

# 콘크리트의 뼈 - 골재

최 상 흘 <한양대학교 교수, 공학박사>

콘크리트 부피의 약 70%를 차지하는 골재는 콘크리트의 뼈와 같은 재료로서 그 크기에 따라 잔 골재와 굵은 골재로 분류되며 또한 자연에서 나는 모래나 자갈에 대하여 인공적으로 가볍게 만든 인공경량골재 등 특수골재의 생산도 증가되고 있다.

10여년 전 일본 시멘트·콘크리트 연구회의 일행과 함께 오끼나와섬을 방문하였을 때의 일이다. 오끼나와 하면 보통 관광지로 알려진 곳으로 이곳을 찾는 관광객들의 카메라에는 바닷가 경치나 2차 대전 유적지를 배경으로 한 사진들이 담기고 있는데, 우리 일행은 해변가의 다리(교량)나 건물의 콘크리트 보니 벽의 균열을 카메라에 담기에 바빴다.

우리 일행은 콘크리트 구조물에 사용된 바닷모래에 의한 콘크리트의 피해를 조사하고 토론하기 위한 연구여행이었다. 당시 오끼나와에는 강모래나 자갈이 부족하여 콘크리트 구조물은 바닷모래를 사용하여 만든 것이 대부분이었다고 한다. 물론 물로 씻어서 사용했다

고는 하나 아마물도 충분치 않았는지도 모른다. 오끼나와 시내의 집집마다의 옥상에 있는 노란색의 물탱크가 물이 충분치 않음을 무언중에 말하여 주고 있었다.

지은지 얼마 안된 콘크리트 건물의 보나 다리의 교각에 난 균열과 그사이에서 보이는 철근, 더 심한 곳은 떨어져 나간 콘크리트와 노출되어 있는 철근들을 보면서 콘크리트에서 골재의 중요성을 재삼 실감케 하였다.

콘크리트나 모르타르를 만들기 위하여 시멘트에 섞는 골재(모래, 자갈)는 콘크리트의 뼈와 같은 재료로서 콘크리트 부피의 약 70%를 차지하는 중요한 재료이다. 골재는 모래·자갈의 집합체의 개념으로서 영어로는 aggregate라

고 한다.

시멘트 페이스트 만으로도 충분한 강도를 발휘할 수 있는데 이 골재가 하는 구실은 무엇일까? 골재는 그 이름처럼 콘크리트의 뼈와 같은 구실을 하면서 콘크리트의 건조수축에 의한 체적변화를 줄이는 구실을 한다. 시멘트 페이스트는 건조에 의하여 수축하는 성질을 갖고 있어 페이스트만으로 구조물을 만들면 수축에 따른 균열이 발생할 수 있는데 골재를 섞음으로써 수축량을 적게 하고 균열발생을 억제한다. 또 콘크리트의 마멸저항을 증대시키기도 한다. 물론 시멘트에 비하여 값싼 골재를 섞음으로써 경제적인 면도 있다. 한편 콘크리트의 경량화, 단열성, 또는 방사선 차폐 등 특수 목적을 위하여 골재가

쓰이기도 한다.

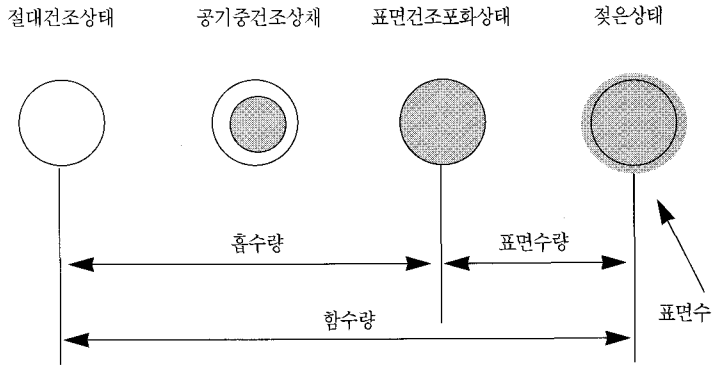
골재는 그 크기에 따라 잔 골재와 굵은 골재로 분류한다. 잔 골재는 지름이 5mm이상의 자갈 같은 것이다. 또 자연에서 나는 모래나 자갈에 대하여 인공적으로 만든 인공 골재도 있다.

### 골재의 성질

골재는 콘크리트 부피의 약 70%를 차지하므로 그 성질은 콘크리트의 성능에 크게 영향을 미친다. 골재의 기본적인 성질을 아는 데는 비중과 흡수율을 들 수 있다.

겉보기 비중은 내부의 공극도 포함한 값으로 이공극에 함유되어 있는 함수상태에 따라서도 달라지므로 그 함수상태도 알아야 하며 함수상태를 모르면 별 뜻이 없다. 절대건조비중은 골재내에 수분이 거의 없는 상태에서의 비중이며, 표면에 묻어있는 수분은 없으나 충분히 함수하여 내부 포화상태에 있을 때의 비중을 표면 건조 포화상태의 비중이라 한다.

