는 이말존(emulsion) 상태로 시멘트 콘크리트를 배합하는데 첨가한 콘크리트이다. 이때 폴리머는 혼화재료로써 작용한다.

이상 세가지 종류의 폴리머 콘크리트의 단면을 그림으로 표시하면 다음 그림 1과 같다.

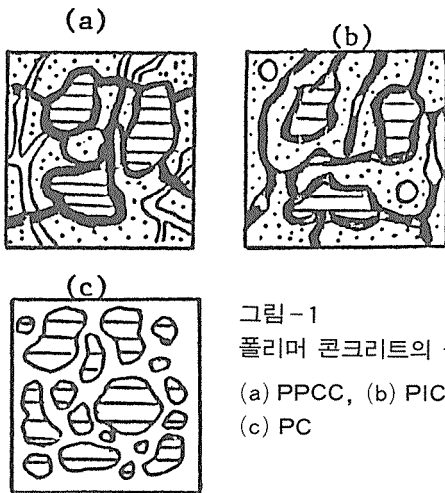


그림-1  
폴리머 콘크리트의 구조 :  
(a) PPCC, (b) PIC,  
(c) PC

### 3. 폴리머의 특성 및 종류

고분자의 정의 그리고 그 특성 및 종류는 다음과 같다.

(1) 고분자의 정의

중합반응(polymerization)에 의하여 중합체를 형성하는 어떤 물질을 단량체(monomer)라고 하며, 2량체, 3량체, 4량체 및 5량체 등의 선상 또는 고리상 저분자량의 중합생성물을 oligomer라고 하며, 중합체와는 아주 다른 성질을 가진다. 분자량이 보통 10,000 이상인 것을 고분자라 하는데, 분자량의 크기에 따라서 분류하면 분자량이 1000-20,000인 것을 저중합체(low polymer), 20,000 이상인 것을 고중합체(high polymer)라 한다.

(2) 고분자 물질의 특성

- ① 강 도 : 금속에 비교할 만큼의 강도가 높은 것들이 있다.(100-200ton/cm<sup>2</sup>)
- ② 신 도 : 원래의 길이에서 3-4배 정도 늘어난다.
- ③ 탄 성 : 탄성변형의 범위가 수 %에서 수 100%까지 이르며 점탄성의 성질을 가진다.
- ④ 소 성 : 실온에 있어서는 소성을 거의 인정할 수 없으나 온도를 상승시킴으로 현저하게 소성(유동성)이 증대하여 성형이 가능하고 냉각하면 소성을 없앨 수 있다.
- ⑤ 비중(밀도) : 유리나 금속에 비해 월등히 작으며, 0.8~2사이의 값을 갖는다.
- ⑥ 광학적 성질 : 투명도가 높은 것, 광택이 좋은 것, 착색이 자유로운 것 등이 있으며, 굴절율은 유리보다 작다.
- ⑦ 화학적 안정성 : 화학적 안정성이 커서 사용상태에서는 산화, 분해 등이 없고 장구한 세월을 사용할 수 있는 것이 많으며, 내수성, 내유성, 내약품성이 좋다. 유기고분자이기 때문에 내열성이 좋지않은 결점이 있으나 500°C 이상에서 견디는 고분자도 있다.
- ⑧ 접착성 : 다른 고체물질과의 친화성이 현저하게 큰 것을 만들 수 있고, 극히 강력한 접착성을 발휘할 수 있다.

### (3) 폴리머의 종류

콘크리트에 응용되어 쓰이는 폴리머(또는 수지)는 여러 종류가 있으며 상황에 따라 다음과 같은 조건들로부터 선택한다.

결정성의 유무(crystallinity), 분자간의 2차 결합력, 유리전이온도(glass transition temperature), 내약품성, 첨가제의 유무(가소제, 계면활성제 등), 미세조직(microstructure), 그리고 열분해에 의한 독성 등을 고려한다.

콘크리트에 응용되는 모노머의 수지는 polyester, methyl methacrylate(MMA), n-butyl acrylate(BA), isodecyl methacrylate, isobutyl methacrylate, epoxy resin, furan, urethane, polyester amide, vinyl ester, methyl silicon resin, isodecyl silicon resin, styrene, oligomeric methyl alkoxysiloxane, methylphenyl alkoxy-siloxane, Ba(OH), linseed oil, silicone polyester, silicone epoxy, silicone phenyl formaldehyde, silane, sulfure, tar 등이 있다.

