

## 경량콘크리트의 발전과 전망

서 치 호

전국대학교 건축공학과 부교수

### 1. 머리말

현대 건축에 있어서 구조물을 생산하는 구조재료중 주된 재료로서 콘크리트가 차지하는 비중은 매우 크다.

또한 콘크리트 구조물의 규모는 최근의 급속한 경제성장과 건축기술의 발달등으로 대형화, 고층화 되어가고 있으며 콘크리트는 강도에 비해 비중이 크기 때문에 구조물의 자중을 증대시키는 결함을 갖고 있다.

따라서 콘크리트가 갖고있는 이런 결함들을 개선함과 동시에 여러 우수한 성능을 부여할 목적에 의해 제조된 콘크리트가 경량 콘크리트이며, 우리나라에서는 대한건축학회가 제정한 건축공사표준시방서 5.1.2에서 콘크리트의 중량감소를 목적으로 만든 기건비중이 2.0이하인 콘크리트를 경량 콘크리트로 정의하고 있다.

이러한 경량 콘크리트에 대한 연구는 선진 각국에서는 이미 19세기 말부터 시작되어 상당한 수준의 성과가 있으며 비구조용 뿐만 아니라 구조용으로 폭넓게 활용되고 있으나, 현 국내에서는 자중감소의 직접효과에 의한 구조용 콘크리트로서의 이용보다는 단열및 방음등의 간접효과를 위한 비구조용 콘크리트로써 다소 이용되고 있는 실정이다.

본 소고에서는 경량 콘크리트를 제조방법에 따라 분류하고 각각의 발전과정과 그 개발동향및 전망에 대하여 고찰해 보고자 한다.

### 2. 경량 콘크리트의 종류

경량 콘크리트는 그림1과 같이 그 제조방법에 따라 일반적으로 비중이 낮은 다공질의 경량골재를 사용한 경량골재 콘크리트, 콘크리트 내부에 무수한 기포를 골고루 형성시킨 기포 콘크리트 그리고 골재 사이에 공극을 형성시키기 위하여 잔골재의 사용을 억제한 무세골재 콘크리트의 3가지로 대별된다.

### 3. 경량 콘크리트의 발전과정

콘크리트의 역사가 1824년 Joseph Aspdin에 의해 보통 포틀랜드 시멘트가 발명되면서부터 그 발전을 같이 한다고 할때, 경량 콘크리트의 발전은 경량골재의 발달및 제조가 이루어지면서 시작되었다고 할 수 있으며 그 발전과정을 살펴보면 다음과 같다.

#### 3-1. 경량골재 콘크리트

경량골재 콘크리트는 일반적으로 사용되는 골재의 이름을 붙여 불리워진다.

천연경량골재로 제조된 콘크리트는 강도가 약하고 모양도 나쁠뿐만 아니라 천연자원의 고갈에 따른 자원의 효율적 이용및 자연환경의 보존과 유지를 위하여 점차 그 사용이 감소되고 있으며 어느정도 강도를 요구하는 콘크리트 구조물에는 부적당하므로 혈암, 고로slag, 점토, 규조토암, 플라이 애쉬, 절편암 등

