

# 고속도로 교량의 저탄소 건설기술 적용 방안

## Application plan of low-carbon construction technology for highway bridges



**최진웅 Jinwoong Choi**  
한국도로공사  
도로교통연구원 수석연구원  
E-mail : jchoi@ex.co.kr



**강상규 Sang-Gyu Kang**  
한국도로공사  
도로교통연구원 수석연구원  
E-mail : kevin@ex.co.kr



**김유복 Yoo-Bok Kim**  
한국도로공사  
R&D본부 본부장  
E-mail : kyb4054@ex.co.kr

### 1. 머리말

2022년 1월 기준 현재, 고속도로에는 9,552개소의 교량이 공용 중이며 교량 연장은 약 1,220km로 전체 고속도로 연장 약 4,800km의 약 25%를 차지하고 있다. 향후 공용년수 증가로 인한 기존 교량의 교체 수요와 제2차 국가도로망 종합계획('21~'30, 2021.9)과 1,120km에 이르는 제2차 고속도로 건설계획('21~'25, 2022.1)에 따른 교량 신설 등으로 신규 교량 건설이 증가할 것으로 예상된다. 고속도로 건설에서 토공구간, 터널구간 및 교량구간으로 구분하여 탄소배출량을 분석한 연구결과에 따르면 교량구간의 탄소배출량은 전체 고속도로 탄소배출량의 약 40%로 고속도로 건설에서 발생하는 탄소배출량 가운데 교량구간이 차지하는 비중이 가장 큰 것으로 나타났으며<sup>[1]</sup>, 고속도로 저탄소 건설 실현을 위해서는 교량 건설단계에서 탄소배출량 저감을 위한 노력이 필요할 것이다.

한편, 세계적인 탄소중립 정책에 발맞추어 정부에서는 2009년 온실가스 감축목표 수립을 시작으로 2020년 12월 '2050 탄소중립' 정책을 수립하고, 탄소중립을 위한 10대 핵심기술을 선정하였다. 고속도로 건설 분야는 탄소중립 10대 핵심기술 가운데 산업 저탄소화 부문의 철강·시멘트 분야와 밀접한 관련이 있으며, 탄소중립에 기여하기 위하여 다양한 노력을 기울이고 있다. 이러한 정부 정책에 부응하고 저탄소 건설 실현을 위하여 한국도로공사에서는 탄소배출량이 적은 저탄소 신소재 개발 및 적용 등을 포함한 EX탄소중립 추진전략을 수립 중에 있다.

본 특집기사에서는 한국도로공사의 EX탄소중립 추진전략(안)과 전략방향 가운데 저탄소 건설과 관련된 내용을 간략하게 소개하고 건설단계에서 가장 많은 탄소배출량을 차지하는 교량의 저탄소 건설 실현을 위한 저탄소 건설기술 적용 방안을 서술하였다.

## 2. 한국도로공사 EX탄소중립 추진전략(안)

2021년 10월 ‘2030 국가 온실가스 감축목표’와 ‘2050 탄소중립 시나리오’ 확정에 따라 한국전력공사, 한국수자원공사 등 에너지기업 위주로 탄소중립전략이 선포된 바 있으며, 해외 도로관련 기관의 경우, [표 1]과 같이 도로건설과 운영 전반에 걸친 감축목표를 수립하여 추진하고 있다. 한국도로공사에서는 2021년 6월부터 정부정책 부응과 탄소중립 고속도로 달성을 위하여 해외 도로관련 기관 사례와 같이 고속도로 운영과 관련된 필수 감축과 건설, 유지보수 등을 포함한 사회적 감축으로 구분하여 ‘2050 EX탄소중립 추진전략(안)’을 수립 중에 있다.

‘2050 EX탄소중립 추진전략(안)’의 전략방향과 전략과제는 <그림 1>과 같으며, 저탄소 건설은 사회적 감축의 큰 축으로 전략과제로는 저탄소 신소재 개발, 저탄소 공법 개발·확산 및 순환형 건설자재 확대를 포함하고 있다.

