

# 지속가능한 고속도로 건설을 위한 첫 발걸음: 한국형 포장 및 교량 공종 전과정평가(LCA) 논리 및 분석 플랫폼 개발

- 순환 경제의 건설 분야에 미치는 영향력 및 관련 국제 동향(1부) -

문기훈 | 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원



지속가능한 고속도로 건설을 위해 탄소 중립과 전과정 평가(LCA)의 중요성이 어느 때보다 증대되고 있다. 이번 특집기사는 한국도로공사 도로교통연구원 문기훈 수석연구원의 기고를 통해 고속도로 인프라의 환경적 지속가능성을 확보하기 위한 심도 있는 기사를 제공할 예정이다. '지속가능한 고속도로 건설을 위한 첫 발걸음: 한국형 포장 및 교량 공종 전과정평가(LCA) 논리 및 분석 플랫폼 개발'을 주제로 총 5부 시리즈 연재를 시작한다. 이번 호의 1부 순환 경제의 국제 동향부터 5부 최신 분석 플랫폼(KEC-LCA) 개발 성과까지 순차적으로 조명한다. 특히 한국도로공사 도로교통연구원의 탄소 저감형 건설을 위한 플랫폼의 실무적 적용 가치를 중점적으로 다뤄볼 예정이다.

## 1. 서론

현재 우리 시대는 기후 변화라는 전례 없는 환경적 도전에 직면해 있으며, 이는 피할 수 없는 인류 생존과 직결 최우선 과제가 되어가고 있다. 지구촌 내 모든 국가에서 이는 그 정치적 성향에 따른 강도의 차이는 분명 존재한다. 하지만, 지속 가능 사회 구축을 위한 노력 및 관련 필요성은 대부분 공감하는 것이 현실이다.

지구 온도 상승을 억제하고 지속 가능 미래의 보장을 위해, 전 세계는 탄소 중립(Carbon Neutrality) 실현을 목표로 대전환을 가속화하고 있다. 상기와 같은 거대한 전환의 흐름 속에서, 대한민국 국가 경제와 사회 활동의 핵심 동맥인 고속도로 인프라 역시 더 이상 시대적 환경 흐름 및 문제에 대해서 자유로울 수는 없다.

고속도로는 수많은 차량의 이동 경로이자 설계, 건설 및 운영 단계에서 대규모 에너지를 소비하는 메트릭스이다. 과거에는 차량 운행으로 인한 이동 부문(Scope 1)만이 주요 고려사항이었다. 현재는 직접 탄소(CO2) 배출은 물론 건설에 사용되는 자재(시멘트, 철근 등) 생산 및 유지보수 전반의 과정에서 발생하는 간접 배출(Scope 2, 3)까지 종합적으로 그 환경학적 영향성을 분석, 평가해야 하는 필요성이 선진국 중심의 국제적 흐름으로 부각되고 있는 것이 사실이다.

고속도로에서 각 주요 공종의 세부 작업과정에서의 탄소(CO2) 배출량을 산정, 평가하며 이의 감축을 위한 노력을 수행함은 단순한 환경학적 Eco-life-chain을 구성하는 차원이 아니다. 이는 미래에도 지속 가능한(Sustainable) 기반 시설로서 고속도로의 역할 및 존재의 필요성을 명확히 제시할 수 있는 근거임과 동시에 국가의 근본적 지속성을 유지할 수 있게 하는 하나의 발걸음이라 볼 수 있다. 고속도로는 일반 국도와는 달리 사용자로부터 요금을 징수하

는 유료도로이다. 즉, 대한민국에서 가장 우수한 품질과 믿음직한 서비스를 국민에게 제공해야 하는 의무가 있으며 이와 함께 논리적 지속 가능성을 제시해야 한다는 점이다. 즉, 고속도로는 단순 이동 공간을 넘어서 미래 녹색 교통 네트워크(Green Transportation Network)로서의 존재감을 제시하며 이를 실현해야 하는 시대적 요구 및 사회적 책임에 직접적으로 직면하고 있다고 할 수 있다.

