

# 폴리머콘크리트의 研究開發動向

李 起 俊

〈韓一시멘트工業(株) 研究室長〉

## 1. 序

現在 시멘트 콘크리트는 중요한 土木, 建築材料로 使用되지만 시멘트 콘크리트는 硬化가 늦고 收縮이 크고, 引長 및 曲強度가 적으며 耐藥品性의 부족함 등 本質的인 결함을 갖고 있다. 따라서 시멘트 콘크리트가 갖고 있는 이런 결함들을 개선함과 동시에 더욱 우수한 性能을 부여할 새로운 콘크리트를 開發하려는 노력이 계속되고 있다.

이런 노력의 결과중 하나가 폴리머 콘크리트(Polymer Concrete)이다. 일반적으로 콘크리트라 하면 시멘트콘크리트를 나타내며 結合材로서 시멘트 페이스트(Paste)와 細·組骨材로 이루어지는 2相系 복합재료로 생각할 수 있다.

이런 시멘트 콘크리트 結合材의 一部 또는 全体를 폴리머(重合体, 넓은 의미로 有機高分子材料)로 대체해서 製造된 콘크리트가 폴리머콘크리트이다.

세계적으로 볼때 폴리머 콘크리트 관계의 用語 및 定義에 대해서는 약간의 차이가 있으나 日本建築學會 및 日本콘크리트工學協會의 關係委員會에 의하여 다음의 3종류로 分類되어 定義한다.

### 1) 폴리머 시멘트 콘크리트(PCC, Polymer Cement Concrete)

結合材로 시멘트와 폴리머를 使用한 콘크리트, 즉 시멘트콘크리트에 폴리머를 混合한 콘크리트로서 일반 AE劑나 減水劑보다도 多量(시멘트에 대해 5% 이상)의 폴리머를 混入한 것으로 모노머(單量体, Monomer)나 프리폴리머(Pre-polymer)등을 使用하여 骨材와 結合한 콘크리트를 말한다.

### 2) 레진 콘크리트(REC, Resin Concrete)

結合材로 폴리머만을 使用한 콘크리트로서 結合材로 無機質 시멘트를 전혀 使用하지 않고 骨材와 結合한 콘크리트이며 나라에 따라 좁은 의미로는 폴리머 콘크리트로 불리는 경우도 많다.

### 3) 폴리머 含浸콘크리트(PIC, Polymer Impregnated Concrete)

硬化콘크리트중에 모노머, 폴리머 등을 含浸시킨후 重合등의 操作을 거친 콘크리트와 폴리머를 一體化시킨 것으로 유럽에서는 Polymerized Concrete로 불리는 경우도 있다.

이상과 같은 各種 폴리머 콘크리트의 研究, 開發歷史는 그 배경에 따라 各國마다 차이가 있지만, 폴리머 콘크리트에 대한 研究 開發이 本格化된 것은 1950年代부터 1960年代이고 現在

는 미국, 소련, 서독, 영국, 일본등 5대先進國에서 적극적으로 行해지고 있다. 최근 日本에서는 日本材料學會 및 日本콘크리트 工學協會 등에서 폴리머에 관계하는 委員會 活動이 활발히 行해되고 있으며 세계적으로는 1967年 以後 15回 이상의 많은 국제회의가 개최되었다.

이처럼 과거 20年 동안 폴리머 콘크리트는 급속한 발전을 이루어 建設分野뿐만 아니라 기계 工業, 화학 工業 등에서도 주목되고 있는 高性能材料의 하나이다.

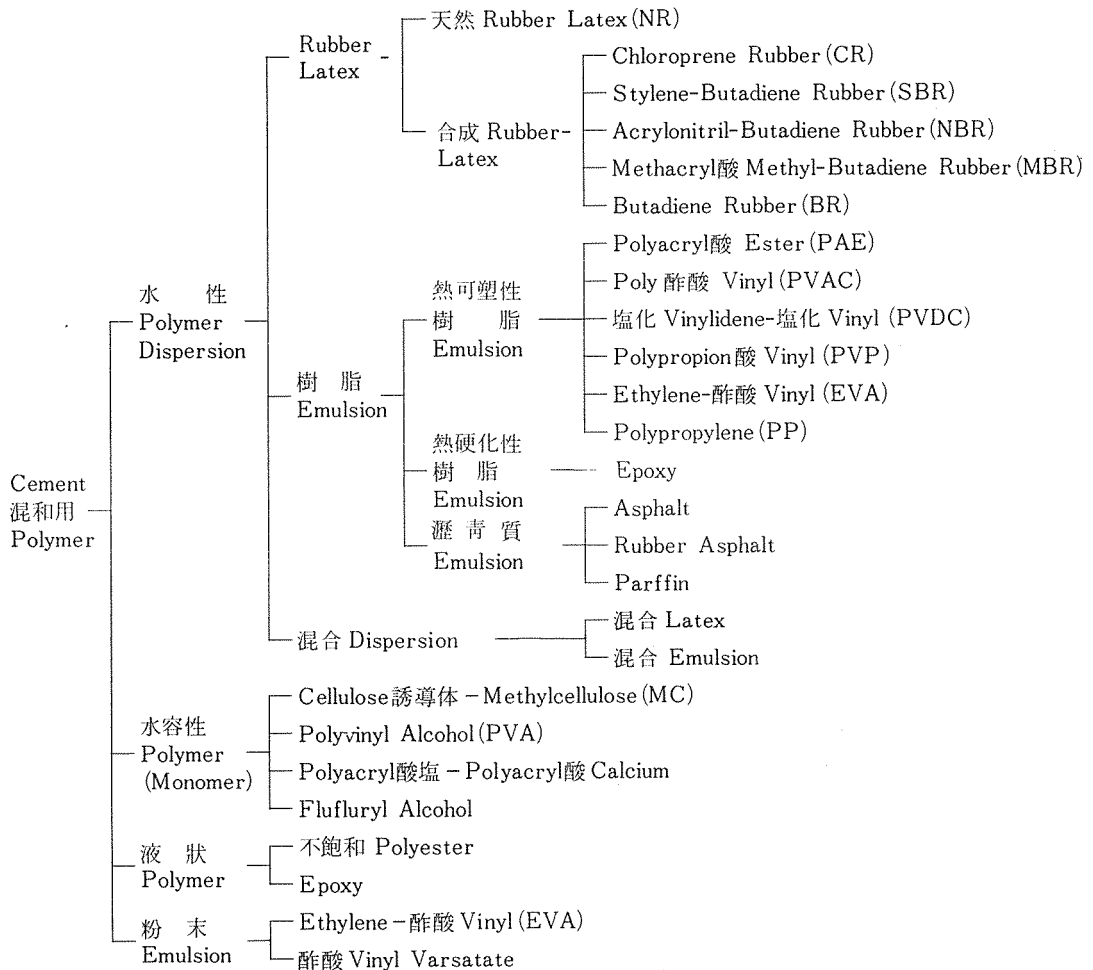
## 2. 폴리머 시멘트 콘크리트(PCC)의 研究, 開發

### 2-1. 種類와 使用材料

폴리머 시멘트 콘크리트는 使用하는 시멘트 混和用 폴리머의 種類에 따라 大別된다.

폴리머 시멘트 콘크리트의 製造에 使用되는 시멘트 混和用 폴리머로서는 Styrene Butadiene Rubber, Latex, Ethylene 酢酸 Vinyl, Polyacryl

그림 1. Cement 混和用 Polymer의 種類



酸 Ester, Emulsion과 같은 폴리머분산材가 많이 사용되며, 시멘트 混和用 폴리머의 종류는 그림 1 과 같고, 시멘트 混和用 폴리머 분산材의品質은 JISA 6203 (Cement 混和用 Polymer Dispersion)에 規格化 되어 있으며 그 規格値는 表 1 과 같다.