위와 같은 모노머나 수지를 하나만 사용하는 경우(polymer)도 있고, 두가지 이상의 모노머를 혼합하여 copolymer로 사용하는 경우도 있다. 이때 copolymer는 혼합하기에 따라 여러가지의 성질을 얻을 수 있기 때문에 많이 사용되고 있다.

## 4. Polymer concrete의 특성

### (1) PIC의 경우

기존 콘크리트에 monomer를 침투시킬 경우 콘크리트 내부에 함유되어 있는 공극수의 양에 따라 침투되는 양이 결정되는데 침투되는 양에 따라 콘크리트에 미치는 효과는 달라지게 된다. 또한 침투되는 단량체의 종류에 따라 서로 다른 특성을 가지는 콘크리트가 된다. PIC의 일반적인 특징은 다음과 같다.

- ① 폴리머를 연속된 모세관 조직에 채우게 함으로써 물 또는 화학물질이 콘크리트 내부로 침투하는 것을 막을 수 있다.

- ② 열팽창 계수(coefficient of thermal expansion)와 열확산율(thermal diffusivity)을 13-30%까지 증가시킬 수 있으며 비열(specific heat)은 17%까지 감소시킨다.
- ③ 압축강도, 인장강도, 충격 및 휨강도와 강성도(stiffness)를 증가시키며 마모저항과 탄성계수가 증가된다.
- ④ Glassy polymer를 적용하면 콘크리트의 응력 변형을 관계를 선형탄성으로 변형시킬 수 있고, plasticizing comonomer를 사용하면 콘크리트에서 보이는 취성의 경향을 연성화 할 수 있다.

### (2) PC의 경우

PC에는 일반적으로 epoxy resin이 주로 사용되고 있는데 요즈음은, polyester-styrene, MMA, furane derivative 그리고 styrene 등과 같이 비교적 값이 싼 vinyl monomers를 사용하는 것에 관심을 기울이고 있다.

PC에 대한 특징으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 시멘트 콘크리트에 비하여 압축강도가 크며 휨강도 또한 크다.
- ② 재료의 선택 여하에 따라 좋은 절연체를 만들 수 있다.
- ③ 파괴시의 변형률이 매우 크다.
- ④ Shrinkage strain은 polyester를 쓰면 커지고 epoxy를 쓰면 작아진다.
- ⑤ Polymer는 연속된 형상을 구성하므로 콘크리트에 비해 일반적으로 creep이 크고, 고온일 경우는 그 정도가 더하다.

현재 미국에 있어서 제일 관심이 있는 분야이다.

### (3) PPCC의 경우

Polyester-styrene과 epoxy 등과 같은 polymer를 사용하며 사용되는 polymer의 양과 특성에 따라 다른 성질을 보이게 되는데 일반적인 특성은 다음과 같다.

- ① 철근이나 기존 콘크리트에 대한 부착효

표 - 1 폴리머 콘크리트와 일반 콘크리트의 제성질

	PCC	PIC	PIC(A)	PC	PPCC
Compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )	350	1,400	2,740	1,337	390
Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	25	105	145	100	56
Young's modulus (kg/cm <sup>2</sup> )	246,400	422,400	492,800	352,000	140,800
Shear strength (kg/cm <sup>2</sup> )	9	—	—	46	46
% mater absorption	5.5	0.6	<0.6	0.6	—
Freeze-thaw resistance (cycles/% wt. loss)	700/25	3,500/2	—	1,600/0	—
Acid resistance	—	10X	>10X	>20X	4X
Benefit/cost	1	2	3	4	—

과가 좋다.

- ② ductility가 좋으며 물이나 염류 등의 침입을 차단한다.
- ③ 동결융해에 대한 내구성이 무척 우수하다.
- ④ 휨강도와 toughness가 일반적으로 증가된다.
- ⑤ MMA나 styrene과 같은 전형적인 vinyl-monomer 들은 시멘트의 수화작용을 억제한다.

개략적인 폴리머 콘크리트의 특성을 비교하면 아래의 표 1과 같다.