EX탄소중립 추진전략(안)의 ‘저탄소 건설’ 관련 전략과제 가운데 첫 번째 ‘저탄소 신소재 개발’은 (1) 중온 아스팔트 포장 적용 확대, (2) 고로슬래그 미분말로 시멘트를 대체한 저탄소 콘크리트 적용 확대, (3) 유리섬유강화복합체(GFRP)

2050 EX탄소중립 추진(안)				
전략 방향	필수 감축		사회적 감축	
	지속가능 고속도로	탄소중립 경영	국민체감 탄소감축	저탄소 건설
전략 과제	신재생 자가발전	RE 100	스마트 주행관리	저탄소 신소재 개발
	고효율 도로관리	탄소중립 숲	미래 모빌리티(C-ITS) 인프라 구축	저탄소 공법개발·확산
	그린 리모델링	도공형 EV 100	CCUS 활용	순환형 건설자재 확대

그림 1. 한국도로공사 2050 EX탄소중립 추진전략(안)과 전략과제

등 저탄소 고내구성 신소재로 철근 대체의 총 세 가지 세부항목으로 구분되며, 이를 통하여 2050년 기준 탄소배출량 2.8만 톤 감축이 가능할 것으로 예상된다. 두 번째 전략과제인 ‘저탄소 공법 개발·확산’의 세부항목은 (1) 복합포장 적용으로 재포장 주기 연장, (2) 저탄소건설 확산을 위한 평가체계 도입으로 구분된다. 마지막 전략과제인 ‘순환형 건설자재 확대’에는 순환아스콘 적용 비율 확대와 재활용 건설자재 다양화가 세부항목으로 포함되며, 탄소배출량 예상 감축량은 2050년 기준 0.5만 톤이다. ‘저탄소 건설’과 관련된 각 전략과제별 세부항목을 [표 2]에 정리하였다.

[표 1] 해외 도로관련 기관 탄소중립 추진현황

구 분		추진 전략
영 국	국영도로관리국	· 2050년 탄소중립 달성 · '30년 기업부문, '40년 도로건설 부문, '50년 차량 배출감축
독 일	국영도로관리기관	· 도로건설 BIM활용 건설과정 효율화 및 지능화고속도로 추진
프랑스	민간 도로기업	· 2030년 탄소배출량 50% 감축 · 기후변화 대응, 순환경제 촉진, 자연보호 부문 세분화전략 추진
미 국	미연방도로청	· 도로 설계, 건설, 유지관리, 운영, 휴게소 등 사업별 저탄소화 추진 (14년 이전 선연내용으로 이후 추가 발전사항 미확인됨)

[표 2] 사회적 감축 - 저탄소 건설 관련 전략과제 및 세부항목

구 분		추진 전략
저탄소 건설	저탄소 신소재 개발	· (아스팔트) 온실가스 배출 35% 감축 가능한 저탄소 중온 아스팔트 포장 확대 · (콘크리트) 시멘트 50%를 고로슬래그 미분말로 대체한 저탄소 콘크리트 확대 적용 · (철근) 기존 철근을 GFRP로 대체하는 등 저탄소·고내구성 신소재 개발 지원
	저탄소 공법 개발·확산	· (장수명 복합포장) 고속도로 포장 장수명화(20년→30년)로 탄소배출량 저감 · (저탄소 건설 확산) 저탄소 건설 참여·확산(PQ가점 및 평가·지원체계)
	순환형 건설자재 확대	· (자원 순환) 순환아스콘 적용 비율 점진 확대 및 재활용 건설자재 다양화

EX탄소중립 추진전략(안)에는 전략과제 이외에 (1) 건설 장비 조합 및 경로 최적화 등을 통한 탄소배출량 감축을 위한 BIM 등의 스마트건설기술, (2) 건설현장 장비사용 최소화 및 공장제작 시 탄소포집 등 건설과정의 모듈화 및 프리랩 기술, (3) 주행 차량을 이용한 압전소자 전력 자가발전 기술, 총 세 가지 장기 기술개발이 필요한 항목들이 포함되어 있다.

한국도로공사의 2020년 기준 필수 감축 부문과 사회적 감축 부문의 탄소배출량은 각각 약 27만 tCO<sub>2</sub>-eq./년 및 69만 tCO<sub>2</sub>-eq./년이며, 2050 EX탄소중립 추진전략(안)의 필수 감축 부문의 목표는 2045년까지 탄소중립 달성, 사회적 감축 부문의 목표는 단기(~'30) 30%, 장기(~'50) 50%로 설정하고 있으며, 전략과제 이행과 추가적인 탄소배출량 감축 방안 도출을 통하여 정부정책 부응과 실질적인 탄소중립 실현을 위하여 지속적으로 노력하고 있다.