表 1. Cement 混和用 Polymer Dispersion의 品質 規定値 (JISA 6203)

試驗의 種類	試驗項目	規 定
디스퍼지- 온의 試驗	外 觀 全 固 形 分	粗粒子, 異物, 凝固物などが だいこと 35.0%以上, かつ 表示値 ±1.0%以内
ポリマーセメン トチルトタル의 試 驗	曲げ 強  さ	40kgf/cm <sup>2</sup> (3.9MPa) 以上
	壓縮 強  さ	100kgf/cm <sup>2</sup> (9.8MPa) 以上
	接着 強  さ	10kgf/cm <sup>2</sup> (0.98MPa) 以上
	吸 水 率	15.0% 以下
	吸 水 量	30g 以下
	長  さ  變  化  率	0~0.150%

시멘트 混和用 폴리머를 제외하면 폴리머 시멘트 콘크리트 製造에는 보통시멘트콘크리트와 같은 材料(시멘트, 消泡劑, 骨材等)가 사용되는데, 市販 폴리머분산材에는 과도한 공기연행을 방지하기 위해 製造時에 消泡劑가 添加되고 있기 때문에 일반적으로, 반죽혼합時 消泡劑의 添加는 不必要하다.

## 2-2. 製造와 特性

종래에는 폴리머시멘트 콘크리트를 製造할 경우 통상 폴리머-시멘트比(시멘트에 대한 폴리머의 重量比)를 5~20% 범위로 定하는 일이 많았고, 최근에는 주로 Acryl酸 Ester Styrene 共重合體 Emulsion을 사용해서 폴리머-시멘트比를 30~70% 정도까지 높여 폴리머 시멘트콘크리트의 變形能力을 未混入 콘크리트의 약 10배로 증가시킨 것이 製造되고 있지만 응결지연, 耐水性不良 등의 문제점도 지적된다.

다음의 表 2는 用途別 폴리머 시멘트 몰탈의 標準調合例이다.

表 2. 用途別 Polymer Cement Mortar의 標準 組合

用 途	標 準 組 合			塗裝두께 (mm)
	Cement	川砂	Dispersion	
鋪 裝 材	1	3	0.2~0.3	5~10
床 材	1	3	0.3~0.5	10~15
防 水 材	1	2~3	0.3~0.5	5~20
	1	0~3	0.2~0.5	-
接 着 材	1	0~1	0.2 以上	-
	1	0~3	0.2 以上	-
防食Lining材	1	2~3	0.4~0.6	10~15
Deck Cover- ring材	下塗 1	2~3	0.9~1.0	1~2
	中塗 1	3	0.4~0.6	5~6
	上塗 1	3	0.5~0.6	3~4

폴리머 시멘트 콘크리트가 굳기전에는 다음과 같은 特性을 나타낸다.

1) 작업성이 良好하므로 所定의 Consistency를 얻는데 필요한 水-시멘트比가 폴리머-시멘트比 증가에 따라 낮아진다. 따라서 高强度의 發現과 乾燥收縮의 低減에 기여한다.

2) 高度의 空氣連行性이 있는데 이것은 Consistency의 向上과 耐凍結融解性의 改善에도 좋은 效果를 준다.

3) 保水性이 향상된다.

4) Bleeding과 材料분리에 대한 저항성이 우수하다.

5) 약간 硬化가 늦어지는 경우가 있다.

또한 폴리머 시멘트가 굳은 다음에는 다음과 같은 特性을 나타낸다.

1) 强度性狀

폴리머 시멘트 콘크리트의 强度는 폴리머의 종류 및 폴리머-시멘트比는 물론 使用하는 폴리머의 組成에도 큰 영향을 받는다. 폴리머 시멘트 콘크리트의 製造에 적합한 配合設計는 기

존의 시멘트 콘크리트에 의한 경험으로 행해지는 일이 많다.

그러나 보다 합리적인 配合設計法을 확립하기 위해 시멘트콘크리트에 관한 Talbot의 空隙 설명을 확대하여 結合材-空隙比( $\alpha$ ) 또는 空隙-結合材比( $\beta$ )를 다음과 같이 정의하였다.

$$\alpha = 1/\beta = (V_c + V_p) / (V_a + V_w)$$

여기서  $V_c$  : 폴리머시멘트 콘크리트(몰탈)의 단위부피당 시멘트의 부피

$V_p$  : 폴리머시멘트 콘크리트(몰탈)의 단위부피당 폴리머의 부피

$V_a$  : 폴리머시멘트 콘크리트(몰탈)의 단위부피당 공기의 부피

$V_w$  : 폴리머시멘트 콘크리트(몰탈)의 단위부피당 물의 부피

이것을 利用한 實用強度 算定式은 다음과같이 나타내고 이 強度值를 적용한 配合設計法을 提案했다.

$$\sigma_c = a\alpha + b \text{ (콘크리트用)}$$

$$\log \sigma_c = A/B^\beta + C \text{ (PVAC系 제외)} \quad \left. \vphantom{\log \sigma_c} \right\} \text{ (몰탈用)}$$

$$\text{또는 } \sigma_c = A/B^\beta + C \text{ (PVAC系)}$$

여기서  $\sigma_c$  : 폴리머시멘트 콘크리트(몰탈)의 압축강도

A, B, C, a, b : 실험정수

養生法은 濕空養生後 일정기간 濕潤狀態로 養生

하고 乾燥養生을 行하는 方法이 권장되지만 일반적으로 濕潤-乾燥의 工程으로 養生된다.

그림 2에는 乾燥養生材令과 폴리머시멘트 콘크리트의 압축강도 관계를 나타냈다.

보급도가 높은 폴리머 데스퍼션(Polymer Dispersion)을 사용한 系에 대해서 시멘트水和物相과 폴리머相이 一体化한 Matrix相, 즉 「CO - matrix相」으로 이뤄지는 구조물 형성과정을 그림 3의 3단계 단순화 Model로 說明했다.

### 2) 變形特性

폴리머-시멘트比의 증가에 따라서 폴리머시멘트 콘크리트의 變形特性은 크게 改善된다. 그림 4에는 폴리머 시멘트 몰탈의 압축응력-변형곡선을 나타냈다.

### 3) 乾燥收縮

保水性이 良好하기 때문에 보통시멘트콘크리트에 비해서 폴리머시멘트 콘크리트의 乾燥收縮은 작고 폴리머-시멘트比가 증가함에 따라 기여하는 폭은 적어진다.

종류별로 보면 熱可塑性樹脂 Emulsion系나 天然 고무 Latex系보다는 合成 고무 Latex系 폴리머 콘크리트, 특히 NBR(Acrylonitril Butadiene Rubber)와 SBR(Styrene-Butadiene Rubber)의 乾燥收縮이 작은것으로 알려져 있다.

