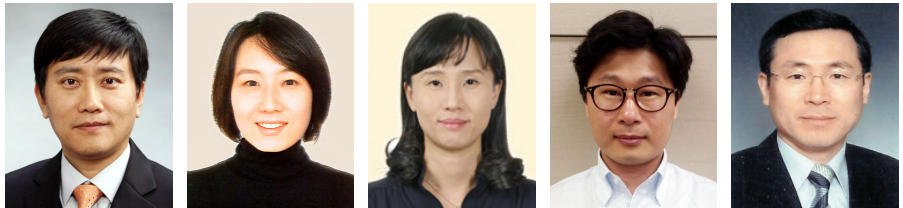


# 녹색도로기술 투자평가시스템 개발과 활용



백 종 대 | 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원  
 이 유 화 | 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원  
 허 혜 정 | 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원  
 이 근 희 | 한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원  
 노 관 섭 | 한국건설기술연구원 도로연구소 선임연구위원

## 1. 머리말

지구온난화와 그로 인한 기후변화 등의 문제 발생의 주요 원인인 온실가스를 줄이고 관리하기 위한 국제적인 노력이 계속되고 있다. 2012년 기준 OECD 회원국 중 온실가스 총배출량 6위를 차지할 정도로 심각한 수준의 온실가스 배출국인 우리나라도 이명박 정부 때부터 '저탄소 녹색성장'을 국가발전 기조로 하여 본격적인 국가 온실가스 저감 노력을 시작하였다. 현 정부도 최근 환경부 중심 관계부처 합동으로 Post-2020 대비 신기후 체제에 능동적으로 대처하고 저탄소 경제·사회구조를 이행하기 위한 장기 비전을 발표하였고, 한국형 기후변화 대응 실천방안을 마련하여 추진하고 있다. 국토교통부는 수송부문 온실가스 배출이 전체의 20%(도로부문만 전체의 16%)를 차지하고 있기에 2014년도 '지속가능 국가교통물류발전 시행계획'을 통해 2020년까지 교통물류부문의 온실가스를 BAU(Business As

Usual)대비 34.3% 감축한다는 목표를 세우고 이를 달성하기 위한 노력을 진행하고 있다. 국토교통부는 정부 기조에 맞추어 2011년 국토교통과학기술진흥원을 통해 건설기술혁신사업으로 '탄소중립형 도로 기술 개발' 연구단을 발족하여 도로의 건설과 관리, 운영 과정에서 배출되는 탄소의 양을 줄이고 효율적으로 관리하기 위한 대책을 마련하고자 하였으며, 2015년 3월에 과제가 완료되었다.

연구단은 '한국형 탄소중립형 녹색도로 구현'이라는 비전을 제시하고 이를 달성하기 위해 도로 제도 및 설계 기술(1세부)과 도로 재료 및 시공 기술(2세부) 개발 연구를 수행하였다. 1세부 연구의 일환으로 도로 생애주기 각 단계에서의 탄소배출량을 산정하고 관리하며 투자 효과를 평가할 수 있도록 하는 '녹색도로기술 투자평가시스템(Green highway-Technology Investment Evaluation System, G-TIES)'을 개발하였다. 본 글에서는 녹색도로기술 투자평가시스템의 개발 내용과 그 활용방안에 대해 기술하고자 한다.

## 2. 녹색도로기술 투자평가시스템(G-TIES)

### 2.1 G-TIES 개요

#### 2.1.1 정의

연구단에서는 G-TIES를 기후변화에 선제적으로 대응하고 도로의 지속가능성을 확보하기 위하여 도로 설계, 시공, 운영, 유지관리 단계에 사용되는 기술(일명 녹색도로기술)의 개발 투자와 사업화에 대한 의사결정을 지원하기 위하여 기존 기술 대비 탄소발생량, 에너지 사용량, 비용 변화량 등 정량적 효과와 기술·정책·경제적 타당성을 종합적으로 분석하는 시스템으로 정의하였다.