## 2. 전 세계적 경제관련의 변화 패러다임 (Economy trend transfer)

현재 전 세계적으로 경제의 개념이 변화하고 있다. 과거의 경제 성장 방식은 효율화를 극도로 추구하는 일차원적인 방식이었다(Grwoth priority and efficient Economy). 하지만 지속적인 기후 온난화 및 이와 관련 된 환경 트렌드는 선진국 중심으로 경제 관념의 변화에 대한 첫 번째 필요성을 제시 하였다. 다만, 우리가 알아야 하는 점은 선진국에 언급하는 정의(Justice) 및 평등(Equality)은 그들만의 방식에서 이루어지는 게임이라는 점을 분명히 하고 싶다.

최근 신흥국(중국 및 인도 등)에서는 급속한 공업화, 정보화를 통해 선진국 제조 품질에 준하는 경쟁 제품을 "특별한 환경적 영향에 대한 고려 없이 단순 그들만의 효율성의 극대화에 기반하여" 생산하며 선진국 시장에 가랑비에 옷 젖듯이 침투 하였다. 그리고 이제는 선진국 제조업 기반에 위협을 가하고 있는 것이 현실이다. 즉 고품질의, 우수하며 환경도 보호하여 지구의 지속가능성을 보장하는 제품만이 경쟁력 있게 하려는 선진국만의 변화 된 경제 싸움의 장(場)을 만들고자 함이 불편하지만 그 두 번째 필요성이라 할 수 있다.

이러한 전지구적으로 순환 경제(Circular Economy)의 개념이 이미 단순 선언적 의미를 넘어서 새로운 경제 체계로

서 자리매김하는 상황에서, 건설 부문에서도 순환 자원과 관련한 다양한 노력이 유럽 및 북미 등지에서 이루어지고 있다.

이와 관련된 국제적인 제도적, 정책적 변화가 최근에 구체화 되고 있으며, 이러한 변화에 대한 적극적인 대응은 대한민국 건설업의 국제적 경쟁력의 확보 여부를 결정하는데 있어서 필수적이다. 또한 기존의 설계, 시공, 유지관리 분야 국한된 국내 건설시장에서 새로운 비즈니스 영역을 선도 및 개척할 수 있는 새로운 업(業)의 영역 창출 및 방향성을 제시할 수 있을 것이라 생각한다.

이에 고속도로에서 핵심이 되는 포장분야 또한 업(業) 영역의 객관적, 과학적 지속 가능성 확보를 위해 세부 공종별 탄소 배출량 산정, 전과정 평가(LCA: Life Cycle

Assessment) 관련 산정 및 평가 논리의 개발이 그 어느 때 보다 필요하다 할 수 있다.

### 3. 트윈 트랜스포메이션과 순환 경제

최근의 트윈 트랜스포메이션(Twin Transformation), 즉 디지털 전환(Digital Transformation), 녹색 전환(Green Transformation)은 이미 많은 공학 연구의 주요한 주제를 넘어서 산업계의 전반적 흐름이 되고 있다. 특히 우리나라를 포함한 국제사회의 'Net Zero 2050' 선언은 국가나 기업의 전략, 산업 생태계의 변화를 통한 산업 분야 전방위에서의 녹색 전환을 강력하게 요구한다.

순환 경제는 이러한 녹색 전환의 목적을 달성하기 위한 새

로운 경제·산업 체계로서 유럽과 북미를 중심으로 체계화, 가속화 되고 있다. 이런 Net Zero의 실현은 단순히 감축목표를 설정하고 이를 Top-Down 방식으로 강제함으로써 달성되는 것이 아니라, 순환경제와 같은 경제·산업 체계(Business model)에 정착되어 선순환구조를 만드는 Bottom-Up 방식으로 실현이 가능한 것을 그 목표로 삼고 있다.