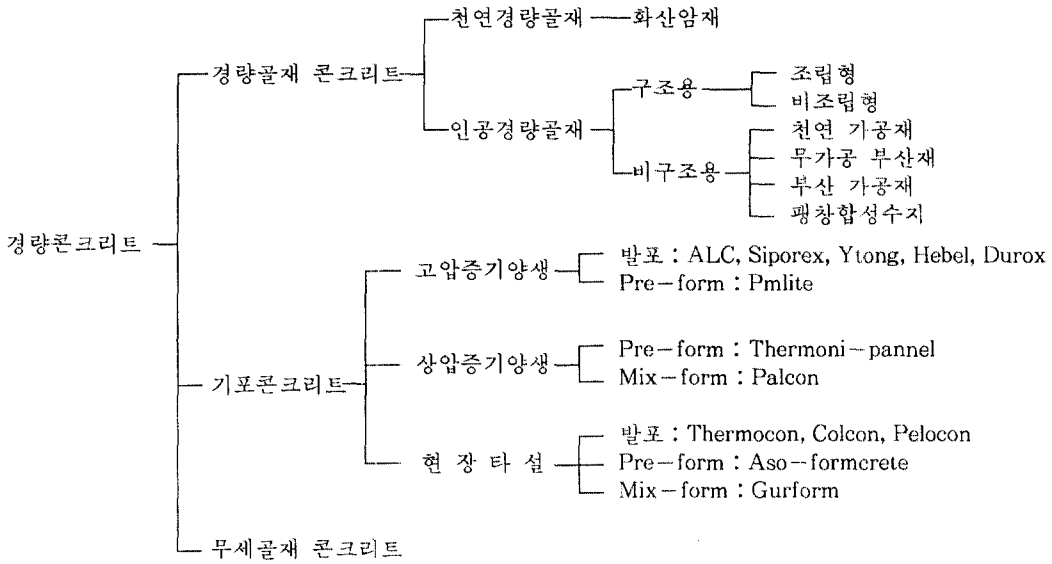


그림 1. 경량콘크리트의 분류

을 분쇄, 혹은 미분쇄하고 조립한 것을 1000~1300℃로 소성 발포시킨 인공경량골재를 사용한 콘크리트가 많이 사용되고 있다.

미국에서는 1917년 Stephen, J. Hayde가 Rotary Kiln으로 혈압과 점토를 열팽창시켜 단단하고 가벼운 재료를 만드는데 성공하였으며, 같은 시기에 F.J. Straud는 벽돌용 콘크리트의 생산에 유연탄재의 사용법을 개발하였다.

제1차 세계대전 당시에는 The Emergency Fleet Buliding Corp에 의해 바지선 제작에 팽창혈압을 이용하여 배합설계강도 350kg/cm<sup>2</sup>, 단위용적중량 1,760kg/m<sup>3</sup>을 목표로 한 최초의 구조용 콘크리트가 사용되었으며, 그후 효과를 인정받아 건축구조물, 교량상판, 프리캐스트 구조물 등에 본격적으로 적용되기 시작하여 시카고의 42층짜리 Prudent Life Building과 달라스의 12층짜리 Statler Hilton Hotel등이 경량콘크리트로서 건축되었다.

영국에서는 1930년에는 경석과 고로 슬래그를 이용한 골재 제조법을 개발하기 시작하여 최근에는 P.S. 콘크리트 구조물에 까지 사용하고 있다.

독일에서는 19세기말에 천연경석을 이용한 것이 최초이고 1919년 Heinrich Pferdmengesm에 의해 10여종에 달하는 경량골재가 개발되었으며, 1965년 팽창혈압과 점토를 사용하여 인공경량골재가 제조되었다.

1966년 초기에는 P.S.콘크리트 구조물에 이용하였고 1967년에는 P.S.교량, Rahmen구조물 등에 계속 시도되었다.

경량골재 콘크리트에 대한 표준시방과 규준도 최근 정비되어 고강도콘크리트공법의 방향으로 돌입하고 있는 상태이다.

일본에서는 1964년 미국과 기술제휴하여 골재소성용의 회전로를 설치하고 팽창혈압을 원료로 한 구조용 경량골재인 “메사라이트”와 팽창점토를 원료로한 “케리브리짓”, “지오라이트” 등을 생산하여 각종 구조물에 이용하고 있다.

우리나라에서는 세계각국의 인공경량골재에 관한 개발의 급진전에도 불구하고 천연골재의 풍부한 여건으로 말미암아 거의 이 방면에 소홀히 하여 오다가 최근 급격한 건설공사의 팽창으로 인한 골재 수요량의 급증과 이에 따른

천연골재의 고갈현상으로 인하여 수년전부터 이 방면에 눈을 돌리게 됨으로써 현재는 수종의 인공경량골재가 소개되고 있다.