## 5. 폴리머 콘크리트의 이용 현황

PIC의 경우에는 앞서 설명한 장점으로 인하여 콘크리트 구조물에 광범위하게 적용할 수 있다. 구체적인 예로는, 교량 상판과 콘크리트

포장, 송수 파이프, 저수 탱크, 댐의 여수로와 감쇠지 등의 수공구조물, 항만구조, 기초파일, precast 콘크리트, 상하수도관, 방사능 폐기물의 저장구조, 기타 수분, 염분, 유해한 화합물로 인하여 손상을 입었거나 입을 것으로 예상되는 구조물 등에 적용할 수 있다.

PC는 가격이 다소 비싸지만 시급을 요하는 공사나 작업조건이 어려운 곳에 유용하게 사용될 수 있고, 특히 유지, 보수에 상당한 효과를 보이는데 그런 경우 cost/benefit가 중요변수가 된다. 그밖에도 geothermal 재료로써도 쓰여질 수 있고 석영, 실리카, 플라이 애쉬, 포틀랜드 시멘트 등을 사용하게 되면 많은 효과를 볼 수 있으며, silica sand와 시멘트를 섞게 되면 고온에서의 사용에 특히 좋은 효과를 보인다. 또한 PC overlay로 사용하면 콘크리트 내의 철근의 부식을 방지할 수 있고, 건축물이나 dam 등을 보수하는데도 많이 쓰인다.

PPPC 역시 교량 상판의 보수에 많이 사용된다.

## 6. 폴리머 침투 콘크리트

### (1) 침투제

경화되어 있는 콘크리트의 모노머를 침투시키기 위해서는 모노머가 침투제로써 높은 표면장력, 낮은 점성도, 경제성, 큰 반응성 및 wetting property 등의 성질을 가지고 있어야 한다.

또한 침투된 모노머가 폴리머로 중합되는데 필요한 요소는 반응온도, 반응시간, 촉매농도, comonomer의 종류, comonomer의 성분비 등의 조건에 따라 침투과정과 중합과정 그리고 폴리머 침투 콘크리트의 특성이 영향을 받는다. 따라서 이러한 조건들을 만족시키는 모노머를 선택하는 것이 폴리머 침투 콘크리트에서는 중요하다.

위와 같은 조건을 만족시킬 만한 모노머로써는 styrene, MMA, BA, vinyl acetate, vinyl chloride, ethylene, acrylonitrile 등이 있다. 특히 BA는 콘크리트의 연성을 향상시키는 comonomer로 널리 이용되고 있다.

### (2) 폴리머 침투 콘크리트의 제작과정

폴리머 침투 콘크리트의 제작과정을 간단하게 흐름도를 나타내면 그림 2와 같다.

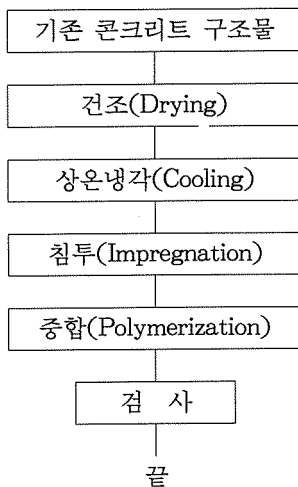


그림-2 폴리머 침투 콘크리트의 제작과정

### (3) 침투공법

모노머를 콘크리트에 침투시키는 공법으로는 크게 4가지 방법이 있다. 즉 Pressure-mat Technique, Ponding Technique, Spray Technique 그리고 Grooving Technique이 있으며 각 공법의 특징은 다음과 같다.

#### ① Pressure-mat technique

침투제를 콘크리트 내부로 침투시키는데 있어 압력이 대단히 큰 영향인자가 되므로 침투시킬때 압력을 가해주어 보다 깊이 또 보다 많이 침투시키기 위한 침투공법이다.