### 3. 교량의 저탄소 건설기술 적용 방안

#### 3.1 교량건설 시 탄소배출량

교량 건설 시 발생하는 탄소배출량은 투입되는 자재와 장비로 크게 구분할 수 있으며, 교량의 형식에 따라 차이가 있을

수 있으나, 교량 건설로 인한 탄소배출량의 90% 이상이 투입되는 자재로 인하여 발생한다. 특히 고속도로에서 교량 가운데 가장 많은 비중을 차지하고 있는 PSCI 상부구조 형식의 경우, 2013년 연구결과에 따르면, 사용되는 콘크리트와 강재로 인한 탄소배출량은 각각 약 84%, 약 11%이며, 건설장비 운용에 투입되는 경우로 인한 탄소배출량은 전체의 약 1%를 차지하는 것으로 나타났다<sup>[2]</sup>. 또한 PSCI 상부구조 공종별 탄소배출량은 콘크리트 타설 및 양생과 철근가공 및 조립, 강연선 설치 및 인장 공종에서 전체 탄소배출량의 약 84%를 차지하며, 운반 및 시공 공종은 전체 탄소배출량의 1.5% 미만인 것으로 나타났다.

한편, 한국환경산업기술원의 2021년 환경성적표지 평가계수에서 제시하고 있으며, 교량 건설에서 가장 많이 사용되는 재료와 장비 사용에 따른 탄소배출량 산정을 위한 탄소배출량 평가계수는 <그림 2>와 같다.

탄소배출량 평가계수의 의미는 투입자재량에 따른 탄소배출량으로 시멘트 1ton 사용시 약 1ton의 탄소가 배출되는 것을 의미하며, <그림 2>에 정리한 바와 같이 시멘트와 강재의 탄소배출량 평가계수가 높은 것을 알 수 있다.

이와 같이 교량 건설 시 투입자재의 최소화 또는 탄소배출량이 적은 재료를 사용함으로써 탄소배출량을 줄일 수 있을 것이다.

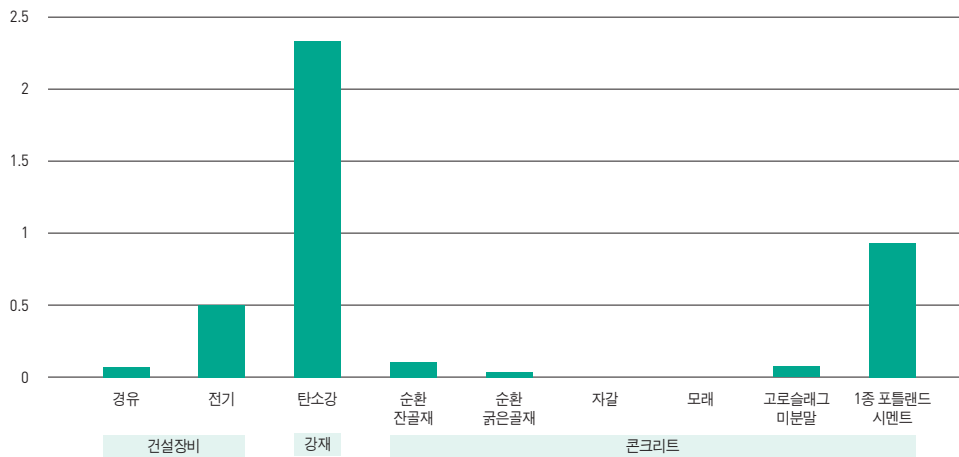


그림 2. 교량 건설 관련 탄소배출량 평가계수(단위: tCO<sub>2</sub>-eq.)<sup>[3]</sup>

### 3.2 저탄소 건설기술 적용 방안 1; 전통적 사용재료의 저탄소 신소재 대체

한국도로공사에서는 건설단계에서 발생하는 탄소배출량을 감축하기 위하여 저탄소 신소재의 개발 및 적용을 추진중에 있으며, 교량 건설 단계에서 가장 많이 투입되는 재료인 콘크리트와 철근을 대체하기 위한 방안을 소개하고자 한다.