건설·건물 부문(건설 환경, Built Environment)은 전체 온실가스 배출량의 5~12%를 차지하는 건물 부문과 산업 부문, 수송 부문을 포함하고 있으며, 이는 Net Zero 달성에 주요한 Challenge임과 동시에 전체 폐기물의 약 35%를 발생하는 순환 경제의 대상이다(IEA, 2020). 또한 건설순환 자원은 녹색 전환과 순환 경제의 주요한 축을 이루는 요소로서, 기존의 'Recycling·Reuse'에서 가치와 환경 영향이 고려된 'Circular Economy'로의 전환 대상이라 할 수 있다. 현재 이와 관련한 많은 정책 및 제도의 변화는 유럽과 북미를 중심으로 진행·정착되고 있다. 이미 유럽의 탄소국경조정제(Carbon Border Adjustment Mechanism) 도입, 미국의 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act) 등의 시행에서 알 수 있는 바와 같이, 위의 변화는 선진국 그들이 주도하는 국제 규범의 변화와 체계 전환으로 늘 그들과 협상·타협을 하면서 전략 방향성을 결정해야 하는 우리에게도 산업의 중대 위험 요인이 된다.

### 4. 우리의 대응 자세 및 전략 설정 방향성

우리에게는 건설 환경에서의 녹색 전환과 관련하여 영향을 미치는 유럽 및 북미의 정책 및 제도 변화를 살펴보고 이를 대응하기 위한 기술 개발과 노력이 매우 필요한 시점이다. 특히 Figure 1과 같이 유럽 'Green Deal'의 목표로

시행되는 여러 법제 및 기준 중에 'Construction Product Regulations(CPR)', 'Green Public Procurement(GPP)', 'Eco-design' 등은 매우 주목할 필요가 있다. 이를 다음장에서 간략히 설명토록 한다.

### 5. EU의 'Construction Product Regulations'와 'Digital Product Passport'

유럽연합은 산업성장과 환경보호를 위한 전략으로 'Green Deal'을 제시하고 있으며, 이를 실행을 위한 수단으로 'New Circular Economy Action Plan', 'Strategy for the Sustainable Built Environment'를 이미 법제화 하였다(European Commission, 2024). 여기서 주목할 내용은 'Construction Product Regulations'에서 건설 자재에 대한 환경 영향(Environment Impacts)을 명문화하고 표기하도록 한 것이다. 다시 말해서 기존 친환경 라벨링 시스템(Eco-labelling) 보다 더 일반화된 체계로서 친환경설계의 확장을 전제로 한 것이며, 이는 환경성적표지(EPD, Environmental Product Declaration)를 포괄하는 것으로 판단된다. 물론 경쟁국(중국, 인도 및 한국)에 대한 무언의 압박도 포함되어 있다.

또한 이의(Environment Impacts, Eco-labelling, EPD) 실질적인 구현을 위한 'Digital Product Passport', 'Digital Building Passport'의 제도를 수립하여 점차 대상을 확대하여 시행하고 있다.

주요 건설자재(순환건설자원 포함)는 천연자원의 사용, 생산 과정의 내재 탄소(Embodied Carbon), 순환성(Circularity, 순환의 용이성, 순환의 반복성 평가) 등을 포함한 디지털 정보를 제공하여야 한다는 그들만의 법(Rule)인 것이다. 여기에서 우리가 주목해야 할 점은 전 과정평가

Figure 1: EU의 'Green Deal' 정책과 관련 제도 및 규범(CPE, 2024)



(Life Cycle Assessment)에 기반한 신뢰성 있는 데이터의 제공이 필요하다는 점이다. 유럽은 이를 위한 플랫폼이 운영을 시작했으며, 데이터 형식의 표준 프로토콜이 이미 정의되어 있다.

북미의 경우에는 EU에 비해 기술적·제도적 준비가 다소 늦으나, 일찍 ‘Buy Clean Act’에 의해 환경성적표지 제도의 건설 분야 활용하도록 규정하고 있다. 건설 사업에 투입되는 주요 건설 자재의 환경성적표지 제출을 의무화하고 발주기관이 그(최저)한계값을 설정하는 체계이다. 이를 통해 건설 환경 가치 사슬(Value Chain) 내의 다양한 이해 당사자가 건설자재의 환경영향을 인식하고 정보를 공유하도록 하는 시스템을 구축하는데 목표가 있다고 할 수 있다 (USA, 2019).