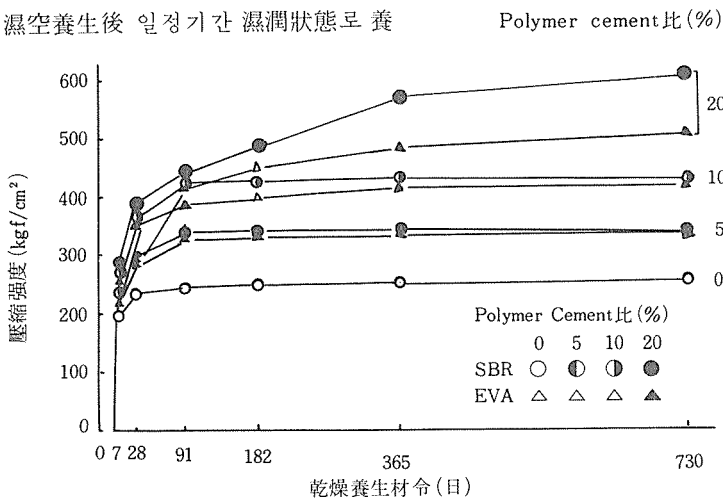
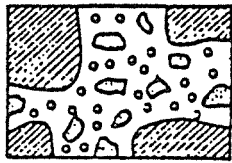


그림 2. 乾燥養生材令과 Polymer Cement Concrete의 壓縮強度 關係



a) 혼합 반죽 직후



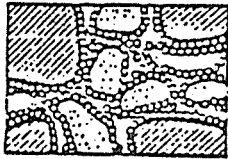
- 未水和 Cement 粒子  
- Polymer 粒子  
- 骨材  
(기타 여백은 水)



b) 제 1 단계



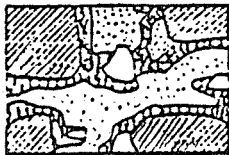
未水和 Cement 粒子와  
Cement Gel의 混合物  
(Cement Gel 上에 Polymer 粒子가  
部分的으로 附着한 狀態)



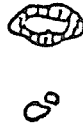
c) 제 2 단계



Polymer 粒子의 最密充填層으로  
덮여진 Cement Gel과 未水和  
Cement 粒子의 混合物



d) 제 3 단계



- Polymer-Film으로 덮여진  
Cement 水和物  
- 連行된 空氣泡

그림 3. Polymer Cement Concrete (Mortar) 의 組織構造의 形成過程 Model

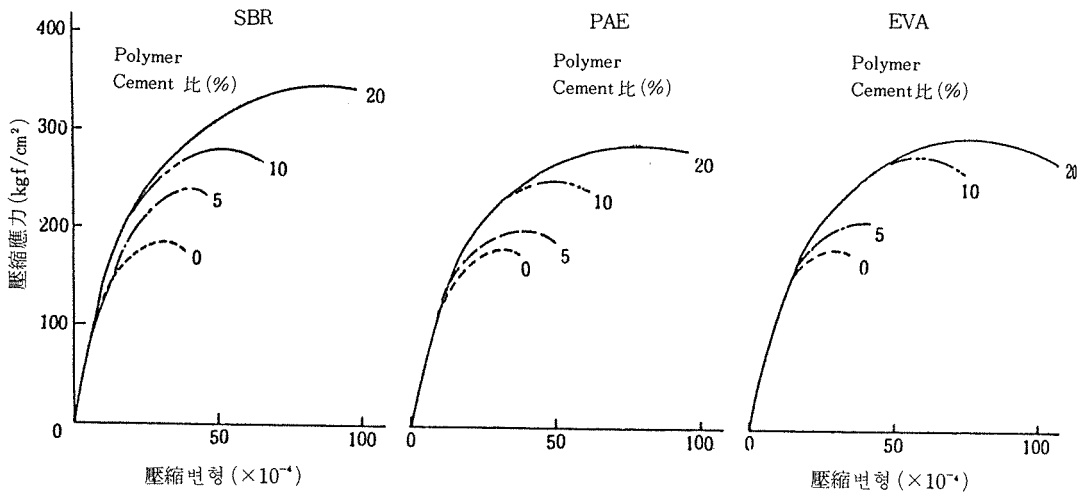


그림 4. Polymer Cement Mortar 의 壓縮應力-변형 曲線

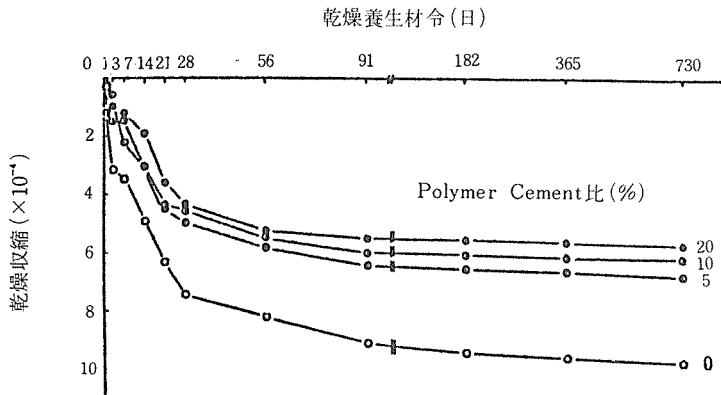


그림 5. 乾燥養生材令과 SBR混入 Polymer Cement Concrete의 乾燥收縮關係

그림 5에는 SBR混入 폴리머시멘트 콘크리트의 乾燥養生材令과 乾燥收縮의 關係를 나타냈다.

4) 크리이프 (Creep)

보통 시멘트 콘크리트에 비해서 폴리머 시멘트 콘크리트의 크리이프는 작으며 크리이프 변형 및 크리이프 계수로도 약 1/2인데 이는 우수한 保水性 때문에 생각된다.

5) 接着性

보통 시멘트 몰탈에 비해서 폴리머시멘트 몰탈은 良好한 接着性을 갖고 있으며 대부분의 材料에 대해 잘 接着한다.

6) 防水性 및 耐凍結融解性

일반적으로 폴리머-시멘트比의 증가에 따라서 폴리머 시멘트 몰탈의 防水性은 向上하는 경향이 있지만 폴리머-시멘트比가 작을 경우에

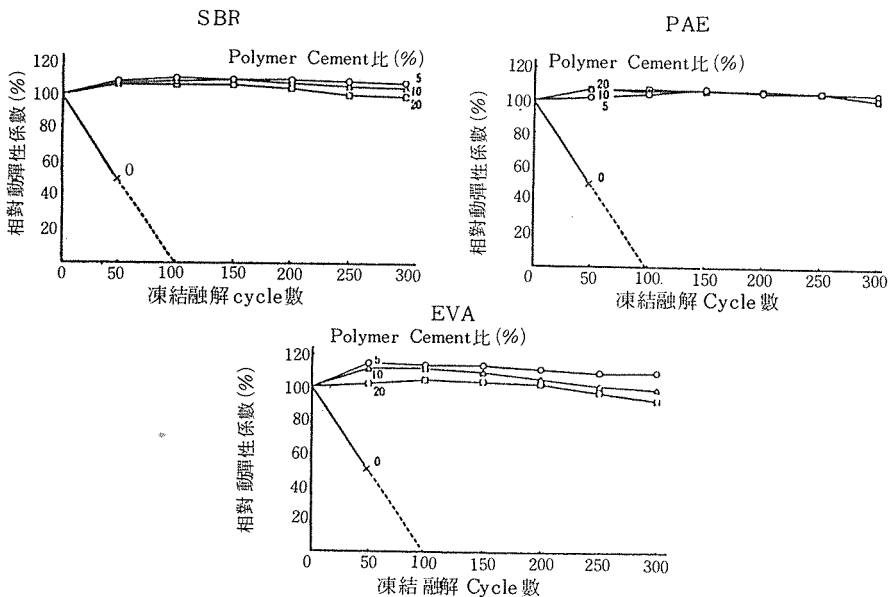


그림 6. SBR, PAE, EVA混入 Polymer Cement Mortar의 耐凍結融解性

는 보통 시멘트 몰탈과 거의 차이가 없는 것도 있다.

또한 폴리머시멘트 몰탈에서는 함유하는 폴리머의 작용으로 인한 水-시멘트比의 低下, 水密性의 向上, 空氣連行效果 등에 의해서 그림 6에 나타난 것과 같이 보통시멘트 몰탈보다도 凍結融解性이 현저하게 向上한다.

7) 耐藥品性

폴리머시멘트 콘크리트는 그의 水密性組織 때문에 弱酸, 알칼리, 鹽類에 따라 폴리머 種類를 선택하면 耐藥品性이 改善된다.