#### 3.2.1 저탄소 콘크리트

한국도로공사는 기존 콘크리트의 시멘트량 50%를 고로슬래그 미분말로 대체한 저탄소 콘크리트 표준배합 2종(일반 및 기계타설 구조물용 35MPa 콘크리트)을 개발하여 '고속도로 건설재료 품질기준'에 반영('21.12)하였으며, 압축강도 30MPa 및 40MPa 콘크리트 표준배합 추가개발 및 품질기준 반영으로 고속도로 건설에 저탄소 콘크리트를 확대적용할 계획이다.

저탄소 콘크리트는 시험시공 및 추적조사를 통하여 시공성과 공용성을 확인함으로써 기술의 신뢰도를 향상시켰으며, 약 6년간의 장기시험으로 기존 콘크리트 대비 내구성능이 3~4배 이상 우수함을 검증하였다. 특히 기존 시멘트 대비 약 7% 수준의 탄소배출량을 갖는 고로슬래그 미분말로 시멘트 50%를 대체함으로써 콘크리트 사용량에 따른 탄소배출량을 약 50% 감축할 수 있으며, 한국도로공사의 '21년 시멘트 소비량 93만 톤을 기준으로 구조물공이 약 60%를 차지하는 것으로 가정하였을 경우 저탄소 콘크리트 적용으로 약 45억원/년 재료비 절감이 가능할 것으로 예상된다.

#### 3.2.2 유리섬유강화복합체(GFRP) 보강근(이하, GFRP 보강근)

유리섬유강화복합체(GFRP)는 철근과 비교하여 강도는 약 2배, 무게는 약 0.25배이며, 고내부식성, 운반과 시공의 용이함 등으로 1990년대부터 선진국을 중심으로 사용되기 시작하여 현재는 다양한 산업분야에서 사용되고 있으며, 건설분야에서도 GFRP가 철근을 대체할 수 있는 재료로 관심이 높아지고 있다.

GFRP의 탄소배출량은 철근 대비 약 39% 수준이며, 철근보다 가볍기 때문에 운반비 및 장비사용 시 발생하는 탄소배출량 감축 효과와 고내부식성에 따른 생애주기비용 절감 효과도 기대할 수 있다. 최근에는 국내기업에서 펠트병을 원재료로 GFRP 생산 기술을 개발하여 가격 경쟁력과 펠트병 재활용에 따른 자원 순환을 향상으로 환경 친화적인 재료로 대두되고 있으며, 한국도로공사에서는 기존 철근의 GFRP 보강근 대체를 위하여 2021년 교량 바닥판 철근 일부를 대체하는 등 시범사업을 추진한 바 있다.

교량 바닥판 철근 일부를 GFRP로 대체하는 시범적용 결과, 생산성 측면에서 작업 소요일수 및 작업 투입인원은 기존 대비 약 60% 수준으로 공기단축 및 효율성이 높아지고, 이로 인한 1일 작업 물량 및 1인당 작업량도 약 1.6배 이상 향상된 것으로 분석되었다. 그러나 시공성 측면에서는 GFRP 보강근 운반 및 작업시 GFRP 보강근에서 비산되는 미세 유리섬유 분진으로 인한 근로자 피부발진 및 통증 등 근로자 보건 및 안전 문제, 흄에 대한 큰 변형 발생으로 인한 철근 조립의 문제, GFRP 특성으로 인한 절곡과 절단 등 현장가공의 어려움 및



그림 3. 교량 바닥판 GFRP 시범적용(예)

용접이 불가능하여 별도 고정방안이 필요한 점 등 다양한 문제점이 도출되었다.

시범적용 결과와 같이, GFRP 보강근으로 철근을 대체한다면 생산성 향상과 탄소배출량 감축 효과에 기여할 것은 분명하지만, 확인된 문제를 해결하기 위한 방안이 필요할 것으로 판단된다.

### 3.3 저탄소 건설기술 적용 방안 2; 사전제작 부재 활용 조립식 건설기술

#### 3.3.1 조립식 건설기술

조립식 건설기술은 공장 등 제어가 가능한 환경조건에서 부재를 사전제작하고 이후 운반 및 조립시공을 통하여 대상 구조물을 완성하는 건설기술이며, 프리캐스트 및 모듈러 기술 등이 포함된다. 조립식 건설기술은 디지털화 및 자동화와 함께 현장 작업을 최소화하는 기술을 의미하는 포괄적 의미의 탈현장 건설(Off-Site Construction)에 포함되는 핵심적

인 기술이다.

