

# 골재와 환경영향

## Aggregates and Environmental Impacts



노승준 Seung-Jun Roh  
금오공과대학교  
건축학부 조교수  
E-mail : roh@kumoh.ac.kr

### 1. 서언

골재는 건축시설, 토목시설, 도로시설 등 우리가 살아가는 건설구조물을 축조하기 위해 사용되는 콘크리트와 몰탈의 주요 원재료이며, 건설구조물의 용적을 기준으로 약 80%를 차지하는 주요 건설재료이다. 이에 골재는 콘크리트 구조를 갖는 건설공사의 품질을 결정 짓는 필수 요소로 언급되고 있다<sup>1)</sup>.

골재는 하천, 산림, 바다 등 천연에서 수급되는 강모래, 강자갈, 육상모래, 육상자갈, 바다 모래부터 암석을 인공적으로 파쇄한 골재(쇄석), 혈암과 점토 그리고 석탄재 등을 이용하여 제조한 인공경량골재, 폐콘크리트, 슬래그, 폐유리 등 재생자원을 가공하여 만든 순환골재, 슬래그골재, 폐유리골재 등 다양한 종류가 존재한다.

본 고에서는 전술한 다양한 골재를 대상으로 각 골재의 생산과정에서 발생 가능한 잠재적인 환경영향 정보를 전과정 인벤토리 데이터베이스(이하 LCI DB, Life Cycle Inventory Database) 기준으로 제공하고자 한다.

### 2. 전과정 인벤토리 데이터베이스

LCI DB는 제품(또는 서비스)의 전과정 평가(LCA, Life Cycle Assessment)를 수행하기 위한 기초적인 데이터로 제품(또는 서비스) 1단위(기능단위당)의 원자재 채취단계부터 제조단계, 수송단계, 사용단계, 폐기단계에 이르기까지 제품 시스템에 투입되는 자원, 에너지 및 광물 등과 환경으로 배출되는 대기배출물, 수계배출물 및 폐기물 등을 목록화한 데이터를 의미한다. 이때, 건설재료는 다시 상위 영역인 건설구조물의 생산을 위한 구성 재료로서 투입되는 생산재로 분류됨에 따라 LCI DB 구축 시 <그림 1>에 나타난 순환골재의 공정흐름도와 같이 원자재 채취단계부터 제조단계까지의 투입물과 배출물을 목록화하게 된다.

이렇게 LCI DB로 구축된 자원, 에너지 및 광물 등의 정보는 환경영향 중 자원사용 등을 산출하는 데 사용되고, 대기배출물은 지구온난화, 오존층감소, 산성화, 광화학적산화물 형성(스모그 현상) 등을 산출하기 위해 사용된다. 또한, 수계배출물은 부영양화에 대한 환경영향을 산출하는데 활용된다.

한편, LCI DB는 주로 국가 또는 지역 단위로 구축 및 관리된다. 특히, 제품에 대한 국가 단위의 LCI DB 구축은 해당국에서 제품의 누적 시장점유율 50% 이상을 차지하는 다수의 참여업체에 대한 실제 생산자료를 입수한 후, 생산량을 기준으로 한 가중화 된 평균값을 이

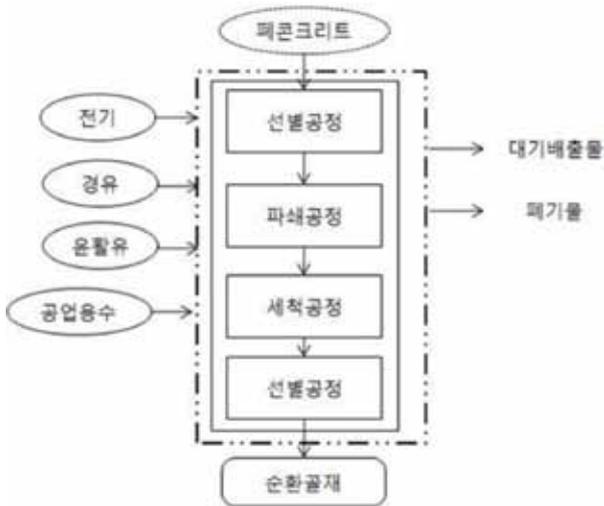


그림 1. 순환골재 생산에 대한 공정 흐름도

용하거나 대표성을 갖는 제품의 표준 생산 공정을 적용하게 되며, 전문가의 검증과 정밀검토가 이뤄진 후 공개되게 된다.

