

2023 한국도로학회

봄학술대회

발표논문 초록집

일시 _ 2023년 3월 10일(금) 10:00~17:00

장소 _ aT센터

주최 _  사단
법인 한국도로학회

후원 _  국토교통부  한국도로공사  KICT 한국건설기술연구원

2023 한국도로학회 봄학술대회 초록집

학술위원회

구분	성명	소속	담당 분야
학술위원장	최준성	인덕대학교	총괄
학술부회장	박대욱	군산대학교	국내학술, SCOPUS
학술이사	김동준	DL건설	국내학술
	최유승	윤성산업개발	국내학술
분과위원장	김영민	한국건설기술연구원	아스팔트포장
	홍승호	한국도로공사	시멘트포장
	곽창원	인하공업전문대학교	도로기초
	김현욱	아이리스테크놀로지	유지보수/재활용
	김태길	진우엔지니어링	도로설계
	백승걸	한국도로공사	북한도로
	최연우	서울시 서부사업소	도로정책
	방수혁	한국교통연구원	도시부도로
	정영제	서울기술연구원	도로운영
	채찬들	한국교통연구원	미래도로
	박준영	한양대학교	도로환경 및 안전
	함승희	서울시립대학교	도로방재
	강동구	삼안	도로문화
	이상혁	한국건설기술연구원	자산관리
	박현진	한국도로공사	도로안전자행태
	박원	세일매트릭스	FWD
	강영민	우진기술단	도로VE
	김호정	국토연구원	도로융복합
	이동민	서울시립대학교	지하도로/터널교통관리
	오한진	서울기술연구원	프리캐스트포장
이수범	서울시립대학교	도로리모델링	
서정우	군산대학교	학생분과위원장	

SESSION 1 | 아스팔트포장

1-1	도시 도로의 먼지 억제제 사용에 따른 도로 먼지부하량과 재비산먼지 농도 변화 홍성진 · 조정연 · 류호준 · 이민철 · 김인태	3
1-2	블랙 아이스 예측 모델 개발 및 환경 조건이 블랙 아이스 생성에 미치는 영향 평가 서정우 · Tam Minh Phan · Debby Marcelia Andryanti · 박대욱	4
1-3	골재 탈리 및 블리딩 성능에 근거한 칩실 배합설계 평가 Tam Minh Phan · Phat Tien Nguyen · 박대욱 · 김제원	5
1-4	콘크리트 혼합물 품질관리 시제품 개발을 위한 유변학적 특성 연구 김범희 · 송창석 · 최승학 · 윤경구	6
1-5	아스팔트 혼합물 생산온도 저감을 위한 탄소저감형 아스팔트 첨가제 개발에 관한 기초 연구 김병준 · 임희섭	7
1-6	드론 및 딥러닝 기술 기반 시스템을 이용한 도로 균열 탐지모델에 관한 연구 가현길 · 신희재 · 문성호	8
1-7	열화상카메라를 이용한 아스팔트 콘크리트포장 시공 온도 품질관리 송동석 · 정도영 · 김준호 · 이상영	9

SESSION 2 | 시멘트포장

2-1	CRCP 철근 대체재 연구를 위한 GFRP 보강근의 부착특성 장태진 · 류성우 · 김승원 · 박철우	13
2-2	TiO ₂ 혼입률 5% 및 실리카흄 혼입률에 따른 다공성 콘크리트의 질소산화물(NOx) 제거 효과 김기현 · 김동우 · 김승원 · 박철우	14
2-3	Test-bed 적용을 통한 가압 침투식 TiO ₂ 고정화 콘크리트의 NOx 제거효율 평가 김광현 · 안희락 · 김영규 · 이승우	15
2-4	IoT와 이미지분석 기술 기반 콘크리트 포장 양생제 살포상태 모니터링 시스템 현장적용성 평가 이강인 · 백순호 · 김성민	16
2-5	노후 JCP의 역학적 성능을 고려한 콘크리트 덧씌우기 설계 카탈로그 개발 이정민 · 이재훈 · 이종윤 · 박해원 · 정진훈	17
2-6	IoT 기반 시멘트 콘크리트 포장 공기량 품질관리를 통한 내구성지수 향상 이창원 · 최문규 · 이대식 · 김상우 · 정진훈	18
2-7	국내 기상조건과 재료적 특징을 고려한 콘크리트 팽창량에 대한 지역별 팽창줄눈 간격에 관한 연구 김유경 · 김병준 · 이재훈 · 이재훈 · 정진훈	19