조립식 건설기술은 현장작업 최소화로 최대 40% 수준의 투입인력과 공기단축을 통해 생산성 향상과 작업환경 개선으로 안전사고 예방 및 공장제작으로 인한 고품질화가 가능하여 상대적으로 부재의 크기가 작은 부재단위로 적용되고 있으며, 최근에는 환경적 측면과 안전사고 예방 효과로 인하여 적용이 확대되고 있다.

국내에서는 1990년대 중반부터 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 시작으로 본격적인 조립식 교량 건설 기술 연구가 진행되었으며, 조립식 교량 관련 국가 R&D로는 모듈러 교량 연구단('10~'15), ICT 교량 연구단('13~'18)이 대표적이며, 최근에도 국가 R&D인 스마트건설기술개발사업에서 조립식 교량 건설 기술이 연구되고 있다.

정부에서는 건설산업이 당면한 다양한 문제해결과 생산성 향상을 위한 방안으로 조립식 건설기술 개발 및 활성화 정책을 발표하였으며, 2016년 이후 발표된 조립식 건설기술 관련 정책 내용을 [표 3]에 정리하였다.

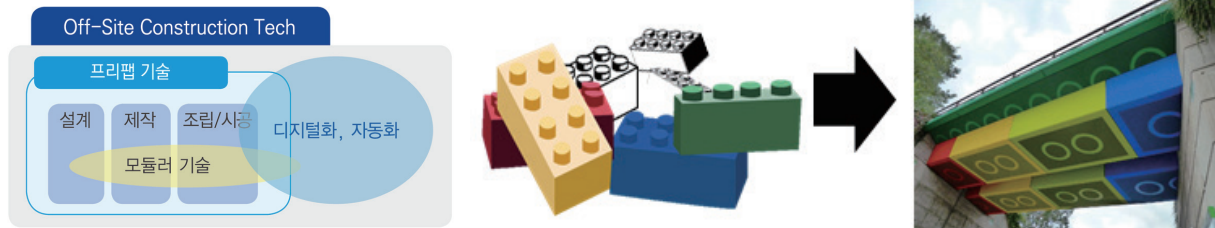


그림 4. 조립식 건설기술 분류(왼쪽)와 조립식 건설기술 예시(오른쪽)

[표 3] 조립식 건설기술 관련 국내 주요 정책 현황

정부정책	주요내용	비고
[2016.08] 제1차 국토도로운용계획	미래도로 관련 트랜스로드(TransRoad) 7대 비전 - 레고와 같이 조립식으로 설치·시공되는 도로 설계·시공 방법을 의미하는 “조립식 도로” 포함	
[2017.12] 제6차 건설기술진흥기본계획(2018~2022)	Smart Construction 2025 비전 발표 - 주요 전략의 “스마트 건설자동화” 세부기술로 “건설부재의 모듈화” 포함	
[2018.04] 스마트 건설자동화 시범사업 추진계획 알림	공공기관 주도의 ‘조립식 모듈러 교량 기술’ 등 시범사업 시행	국토부 기술정책과-3713
[2018.10] 스마트 건설기술 로드맵	“모듈화 또는 프리캐스트 방식에 의한 시공 기술” 포함	
[2019.10] 도로 기술개발 전략안	4차 산업기술이 접목된 미래 도로상 구현을 위한 핵심기술로 “도로의 조립식 건설” 포함	



그러나 토목분야, 특히 교량 분야에서는 부재의 비정형성으로 인한 생산체계의 제약, 부재의 크기와 중량으로 인한 운반의 한계 및 조립시공 시 제어의 어려움 등으로 바닥판 부재 등에 제한적으로 적용되고 있다.

### 3.3.2 단면최적화를 통한 탄소배출량 저감 효과

교량 건설 단계에서 탄소배출량을 줄이기 방법은 교량을 구성하는 부재의 최적화로 사용하는 재료(철근과 콘크리트)를 최소화하는 방법과 기존의 재료를 탄소배출량이 상대적으로 적은 재료로 대체하는 방법으로 크게 구분할 수 있다.