우리나라의 LCI DB는 환경부 산하의 한국환경산업기술원에서 구축 및 관리하는 국가 LCI DB<sup>2)</sup>가 대표적이며, 그 외 국가 R&D를 통해 구축된 건축자재 환경성정보 국가D/B<sup>3)</sup> 등이 있다<sup>4)</sup>. 해외의 대표적인 LCI DB는 독일의 ÖKOBAUDAT<sup>5)</sup>, 스위스의 Ecoinvent<sup>6)</sup>, 미국의 U.S. Life Cycle Inventory Database<sup>7)</sup> 등이 있다.

### 3. 골재의 환경영향

본 고에서는 우리나라에서 구축된 국가 LCI DB, 건축자재 환경성정보 국가D/B 등과 독일 ÖKOBAUDAT의 LCI DB에서 공개된 골재 1kg당의 환경영향 값을 조사하여 이를 [표 1]에 나타내었다. 우리나라는 모래, 자갈(쇄석), 순환골재, 슬래그골재, 인공경량골재의 LCI DB가 존재하였고, 독일은 모래, 자갈, 쇄석, 슬래그골재, 인공경량골재의 LCI DB뿐만 아니라 부석 모래, 부석 자갈, 폐유리골재, 펄라이트골재, 바텀애시골재에 대한 LCI DB까지 구축한 것으로 나타났다.

우리나라와 독일에서 모두 구축된 동종 골재의 환경영향 값을 비교한 결과, 모래와 자갈, 인공경량골재의 지구온난화는 우

리나라 LCI DB에 의한 환경영향 값이 독일 LCI DB에 의한 환경영향 값보다 약 4.4배(쇄석)에서 14.5배(모래) 낮은 값을 보였다. 또한, 자원사용은 비교가 난이한 매우 높은 값을 나타냈고, 부영양화와 산성화는 비교적 유사한 경향을 나타냈다. 한편, 우리나라는 슬래그골재의 LCI DB 구축과정에서 전기로로부터 얻게 된 슬래그의 운반과 가공 등을 활동 사항으로 고려하였지만, 독일 ÖKOBAUDAT에서는 슬래그를 단순히 산업부산물로 분류하여 모든 환경영향 값을 0으로 산출하였다. 이러한 환경영향 값의 차이와 경향은 우리나라와 독일에서 각각 채택하고 있는 LCI DB 구축의 세부 범위와 방법론, 그리고 LCI DB를 토대로 환경영향 값을 산출하는 특성화 방법론이 서로 상이함에 기인한 것으로 판단된다. 특히, 우리나라와 독일의 LCI DB에서 DB 구축에 대한 세부 정보를 공개하고 있지 않고, 단순히 제품 생산에 대한 투입물과 산출물 또는 환경영향 값의 최종 결과만 제공함에 따라 이들의 값을 동일한 관점에서 상대 비교하기에 한계가 있었다.

한편, 우리나라의 LCI DB를 기준으로 순환골재의 환경영향(지구온난화, 자원사용, 부영양화, 산성화) 값은 일반 골재(모래 및 자갈(쇄석))의 환경영향 값보다 모두 큰 값을 보였다. 이는 단순히 이들의 생산과정에 대한 환경영향 값을 비교한 것으로 순환골재의 원재료인 폐콘크리트의 환경영향 값은 거의 0에 가깝지만 이를 조크러셔(Jaw Crusher)로 파쇄하여 순환골재를 추출 및 가공하는 과정에서 사용되는 에너지원(전기, 경유, 윤활유)과 수자원(공업용수)에 기인한 것으로 판단된다. 이러한 경향은 독일 LCI DB의 자갈과 폐유리골재 사이에서도 유사하게 나타났다. 비록 LCI DB를 기준으로 순환골재와 폐유리골재의 생산과정에 대한 환경영향 값은 일반 골재의 환경영향 값보다 높은 경향을 보였지만 이들은 모두 폐건설재료를 순환자원화함으로써 천연자원으로 한정된 골재의 양을 보존하고, 매립에 대한 잠재적인 환경영향과 비용 등을 절감할 수 있음에 따라 지속가능한 개발 관점에서 매우 중요한 골재라고 사료된다.