#### 2.1.2 개발 목표 및 특징

G-TIES는 일반 도로기술을 적용한 사업은 물론 탄소배출과 에너지소비를 저감시키는 신규 녹색도로 기술의 개발에 대한 정부의 투자결정을 지원하고, 관련 예산집행의 효율성과 투명성을 확보할 수 있도록 하는 것을 목표로 개발되었다.

본 시스템은 웹포털 형태로 개발되어 도로 설계, 시공, 운영, 유지관리 담당 정부부처 혹은 지자체 공무원은 물론, 새로운 녹색도로기술을 개발하고자 하는 개발자, 개발된 기술을 실용화하려는 사업자, 도로를 보다 친환경적으로 건설하고자 하는 건설사 등 도로 관계자들이 쉽게 시스템에 접속하여 사용할 수 있도록 하였다.

본 시스템에는 고속국도와 일반국도의 도로건설 분야 2,800개 이상의 공종에 대한 탄소 배출계수 포함 온실가스 국가인벤토리 DB와 평균 공사비 DB가 구축되어 있다. 이를 토대로 기술평가, 사업평가, 도로망평가 기능을 이용하여 도로 생애주기 탄소배출량(혹은 흡수량), 에너지소비량(혹은 생산량), LCC(Life Cycle Cost) 변화량(운영단계 제외)을 산출할 수 있으며, 신규 및 확장(개량) 도로사업의 설계내역서를 이용하여 연구단에서 자체적으로 정리한 표준공종체계를 기반으로 작업량(수량) 입력만으

로 탄소/에너지/비용의 변화량을 쉽게 산정할 수 있도록 개발되었다.



〈G-TIES의 웹포털 초기 화면〉

#### 2.1.3 구성

G-TIES는 녹색도로기술 개발과 도로 사업화에 대해 탄소, 에너지, 비용적 효과와 사업 적용결과 분석, 그리고 기술·정책·경제적 타당성을 분석하기 위해 내부적으로 탄소관리시스템, 에너지 분석시스템, LCC 분석시스템, 의사결정시스템, 상용화시스템으로 구성되어 있다.

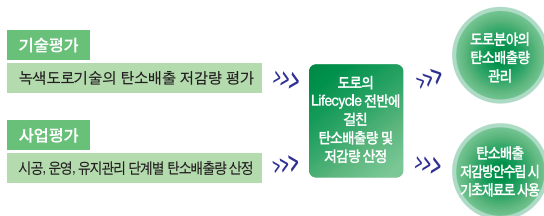


〈G-TIES의 구성〉

#### ■ 탄소관리시스템

탄소관리시스템은 도로 생애주기 단계별 탄소배출량을 산정하고 도로 사업의 녹색도로기술 적용에 따른 탄소배출 저감량(혹은 흡수량)을 산정하여 분석하는 시스템으로, 녹색도로 사업의 탄소배출량 산정

을 위해 표준화된 탄소배출량을 산정할 뿐 아니라 녹색도로기술 개발에 따른 탄소배출 저감량을 도로의 전과정 단계별로 산정, 비교 분석할 수 있게 하였다. 자재, 에너지원 및 장비별 탄소배출계수 외 도로연장당 탄소배출 원단위, 2,800여 개의 도로 유형별, 공종별 탄소배출 원단위가 구축되어 있으며, 이를 토대로 도로 설계내역서를 이용하여 4등급으로 구성된 표준공종체계별 작업량(수량)을 직접 입력하면 탄소배출량 산정이 가능하다.



〈탄소관리시스템의 기능〉

■ 에너지자원 분석시스템

이 시스템은 도로 생애주기 단계별 소모 또는 생산되는 에너지 총량을 산정하고 녹색도로기술 적용에 따른 에너지 저감량을 산출하여 분석하는 시스템으로, 도로 유형 및 공종별 에너지소비량 등의 정량적인 산정으로 현재 기술의 정확한 현황 파악 및 목표 설정을 가능하게 하며, 도로부문의 에너지소비량 산정을 통해 도로의 생애주기 단계별, 공사 및 공종별, 설계 대안별 비교 분석을 할 수 있게 하였다.

