

# 콘크리트-폴리머 複合體 (Concrete-Polymer Composites)

延 圭 錫

江原大學校 農工學科 副教授

## 1. 用語의 定義

일반적으로 '콘크리트'라고 하면 '시멘트 콘크리트'로서 結合材인 시멘트풀과 細·粗骨材로 이루어진 二相系 複合材料라고 생각할 수 있다. 이 시멘트 콘크리트結合材의 一部 또는 全部를 폴리머(廣義로는 有機高分子材料)로 代替시켜 제조한 콘크리트를 '콘크리트-폴리머 複合體'(concrete-polymer composites)라고 한다. 이를 지금까지는 '플라스틱 콘크리트', '樹脂 콘크리트', '폴리머 콘크리트'라고 불러오기도 했으나 ACI, RILEM 등 관련 단체에 의해 '콘크리트-폴리머 複合體'로 用語의 통일을 보았으며 이는 다시 다음의 3가지로 分類하여 定義된다.

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

結合材로 시멘트와 폴리머를 사용한 콘크리트이다. 환언하면, 시멘트 콘크리트에 폴리머를 混和한 콘크리트이다. 폴리머 시멘트 콘크리트는 보통의 AE劑나 減水劑보다도 상당히 많은(시멘트량의 5% 이상) 폴리머를 混入하기 때문에 모노머(monomer)라든가 프리폴리머(prepolymer)가 사용되기도 한다.

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

結合材로 폴리머만을 사용한 콘크리트이다. 結合材로 無機質 시멘트를 전혀 사용하지 않은

콘크리트로서 과거에는 '수지 콘크리트'라고 불러오기도 했다.

### (3) 폴리머 함침 콘크리트(Polymer Impregnated Concrete : PIC)

硬化한 콘크리트 중에 모노머, 프리폴리머 등을 함침시킨 후, 重合 등의 操作을 통해 콘크리트와 폴리머를 一體化시킨 것이다. 유럽에서는 이것을 'Polymerized Concrete'라고 부르기도 했다.

## 2. 沿革

시멘트 콘크리트는 主要한 土木·建築材料로서 사용되고 있지만 硬化가 늦고, 收縮이 크며, 引張이나 韌強도가 작은 등 本質的인 缺點을 갖고 있다. 시멘트 콘크리트가 갖는 이러한 단점을 개선하고, 더욱이 우수한 성능을 부여한 新콘크리트를 創造하기 위해 研究·開發된 것 중의 하나가 콘크리트-폴리머 複合體이다.

世界的으로 이에 대한 관심은 매년 높아지고 있으며, 1969년이래 개최된 관련 主要國際會議는 17회 이상이 되며, 3년마다 열리는 'International Congress on Polymers in Concrete'는 6회로서 1990年 9月 24日부터 27日까지 中國의 上海에서 있을 예정이다.

### (1) 폴리머 시멘트 콘크리트

폴리머 시멘트 콘크리트의 概念은 결코 새

로운 것이 아니며, 이미 1923년 英國의 L. Cresson에 의해 最初의 特許(British patent 191474)가 얻어진 이래 約 70年の 歷史를 갖는 材料이다. 最初의 特許로 부터 約 30年間은 英國을 중심으로 천연고무(NR) 라텍스가, 미국을 중심으로 클로로프렌고무(CR) 라텍스라든가 폴리초산비닐(PVAC) 에말존 등의 合成 폴리머 디스퍼션(polymer dispersion)이 주로 사용되어 왔다.

이것들은 特能이 좋기 때문에 폴리머 시멘트 콘크리트도 사용되지만 폴리머 시멘트 모르타르로서의 보급도 많이 되어 있다. 이와같은 폴리머 시멘트 콘크리트는 현재 토목·건축공사에 널리 사용되고 있으며, 日本에서만 이 方面의 용도에 年間 約 10万톤 이상의 폴리머 디스퍼션이 소비되고 있다.

## (2) 폴리머 콘크리트

폴리머 시멘트 콘크리트에 비하면 폴리머 콘크리트의 역사는 짧은데, 세계적으로 볼 때 그 개발은 약 40여년 전에 이루어진 것으로 되어 있다. 外國에서는 소련, 서독, 미국, 日本, 영국 등에서 폴리머 콘크리트의 研究·開發이 진행되고 있다. 이 중에서도 일본, 소련 및 서독에서의 개발이 활발하다. 일본에서의 최초 研究·開發은 1950年代 후반으로 日本電信電話公社에서 이루어졌으며, 소련에서의 최초 研究成果는 1959년부터 1962년에 걸쳐 여러 학자에 의해 보고되었는데, 주로 후란(furan)수지를 결합재로 한 폴리머 콘크리트 연구논문이 많이 발표되어 있다. 서독에서는 1962년부터 1963년에 걸쳐 不飽和폴리에스터수지라든가 에폭시수지를 結合材로 하는 폴리머 콘크리트의 製造技術이 개발되었다. 또한 오스트레일리아에서는 1962년 G.B. Welch에 의해 에폭시수지가 개발되었으며, 近年에는 서독, 미국을 중심으로 비닐系 모노머를 結合材로 한 폴리머 콘크리트가 개발되고 있다.