이 공법은 다른 공법에 비하여 장치를 갖추는데 경비와 시간이 많이 드는 단점이 있으나,

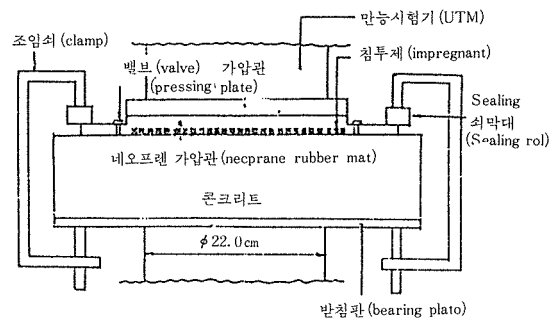


그림-3 실험실용 침투장치

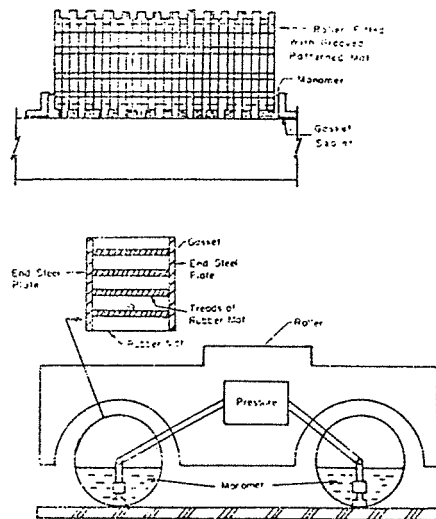


그림-4 현장용 침투방지

소규모 구간에서 단시간에 충분한 침투효과를 얻을 수 있는 장점이 있고 교량에 사용하면 좋은 공법이다.

여기에 Pressure-mat Technique 공법을 위한 실험실용 침투장치와 현장용 침투장치를 그림 3과 그림 4에 소개한다.

### ② Ponding Technique

침투시 인위적으로 가압하는 방법은 별도의 설비를 갖추는데 시간과 경비가 많이 소요되는 것에 비하여, 이 공법은 중력 가속도만을 받는 즉, 대기압만이 가해지는 상태에서 침투제를 콘크리트 내부로 침투시킨다. 그러므로 콘크리트 표면의 건조도와 ponding 시간에 많은 영향을 받는다.

이 침투공법은 특별한 장치가 필요없이 침투제가 콘크리트 표면에 고여있게하면 되는 비교적 침투과정이 간단하다고 할 수 있으나 많은 양의 침투제를 필요로 하는 단점이 있다. 이 공법은 Precast 부재에 사용하면 좋다.

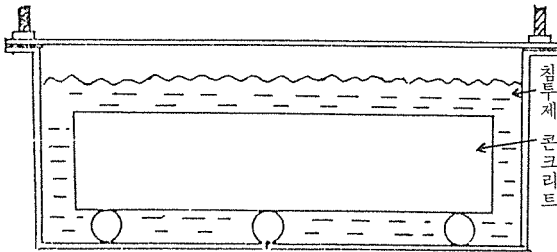


그림-5 Ponding용 탱크

### ③ Spray Technique

이 공법은 별도의 가압기구나 ponding용 설비를 갖추지 않고 단지 콘크리트 표면에 침투제를 살포하여 침투시키는 것이다. 이 공법은 준비된 침투제를 Sprayer를 이용하여 콘크리트 표면에 뿌려주어 중력과 표면장력 그리고 낮은 점도에 의하여 침투되게 한다. 가장 간편한 침투공법이나 증발 또는 침투깊이가 작은 단점이 있다. 이 공법은 콘크리트 포장에 사용하면 좋은 효과를 얻을 수 있다.

### ④ Grooving Technique

이 공법은 보다 깊이 모노머를 침투시키기 위한 공법으로써, 모노머를 침투시키고자 하는 콘크리트의 표면에 홈을 만들고, 이 홈에 침투제를 부으므로 홈의 양 옆면과 바닥으로 침투되게 한다. 일종의 Ponding Technique이라고 할 수 있으나 Ponding Technique보다 짧은 시간내에 원하는 깊이까지 침투시킬 수 있는 장점이 있다. 이 홈의 크기와 간격은 원하는 침투깊이에 필요한 모노머의 전체 부피에 따라 정한다(홈의 예 : 폭 2cm, 깊이 4cm, 간격 8cm). 침투시간후에 중합을 시키고 파여진 홈에는 적당한 재료를 사용하여 채운다.

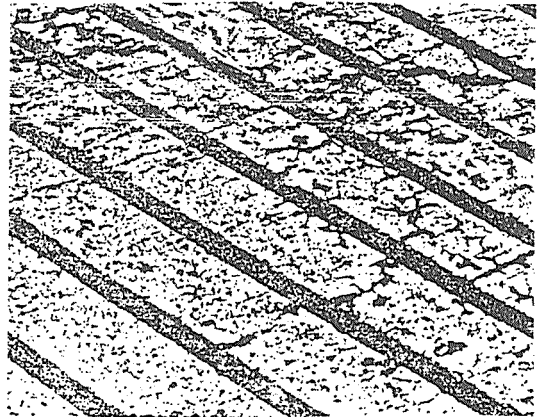


그림-6 콘크리트 표면을 gooving 한 모습

이 공법은 깊은 침투깊이를 짧은 시간내에 얻을 수 있는 장점이 있으나 콘크리트의 표면을 Diamond Cutting Machine과 같은 장비로 홈을 내야하는 번거로운 작업이 필요하다. 이 공법은 교량의 상판과 콘크리트 상판에 사용하는 것이 유리하다.