8) 耐摩耗性 및 耐衝擊性

보통 시멘트 콘크리트에 비해서 폴리머 시멘트 콘크리트의 耐摩耗性은 상당히 우수하다.

耐衝擊性도 상당히 우수하지만 폴리머의 종류에 따라서 그의 程度는 차이가 있으며, NR (天然 고무 Latex)系가 특히 우수한 것으로 알려져 있다.

9) 耐熱性

함유된 폴리머가 온도에 민감하기 때문에 폴리머-시멘트比가 클수록 試驗濕度 上昇에 따른 強度의 低下가 현저하다. 폴리머 시멘트 몰탈의 耐熱性 試驗 結果에 의하면 그의 최고 使用 한

계 온도는 150°C 라고 한다.

그림 7에는 폴리머 시멘트 몰탈의 試驗濕度와 壓縮強度와의 관계를 나타냈다.

10) 難燃性

PVDC (塩化 Vinylidene-塩化 Vinyl) 폴리머 형태인 含塩素 폴리머를 함유한 것이 難燃性이 우수하지만 폴리머의 種類와 폴리머-시멘트 比를 선택함에 따라 良好한 難燃性을 준다.

11) 中性化

보통 시멘트 콘크리트와 비교해서 폴리머-시멘트比가 증가할수록 中性化에 대한 抵抗性은 向上된다.

그림 8에는 促進中性化試驗에 의한 폴리머시멘트 콘크리트의 中性化 깊이와 CO<sub>2</sub> 加壓時間의 관계를 나타냈고 그림 9에는 暴露後의 폴리머 시멘트 몰탈의 中性化 깊이를 나타냈다.

12) 耐候性

SBR, PAE 및 PVAC 混入 폴리머시멘트 몰탈의 10年間에 걸친 屋外暴露試驗에 의한 耐候性을 暴露材 壽命과 壓縮強度間의 關係로 比較해 본 結果 PVAC를 제외하면 屋外暴露材 壽命이 증가해도 1年이후 거의 변화하지 않고 오히려 증대하는 경향이 있고 보통 시멘트 몰탈의 그것과 비

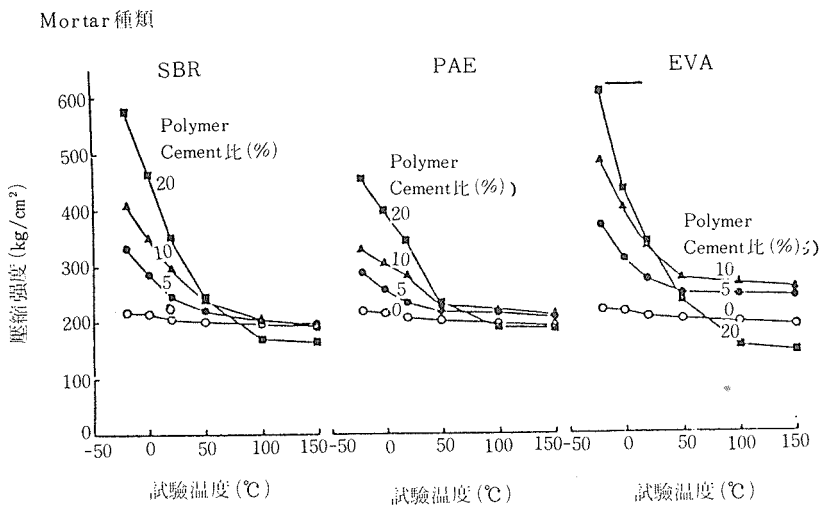


그림 7. Polymer Cement Mortar의 試驗溫度와 壓縮強度의 關係

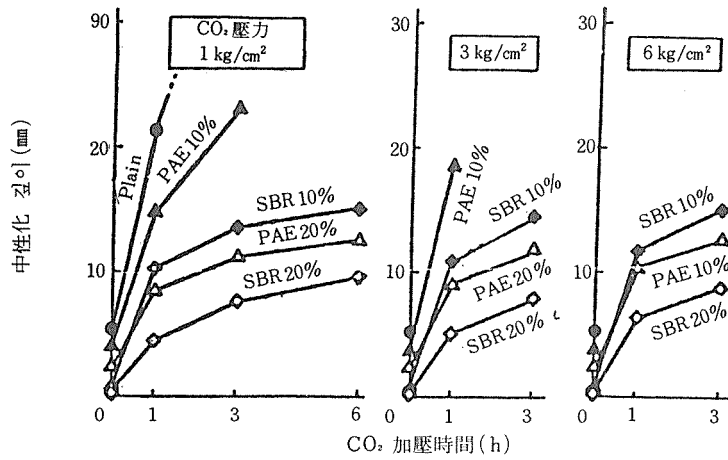


그림 8. 促進中性化 試驗에 의한 Polymer Cement Concrete의 中性化깊이와 CO<sub>2</sub> 加壓時間의 關係

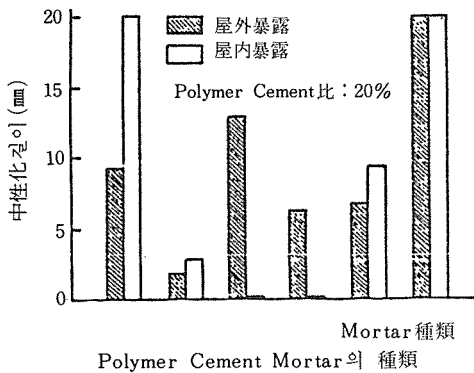


그림 9. 10年間 屋外·屋内暴露後와 Polymer Cement Mortar의 中性化 깊이

교해서도 우수한 耐候性을 준다.

이상과 같은 일반적인 特性外에 水密性 폴리머에 대한 최근의 화제로서 MDF (Macro-Defect-Free) 시멘트 開發이 있다. 이것은 水溶性 폴리머 (폴리머-시멘트比 2~8%)와 高性能減水劑를 같이 使用하여 8~20%의 낮은 水-시멘트比로 Mechano Chemical的 手법에 의해 製造된 시멘트 케이스트이며 미세결합이 제거됐기 때문

에 그의 曲強度는 보통 포틀랜드 시멘트 使用으로 500~700kgf/cm<sup>2</sup>, 알루미나 시멘트 使用으로 1000~1500kgf/cm<sup>2</sup>에 달한다. 최근 이같은 研究에서는 포틀랜드 시멘트 使用으로 약 900kgf/cm<sup>2</sup>의 曲強度를 얻기도 하였다.

그러나 耐水性이 약하며 습윤상태에서 強度저하가 현저하기 때문에 스프링(Spring)의 試作品도 있지만 아직도 實用化된 製品은 없는것 같다. 미국과 유럽에서는 에폭시(Epoxy) 樹脂나 不飽和 폴리에스테르(Polyester)樹脂 같은 液狀 폴리머가 시멘트 混和用 폴리머라 하여 어느정도 보급되고 있지만 日本에서는 거의 使用되지 않고 있다. 에폭시 樹脂混入 폴리머시멘트몰탈의 代表的인 應力-변형曲線을 그림 10에 나타냈다.

다른 폴리머 시멘트 몰탈과 비교하여 폴리머-시멘트比가 30% 이상 되지 않으면 우수한 特性을 발휘할 수 없음을 알 수 있다.

에폭시 樹脂 混入 폴리머 시멘트 몰탈에 減水劑와 실리카 흙(Silica Fume)을 混和하여 強度개선을 도모하는 시도도 있다.