SESSION 3 | 교통 및 안전

3-1	자율주행자동차 연속류도로 혼입 시 본선-연결로 엇갈림구간 용량분석방안 정립 연구 백성채 · 신예은 · 유한솔 · 박제진	23
3-2	스마트교차로 실시간 수집정보 딥러닝 기반 교통신호운영 설계방법 연구 오상태 · 김진태	24
3-3	단기 신호 분배를 고려한 교통신호 전이 기법 개발 조용빈 · 김진태	25

3-4 드론을 활용한 인파밀집 분석에 관한 연구 장원석 · 오민종 · 윤소정 · 박제진 26

3-5 Full-Bayes Before and After 분석 기법을 통한 화물차 휴게시간 개정 전후 안전 성능 평가
..... 이성준 · 박누리 · 박준영 27

3-6 화물차 사고특성을 고려한 고속도로 안전성능함수 개발 성예지 · 박동혁 · 박준영 28

3-7 CFD 시뮬레이션을 통한 중·소형 위험물질 운송차량 사고 발생에 따른 피해 규모 분석에 관한 연구
..... 이창준 · 고동영 · 문세범 · 박승희 29

3-8 삼각교통섬 설치 여부별 사고 모형 개발 기한솔 · 김응철 30

3-9 주차 공간 표준화를 위한 Micromobility(e-스쿠터, 자전거)의 주차 특성 비교
..... 김지원 · 박유섭 · 진가영 · 구건형 · 오홍운 31

포스터 SESSION

p-1 공간분석 기법을 활용한 공유 서비스형 전동킥보드 대여소 입지선정 연구 전재현 · 이상권 · 이대규 · 오주택 35

p-2 자율주행자동차의 시판단계 등급화를 위한 위험상황 시나리오 및 평가지표 선정 연구
..... 오민종 · 진은주 · 김종민 · 박제진 36

p-3 도로터널 화재에 따른 고온 노출 철근의 인장특성 분석 하동수 · 심재원 · 김승원 · 박철우 37

p-4 친환경 도로 먼지부하량 제거차량의 투수블록 포장도로 청소 효과 분석 조정연 · 류호준 · 연구민 · 김인태 38

p-5 도로 노면 결빙에 영향을 미치는 환경인자 분석 김효원 · 이재훈 · 이정민 · 권희원 · 이종윤 · 정진훈 39

p-6 건식 슛크리트 재료 변경에 따른 교량 단면보수 시공에 대한 영향 이준모 · 최승학 · 하태호 · 윤경구 40

p-7 중앙버스정류장 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장의 초기 균열발생 현황분석 백순호 · 이강인 · 박상철 · 김성민 41

p-8 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장과 아스팔트 포장의 접속부 개선 검증을 위한 시공
..... 백순호 · 이강인 · 김석현 · 박상철 · 김성민 42

p-9 제주도 지방도 공용성 예측모형 개발 이재훈 · 박상구 · 김병준 · 이대식 · 정진훈 43

p-10 IoT 기반 시멘트 콘크리트 포장 시공품질관리 시스템 개발 최문규 · 김진수 · 이대식 · 정진훈 44

p-11 콘크리트 포장의 실시간 시공품질 계산을 위한 프로파일 보정방법 개발 김진수 · 최문규 · 이대식 · 정진훈 45

p-12 시공 중 콘크리트 포장 프로파일 측정 및 보정방법 개발 강혁주 · 최문규 · 이대식 · 정진훈 46

p-13 IoT장비 기반 단위수량 저감을 통한 도로포장 공용수명 향상 연준석 · 최문규 · 이대식 · 고준혁 · 정진훈 47

p-14 부착력 및 피로균열 시험에 의한 텍코팅이 아스팔트 포장 성능에 미치는 영향 평가
..... Phung My Lam · 마혜주 · 박대욱 · 이상엽 48