### (4) 중합방법

모노머 상태로 침투된 침투를 폴리머로 중합시키는 방법으로는 크게 세가지로 분류할 수 있는데, 하나는  $\gamma$ -ray를 이용한 복사중합이며, 또 하나는 열을 가하여 중합시키는 열중합, 다음 하나는 촉매를 이용한 촉매중합이 있다.

그러나 이러한 세가지의 중합방법이 단독으

로 이용되기 보다는 두가지 방법 이상을 혼합하여 이용하는 것이 바람직하다.

① 복사중합

r-ray를 이용한 중합방법으로 모노머의 손실량을 최대로 억제할 수 있으며 촉매를 혼합하지 않아도 되나 중합속도가 느린 단점이 있다.

② 복사-열중합

복사중합의 속도를 증가시키는 방법으로써 복사와 함께 가열하는 방법이다.

③ 열-촉매중합

개시제와 열을 이용하여 중합을 일으키는 방법이며, 개시제로써는 AIBN, BPO, TMPTMA 등을 사용한다.

④ 복사-촉매중합

촉매의 분해에 필요한 열을 복사열을 통해서 얻고, 촉매분해에 의해 중합을 일으키는 방법이다.

⑤ 촉매-촉진제중합

복사나 열을 필요로 하지않는 방법으로서, 촉진제와 촉매를 이용하는 방법이다.

(5) 중합기술

① 대기중중합 : 대기중에서 중합시키는 것으로 중합시 모노머가 증발하는 경우가 많다. 따라서 증발을 억제하는 방법이 필요하다.

② 수중중합 : 물속에서 중합시키는 방법으로 수압에 의해 모노머의 증기압을 억제하여 모노머의 손실량을 줄일 수 있는 장점이 있다.

(6) 폴리머 침투 콘크리트의 제특성

폴리머를 침투시킨 폴리머 침투 콘크리트는 일반 콘크리트에 비하여 여러가지 면에서 그 특성이 월등히 향상되는데 특히 강도 및 내구성의 증가는 주목할만하다.

① 강도 및 탄성계수

폴리머 침투 콘크리트는 일반 콘크리트의 압축강도에 비하여 약 2-3배의 큰 압축강도를 가지며, 파괴시의 변형율도  $6000 \times 10^{-6}$  이상으로 일반 콘크리트의  $3000 \times 10^{-6}$ 보다 2배 이상 큰 변형율을 가진다.