부순 돌의 경우 절대건조비중은 2.5 이상, 흡수율은 3% 이하이어야 한다. 또 흡수율은 골재가 얼마만큼 물을 흡수하는가를 백분율로 나타낸 것으로 다공질 골재일수록 크고 치밀한 골재일수록 작다. 보통 골재의 경우, 비중이 적고 흡수율이 큰 골재를 사용하면 콘크리트의 강도나 Young율의 저하,



<그림-1> 골재가 물을 함유하고 있는 상태

건조수축의 증대, 중성화나 동결 융해에 대한 내구성이 떨어질 수 있다.

골재의 크기, 즉 입도 분포도 콘크리트에 영향을 미치는 것의 하나이다. 입도 분포가 좋지 않으면 굳지 않는 콘크리트의 유동성이 나빠진다. 골재의 모양도 유동성에 영향을 미친다. 강자갈은 둥글하여 좋으나 암석을 부순 돌의 경우 모가 나서 콘크리트의 유동성이 나빠진다. 이럴 경우 시멘트 양을 좀 넣게 하는 등 대책이 필요하게 한다.

또 골재에는 콘크리트에 해로운 여러 물질이 섞여 있는 경우도 있을 수 있다. 바다 모래에는 염분이 묻어 있다. 염분은 콘크리트 속의 철근을 부식시키므로 이것을 사용할 경우에는 허용량 이상의 염분이 있는가를 분석하고 염분이 많을 경우 물로 씻어서 염분을 제거하여야 한다. 토사나 산모래 따위

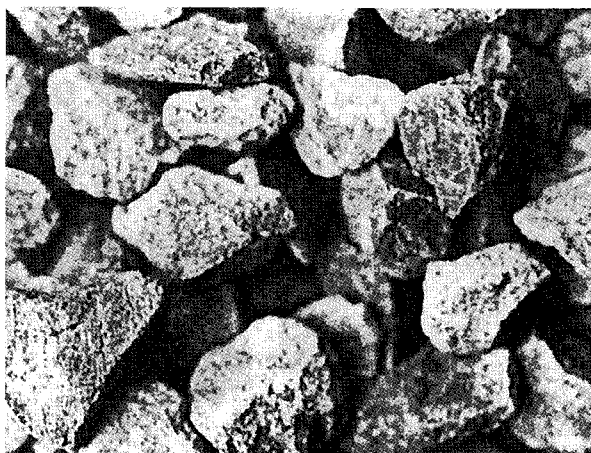
에는 식물의 부식에 의하여 생긴 유기 불순물이 섞일 수 있으며 이것도 콘크리트 경화에 영향을 주며 흡성분이 섞여 있으면 콘크리트의 잔 균열이 생길 수 있고 강도 저하의 원인 될 수도 있다.

보기를 들면 점토분이나 연한 석분은 굵은 골재의 경우 최대 5%, 잔 골재의 경우 최대 3.0%이다. 자세한 골재의 품질은 한국 공업규격에 규정되어 있다.

### 여러 가지 골재

건설공사의 급격한 증가 추세로 강자갈이나 강모래 등 골재자원的高갈에 따라 암석을 개서 만든 부순 돌이나 부순 모래 등의 골재사용이 늘어나고, 또 인공적으로 가법제 만든 인공경량골재 등 특수 골재의 생산도 늘어나고 있다.

### 부순 돌 · 부순 모래



〈그림-2〉 부순 돌

부순 돌에 사용하는 암석은 보통 현무암, 안산암, 경질 석회암 등으로 발파하여 채굴한 암석을 적당한 크기로 부수고 체가름하여 크기를 조절하여 공급한다(그림 2). 골재의 성질은 그 모암의 성상에 따라 다르므로 모암의 산지에 따라 그 품질을 짐작할 수 있다. 부순 돌골재를 사용할 경우, 특히 알칼리 골재반응 일어나지 않는가를 검토하여야 한다.

### 가벼운 골재

건축물의 고층화에 따라 1950년 대부터 경량 골재의 사용에 대한 연구가 시작되어 현대 초고층 건물, 해양부유구조물 등에 경량골재가 사용되고 있다.

인공경량골재는 혈암,

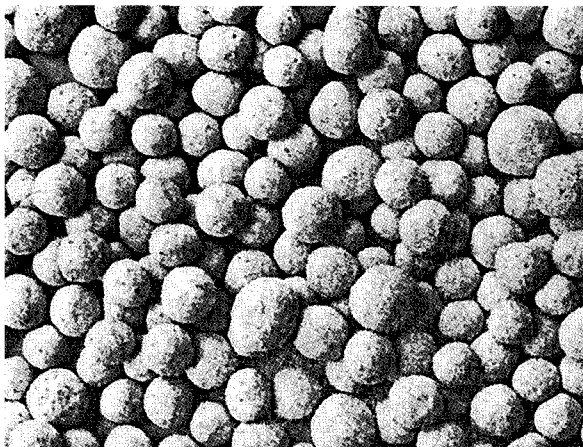
점토, 플라이 애쉬 등 원료를 조합하여 회전가마에서 1,000~1,200℃로 구워서 만든 것으로, 구울 때 혈암이나 점토에 함유되어 있는 성분의 작용으로 발포하여 내부에는 미세한 기포를 생성시켜 다공체로 되고 표면에는 치밀한 각막으로 둘러 쌓인 상태로 만든 인공자갈로 비중은 굵은 골재의 경우 1.0~1.5정도이다.(그림-3)