p-15 블랙아이스를 모사한 투수폴리콘의 미끄럼저항 시험 연구 손민수 · 이재건 · 김성겸 49

p-16 3D 프린팅 기술을 이용한 아스팔트 포장 균열 보수 효율성 연구
..... Anh Truong Nguyen · 윤재형 · Tam Minh Phan · 박대욱 50

p-17 텍코팅 종류에 따른 시간별 양생율 및 RGB값의 변화 정건우 · 정도영 · 송동석 · 김준호 · 이상엽 51

p-18 3D FEM을 통한 기존 포장 상태에 따른 교면 박층 에폭시 폴리머 덧씌우기 부착거동 특성 확인
..... 이재훈 · 홍승호 · 박상구 · 김병준 · 이대식 · 정진훈 52

p-19 난연 EPS의 활용방안에 대한 연구 박상구 · 정진훈 53



SESSION 1

아스팔트포장



도시 도로의 먼지 억제제 사용에 따른 도로 먼지부하량과 재비산먼지 농도 변화

홍성진* · 조정연** · 류호준*** · 이민철**** · 김인태*****

도시의 인구 밀집 지역에서 발생하는 높은 수준의 통행 교통량은 자동차의 주행에 따른 배기가스와 비배기 배출로 지속적인 도로의 미세먼지 농도와 도로상의 먼지 부하량 상승에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나(CJ Keeler, 2002), 주행 패턴에 의해 발생하는 농도 수준에 관한 정량화 연구는 아직 부족하다. 도로 먼지부하량 측정 동안의 교통 통제가 이루어지지 않으면 교통 운영중인 도로에서의 측정은 위험성에 대한 한계로 인해 반복적인 수행이 어려우며, 구간별 샘플 측정이 통일되지 않은 수집 방법으로 진행되어 충분한 샘플수가 확보되지 않을 경우 먼지 부하량 값의 신뢰도가 하락할 수 있다는 문제점이 있었다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 구축된 천안시의 '미세먼지 저감 리빙랩'에서의 현장 측정을 수행하였으며, 도심부의 차량 주행 속도 변화에 따라 발생하는 재비산먼지 농도 수준을 비교하여 도로 표면에 쌓인 먼지의 양과 재비산되는 미세먼지 수준을 정량화하고자 한다. 이를 위해 주행 패턴(30, 40, 50km/h의 속도 변화), 동일 구간의 도로 먼지부하량, 도로 재비산먼지 농도 간의 상관성을 기반으로 재비산먼지 농도의 상승 관계를 추정하고자 하였으며, 상관관계 분석 결과를 근거로 한 실시간 재비산먼지 연속측정 시스템 및 도로상의 먼지부하량 수집 장비를 활용하여, 도시 도로에 먼지 억제제(CaCl₂) 사용 시 시간적 변화에 따른 도로 먼지부하량과 재비산먼지 농도의 변화를 관측하였다.

먼지 억제제인 CaCl₂는 물에 용해할 경우 먼지를 응집시켜 공기중으로 비산되는 것을 감소시키는 조해성이라는 특성으로 인해 국외에서는 고농도 미세먼지가 발생했을 때 많이 사용하고 있다. 하지만 환경적인 측면이 단점이 있으므로 본 연구에서는 국내 CaCl₂ 사용량을 참고하여 20g/m²의 양을 50:1로 물과 섞어 억제제로서 활용하였다. 또한 억제제를 살포한 후 도로 위 먼지가 잘 응집되어 있는지 확인하기 위해 도로 먼지부하량을 측정하여 살포 후 부하량을 평가하였다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었으며 이에 감사합니다. (과제번호 RS 2019-KA152342)

핵심용어 : 도로 재비산먼지, 미세먼지 저감 리빙랩, 먼지 억제제, CaCl₂

* 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : hsj7927@naver.com)
** 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : wjddus942@naver.com)
*** 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : dbghwns0@naver.com)
**** 정회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : minchul7777@mju.ac.kr)
***** 정회원 · 명지대학교 교통공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : kit1998@mju.ac.kr)

블랙 아이스 예측 모델 개발 및 환경 조건이 블랙 아이스 생성에 미치는 영향 평가

서정우* · Tam Minh Phan** · Debby Marcelia Andryanti*** · 박대욱****

블랙 아이스는 도로 노면에 얇게 생성되는 얼음으로 육안으로 인식하기 어렵고 노면과 타이어 사이의 마찰력을 감소시켜 중대형 교통사고를 발생시킨다. 블랙 아이스 예측 및 감지하여 사전에 운전자에게 위치 정보를 제공하는 기술은 다른 경로 선택을 제안하거나 해당 도로 주행 시 운전자에게 주의를 요구하여 교통사고 발생을 미리 방지할 수 있는 기술이다.