1966년 팽창혈암 소성골재가 개발되었으며 내륙점토에 매용제를 첨가하여 조립소성하여 소결시킨 불팽창성 점토소성골재가 개발되었다.

1977년에는 직경 4~16mm 정도의 구형발포 플라스틱 표면에 강력접착제를 도포한 후 시멘트 물탈을 피복시켜 양생시킨 것과 연화점이 낮은 무기질세립을 피막하여 600~1000°C로 소성함으로 일정한 기공을 형성시킨 골재를 개발하여 현재 각종 구조물에 이용하고 있다.

### 3-2. 기포 콘크리트

기포 콘크리트는 경량골재를 사용하지 않고 발포제에 의해 콘크리트속에 무수한 기포를 골고루 독립적으로 분산시켜 중량을 가볍게 한 것으로, 1889년 프랑스의 Hofman씨가 염산과 탄산소다를 반응시켜 생기는 가스를 이용한 제조법으로 특허를 얻은 것을 효시로 스웨덴의 J.A. Erikson씨가 석회와 소성혈암의 Slurry속에 알루미늄 분말을 첨가하여 고압증기에서 양생하는 방법을 개발하여 1929년 Ytong이란 상품명으로 시판을 시작한 이래, 1935년 스웨덴의 I.Iklundor, L.Frosen이 발명한 Siporex가 제조되고, E.I. Lindman과 R. K. O. Sohlbery에 의해서 발명된 방법으로 Durox라는 상품명으로 판매를 가세하였으며, 소련의 실리카라이트, 미국의 Thermocon이나 영국의 Aphropi-FC등 선진각국에서 기포 콘크리트생산에 활발히 참가함으로써 그 우수한 특성으로 단기간에 널리 보급되기 시작하여 현재 30여개국에서 생산 보급하고 있다.

일본의 경우 1960년초 그 기술이 도입되어 현재 5개회사 15개 공장에서 연간 400만m<sup>3</sup>를 생산 보급하고 있으나 수요에 비해 공급이 부족한 실정이다.

국내에서는 1970년대 후반에 제조기법이 도입되었으나 한국실정에는 생소할 뿐만 아니라 이에 대한 기술적인 뒷받침의 부족으로 활성화되지 못하다가 1980년대 중반부터 몇개의 회사가 양산체제를 갖추고 아파트, 호텔, 사무사용 건물등의 외벽이나 내부 간막이 등에 사용하기 시작하였고, 신축건물이 점차 고층화되어 감에 따라 그에 따른 건축자재의 경량화및 단열내화의 중대성에 직면하여 경량기포콘크리트의 활용범위는 더욱 더 늘어날 전망이다.

### 3-3. 무세골재 콘크리트

무세골재 콘크리트는 배합시 잔골재를 넣지 않고 10~20mm의 굵은골재와 시멘트 페이스트만으로 만들어진 단위용적중량이 1,500~2,000 kg/m<sup>3</sup> 정도의 경량 콘크리트를 말하는 것이다.

이 콘크리트의 기원은 Holland이며 1923년 영국의 무세골재 콘크리트가 처음 소개된 이래 이 콘크리트에 대한 폭넓은 연구와 활용방법에 대하여 BBRs(British Building Research Station)에서 체계화하여 최초 Edinburg에 50채의 주택이 무세골재 콘크리트로 건립되었으며, 이어서 Liverpool, Manchester, London등지에 약 800채 이상의 주택이 이 무세골재 콘크리트로 세워졌다.

또한 이 콘크리트는 1945년 이래 영국에서 뿐만아니라 독일, 네델란드, 프랑스, 벨지움, 소련 등지에서 폭넓게 사용되었으며 스코틀랜드에서는 1974년 전체 주택건설의 약 25% 정도를, 영국은 1945~1974년 사이에 약 30만채 이상의 주택을 이 무세골재 콘크리트로 건립한 것으로 보고되고 있다.