섬유 보강 콘크리트에 대해서는 作業性, 乾燥收縮 등의 개선, 혹은 폴리머 시멘트 콘크리



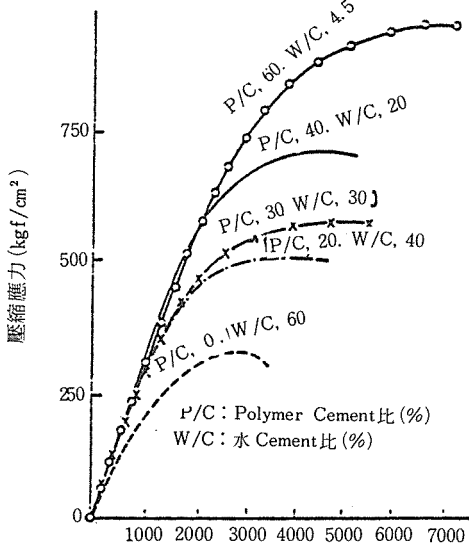


그림 10. Polymer Cement Mortar의 屋外暴露 材令과 曲强度의 關係

트의 曲强度, 韌性(Toughness)의 向上을 目的으로 鋼섬유, 유리섬유, 폴리머섬유 등을 混入한 섬유보강 폴리머 시멘트 콘크리트가 使用된다.

耐알카리성 유리섬유를 利用한 유리섬유보강 시멘트(GRC)에 있어서 長期間에 發生하는 시멘트의 알카리에 대한 유리섬유의 劣化에 의해 發生하는 耐久性의 低下를 防止할 目的으로 알카리 스티렌(Alkali Styrene)과 프로피론산 비닐(Propylon酸 Vinyl), 塩化비닐共重合체 에 珉선

(Emulsion)의 混和가 効果的이라고 한다.

또 耐久性 改善을 爲해 鐵로시멘트(Ferro Cement)의 Matrix로서 폴리머 시멘트 몰탈의 利用이 시도되고 있다.

흥미있는 폴리머 시멘트系의 製造法으로서 메타크릴산(Methacryl酸)과 未水和 시멘트의 混合物에 電子線照射를 해서 固相重合이 시도되고 있지만 實用化는 다시 檢討가 必要한 것으로 알려져졌다. 최근 폴리머시멘트 몰탈이 철근 콘크리트 構造物의 補修劑 및 改修劑로 많이 使用되고 있고 그 耐久性에 관한 研究結果는 前述한 바와 같이 대부분의 特性에서 보통시멘트 몰탈 보다 우수하다.

이와같은 우수한 耐久性을 주는 이유의 하나는 보통 시멘트 몰탈과 비교해 細孔徑 分布의 차이 爲해서 알려져졌다.

즉, 폴리머 시멘트 몰탈에서는 반경  $0.2\mu m$  이상의 細孔이 감소하고 반경  $750\text{Å}$  이하의 細孔이 현저하게 증가한다.

現在 日本에서는 性能과 經濟性의 均衡 문제로 폴리머시멘트 콘크리트는 거의 使用되지 않는 실정이나 폴리머 시멘트 몰탈의 보급이 현저하며 주로 마감材로 使用된다.

### 2-3. 用途開發

폴리머시멘트 몰탈은 보통 시멘트 몰탈에 비해 各種性質이 우수하여 일본에서는 표 3과 같

表 3. Polymer Cement Mortar의 用途

用 途	施 工 場 所
舗裝材 및 床材	일반가옥, 창고, 사무소, 점포 등의 床, 화장실의 床, 체육관의 床, 공장内의 床, 通路, 계단, Plat form, 道路 등
防 水 材	Concrete지붕 slab, Mortar 및 Concrete block 벽체, 貯水 Tank Pool, Silo, 정화조 등
接 着 材	Concrete床과 벽체가 다른 床材, 벽材, 단열재 등을 덧붙일  경우의 接着材, Concrete나 Mortar의 新·旧打設  접촉面, 미미한 균열 補修 등
防食 Lining 材	廢液溝, 화학공장床, 耐酸 Tile의 目地材, 정화조, 화학실험실床, 약품창고의 床 등
	선박의 内·外部 Deck, 교량 Deck, 전차·기차 등의 床, 歩道橋의 床版 등

은 용도로 넓게 사용되는 대중적인 建設材料이다.

이런 用途中에서도 최근 철근콘크리트 構造物의 劣化가 커다란 社會問題로 된다는 배경 때문에 각종 補修, 改修工法用材料로서 폴리머시멘트 몰탈 및 페이스트의 利用이 집중되고 그의 性能과 價格의 均衡도 좋기때문에 需要가 증대하고 있다.

그러한 경향은 다른 外國에서도 마찬가지이다.

日本에서는 흙작몰탈에 시멘트 混和用 폴리머를 混入해서 韌性(Toughness)등의 改良이 이루어지고 있으며 다른 外國에서도 흙작 폴리머시멘트 콘크리트가 사용되고 있다.

종래의 시멘트系 미장마감材 보다도 耐久性이 우수하기 때문에 마감塗材같은 폴리머系 材料가 大量으로 사용되어진다. 프리스트 레스트 콘크리트(Prestressed Concrete)와 斜張橋 Cable에 사용되는 고성능 그라우트材로서 PAE 에멀션(Polyacryl酸 Ester Emulsion)을 混入하는 研究도 있다.

폴리머 시멘트 몰탈은 타일用 接着材로서 사용되어 왔는데 그 接着 거동을 컴퓨터로 해석한 독특한 보고도 있다.

### 3. 레진콘크리트(REC)의 研究,開發

#### 3-1. 種類와 使用材料

레진콘크리트도 使用하는 結合材에 따라서 熱硬化性 樹脂系, 타르變性樹脂系, 아스팔트系, 變性아스팔트系 및 비닐모노머系로 分類된다.

그중 熱硬化性 樹脂系의 폴리에스테르레진콘크리트 및 에폭시 레진콘크리트의 普及度가 높다.

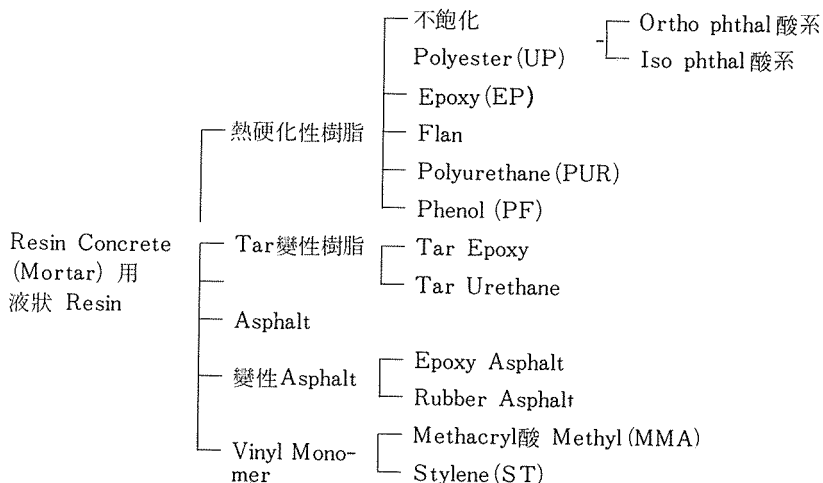
최근 미국, 서독을 중심으로 日本에서도 많이 사용되어지는 것으로 비닐 모노머系의 폴리메타크릴酸 메틸콘크리트가 있다. 레진콘크리트의 使用材料는 結合材, 充填材 및 骨材이다. 그림 11에는 触媒, 硬化劑, 硬化促進劑 등과 配合해서 레진콘크리트의 結合材로 사용되는 液相레진의 種類를 나타냈다.

#### 3-2. 製造와 特性

現在 日本에서는 레진몰탈이 폴리머시멘트몰탈과 같은 用途에 주로 사용되는 材料로서 보급되었지만 레진콘크리트는 프리캐스트(Precast) 製品으로서 사용되는 일이 많다.