## (3) 폴리머 舍浸 콘크리트

多孔質材料에 液狀材料를 舍浸시켜 그 품질을 개선하려는 시도는 전혀 새로운 것이 아니다. 이미 木材 등에 있어서는 防腐를 목적으로 콜탈 등에 의한 舍浸處理技術이 오래전부터 실시되어 왔다. 이러한 기술이 진진되어 플라스틱을 모노머의 형태로서 木材에 舍浸·重合시켜 일체화되도록 하는 시도가 1956年頃부터 木材工業分野에 이용되었으며, 최근에는 WPC (wood-polymer composite)라는 製品으로서 市販되고 있다.

이 WPC와 동일한 아이디어를 콘크리트에 응용해서 그 品質改善을 도모하려는 것이 폴리머 舍浸 콘크리트의 發端이다. 폴리머 舍浸 콘크리트에 관한 最初의 研究·開發은 1965年 末부터 1966年初에 걸쳐 미국의 BNL과 USBR의 共同研究에 의해 수행되어 1976年 8月の 최종보고서까지 6개의 Topical Reports가 발표되었다. 이들 논문은 주로 파이프나 탱크, 橋梁床板 등에의 實用化例와 工業的 製造法 및 基礎研究 등에 대해서 상세히 보고하고 있다.

그후 유럽에서도 研究·開發이 진진되어 1972年 5月 스페인에서 개최된 제7회 국제 프리케스트 국제회의에서는 스페인, 서독, 영국, 노르웨이 등지에서의 연구결과가 보고되었다. 일본에서의 본격적인 연구·개발은 미국과 거의 비슷한 시기인데, 1967年初부터 建設省 建築研究所를 시작으로 日本原子力研究所 및 各大學에서 的욕적으로 추진되어 왔으나 최근에는 이에 대한 연구의 열기가 다소 식은 편이다.

## 3. 用途 및 開發動向

高分子化學工業의 所産인 폴리머를 이용하여 시멘트가 갖는 缺點을 개선할 목적으로 쓰이는 콘크리트용 폴리머는 각각 混和材, 結合

材 및 습浸材의 역할을 하는 것들로서 이를 이용한 각종 콘크리트의 용도 및 개발동향을 살펴보면 다음과 같다.

### (1) 폴리머 시멘트 콘크리트

폴리머 시멘트 콘크리트는 그 우수한 성질을 발휘해 이미 인기있는 建設材料로 되어 있다. 현재 일본에서는 널리 보급되어 있는 편인데 근년에 耐震壁, 지붕슬래브防水, 防蝕構造部材, 道路鋪裝材 등에의 이용에 대해서 관심이 높아지고 있다. 또한 미국에서는 高速道路 등의 鋪裝材로서 널리 이용되고 있다.

폴리머 시멘트 콘크리트의 開發動向은 다음과 같다.

① 시멘트 混和用 폴리머로서 粉末 에멀존, 에폭시 수지나 불포화폴리에스터수지 같은 熱硬化性 수지의 적극적인 보급이 이루어지고 있다.

② 合理的인 組合設計法이 確立되어지고 있다.

③ 워커빌리티나 乾燥收縮 등의 성질개선을 목적으로 鋼섬유, 유리섬유, 폴리머섬유 등을 사용한 纖維補強 콘크리트에 폴리머 디스퍼션을 混和하는 연구가 추진중에 있다.

④ 일본에서는 試驗法에 대한 규격화가 진행중에 있으며, 日本建築學會 小委員會에서도 폴리머 시멘트 콘크리트의 調合設計와 施工指針을 마련중에 있다. 또한 미국의 ACI의 Committee 548에서도 日本建築學會와 비슷한 지침을 작성중이며 마무리 단계에 있다.

### (2) 폴리머 콘크리트

폴리머 콘크리트는 그 우수한 特性을 이용하여 工場製品과 現場打設의 用途로 사용되고 있다.