지금까지의 조립식 교량을 포함하는 대부분의 신형식 교량은 대부분 단면최적화를 통하여 사용되는 재료를 최소화함으로써 건설단계에서 발생하는 탄소배출량의 감축 효과를 보여 주었으며, 모듈러교량 연구단의 연구 결과, 교량의 상부구조 건설 시 발생하는 탄소배출량은 사용되는 콘크리트의 배합비에 따라 달라질 수 있으나 재료와 장비로 구분할 경우 약 99%가 재료에서 탄소가 배출되며, 운반 등 건설장비 사용의 증가로 탄소배출량은 기존대비 약 3배 정도 증가하는 것으로 나타났다. 실제 운반 및 가설 시 사용되는 건설장비에서의 탄소배출량 비중이 작기 때문에 [표 4]와 같이 단면최적화로 인한 탄소배출량은 약 50% 절감할 수 있는 것으로 분석하였다<sup>3,4)</sup>.

그러나 교량을 구성하는 주요 부재의 최적화로 인하여 예상하지 못했던 구조적 문제, 내구성 문제 등 공용 중 유지관리 단계에서의 다양한 문제가 발생되고 있으며, 단면최적화에 대한 우려의 목소리가 커지고 있다. 따라서 설계수명이 100년인 교량의 유지관리를 위해서는 탄소배출량 감축을 위해 단면최적화보다는 콘크리트와 철근 등 기존 재료를 저탄소 신소재로 대체하는 방안이 적합하다고 판단된다.

### 3.4 조립식 교량+저탄소 신소재 = 탄소배출량 감축효과 극대화

한국도로공사의 'EX탄소중립 추진전략(안)'에는 기존 콘크리트와 철근을 저탄소 신소재로 대체하는 항목과 장기과제로서 조립식 건설기술이 포함되어 있으며, 3.2절에서 서술한 바와 같이 기존 재료의 대체는 품질관리 문제, 시공성과 근로자 안전문제 등이 확인되어 이를 해결할 수 있는 방안이 필요하다. 또한 기존 단면최적화를 통한 탄소배출량 감축 노력은 예상치 못했던 구조적 문제와 내구성 문제도 해결해야 할 과제로 남아있다.

이러한 문제를 해결하고 탄소배출량 감축 효과를 극대화할 수 있는 방안으로 조립식 교량과 저탄소 신소재 적용을 융합하는 방안을 다음과 같이 제안하였다.

#### [조립식 교량 + 저탄소 신소재 융합]

- ① 조립식 교량 → 모듈화된 표준부재 활용, 단면최적화를 지양하고 설계비용 절감
- ② 저탄소 콘크리트 → 공장제작으로 품질관리 용이, 초기 강도 발현 문제 해결
- ③ GFRP 철근 대체 → 제어 가능한 환경의 공장제작, GFRP 시공성 개선, 근로자 안전문제 해결

PSCI 상부구조의 모든 콘크리트에는 저탄소 콘크리트를 적용하고 철근의 30%를 GFRP로 대체하는 것으로 가정하여 기존 연구결과를 바탕으로 검토한 결과, 기존 건설방법으로 시공한 경우 약 44%, 조립식 교량으로 시공한 경우 약 40% 감축되는 것으로 나타났으며, 기존 건설방법이 탄소배출량 감

[표 4] 조립식 교량 상부구조와 기존 교량 상부구조 탄소배출량 비교<sup>3,4)</sup>

	Modular bridge(30m Bulb-T)		A bridge(20m PSCI)		B bridge(35m PSCI)	
	CO <sub>2</sub> -Emission	%	CO <sub>2</sub> -Emission	%	CO <sub>2</sub> -Emission	%
Material	81.27	93.36	197.73	99.05	174.58	99.26
Equipment	5.99	6.64	1.9	0.95	1.3	0.74
Total	87.26	100	199.63	100	175.91	100
Ratio	-	100	-	228.78	-	201.59