종래부터 價格과 性能面에서 不飽和폴리에스

그림 11. Resin Concrete (Mortar)用液狀 Resin의 種類



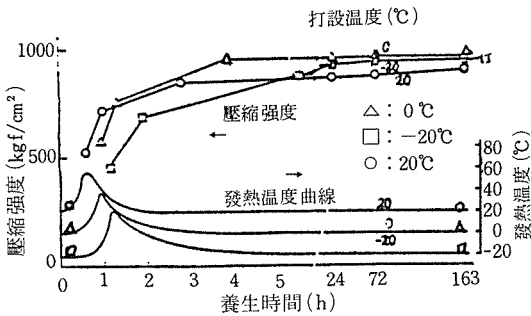


그림 12. Polymethacrylate Methyl Concrete의 壓縮強度 및 發熱溫도와 養生時間의 關係

메타크릴산 메틸이 가장 많이 사용되었지만, 최근 레진콘크리트로서 저온硬化성이 좋은 메타크릴산 메틸이 주목받고 있다.

폴리메타크릴산 메틸 콘크리트의 저온에서 強度發現狀況을 그림 12에 나타냈다.

이 그림에서 레진콘크리트가 저온에서도 打設後 1時間內에 약 500kgf/cm<sup>2</sup>의 壓縮強度를 發現하는 것을 알 수 있다. 같은 이유로 글리세린 메타크릴산 메틸-스티렌 (Glycerin Methacrylate Methyl-Styrene)系 結合材도 開發되고 있다.

나라에 따라서 原料와 開發歷史의 차이 때문에 結合材로 쓰이는 汎用液狀레진의 種類는 다른데, 예를 들면 미국에서는 메타크릴산 메틸과 에폭시樹脂, 서독에서는 不飽和 폴리에스테르樹脂와 메타크릴산 메틸, 소련이나 東歐에서는 프란(Flan)樹脂이다. 充填材 및 骨材는 液相레진의 硬化反應을 저해하지 않기 위해 일반적으로 含水率 0.5%以下로서 使用한다.

그러나 최근에는 吸水劑, 鋼섬유 등을 添加해서 含水率 3%程度까지의 骨材를 使用하는 方法을 시도하고 있다.

레진콘크리트를 構造的으로 利用할 경우, 部材의 보강에는 철근콘크리트用 棒鋼, PC 鋼棒, FRP棒 등을 使用하며 레진콘크리트 자체의 보강에는 鋼섬유, 유리섬유 등의 補强材가 使用된다. 補强 폴리에스테르 콘크리트部材의 製造에 대해 發表된 內容에 의하면 低收縮型 不飽

和 폴리에스테르樹脂와 PC 鋼棒的 병용을 권장하고 있다.

또한 PC 鋼棒을 使用하여 最適構造 設計法을 提案하고 있다. 같은 部材에 대해 補强效果에 미치는 硬化收縮應力의 나쁜영향을 지적해서 다시 프리스트레스트 폴리에스테르 콘크리트기둥의 性狀을 보고한 研究者도 있다.

한편 이런 補强材로서 不適合한 폴리에스테르 콘크리트의 硬化收縮을 폴리스티렌 형태인 收縮低減劑를 使用하여 제어한 보고도 있다.

웨이시멘트(Ferro cement)의 Matrix로서 에폭시 및 폴리에스테르몰탈의 利用이 시도되고 있고 폴리에스테르 콘크리트의 曲强度 및 韌性에 미치는 鋼섬유의 직경과 縱橫比(Aspect比)의 영향을 檢討한 귀중한 研究도 있다.

일반적으로 레진콘크리트에 있어서 結合材로 알맞는 폴리머의 量은 9~25wt%이다.

레진콘크리트의 性質은 폴리머 結合材의 種類와 性質 및 骨材의 性質에 크게 의존하지만 結合材의 種類에 관계없이 일반적인 標準配合(重量)比는 다음과 같다.

• 레진콘크리트

結合材 : 充填材 : 細·組骨材 = 1 : (1~1.5) : (8~8.5)

• 레진몰탈

結合材 : 充填材 : 細骨材 = 1 : (0~1.5) : (3~7)

普及度높은 폴리에스테르 콘크리트의 合理的인 配合設計法을 確立하기 위해 스티렌-不飽和 폴리에스테르比(結合材中에 포함된 스티렌과 不飽和 폴리에스테르의 重量化, UP/ST)에 기초한 強度를 보아, 이것을 適用한 配合設計法이 提案되었는데 이 強度値는 다음식과 같이 나타낸다.

$$\sigma = -A(ST/UP) + B$$

$$\text{또는 } \sigma = a \log(UP/ST) + b$$

여기서  $\sigma$  = 폴리에스테르 콘크리트의 強度

A, B, a, b : 實驗定數

레진콘크리트의 製造에 使用하는 混合機로는 연

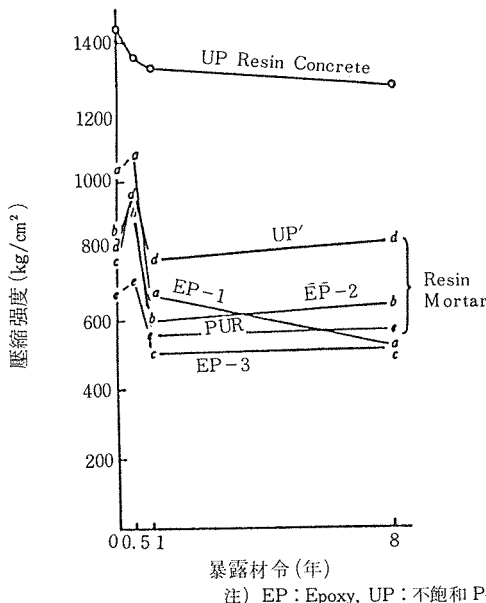
속식과 비연속식(Batch식)이 있지만 日本에서는 비연속식이 보급되었고 시멘트콘크리트用的 것이 使用된다.

최근에는 橋床版에 칠하기 위해 250kg/min의 레진콘크리트 製造能力을 갖는 연속식 混合機가 開發되고 있다. 그밖에 프리캐스트 製品의 製造에 자동성형장치가 도입되는 傾向이 있다. 프리캐스트 製品의 成形 또는 現場施工에 있어서 중요한 特性인 可使時間의 계산법은 폴리에스테르 및 폴리메타크릴酸 메틸콘크리트에 대해 적용되고 있다.

그림 13은 폴리에스테르 레진콘크리트와 結合材의 可使時間의 關係이다.

그림 14에는 폴리에스테르, 에폭시, 폴리우레탄(Polyurethane)몰탈과 폴리에스테르 콘크리트의 8年間에 걸친 屋外暴露에 의한 耐候性을 나타냈다.

이 그림에 따르면 폴리머의 종류에 관계없이 暴露 1年內에 壓縮強度低下가 있었으며 그以後 強度變化는 거의 인지되지 않는다.



注) EP : Epoxy, UP : 不飽和 Polyester, PUR : Poly urethane

그림 14. 各種 Resin Mortar의 屋外暴露에 의한 耐候性

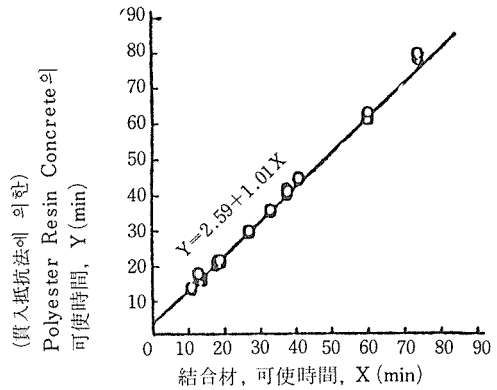


그림 13. Polyester Resin Concrete의 可使時間과 結合材의 可使時間과의 關係

레진콘크리트의 強度, 크리프(Creep) 등의 溫度依存性은 結合材로 있는 폴리머 때문에 시멘트 콘크리트보다 매우 현저하다. 따라서 유리(Glass)轉移點에도 주목할 必要가 있다.