그리고 1985년 ACI 523에도 무세골재 콘크리트에 대한 개괄적인 성상을 밝혀놓고 있다.

## 4. 경량 콘크리트의 개발동향 및 전망

경량 콘크리트에 대한 연구는 주로 높은 압

축강도를 지니며 자체 비중을 작게 경량화한 고강도 경량콘크리트 개발을 위해 진행되고 있으며 이를 살펴보면 다음과 같다.

#### 4-1. 경량화에 대한 연구

현재 일본등지에서는 경량골재의 질건비중을 0.5~1.0의 범위에서 자유롭게 제조할 수 있는 단계까지 연구가 진행되고 있으며, 이 경량골재는 지금까지의 경량콘크리트를 더욱 경량화하고 고강도를 얻기 위한 목적으로 원료와 첨가물의 조합방법, 분쇄방법, 조립방법, 소성방법등의 각 공정을 새롭게 연구개발하여 생산된 것으로써 비중 0.5의 골재로는 압축강도 230kg/cm<sup>2</sup>, 단위용적중량 1,300kg/m<sup>3</sup>을, 비중 0.8의 골재로는 압축강도 270kg/cm<sup>2</sup>, 단위용적중량 1,400kg/m<sup>3</sup>의 경량 콘크리트를 제조하였다.

그러나 이 경량골재는 높은 발포성으로 인하여 입경에 따라 13~21%의 높은 흡수율을 갖고 있으므로 혼합시 시공연도에 도움이 되지않는 상당히 많은 양의 물이 골재에 의해 흡수된다.

이것은 콘크리트의 밀도증가와 열절연값은 물론 내구성을 떨어뜨리는 원인이 되므로 경량골재의 흡수율 저하를 위한 특별한 과정이나 피복에 대한 연구가 계속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

흡수율이 낮은 경량골재로 제조된 경량콘크리트는 경량화, 동해에 대한 저항성, 시공연도의 개선, 강도 증진 등의 유리한 효과를 얻을 수 있다.

#### 4-2. 고강도화에 대한 연구

1970년대 이후 경량 콘크리트는 각종 새로

운 혼화제의 개발에 힘입어 점차 고강도화 되었으며, 고성능감수제등을 사용하면 최고 600~700kg/cm<sup>2</sup>정도까지의 압축강도를 얻을 수 있다.

이에 따라 최고층 빌딩 구조물, Shell Roofs, Long Span Bridges, Prestressed and Precast부재 등 육상구조물과 Concrete Platform, Barges, 원유저장시설및 운반선, LNG선, 해상기지 Base 등의 해양구조물에의 적용이 고려되고 있으며 북극해역의 해저원유탐사를 위해 개발된 Super Concrete Island Drilling System이라고 불리는 시추장치에 압축강도 450kg/cm<sup>2</sup>, 단위용적중량 1,840kg/m<sup>3</sup>의 경량 콘크리트가 사용되어 현재 알래스카 북부의 보후어트해에서 활동중이다.

그리고 30층정도의 초고층 건축에 하층부의 부재단면 감소를 위한 목적으로, 상층부에 경량 콘크리트의 사용이 검토되고 있으며, 특히 이에 대한 국내의 지속적인 연구가 요망된다.

### 5. 맺음말

이미 선진국에서는 경량 콘크리트의 고강도화에 대한 연구와 응용이 활발히 진행되고 있으며, 고강도 경량콘크리트를 해양구조물및 지상구조물등에 활용이 가능한 것으로 조사되어져 많은 분야에의 적용이 기대되고 있다.

그리고 경량골재의 비중과 흡수율은 콘크리트의 성상에 큰 영향을 미치게 되므로 비강도가 크고 흡수율이 낮은 경량골재를 사용한 경량 콘크리트의 개발및 활용에 관한 연구가 기대되어진다.