

輕量骨材 (LWA)에 關한 小考

李 榮 二

〈(株)유니온次長〉

I. 輕量骨材의 概要

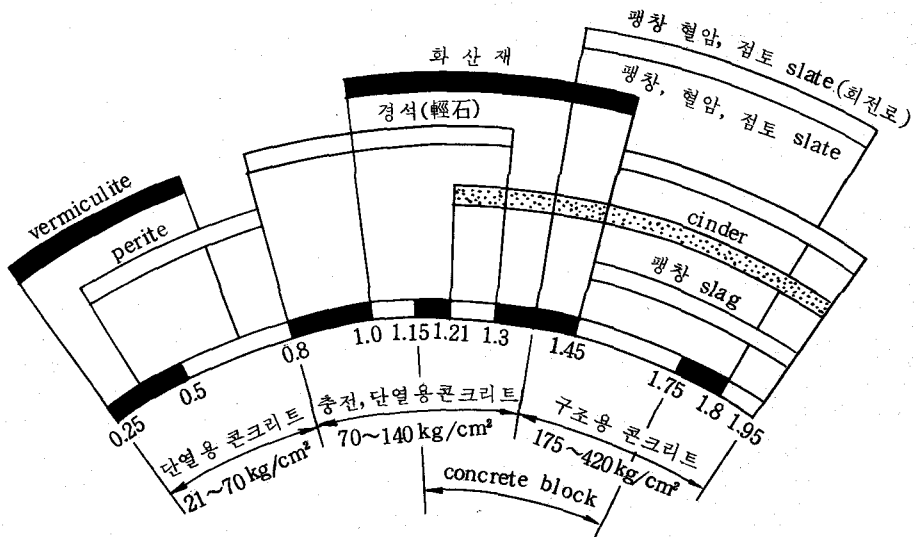
인공경량골재에는 粘土, 頁岩, 후라이애쉬와 슬레이트를 主原料로 하여 얻어지는 것과 高爐滓를 原料로 한 工業副産加工物, 天然輕石의 表面을 加工한 加工骨材 등을 일반적으로 포함하고 있다.

인공경량골재의 분류에는 JIS에 의한 분류 RILEM에 의한 분류 등으로 볼 수 있으며 미국의 Expanded shale, clay and slate institute에서는 경량골재와 그 骨材를 사용한 콘크리트의 比重과의 關係에서 〈그림-1〉과 같은 分類를 하고 있다.

〈그림-1〉에 의하면 構造用輕量骨材 범주에 들어가는 골재는 팽창혈암, 팽창점토, 팽창슬레이트 등으로 되어 있다.

1. 역사적 배경

모든 사항이 역사를 더듬어 가면 로마 시대와 關係를 갖게 되며 경량골재도 여기에 어긋남이 없이 이미 로마 시대에 건축물의 벽과 돔에 천연 화산석을 사용하였다고 한다. 그 후 독일에



〈그림-1〉 경량골재를 이용한 경량 콘크리트의 분류

서 1882년에 slag 로 사용하기까지는 경량골재의 사용 실적이 거의 보이지 않았으며 1890년에 미국에서 슬래그가 콘크리트用 骨材로서 사용되고 그 후 얼마되지 않아 石炭燒成爐에서 얻어지는 石炭殼의 사용이 보편화되었다.

構造用인 공경량골재의 본격적인 출현은 미국의 窯業技師였던 S. Hayde 가 回轉爐에 의해 粘土를 팽창시켜 얻은 Haydite 제조 기술을 발견한 1917년 이후이다. Haydite 제조 특허를 발판으로 현재에 이르기까지 미국에서는 構造用 경량골재가 시장에 공급되어 왔다. 또 미국에서는 1928년에 팽창 슬래그가 사용되게 되었고 1940년경에 시작한 분말 석탄재를 燒成한 인공경량골재가 생산되었다.