결국 레진콘크리트에 있어서도 그 構造의 特性을 利用할 경우 최고 使用 限界溫度는 50℃前, 後로 알려졌다.

可燃性 結合材를 含有한 레진콘크리트의 難燃性 改善에는 많은 어려움이 따르므로 難燃材와 鋼섬유의 混入이 시도되고 있다. 지금까지

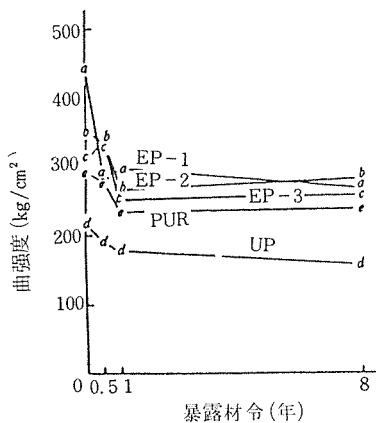


表 4. Rein Concrete의 用途

用 途	施 工 場 所
接 着 材	Tile接着, Precast Concrete板의 接着, Concrete新旧 打設접촉面 덧붙여 높이는 곳, Concrete의 미미한 균열 補修 등
防 食 材	화학공장, 실험실 등의 床, 廢液溝, 온천의 욕조등
床 材	학교, 병원, 사무소, 창고, 공장 등의 床, 통로, Pool side, Plat form, 차량 床 등
舗 裝 材	도로(歩道, 車道), 歩道橋, 공항의 활주로 등
防 水 材	Concrete 지붕 slab의 防水등

거의 밝혀지지 않은 폴리메타크릴산 메틸 콘크리트의 耐藥品性에 관한 最新의 보고도 있다.

3-3. 用途開發

日本에서 레진물탈은 폴리머시멘트 물탈과 같은 경우로 거의 汎用建設材料와 함께 表 4에 나타난 用途로 使用되고 있다.

많은 경우에 레진물탈은 現場施工되고 있지

만 強化프라스틱 복합판, 人工大理石등은 프리 캐스트 製品으로서 工場生産된다.

4. 폴리머 含浸 콘크리트(PIC)의 研究, 開發

4-1. 種類와 使用材料

폴리머 含浸콘크리트는 그의 製造法에 따라

表 5. 代表的인 含浸用 Mortar의 物理的 性質例

性 質		Monomer의 種類	
		Methacryl酸-Methyl	Stylene
Monomer	粘度 (20℃, CP)	0.58	0.76
	比重 (20℃)	0.94	0.91
	蒸氣壓 (20℃, mmHg)	35.00	2.90
	沸點 (760mmHg, ℃)	100.8	145.2
	引火點 (℃)	29.4	31.0
	水에 대한 溶解度 (20℃, %)	1.35	0.029
Polymer	比重 (20℃)	1.18~1.19	1.03~1.05
	Glass 轉移溫度 (℃)	100~105	80~93
	分解溫度 (℃)	260	250
	吸水率 (%)	0.3~0.4	0.03~0.05
	壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	770~1300	810~1100
	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	560~800	350~840
	曲強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	840~1200	550~980
	彈性系數 (×10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	2.5~3.5	2.5~3.5
Poisson 比	0.33	0.33	

프리카스트 製品으로서의 工場生産하는 경우와 既設콘크리트에 現場에서 폴리머를 含浸하는 경우로 크게 나눌 수 있다.

폴리머 含浸콘크리트用 材料는 含浸材와 被含浸材인데 含浸材로 사용되는 代表的인 含浸用 모노머 (Monomer, 單量體)는 스티렌과 메타크릴酸 메틸이 있는데 그들의 物理的 性質은 表5에 나타나 있다.

#### 4-2. 製造와 特性

폴리머 含浸콘크리트의 研究, 開發은 1960年代 후반부터 미국, 유럽 및 일본 등에서 시작되었으며 지금까지 수많은 成果가 發表되었지만 最近에는 그의 研究, 開發이 적극적으로 行해지지 않는데 그 이유는 다음과 같다.

- 1) 製造工程이 복잡하고 특히 乾燥 및 重合工程에 있어서 에너지소비가 많아 비용이 많이 든다.
- 2) 얻어지는 性能은 레진콘크리트와 큰 차가 없어서 性能과 비용의 균형이 맞지 않는다.
- 3) 폴리머 含浸率 및 깊이의 精確한 測定法이 없고 品質管理가 어려워 構造部材등에 使用할

경우 신뢰성이 떨어진다.

그림 15 및 16에 工場生産方式 및 現場 폴리머 含浸工法의 工程을 순서별로 나타냈다.

工場生産方式에서는 방사선 重合方式보다 熱重合方式쪽이 工業的으로 많이 사용된다.

어느 方式에서도 폴리머 含浸工法으로는 20~30mm 정도의 폴리머 含浸깊이 (콘크리트나 몰탈표면에서부터의 폴리머 含浸깊이)가 얻어진다. 주로 폴리머 含浸率 및 含浸깊이에 따라서 폴리머 含浸콘크리트의 性質이 지배된다.

日本에서는 종래 工法의 간이화와 熱에너지의 有効利用을 도모하기 위해 乾燥 직후의 콘크리트表面에 0℃以下로 냉각한 메타크릴酸메틸系 含浸材를 貯留해서 乾燥時 余熱을 利用해 重合한 結果 약 1時間 作業으로 20~25mm의 폴리머 含浸깊이를 얻어 신속한 現場폴리머 含浸工法의 開發에 성공했다.

폴리머 含浸기술의 適用에 따라 1970年代에는 2,000~2,800kgf/cm<sup>2</sup>의 壓縮強度를 갖는 초 高强度 콘크리트가 開發되었다. 그 開發例는 表 6에 나타나 있다.