## 6. Eco-design, GPD: Green Public Procurement 및 전략적 대응 방향

건물 및 인프라 구조물 등과 같은 ‘건설 환경’의 온실가스 배출을 포함한 환경 영향은 대부분 설계와 입찰 과정에서 결정이 된다. 즉 설계와 입찰 과정을 통해 결정되는 재료 및 공법에 의해 사용되는 재료의 영향, 운영 방법의 영향, 유지 및 보수의 영향, 그리고 생애 마지막 단계에서의 재활용 등이 대부분 결정된다는 점이다. 다시 말해서 지속 가능한 ‘건설 환경’의 구현을 위해서는 설계 단계에서 ‘Eco-design’이 실행되어야 하며, 사업의 시행 결정은 ‘GP: Green Procurement’에 의해 실행되어야 한다는 것이다. 앞서 기술된 건설 자재의 ‘Digital Product Passport’는 설


계와 계획 단계에서 친환경 경설계를 위한 충분한 정보가 체계적으로 제공되게 하는 시스템을 구축한 것이다. 그리고 전과정평가(LCA)에 기반한 환경 영향을 정량화하며 생애 주기비용과 결합한 가치를 비교, 평가하게 하는 건설 부문의 ‘GP: Green Procurement’는 사업단계의 실행을 구체화한 것이다(예시는 Figure 2 참조).

## 7. 지속 가능 고속도로 건설을 위한 제언 (1부를 마치며)

지난 20여년간 해외에서 연구되고 준비된 내용들이 최근에 구체적인 입법이나 제도 수립을 통해 실제화하고 있으며, 이러한 정책 및 제도의 실행이 결국은 EU와 북미에서 숨김없이 드러내는 강력한 산업 경쟁력의 또 다른 재편을 의미한다고 할 수 있다. 예를 들면, 준비되지 않은 제3 세계의 자동차 배터리와 전기자동차가 조정세나 지원금 차별을 현재 받는 것처럼, 준비되지 않은 건설 자재와 관련 공법(기술)은 세계 시장에서 입찰, 설계, 시공 등의 과정에서 막강한 금전적 불이익을 받게 될 것으로 예상되는 점은 너무 자명하다. 그리고 이러한 변화는 비록 수출을 하지 않는 내수 산업에도 국제적 규범의 준수를 어쩔 수 없이 강요 받게 될 것이다.

새로운 친환경 재료의 발굴과 재활용 기술의 고도화, 그리고 탄소저장포집(CCUS) 기술 등이 순환 경제의 한 축을 담당하는 것은 명확하나, 아울러서 순환 경제와 관련한 분석, 평가기술 및 정책과 제도에 기반한 근본적 시스템 개선의 노력이 국가적으로 매우 필요한 상황으로 인식되고 있다. 이에 건설순환자원의 환경 영향 평가, 순환성 평가, 친환경 설계, 순환건설자재의 디지털 정보화/관리 등과 관련한 기준 개발, 플랫폼 구축, DB 운영 등의 분야에 대한 연구 및 실용화가 새로운 도로 포장 분야에 필요한 중요한 업(業,

Task)이라 할 수 있다.

이상으로 순환경제의 건설분야 미치는 영향력 및 국제동향에 대한 소개를 간단히 끝내며 다음장에서는 본격적으로 전과정평가(LCA)의 기본 이론 및 고속도로분야 적용 필요성에 대해 언급하도록 하겠다. 

### 참고 문헌

- IEA, International Energy Agency, Energy Policy Review, 2020.
- Las Frenndelund, State of the Construction Product Regulations, Cobuilder, 2024.
- European Commission, COM(2020) 98, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and more Competitive Europe, 2020.
- European Commission, COM(2022) 144, Laying down harmonized conditions for the marketing of construction products, amending Regulation 2019/1020, 2022
- European Union, Regulations 2024/1781, Establishing a Framework for the Setting of Ecodesign Requirements for Sustainable Products, Amending Directive 2020/1828, 2024.
- USA Federal Government, Federal Sustainability Plan and Executive Order 14057, 2021.

Figure 2: EU의 건설부문의 Ecodesign, CPR과 건물 인증 체계 현황(Las Predenlund, 2024)