현재 日本에서는 불포화 폴리에스터 수지를 結合材로 한 폴리에스터 콘크리트가 工場製品 製造用으로서 널리 보급되어 있다. 이같은 工場製品에는 通信用, 가스용, 電力用 등의 맨홀, FRP補強 파이프나 패널, U字溝, 側溝用뚜껑,

실드工法用 세그먼트, 歩道板, 高強度 파일, 人造大理石, 地下簡易收納庫, 地磁記觀測室用 패널이나 프레임 등이 있다. 뿐만아니라 日本에서의 現場打設 工事例로서는 댐 放水路의 覆工, 水力發電所 減勢工의 覆工, 溫泉地 建物の 基礎 등이다.

한편 美國에서는 地熱井과 그 附屬設備用 耐熱防蝕材, 道路, 空港, 댐, 鐵道 등의 콘크리트 構造物 補修材, 建物の 外裝用 미장패널, 排水溝 시스템의 工場製品, 海洋開發浮遊式 構造物 등에, 西獨, 스위스 등 西歐에서는 下水道用 U字溝, 파이프, 맨홀, 綠石, 變壓器나 機械設備用 기초, 鐵道用 케이블 닛트나 枕木 등에, 소련이나 東歐에서는 댐放水路, 貯水地 등의 水利構造物 覆工, 下水道用 파이프나 세그먼트 등에 널리 사용된다.

熱硬化性 수지를 이용한 폴리머 콘크리트의 開發動向은 다음과 같이 열거할 수 있다.

① 각종 폴리머 콘크리트에 대한 合理的인 配合設計法이 確立되어지고 있다.

② 引張強度, 靱性, 耐衝擊性 등의 改善을 목적으로 해서 鋼纖維, 炭素纖維 등에 의한 補強方法이 연구되고 있다.

③ 工場製品 製造의 省力化를 위해 連續믹서나 自動成形裝置가 開發되고 있다.

④ 폴리에스터 수지 콘크리트의 새로운 用途開發例로서 폴리에스터 수지 모르터를 사용한 통신케이블 布設用 터널 自動築造工程이 개발되고 있다.

⑤ 폴리머 콘크리트의 高性能을 이용하여 建設 以外の 機械나 電氣工業 分野에도 그 應用이 擴大되고 있다.

⑥ 外國에서는 폴리머 콘크리트에 대한 各種 試驗法이 규격화되고 있다.

⑦ 이상의 것들은 주로 熱硬化性 수지를 이용한 폴리머 콘크리트를 위주로 한 것이나 近年에는 MMA 모노머를 이용한 용도개발에도 박차를 가하고 있다.

### (3) 폴리머 흡浸 콘크리트

폴리머 흡浸 콘크리트의 프리캐스트 제품으로서 實用化例는 일본의 경우, 電力케이블용 多孔管, 海中레스토랑의 창틀, 外壁用 테라조 패널, 新交通 시스템用 鋪裝板, 파이프, 放射性廢棄物用 容器 등에 이용되고 있으며, 다른 여러나라에서도 교량이나 고속도로의 床板, 파이프, 갈버트 등에 응용되고 있으나 현재로서는 操業中인 공장을 찾아보기가 매우 어렵다.

現場 폴리머 흡浸工法은 既設 콘크리트 表面의 強度나 硬度, 水密性, 耐藥品性, 耐摩耗性 등의 향상을 목적으로 이용된다. 고속도로의 鋪裝이나 댐의 補修工事, 지붕슬래브의 防水, 공장이나 창고바닥의 防蝕과 耐摩耗性 向上 등의 用途開發이 유망시된다. 미국에서는 이 工法의 實用化가 댐 등의 土木構造物에 적용한 예가 있지만 그외의 나라에서는 아직 試驗 施工 段階에 있다고 하겠다.

폴리머 흡浸 콘크리트의 開發動向을 살펴보

면 다음과 같다.

① 폴리머 함침 콘크리트는 본래 高性能 프리캐스트 製品의 製造를 목적으로 해서 개발되었지만 性能과 費用의 均衡을 맞추기 어렵기 때문에 근래에는 콘크리트 표면의 部分흡浸에 의한 現場 폴리머 흡浸工法으로 하는 경우가 많다.

② 프리캐스트 製品으로서는 放射性廢棄物의 固化處理나 超高強度 콘크리트에 이용되고 있다. 이러한 콘크리트로서는 高強度를 갖는 附加價値 높은 製品의 開發이 바람직하다. 이 경우 建設分野 以外の 工業分野에도 注目할 필요가 있다.

③ 폴리머 콘크리트와 같은 目的으로서 鋼섬유, 유리섬유, 폴리머섬유 등에 의한 補強, 珪로시멘트에의 흡浸 등이 시도되고 있다.

④ 日本建築學會 小委員會나 미국의 ACI Committee 548에서는 現場 폴리머 흡浸工法의 施工指針을 樹立中에 있다.