■ LCC 분석시스템

이 시스템은 녹색도로기술 개발 및 도로사업의 생애주기 단계별 발생하는 총 비용을 산출하고 녹색도로기술 적용에 따른 비용 변화를 산출하여 분석하는 시스템으로, 국내 최초로 기술개발의 생애주기를 고려한 평가용 비용변화 추정을 가능하게 하였다. 이 시스템을 통해 녹색도로기술의 연구개발 계획, 평가, 사업화 단계에 요구되는 비용을 산출하고 도로사업의 실제 적용에 대한 통행시간절감 편익과 같은

사회적 편익 등 효과를 분석할 수 있다. 특히 녹색도로기술 사업화 시 발생하는 시공, 유지관리 단계의 총 3,200여개 이상의 세부 공종별 비용 변화를 산출하고 도로 사업에 적용되고 있는 기존 상용 기술과 녹색도로기술 간의 대안 비교 분석을 수행할 수 있도록 개발하였다.



〈LCC 분석시스템의 기능〉

■ 의사결정시스템

이 시스템은 녹색도로기술의 개발과 적용 등 각각의 단계에 탄소배출량 및 에너지 사용량을 고려한 녹색성과 기술적, 정책적, 경제적 타당성을 분석하여 의사결정을 지원하는 시스템으로, 녹색도로기술 개발 단계의 기술·정책적 분석을 위한 AHP(Analytical Hierarchy Process) 분석과 개발기술의 원단위 비교를 통해 단위기술에 대한 기술 개발 타당성을 평가하고, 개발이 완료된 녹색도로기술을 특정 도로사업 설계에 적용할 경우의 경제성 분석을 실시하고 효과변화를 검토할 수 있게 개발하였다.

■ 상용화시스템

이 시스템은 G-TIES의 개별 분석시스템(탄소관리, 에너지자원 분석, LCC 분석, 의사결정 지원 시스템)간의 통합적이고 연계적인 구동을 위해 기초자료의 통합관리 및 이용자 동선의 최적화를 통한 편의성 극대화로 녹색도로기술 상용화를 촉진시키는 시스템으로, G-TIES 내부에서 이뤄지는 각 분석, 평

가 자료와 결과의 입력, 검색, 저장과 관리를 가능하게 하고 현재 범용적으로 상용화된 녹색도로기술 관련 정보에 대한 DB 관리와 제공을 가능하게 한다.

## 2.2 G-TIES의 분석 기능

G-TIES는 사용자가 분석, 평가하려는 대상에 따라 기술평가, 사업평가, 도로망평가 중 선택하여 분석할 수 있도록 개발되었다.



<G-TIES의 기능>

### ■ 기술평가

녹색도로기술 개발에 대한 사전 타당성 평가를 위한 틀로서, 새로운 녹색도로기술을 개발하려고 할 때 그 개발 효과에 대해 평가하는 기능과 개발된 기술을 도로 사업에 적용하려고 할 때 그 적용 효과를 평가하는 기능으로 구분된다. 기술 개발비용 산출, 기술·정책·경제적 타당성 분석, 도로 적용에 따른 탄소, 에너지, 비용 변화량 산출과 대안 기술간 비교 분석 등이 가능하다.

### ■ 사업평가

실제 도로 건설에 있어 적용하는 기술을 포함한 사업단위의 타당성 평가로서, 도로 사업에 대한 생애주기별, 공종별 탄소배출량, 에너지 소모량, 비용을 산정하고 여러 대안들에 대한 비교 분석을 실시할 수 있다. 사업평가는 평가의 시기와 분석 상세도에 따라 기본분석과 상세분석으로 구분하여 수행하도록 하였다.