그림 7에 침투제 MMA와 BA의 혼합비율에 따른 폴리머 침투 콘크리트의 강도와 변형율을 도시하였다. 특히 MMA(50%)+BA(50%)는

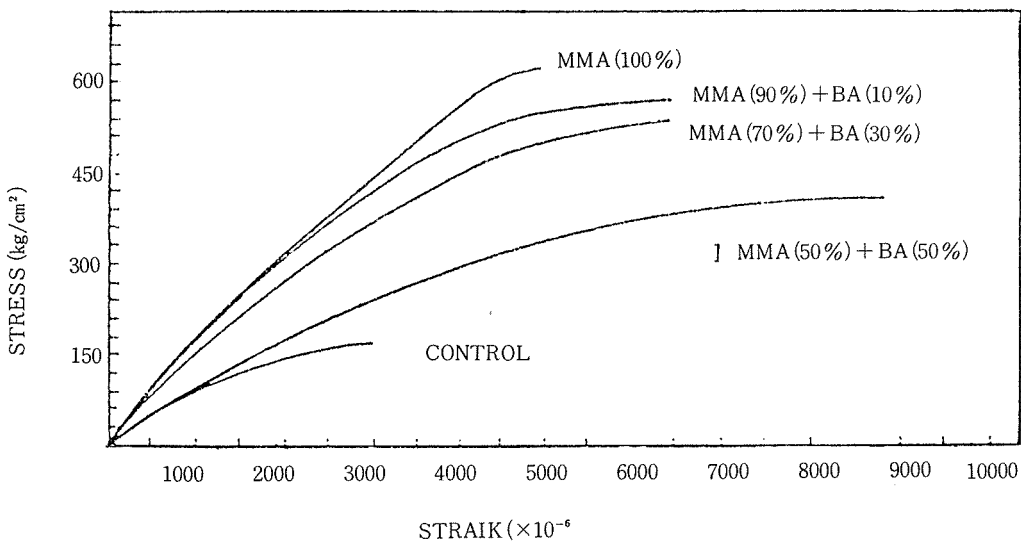


그림-7 폴리머 침투 콘크리트의 응력-변형율도

그 연성이 뛰어난 것을 보인다.

MMA (50%) + BA (50%)를 침투제로 하여 full ponding 하였을 경우 압축강도, 인장강도, 휨강도, 전단강도 및 탄성계수를 일반 콘크리트와 비교하여 표 2에 나타내었다.

표-2 강도 및 탄성계수의 비교

	control	PIC	증가율(%)
압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )	171.72	394.66	229.8
인장강도(kg/cm <sup>2</sup> )	13.19	27.80	210.76
휨강도(kg/cm <sup>2</sup> )	27.5	105.5	383.6
전단강도(kg/cm <sup>2</sup> )	34.03	109.78	322.6
탄성계수(kg/cm <sup>2</sup> )	86,300	77,000	89.2
파괴변형율(×10 <sup>-6</sup> )	3,192	8,703.5	272.67

강도면에 있어서는 모두 2-3배의 강도증가를, 그리고 파괴변형율은 2.7배의 증가를 보여주었고 탄성계수는 0.89배로 저하되었다. 이로 보아 폴리머 침투 콘크리트는 일반 콘크리트에 비하여 선형거동을 하는 영역이 넓어짐을 알 수 있다.

### ② 미끄럼 저항

미끄럼 저항은 타이어의 마모와 차량의 안전에 중요한 영향을 미치는 요소인데 콘크리트 포장면은 일반적으로 아스팔트 포장에 비하여

미끄럼 저항이 떨어지는 것으로 알려져 있다.

그림 8에 MMA(100%)와 MMA(50%)+BA(50%)의 침투제를 pressure-mat에 의해 가압 침투시킨 폴리머 침투 콘크리트와 일반 콘크리트에 대한 BPN의 시험치를 도시하였다. BPN(British Pendulum Number)은 미끄럼 저항의 상대적 지수로 그 값이 클수록 미끄럼에 저항하는 정도가 크다는 것을 의미한다. 그림에서 MMA(50%)+BA(50%)의 폴리머 침투 콘크리트가 일반 콘크리트보다 45% 정도 큰 BPN을 보인다.

### ③ 크리이프

크리이프는 장기 지속하중에 의한 시간 경과에 따른 변형으로서 탄성변형에 추가적으로 발생하는 변형을 말한다. 그림 9에 각주형 공시체 15×15×55cm를 사용하여 시험한 일반 콘크리트와 폴리머 침투 콘크리트(MMA(50%)+BA(50%))의 크리이프 변형을 도시하였다.

폴리머 침투 콘크리트의 크리이프 변형량이 크게 나타나는 것은 폴리머의 점탄성 성질에 의한 것으로 여겨지나, 크리이프 시험이 휨강도의 40%에 해당하는 하중을 재하하여 측정하게 되어 있으므로 폴리머 침투 콘크리트의 휨강도를 고려해 볼 때 동일하중에 대한 크리이프 변형량은 일반 콘크리트에 비하여 크지 않음을 알 수 있다.