초경량 골재도 있다. 파라이트는 겉보기비중 0.25~0.35로 진

주암이나 흑요석 원석을 파쇄한 다음 1000℃로 급열하면 미세한 기포를 만들면서 팽창하고 표면은 유리질로 된 것인데, 강도가 낮아 보통의 콘크리트에는 별로 쓰이지 않으나 이를 사용한 시멘트 모르타르는 경량이고 단열성, 흡음성이 좋고 파라이트가 물을 흡수하였다가 나중에 서서히 수분을 방출하는 성질이 있어 작업성이 좋다.

버미큐라이트도 가벼운 골재인데 팽창 혈암이나 팽창 점토와 같은 천연 광물을 구워서 만든 것으로 역시 강도는 낮으나 충격에 강하므로 내진성을 요하는 구조물에 적합하다하여 미사일 발사기지의 제어실에 사용되기도 한다.

한편 강도가 낮은 콘크리트를 만드는데 이초경량 버미큐라이트 골재가 쓰이기도 한다. 보통 콘크리트라고 하면 조금이라도 강도를 더나가게 하려고 하는 것이 일반 상식이나 이 콘크리트는 강도가 나지 않도록 한 특수 콘크리트이다. 교통량이 많고 자동차 사고가 나기 쉬운 도로의 입체 분기점이나 교차점에서 노란 전등을 껌벽이고 있는 이 콘크리트제품은 미국에

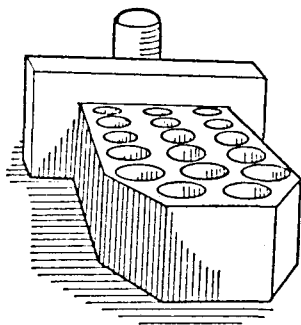


〈그림-3〉 인공 경량 골재

서 고안된 것으로 자동차가 부딪쳤을 때 콘크리트가 부서질 수 있도록 강도를 낮게(3.5kg/cm<sup>2</sup>) 만든 것으로 골재로서 버미큐라이트를 사용한 것이다. 콘크리트에 지름이 60cm의 구멍을 여러개 뚫고 길이가 7.3m인 이 콘크리트 구조물은 차가 충돌하여 부서지면 새 것으로 교환하겠끔 만들었는데 콘크리트의 별종이라 할까? 어쨌든 인명구조 아이디어에는 그 딱딱한 콘크리트도 허פק허פק해진다. 이 사실에 감탄할 수밖에 없다.(그림-4)

### 무거운 골재

콘크리트의 밀도가 클수록 방사선 차폐성이 크기 때문에 원자력 관계의 구조물의 방사선 차폐용 콘크리트에는 보통 골재보다 무거운 중량골재가 사용된다. 중량골재는 보통 골재보다 비중이 큰 갈철광, 중정석, 자철광, 등이 쓰이고 있는데 이들 중량골재의 비중은 갈철광이 2.8~3.8, 중정석이



〈그림-4〉 충돌 피해 예방 콘크리트의 보기

4.2~4.7, 자철광은 4.5~5.2, 철이 7~8이다. 철은 비중은 크나 비싸고, 중정석은 연질이다.

이 외에, 비중은 크지 않으나

사문암도 방사선 차폐용 콘크리트에 쓰이고 있는데, 이는 중성자를 감속시키는 결정수를 다량 함유하고 있기 때문이다.

### 재생골재

콘크리트 구조물의 해체시 발생하는 콘크리트 덩어리를 부수어 골재로 사용한 경우로 이것은 원래 골재와 그 표면에 붙어있는 시멘트 페이스트와 모르타르로 되어 있어 페이스트나 모르타르의 양과 그 품질에 따라 골재의 품질이 좌우된다. 이 콘크리트 재생골재는 최근들어 콘크리트 폐기물 등 환경과도 관련되어 환경문제와 함께 관심이 커지고 있다.(그림-5)



〈그림-5〉 재생골재

### 색다른 골재

색다른 골재로서 플라스틱 골재도 있다. 서독에서 개발된 이 골재는 기포제를 사용한 폴리 스티렌 알갱이로 도로의 어느 곳이나, 빌딩의 지붕, 벽재 등에 단열용 골재로 쓰인다고 한다.

또 덴마크에서 개발한 시노팔(상품명)이란 인공골재는 아스팔트 포장용 특수 골재이다. 모래와 석회석에 돌로마이트를 가하여 회전가마에서 시멘트를 구울 때와 거의 같은 1,450℃에서 소성하여 만든 유리질의 것을 내마모성, 내충격성이 크고, 내약품성도 좋고 백색으로 이것을 사용한 아스팔트 포장의 경우 표면이 밝아서 조명 효과가 증가한다고 한다. ▲