본 연구는 GIS 및 기상청 데이터를 사용해 4시간 이내에 블랙 아이스 발생을 예측하고 아스팔트 콘크리트 공극과 온도 등의 환경 조건이 블랙 아이스 생성에 미치는 영향을 평가하였다. 이를 위해 예측 모델을 개발하고 블랙 아이스 발생 확률을 나타내는 블랙 아이스 위험 지수를 계산하여 실측을 통한 예측 모델 검증은 시행하였다. 또한, 온습도 센서, 수분 센서 및 저온 항온기를 사용해 현장을 모사한 시험 환경을 구축하였고, 아스팔트 콘크리트 공극률에 따른 블랙 아이스 생성 모사 시험을 하였다. 그 결과 블랙 아이스 위험 지수가 0.8 이상일 때 블랙 아이스가 발생하는 것을 확인하였고, 공극률 및 환경 조건과 블랙 아이스 생성의 관계를 확인하였으며, 적외선 사용 가열 시험을 통해 용빙 시스템이 블랙 아이스의 용빙 시간과 범위에 미치는 영향을 확인하였다.

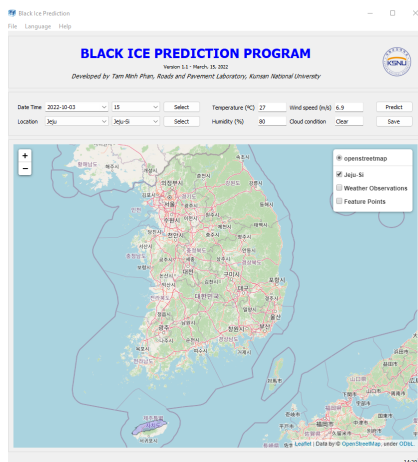


그림 1. 블랙 아이스 예측 프로그램

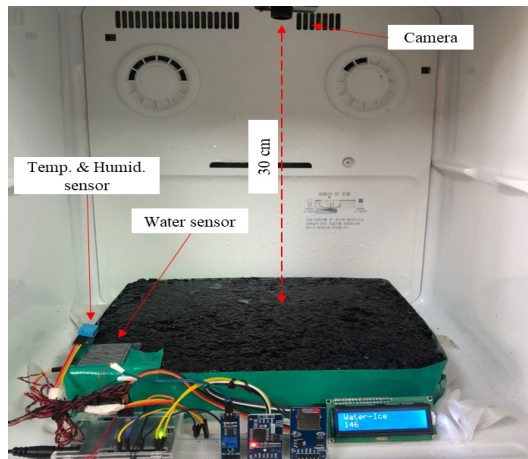


그림 2. 온습도 센서 및 수분 센서를 사용한 시험 환경

<감사의 글> 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA161698).

핵심용어 : 블랙 아이스, 블랙 아이스 예측 모델, 아스팔트 공극률, 적외선 용빙 시스템, 온습도 센서

* 학생회원 · 군산대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : sjwcpt@kunsan.ac.kr)