한편 1944년에 商品名 Leca 로 유명한 고급 경량골재가 덴마크에서 개발되어 영국, 독일을 비롯하여 널리 유럽에 보급되었으며 또 1950년 중반부터 팽창점토 KEPAM3NTO 가 소련에서 생산되기 시작하여 소련은 물론 폴란드, 헝가리, 체코 등 공산권제국에서도 널리 생산되기 시작하였다. 일본에서는 1964년에 처음으로 頁岩을 回轉爐에서 燒成한 메사라이트가 제조되기 시작하였고 그 후 數年 사이에 세이라이트, 宇部輕骨 및 니치라이트 등이 시멘트 製造會社를 중심으로 팽창혈암을 原料로 한 構造用輕量骨材로서 시장에 널리 공급되어 왔다. 1965년에는 fly ash 를 主原料로 한 조라이트가 回轉爐를 사용하여 生産되었으나 2년 후에는 팽창혈암을 이용한 골재에 밀려 생산이 중단되었다.

2. 제조 방법

경량골재의 제조방법을 分類하면 다음과 같이 大別된다.

- 骨材의 粒形에 의한 분류: 造粒型和 非造粒型
- 燒成方法에 의한 분류: 回轉爐에 의한 燒成과 CS 工法에 의한 燒成.

燒成方法은 대부분 回轉爐에 의한 方法이 採用되고 있으며 原材料를 1次 crusher 로 粗碎하고 2次 crusher 로 適正한 粒度로 粉碎한 것을 回轉爐에 投入하여 燒成한다. 原料는 燒成帶(bloating zone)에 도달하기까지 천천히 이동시켜 1,100~1,200°C의 燒成帶를 通過할 때 이

미 原料骨材中에 發生하여 있던 gas 가 팽창하여 骨材中 數千個의 미세한 기공을 형성한다. 이 팽창한 골재 중의 기공구조를 강화하기 위하여 回轉爐로부터 나온 골재는 냉각기를 통과하여 최종적으로 체가름을 한 후 粒度別로 분류한다. 造粒型骨材는 1次 크랏샤로 분쇄한 것을 mill 로 미분쇄하고 적당한 水分을 加하여 성구기로 성구를 한 후 폐기 gas 를 利用 건조한 후 回轉爐에서 燒成을 한다. 또한 강제 발포를 위한 발포촉진제를 投入하기도 하며 용융온도 調整을 위해 副材料를 사용하기도 한다.

骨材의 膨脹구조에 관해서는 ① Fe₂O₃와 SiO₂가 高溫域에 있어서 化學反應을 일으키고 그때 發生되는 酸素 gas 에 의한다는 說. ② 高溫域에 있어서 SiO₂ 作用에 의해 硫化物과 硫酸鹽이 分解하고 그때 發生하는 gas 에 의해 膨脹한다는 說 등 여러가지 說이 있으나 요는 加熱할 때 表面이 適當히 용융하고 骨材内部에 發生한 gas 가 外部로 빠져 나감을 억제시키는 유리狀의 膜을 形成할 수 있는 化學組成을 가지고 있는 것이 必要하다고 알려져 있다.

II. 用 途

1. 토목건축 構造物用

경량골재를 사용하는 것에 따라 콘크리트의 比重이 보통콘크리트 比重보다 약 65~70%밖에 되지 않아 구조물의 자중경감에 따른 여러 가지 利點이 있는 관계로 日本에서는 1965년부터 每年 사용량이 倍增하고 있으며 美國에서도 每年 사용량이 1,000 만 m³ 이상 消費되고 있다. 건축구조물에 관해서는 4~5층 RC 造부터 고층, 초고층에 이르는 각종 구조물에 사용되고 있다. 초기에 있어서는 設計基準強度 180 kg/cm²로 사용되는 일이 많았으나 現在는 210 kg/cm²로 사용되는 경우가 많고 경량골재 콘크리트의 最高 設計基準強度인 225 kg/cm²로 사용된 실적도 있다. 立地條件으로 봐서 地盤耐力이 극히 약한 장소 등을 비롯, 2층 건물 또는 單層의 공장건물 등에 사용되어 경제적으로 유리하게 된 例는 얼마든지 있다. 또 콘크리트 素地의 아름다움, 중후함에서 건축물의 美

의感覺을 유지하기 위해 사용되는 實例도 많이 있다. 土木構造物에 關해서는 重量이 가벼운데다 高強度가 容易하게 얻어지는 特性을 살려 RC 橋梁의 主桁, PC 橋梁의 主桁, 鋼橋의 RC 床版 등에 設計基準強度 240~350 kg/cm²의 넓은 범위에 사용되고 있다.