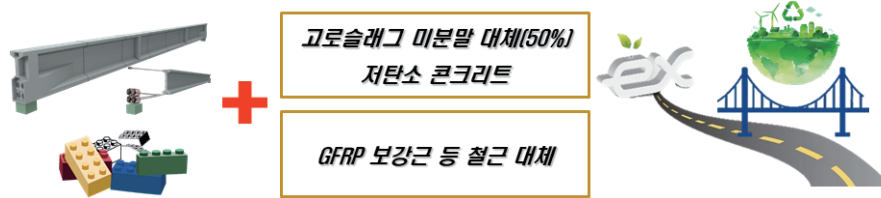


그림 5. 조립식 교량과 저탄소 신소재 대체를 통한 탄소배출량 극대화 방안

축효과가 우수한 것으로 나타난 이유는 운반과 장비사용에 따른 경유사용량 증가로 인한 것으로 분석되었다. 그러나 조립식 교량 적용으로 부재의 공장제작 시에는 부재 제작에 필요한 거푸집의 반복사용과 공장 내에서 발생하는 탄소의 포집을 통하여 추가적인 탄소배출량 감축효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 제안된 방법은 기존 재료의 저탄소 신소재 대체로 인한 시공성, 품질관리 및 근로자 안전문제 등을 해결할 수 있는 합리적인 방안이라고 판단된다.

#### 4. 맺음말

지구 온난화에 대응하기 위한 국제사회의 탄소중립 정책 강화에 발맞추어 우리나라도 2050 탄소중립을 국가비전으로 명시하는 ‘탄소중립·녹색성장 기본법(’21.9)’을 제정하였다. 우리나라의 탄소중립 정책은 2030년까지 국가 온실가스 감축 목표를 종전 35% 감축에서 40% 감축으로 상향하고, 2050년까지 국내 순배출량 제로, 탄소중립을 목표로 하고 있다. 이에 따라 한국도로공사에서도 ‘2050 EX탄소중립 추진전략(안)’을 수립 중에 있으며, 전략방향 중 하나인 저탄소 건설은 고속도로의 건설과 유지관리를 수행하는 기관으로서의 역할과 부합하는 핵심적인 탄소배출량 감축 전략이라고 할 수 있다. 특히 고속도로 건설단계에서의 탄소배출량 40%가 교량 구간에서 발생되는 만큼 교량 건설 시 저탄소 건설기술을 적용하여 탄소배출량을 감축할 필요가 있다. 고속도로 교량의 저탄소 건설을 실현하기 위하여 ‘EX탄소중립 추진전략(안)’에는 저탄소 콘크리트 및 철근 대체재료(GFRP) 등 저탄소 신

소재의 적용과 장기 기술개발 과제로 조립식 건설기술이 포함되어 있으나, 현재까지는 각각 추진되고 있다.

그러나 저탄소 신소재의 시범적용을 통하여 도출된 품질관리와 시공성 문제, 교량의 단면최적화로 인한 공용 중 내구성 및 구조적 문제 등이 확인되었다. 이러한 문제점들은 저탄소 신소재와 조립식 건설기술의 융합으로 해결이 가능할 것이며, 탄소배출량 감축효과와 함께 생산성을 향상시킬 수 있는 방안이라고 판단된다.

기존 재료를 저탄소 신소재로 대체하여 발생하는 시공성, 품질관리, 근로자 안전·보건 관련 문제점은 제어가 가능한 환경에서의 제작(공장제작)을 통하여 해결할 수 있으며, 조립식 건설기술 가운데 표준모듈을 활용한 모듈화 기술을 교량분야에 적용한다면 단면최적화로 인하여 공용 중 발생하는 문제를 해결할 수 있을 것이다. 또한 공장제작 시 탄소포집 기술의 적용과 거푸집 등의 반복사용은 탄소배출량 감축 효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. 권인호, 김건호, 조우형, 박광호, 황용우 (2015), “도로시설물의 전과정 탄소배출량 산정을 위한 시공단계 탄소배출원단위 구축”, 대한환경공학회 논문집, 37(2), pp. 107-112.
2. 김상훈 (2013), “모듈러 거더 교량의 CO<sub>2</sub> 배출량 비교 평가”, 성균관대학교 석사논문
3. 한국환경산업기술원 (2021), “환경성적표지 평가계수”, <http://edp.or.kr>
4. 국토교통부-국토교통과학기술진흥원 (2016), “직선교량의 공사기간 단축을 위한 표준모듈 활용 조립식 교량 기술개발”, 최종보고서

담당 편집위원 : 김홍삼(한국도로공사 도로교통연구원)