### ④ 내구성

콘크리트의 내구성을 측정하는 일반적 방법

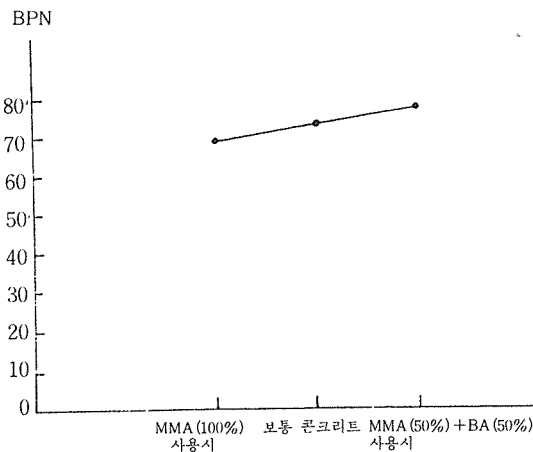


그림-8 Pressure-mat에 의해 침투시킨 PIC의 BPN

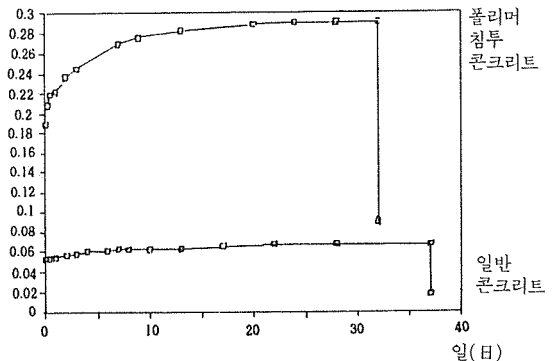


그림-9 크리이프 변형 비교



인 동결융해 시험을 통하여 얻어진 결과를 동결융해 cycle 400회에서 내구성지수와 중량감소로 일반 콘크리트와 폴리머 침투 콘크리트의 내구성을 비교하였다. 여기서 침투제 MMA(50%) + BA(50%)를 사용하였다.

그림 표-3 동결융해 시험 결과

	Control	PIC	Cycle
내구성 지수	28	90.67	400
중량감소(%)	2.03	0	400

### ⑤ 내화학적

여러가지 환경요인들, 해수, 오일, 산, 알칼리 등의 부식성 화학공격으로 인하여 콘크리트가 손상을 입는 경우가 많이 있다. 이와 같은 화학적 공격으로부터 견디는 내화학적질을 비교하기 위하여 HCl, NaCl, NaOH의 세가지 용액에 대한 내화학적성을 중량변화와 강도변화로 비교하였다. 화학용액 속에 담근 시간은 모두 28일 동안이다.

표-4 내화학적 시험 결과

		Control(%)	PIC(%)
HCl (25%)	중량감소	62.82	91.78
	강도저하	30.02	72.03
NaCl (25%)	중량감소	95.12	98.12
	강도저하	78.68	87.16
NaOH (25%)	중량감소	97.32	97.64
	강도저하	93.02	87.09

폴리머 침투 콘크리트가 일반 콘크리트에 비하여 내화학적성이 좋음을 보여주며 특히 Cl<sup>-</sup>의 염화기에 대한 저항성이 월등함을 알 수 있다.

## 7. 결 론

고분자 물질의 특성을 이용한 폴리머 콘크리트로부터 다음과 같은 특성을 개선할 수 있다.

- 1) 폴리머 콘크리트는 일반 콘크리트에 비하여 압축강도, 인장강도, 휨강도와 내구성 그리고 내화학적성이 뛰어나며, ductility가 증가하여 탄성거동을 보인다.
- 2) 폴리머 콘크리트는 교량 상판과 콘크리트 포장 등의 보수, 터널기초, 수공구조물, 폐기물 저장구조, 해양구조물, precast 콘크리트 제품 등 큰 강도와 내구성 및 내화학적성을 필요로 하는 부재에 이용가치가 높은 신재료이다.

## <참 고 문 헌>

1. W. F. Chen and E. Dahl-Jorgenson, "Polymer Impregnated Concrete as a Structural Material," *Magazine of Concrete Research*, Vol. 26. No. 86, March 1974, pp. 16-20.
2. ACI Committee 548, *Polymers in Concrete*, ACI Committee Report, 1977.
3. P. S. Mangat and D. A. Evans, "Influence of Polymer Admixtures on the Strength, Deformation and Fracure of High strength Concretes," *Proc. of 2nd International Congress on Polymers in Concrete*, Oct. 1978, pp. 67-87.
4. J. A. Manson, "Overview of Current Research on Polymer Concrete: Materials and Future Needs," *Applications of Polymer Concrete*, Publications SP-69, 1981, pp. 1-19.
5. P. D. Cady and R. E. Weyers, *Deep Polymer Impregnation of a Bridge Deck using the Grooving Technique*, Research Project 83-5B, Pennsylvania Department of Transportation, Feb. 1986.
6. 변근주, 콘크리트 표면침투 도색공법 및 침투 방수 도색제의 개발, 연세대학교, 과학기술처, 1986.