- 기본분석 : 도로의 연장 등 기본적인 정보만으로 이미 구축된 원단위들을 이용하여 사업에 대한 개

략적인 분석을 수행할 수 있도록 하는 기능

- 상세분석 : 도로 사업에 대한 상세설계내역을 이용하여 설계, 운영, 유지관리 단계의 최하위 세부 공종(4등급)별로 분석함으로써 각 대안별로 탄소배출량/흡수량, 에너지소비량/생산량, 비용을 세밀하고 상세하게 분석하여 비교할 수 있도록 하는 기능

### ■ 도로망 평가

GIS 기반 도로망 DB를 활용하여 단위 노선이나 특정 행정구역 내의 도로 등 특정 도로망을 대상으로 탄소배출, 에너지 사용 및 비용적인 측면에서 그



<G-TIES의 구동 화면 예>

도로망의 지속가능성과 기술적용 타당성을 분석하는 것으로 사업평가의 기본분석 수준에서 평가할 수 있도록 하였다.

G-TIES의 각 개발 기능들이 설계안대로 구현되었는지를 검토하기 위해 기술평가 기능에 대해서는 연구단에서 개발한 다섯 가지 녹색도로기술들을 대상으로, 사업평가 기능에 대해서는 국도 36호선 충북 청주시 내덕동~청원 북일면 도로건설공사를 대상으로, 그리고 도로망 평가 기능에 대해서는 서울 지방국토관리청 관내 도로 45km를 대상으로 시스템을 사례 적용하였으며, 그 결과 모든 기능이 설계안대로 작동되는 것이 확인되었다.

### 3. G-TIES의 활용 및 기대효과

G-TIES는 녹색도로 건설을 위한 기술 개발 정책 및 특정 사업에 대한 기술 적용 평가가 가능하고 도로 건설 분야와 관련된 기술개발자, 설계 및 시공사 및 정부/지자체/공공기관에 신규 도로기술 개발과 도로 건설사업의 시행에 대한 의사결정 및 판단의 유용한 정보를 제공할 수 있도록 개발되었다.

G-TIES의 구체적 활용방안은 다음과 같다.

- 국가의 온실가스 감축량 목표 설정과 감축효과 평가에 활용
- 환경부 주관으로 시행되고 있는 탄소배출권 거래제 등 기업이 담당해야 하는 정책 대비 탄소관련 자료추정 틀로 활용
- 건설산업 내 도로분야의 탄소배출량 정량화를 위한 기초 DB로 활용
- 도로 신규 및 확장 사업에 대한 도로 지속가능성 기준 및 평가자료로 활용
- 기후변화 선제적 대응을 위해 G-TIES를 활용한 녹색도로기술의 기술평가, 사업평가 시행 유도
- 첨단 도로 건설기술 개발, 적용 이력 확보 및 체계적 관리시스템 운영 유지에 활용
- 건설산업 도로분야 탄소배출 Baseline 및 저감목

표 설정 시 시공 공종별 인벤토리 및 원단위 시스템으로 활용

- 기술 개발자(도로 사업 시행자)와 평가자, 의사결정자를 연결하는 통합 플랫폼으로 활용

G-TIES가 범용적으로 활용된다면 기술개발 및 상용화 단계의 투자 평가 시 기술개발자와 정부부처의 의사결정을 지원할 뿐 아니라 이를 통하여 개발자의 기술개발을 장려하고 촉진할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 도로 신설사업, 운영 및 관리 시에도 탄소배출량을 저감할 수 있는 대안을 선택하여 시행할 수 있도록 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

본 시스템을 통해 건설산업 온실가스 예상 감축량 산정이 가능해짐으로써 환경부 주관 탄소배출권거래제와 에너지목표관리제의 본격적인 확대에 부응할 수 있을 것이다. 더 나아가 향후 개발도상국 도로건설사업 진출 시 동반수출을 기대할 수 있다.