### 4. 결론

본 고는 LCI DB를 기준으로 한 다양한 골재의 환경영향 정보

[표 1] LCI DB를 기준으로 한 골재의 환경영향

국가	구분	환경영향				출처
		지구온난화 (kg-CO <sub>2eq</sub> /kg)	자원사용 (kg-Sb <sub>eq</sub> /kg)	부영양화 (kg-PO <sub>4<sup>3-</sup></sub> eq/kg)	산성화 (kg-SO <sub>2eq</sub> /kg)	
한국	모래	2.29×10 <sup>-3</sup>	1.40×10 <sup>-5</sup>	1.14×10 <sup>-6</sup>	6.51×10 <sup>-6</sup>	㉞
	자갈(쇄석)	7.77×10 <sup>-3</sup>	5.06×10 <sup>-5</sup>	2.52×10 <sup>-6</sup>	1.36×10 <sup>-5</sup>	㉞
	순환골재	1.49×10 <sup>-2</sup>	1.02×10 <sup>-4</sup>	1.53×10 <sup>-5</sup>	8.54×10 <sup>-5</sup>	㉠
	슬래그골재	2.26×10 <sup>-2</sup>	9.08×10 <sup>-5</sup>	1.61×10 <sup>-4</sup>	1.61×10 <sup>-4</sup>	㉡
	인공경량골재	5.16×10 <sup>-2</sup>	1.94×10 <sup>-3</sup>	2.80×10 <sup>-5</sup>	1.73×10 <sup>-4</sup>	㉡
독일	모래	3.33×10 <sup>-2</sup>	2.99×10 <sup>-9</sup>	4.59×10 <sup>-6</sup>	2.47×10 <sup>-5</sup>	㉠
	자갈	3.33×10 <sup>-2</sup>	2.99×10 <sup>-9</sup>	4.59×10 <sup>-6</sup>	2.47×10 <sup>-5</sup>	㉠
	쇄석	3.42×10 <sup>-2</sup>	6.97×10 <sup>-9</sup>	6.76×10 <sup>-6</sup>	3.55×10 <sup>-5</sup>	㉠
	부석 모래	8.09×10 <sup>-3</sup>	1.24×10 <sup>-9</sup>	1.33×10 <sup>-5</sup>	5.18×10 <sup>-5</sup>	㉠
	부석 자갈	8.11×10 <sup>-3</sup>	1.24×10 <sup>-9</sup>	1.34×10 <sup>-5</sup>	5.19×10 <sup>-5</sup>	㉠
	인공경량골재	3.68×10 <sup>-1</sup>	2.11×10 <sup>-7</sup>	1.28×10 <sup>-4</sup>	2.50×10 <sup>-3</sup>	㉠
	폐유리골재	2.71×10 <sup>-1</sup>	4.45×10 <sup>-6</sup>	2.11×10 <sup>-4</sup>	6.06×10 <sup>-4</sup>	㉠
	펄라이트골재	5.09×10 <sup>-1</sup>	3.08×10 <sup>-8</sup>	8.28×10 <sup>-5</sup>	4.82×10 <sup>-4</sup>	㉠
	바텀애시골재	0	0	0	0	㉠
	슬래그골재	0	0	0	0	㉠

㉠ : 국가 LCI DB, ㉞ : 건축자재 환경성정보 국가D/B, ㉡ : CO<sub>2</sub> 배출량 절감을 위한 콘크리트 배합설계 기술개발 최종보고서 ㉠ : 독일 ÖKOBAUDAT

제공을 목적으로 하며, 우리나라와 독일의 골재에 대한 환경영향 값을 살펴보았다.

우리나라도 다양한 골재의 LCI DB를 확보하고 있었지만, 독일의 LCI DB와 같이 순환자원을 이용하는 다양한 골재(폐유리골재, 바텀애시골재 등)의 LCI DB 구축과 정보 제공이 필요할 것으로 판단된다. 한편, 본 고를 통해 LCI DB라는 제한된 범위

내에서 조사된 순환골재와 폐유리골재의 환경영향 값은 비록 일반 골재의 환경영향 값보다 높은 경향을 보였지만, 한정된 천연자원의 보존과 매립 등에 대한 환경보호 관점에서 순환자원을 이용하는 다양한 골재의 개발과 적용이 절실하게 필요할 것으로 판단되며, 다양한 환경영향에 대한 관련 실무자들과 연구자들의 지속적인 관심과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 한국골재협회 홈페이지, <http://www.aak.or.kr>
2. 한국환경산업기술원, 국가 LCI DB 홈페이지, <http://www.epd.or.kr/lci/ldb.do>
3. 한국건설기술연구원, 건축자재 환경성정보 국가D/B 구축사업 최종보고서, 2008.
4. 한양대학교, CO<sub>2</sub> 배출량 절감을 위한 콘크리트 배합설계 기술개발 최종보고서, 2015.
5. ÖKOBAUDAT, <https://www.oekobaudat.de/en.html>
6. Ecoinvent, <https://www.ecoinvent.org>
7. US LCI DB, <https://www.lcacommons.gov/catalog>

담당 편집위원 : 노승준(금오공과대학교)