2. PC 製品用

輕量콘크리트에 의한 프리 캐스트 판넬은 고층건축물의 외벽, curtain wall 등 表面 마무리 塗裝을 행하기도 하고 때로는 exposed aggregate 工法에 의한 표면처리 방법을 적용해서 일반적으로 利用되고 있다. 콘크리트 자중이 가볍고 특히 단열성이 높기 때문에 大型 판넬化에 發展 가능성을 충분히 기대할 수 있고 소련, 미국 등에서는 이미 상당한 수준에 있으며 일반화 단계에 이르고 있다. 콘크리트 2次製品用的 骨材로서도 콘크리트 블록, 벽돌, 道路의 緣石, 橋梁高欄, 콘크리트 침목 및 시그멘트 등의 小部材로부터 철근콘크리트관과 콘크리트파일 등에도 利用되고 있다. 일반적으로 日本은 콘크리트用 骨材를 대상으로 해서 6~7個 會社에서 現在 生産하고 있다.

3. 其 他

제 2 차 대전 중 鋼材의 절약을 目的으로 輕量 P. C 콘크리트船이 美國에서 105 隻이나 建造되었고 現在도 多量 건조되어 어선용으로 사용되고 있으며 最近에는 鐵筋콘크리트관이 大型化하고 外徑이 약 5m에 達하는 것이 製造되고 있는데 이것들의 製品運搬, 취급, 布設 등에도 自重경감 目的으로 輕量콘크리트가 有效하게 利用되고 있다. 또 道路橋에 있어서 橋梁主桁床版에 輕量콘크리트를 사용하여 輕量化를 시도하고 全構造物自重을 가볍게 하기 위해 아스팔트 포장용 골재를 輕量골재로 사용하기도 한다. 美國 텍사스주의 高速道路는 輕量골재를 利用한 아스팔트 및 콘크리트 포장을 하고 있으며 이는 車輛이 走行時 骨材表面의 無수한 기공이 미끄럼을 억제시켜주는 作用을 하고 있어 輕量骨材를 대량 사용하고 있다.

輕量골재는 사용용도가 광범위하여 앞으로 신 건축자재로 전망이 밝은 유망 상품으로 알려져 있으며 대체적으로 日本, 美國 등지에서는 건축, 토목 主體構造物으로 다량 消費되고 있으며 덴마크, 독일, 스위스, 영국 등 地域에는 프리 캐스트 및 斷熱건축재로 다량 利用되고 있다.

〈表-1〉

日本輕量骨材의 性質

商 品 名	種 類	絶 乾 比 重	吸 水 率 (%)	單 位 容 積 重 量	有 機 不 純 物	實 積 率 (%)	浮 粒 率 (%)
메사라이트	細	1.62	10	1.00	無 色	-	0
	粗	1.25	8	0.75		-	6 이하
라이오나이트	細	1.7-1.8	5-7	1.1	-	-	-
	粗	1.2-1.3	2-3	0.8		-	-
세이 라이트	細	1.62	13.5	1.00	無 色	67.9	0
	粗	1.23	9.2	0.7		65.5	-
빌 톤	細	1.65	8.5	0.985	無 色	60	-
	粗	1.25	8.1	0.82		50	0
아사노라이트	細	1.6-1.8	8-10	0.95-1.05	無 色	61-63	0
	粗	1.2-1.3	7-9	0.67-0.73		61-63	2-3
宇部輕骨	細	1.75	10	0.95	無 色	63	0
	粗	1.35	10	0.76		61	1
너저라이트	粗	1.3	7	0.83	無 色	64	-

註: 일본 各社 카다로그

Ⅲ. 骨材의 性質

경량골재의 성질로서 일반적으로 들 수 있는 것은 化學成分, 比重, 單位容積重量, 實積率, 粒度 등이다. 이들의 一般的인 性質은 이미 널리 잘 알려져 있는데 여기에 日本의 경량골재를 소개한다.