### 4. 맺음말

그동안 도로 분야와 환경에 관련한 연구에서 차량 운행에 따른 탄소배출량 산정 방법론과 저감 정책의 효과를 분석하는 방법론은 활발히 개발되어 왔으나, 도로 시설물 자체를 대상으로 하는 연구는 미진했었다. ‘탄소중립형 도로 기술개발’ 연구단을 통해 도로를 보다 기후변화에 대응하고 친환경적으로 건설하고 관리하기 위한 녹색도로기술과 그 기술이 적용되는 도로 건설 및 유지관리 사업에 대한 탄소배출 및 에너지 사용 등 녹색성과 기술·경제적 타당성을 정량화하여 분석 평가하는 방법론과 시스템(G-TIES)이 개발된 것은 참으로 시기적절하다 할 수 있다.

국토교통부 등 정부 부처나 지자체는 정책적으로 G-TIES를 활용한 녹색도로기술이나 도로 사업의 평가를 시행할 수 있으며, 도로 신규 건설이나 확장 및 개량, 유지관리 사업의 선정 및 관리 평가 기법으

로도 활용할 수 있다. 도로기술 개발자나 도로 설계 및 시공사들은 G-TIES를 활용하여 개발 기술과 도로사업 대안에 대해 효과 예측을 위한 사전 분석 및 평가를 실시할 수 있다. 본 연구단에서 개발한 현재의 G-TIES가 활용성이 충분히 있지만 이를 본격적으로 활용하기 위해서는 시스템 활용성, 원단위 신

뢰성, DB정밀성 등을 제고하기 위한 시스템 고도화 연구가 추가로 필요하다.

앞으로도 지구온난화에 대한 국제적인 대응 기류에 우리나라도 동참하는 것은 물론 국제 사회에서도 앞장서려는 노력들이 도로를 포함한 모든 분야에서 이루어지기를 희망한다.

## 회원가입안내

본 학회는 건설교통부장관의 설립허가(1999. 5. 29)를 받은 사단법인 한국도로학회입니다. 본 학회는 다음 사업내용으로 건설한 학회운영을 하고 있습니다. 여러분의 기술적 자질향상을 위해서 널리 회원을 모집하오니, 본 사업취지에 찬동하시는 개인이나 단체는 입회하시어 본 학회의 발전에 협조하여 주시기 바랍니다.

### 사업내용

- 도로공학에 관한 국내외 기술교류와 공동연구
- 도로공학에 관한 조사연구와 성과의 보급
- 도로공학에 관한 자문, 평가 및 교육
- 도로공학에 관한 시방과 기준의 연구
- 학회지 · 논문집 및 도서의 간행
- 학술발표회, 세미나의 개최
- 현장견학, 시찰 등의 실시
- 기타 학회의 목적에 필요한 사업

### 회원의 구분

- 정 회원 : 도로 및 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
- 학생회원 : 도로 및 포장공학과 관련이 있는 학과의 대학, 전문대학에 재학중인 학생
- 특별회원 : 본 학회의 목적사업에 찬동하는 단체
- 참여회원 : 학회 회장을 역임한 자
- 명예회원 : 대의원회에서 추대한 자

### 회 비

- 입 회 비 : 20,000원(정회원에 한함)
- 연 회 비 : ① 정 회 원 : 30,000원 / (종신회비 400,000원)  
 ② 학생회원 : 15,000원(대학 및 전문대학생에 한함)  
 ③ 특별회원 : 특급 : 100만원 이상, 1급 : 50만원 이상  
 2급 : 30만원 이상, 도서관회원 : 10만원

**입회신청** 회원이 되고자 하는 개인이나 단체는 소정의 입회원서와 입회비 및 연회비를 납부하시기 바라며, 자세한 사항은 학회사무국에 문의하시기 바랍니다.

**회비납부**(가입회원명으로 입금) 한국씨티은행 : 102-53510-243 (사)한국도로학회

사무국 : 우)04195 서울시 마포구 만리재로 14(공덕동) 르네상스타워 1410호

전화 : 02-3727-1992~3 전송 : 02-3272-1994

E-mail : ksre1999@hanmail.net <http://www.ksre.or.kr>

사단법인 **한국도로학회**