최근에도 시리카 흙 (Silica fume)과 高性能減

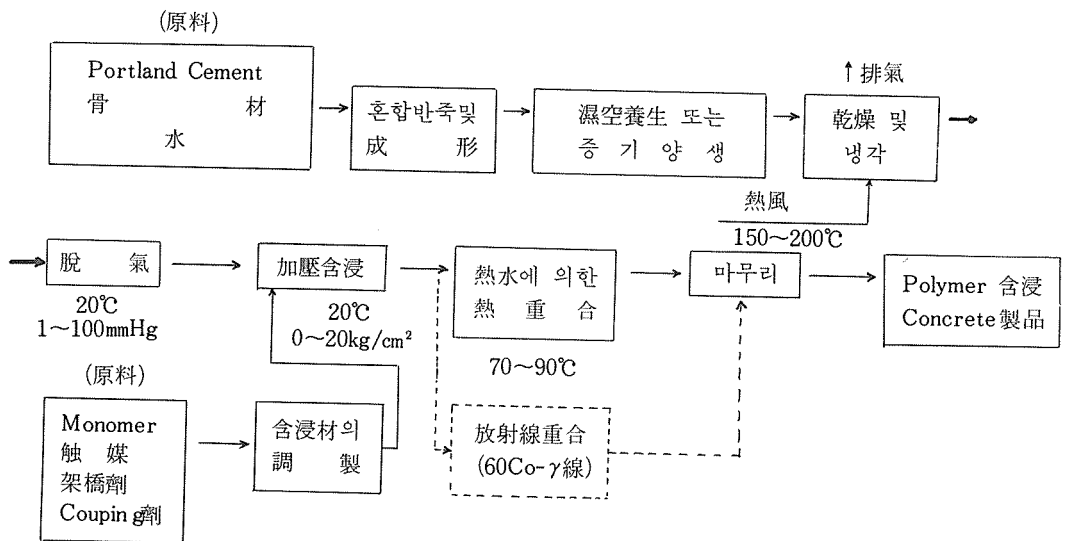
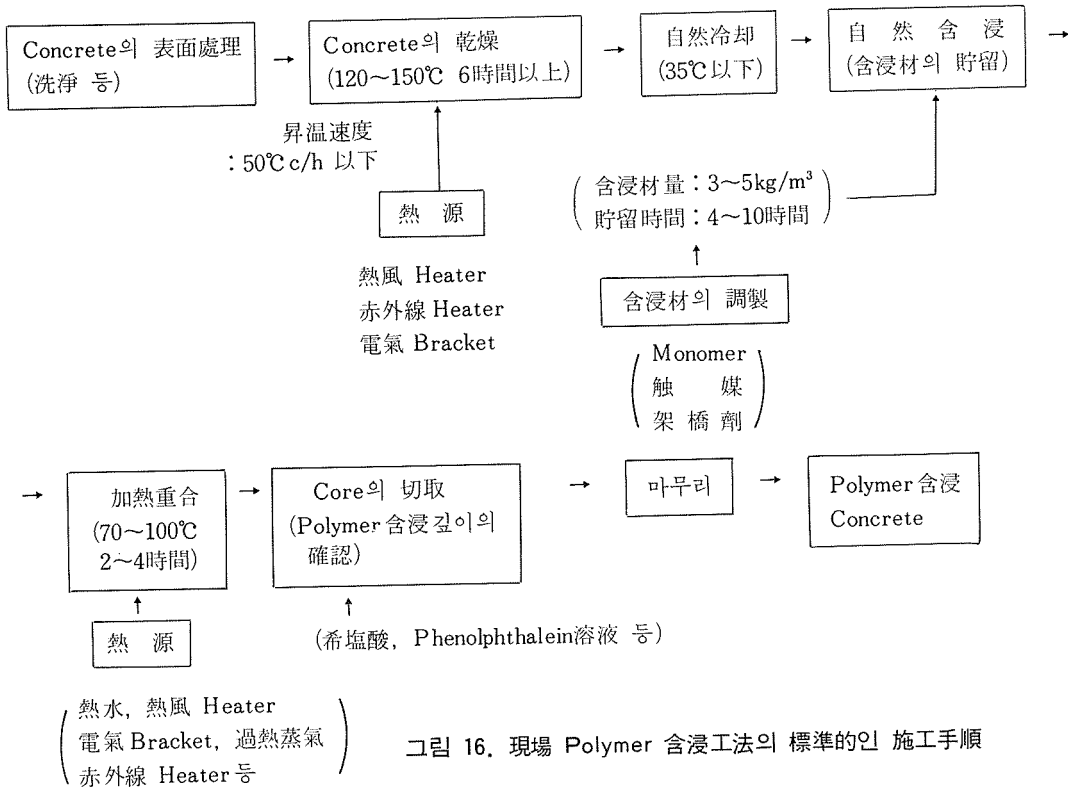


그림 15. Polymer 含浸 Concrete 製品의 일반적인 製造工程



水劑의 混和, 오오토크레이브(Auto clave) 養生 및 메타크릴酸메틸의 含浸에 따라 2300~2600 kgf/cm<sup>2</sup>의 壓縮強度가 얻어지고 있다. 그렇지만 高強度를 살린 付加價値가 높은 製品은 아직 實用化되지 않았다.

그의 實用化에 대해서는 建設分野 以外의 工

業分野에서도 주목할 必要가 있다.

한편에서는 레진콘크리트와 같은 目的으로 폴리머 含浸콘크리트를 鋼섬유, 유리섬유, 폴리머 섬유, 탄소섬유 등에 의해 보강하며 덧붙여 웨 로시멘트에 폴리머 含浸기술의 適用도 시도되고 있다.

表 6. Polymer 含浸法에 의한 超高強度 Concrete의 開發例

開發年度	研究者名(國名)	使用 材 料			壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
		Cement	骨 材	Monomer	
1976~1977	福地, 大兵 日本大學工學部(日本)	보통 Portland -Cement	安山岩碎石 및 川 砂	Stylene	2040~2800
1975	A. Rio, S. Biagin Roma大學(이탈리아)	Portland Cement (Type III)	玄武岩碎石	Methacryl 酸 -Methyl	2196
		高Silica Cement			2310~2870
1973	L. E. Kukacka Brookhaven National Laboratory(미국)	보통 Portland -Cement	Pit-Run Clear Creek産骨材	Methacryl 酸 -Methyl	2160

#### 4-2. 用途開發

폴리머 습침콘크리트의 프리캐스트 製品으로서의 實用化 例는 많지만 日本에서 방사성 폐기물 수납용기, 인터록킹블럭 (Inter locking Block), 영구형틀 등을 제조하는 試驗 製作工場이 조업하고 있을 뿐이다. 프리캐스트 製品의 開發을 목적으로한 최근 研究에서는 방사성 폐기물 수납용기의 耐방사성, 영구형틀을 사용한 PC 기둥의 거동인터록킹블럭의 마멸저항성, 舖製材로서의 性能試驗, 그밖에 프리스트레스트 콘크리트 구조물의 폴리머 습침처리에 의한 耐久性 개선 등이 주목된다.

現場 폴리머 습침工法の 適用으로는 既設 콘크리트 構造物 表面의 硬化, 強度, 水密性, 耐藥品性, 塩化物이온의 침투와 中性화에 대한 저항성, 耐마모성 등의 向上을 도모할 目的으로 고속도로의 舖裝과 댐의 補修工事, 지붕스라브의 防水, 工場床의 防食 등으로의 用途 開發이 유망시된다.

미국에서는 이 工法の 實用화가 댐등의 土木 構造物에 대해서 추진되고 있지만 日本을 포함한 다른 나라에서는 아직 試驗施工 단계에 있어 앞으로의 開發이 요망된다.

#### 5. 結 語

폴리머 콘크리트에 관한 試驗方法과 製品의

品質에 대해 미국은 ASTM에 레진몰탈에 관한 규격, 약 20種, 영국은 BS에 建設用 樹脂配合物의 試驗方法에 관한 규격 약 10種, 日本은 JIS에 폴리머시멘트 몰탈 및 폴리에스테르 콘크리트 관계규격 약 20種을 規格化하였다.

우리나라에서도 폴리머콘크리트의 발전을 위해 이 方面의 規格化가 시급하나 우선 Concrete 工學 및 高分子化學 등에 관계되는 學·研에서 관련된 여러 種類의 材料에 대한 지식의 보급과 정보교환을 통하여 基礎및 開發研究를 충분히 실시하고 그 자료를 근거로 建設관계 기술자와 高分子관계 기술자와의 긴밀한 協力하에 폴리머 콘크리트의 多方面에 대해 現場 試驗을 통한 應用研究 및 産業化開發이 요망된다. \*

#### 참고 문헌

- 1) 大濱嘉彦, 出村克宣, ポリマーコンクリート, シーエムシ(1984)
- 2) 大濱嘉彦, “ポリマーコンクリートの 研究, 開發の 現狀と 動向” 「材料」第36卷 第406號, p. 679 ~689. (1987)
- 3) 岡島嘉雄, 河辺伸二, 中山文雄, セメント 技術年報, p. 39~65. (1986)
- 4) J. Bijen. Journal of the American Concrete Insistitute p. 8~128(1983)
- 5) Y. Ohama, K. Demura, H. Nagao and T. Ogi, Adhesion between Polymers and Concrete p. 79 (1986) Chapman and Hall Ltd, London.

나의 정직 너의 믿음 사라지는 불신평조