일반적으로 骨材의 比重에 관해서는 요구되는 강도, 시공성, 用途 및 골재와 콘크리트의 比重에 關한 規定值 등에 따라서 적절하게 선택되는 것이 보통이다. 예를 들면 시공성과 용도에 의해서 比重 1이하의 骨材도 構造用 輕量骨材로 될 수 있고 또 콘크리트에 500~600 kg/cm²의 압축강도를 기대하고 또 비교적 높은 영係數가 요망되는 경우에는 比重 1.4 이상의 경량골재를 사용할 필요도 있을 것이다. 前述한 〈그림-1〉에 의하면 구조용 경량콘크리트의 比重에 범위로서 1.35~1.95로 표시되어 있고 日本 건축학회의 규정에서는 2.0 이하, 독일의 규정에서는 1.2~2.0, 美國의 仕様에서는 1.85이하로 규정되어 있다. 또한 독일의 KRUPP社의 Dr. Sydow氏 지도하에 새로운 공장들이 여러 곳에 건설중에 있으며 KRUPP方式에 의한 경량골재 比重別 用途는 아래와 같다.

- 容積比重 : 0.6~0.7 高強度 콘크리트用 골재
0.4 一般 구조용 콘크리트 골재
0.3 一般 콘크리트用 골재
0.2 斷熱用 콘크리트 골재

Ⅳ. 展 望

경량골재의 장래를 생각하는데는 그 자체의 本質을 충분히 확인할 필요가 있다. 경량골재 즉 인공으로 제조된 골재이므로 천연골재 등에 비해 제조상 몇가지의 경로를 거쳐 생산되는 것으로 前者에 비해 高價이다. 그렇지만 인공적으로 제조함으로써 강도, 중량, 입도조정을 용이하게 할 수 있는 장점이 있어 고층, 대형건물, 長大 span 道路, 교량 등에 자중경감으로 因한 工事費 절감 등에 기여할 뿐 아니라 保溫, 保冷, 防音 등 斷熱側面에서 보아도 에너지 절감효과가 크기 때문에 이런 것들을 감안할 때 경량골재의 가장 有效的인 사용방법은 그 利點을 충

분히 發揮할 수 있을 것이다. 이런 연유로 점차 경량골재는 世界的으로 증가일로에 있는데 日本의 경우 現在 年間 200~300 만 m³가 판매되고 있으며 1966년부터 1970년도까지 경량골재의 出荷量은 每年 150~160% 신장되었다.

소련, 미국 등에서도 年間 1,000 만 m³ 이상을 出荷하고 있으며 대부분 시멘트 제조회사나 콘크리트 2차제품 제조회사들이 병행해서 생산하고 기술개발도 대단히 급속도로 진행되고 있다.

Ⅴ. 맺 음 말

지금까지 경량골재工業의 基礎的인 內容을 단편적으로 記述하였다. 우리나라도 건축공사 시방서에 경량콘크리트에 대해 규정되어 있고 건축법 시행령에도 強度 등에 관해 規定은 하고 있으나 아직까지 경량골재의 生産·消費實績은 지지부진한 실정에 있어 그 구체적인 통계자료가 없는 실정이다. 경량골재공업에 대해 다음의 조건들을 긍정적으로 본다면 우리나라에서도 그 展望은 비관적이지 아니다.

- 1) 경제발전예 따른 구조물의 고층화 및 대형화 추세
- 2) 주택건설 추진의 필연성
- 3) 油價의 계속적인 上昇에 따른 단열건축자재 開發의 불가피성
- 4) 무진장한 원료의 매장
- 5) 천연골재의 점차적인 고갈

이 외에 여러가지 條件들이 있겠으나 다음 기회에 좀더 구체적인 문제를 다루고자 하며 日本에서는 17년 전부터 생산이 시작되어 꾸준한 증가 추세에 있는 점을 감안할 때 이제 우리도 건축재료의 轉機를 이룰 수 있는 경량골재 산업을 위해 정부의 정책적인 지원과 關係實需要者의 과감한 선택·활용이 경량골재 산업을 앞당길 수 있는 지름길이 되리라 생각한다.

(참 고 문 헌)

- 1) "some approaches to structure lightweight concrete design", Daniel P. Jenny.
- 2) "lightweight concrete", ESCASI.
- 3) "輕量骨材資源", 岡野武雄.
- 4) "人工輕量骨材 concrete", 日本시멘트協會.
- 5) "構造用 人工輕量骨材", 三菱鐵業시멘트. ♣♣