** 정회원 · 군산대학교 토목공학과 박사 후 연구원 (E-mail : minhtam1894@gmail.com)

*** 학생회원 · 군산대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : debbymarcelia25@kunsan.ac.kr)

**** 정회원 · 군산대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : dpark@kunsan.ac.kr)

골재 탈리 및 블리딩 성능에 근거한 칩실 배합설계 평가

Tam Minh Phan* · Phat Tien Nguyen** · 박대욱*** · 김제원****

This study aims to determine the optimal design method and chip sizes using a modified Hamburg wheel tracking test and sweep test. Three chip seal design methods, including Austroads, McLeod, and Vietnam methods were considered to design several chip seal mixtures using different aggregate sizes (e.g., 12.5 mm, 9.5, 4.75, and 2.36 mm) and binder types. The performances of chip seal mixture were evaluated by aggregate loss and bleeding susceptibility. The sweep test was adapted to test the amount of aggregate loss by sweeping effect. In addition, modified Hamburg wheel tracking (HWT) test was developed with a fixed pneumatic rubber tire to estimate aggregate loss caused by braking effect. Meanwhile, modified Hamburg wheel tracking test with rolling pneumatic rubber tire was employed to conduct bleeding susceptibility. Then, bleeding area was measured by image analyzing process. The result from aggregate loss test showed that the Austroads design method acquired the lowest aggregate loss compared to McLeod and Vietnam method. In addition, the consistent aggregate loss results from both sweep test and modified HWT test showed a promising method to use modified HWT test to simulate aggregate loss by braking effect. Besides, bleeding percentage was not only affected by the binder application rate but also related on the aggregate size and the number of layers applied. The Austroads and McLeod chip seal mixture showed an approximate 20% lower bleeding percentage than that of the Vietnam mixtures. Finally, 9.5 mm chip aggregate was optimal size for a single chip seal, while 4.75 mm and 2.36 mm chip were recommended for double chip seal.

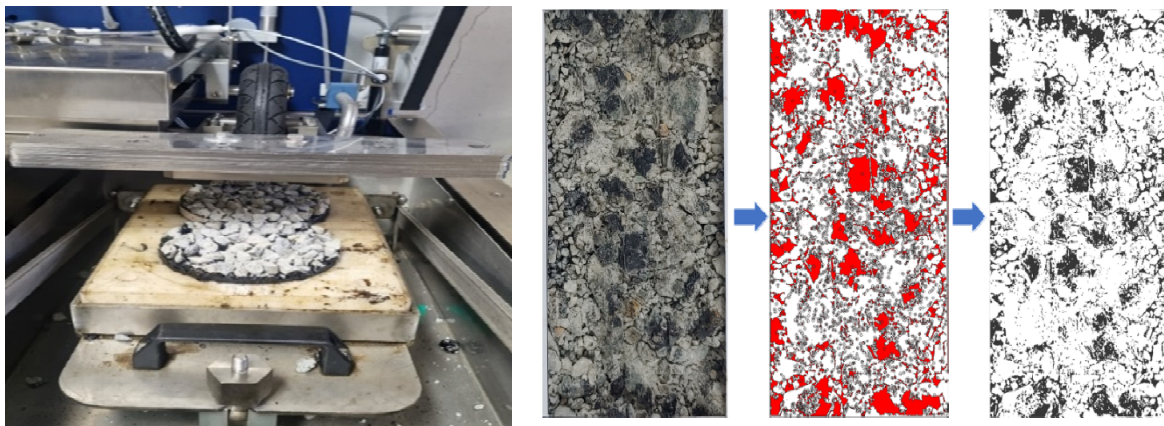


Figure 1. Modified Hamburg Wheel Tracking test and Image analysis

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업) 사업으로 수행되었습니다(과제번호 20220143-001, 베트남 비포장 도로개선을 위한 고성능·저비용 MAST(Multi-Layered Asphalt Surface Treatments) 복합 포장 시스템 개발)

* Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : minhtam1894@gmail.com)

** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : tienphat142@gmail.com)

*** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : dpark@kunsan.ac.kr)

**** Division of Highway Research, Korea Institute of Civil Engineering and Technology (E-mail : jewonkim@kict.re.kr)

콘크리트 혼합물 품질관리 시제품 개발을 위한 유변학적 특성 연구

김범희* · 송창석** · 최승학*** · 윤경구****

콘크리트 혼합물의 품질은 콘크리트 포장 시공시 매우 중요한 요소 중 하나이다. 하지만 최근 들어 균일하지 않은 품질의 콘크리트 혼합물로 인한 콘크리트 포장의 조기 파손이 늘어나 매년 유지보수 비용이 증가하는 추세이다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 배합시 실시간으로 콘크리트 혼합물의 품질을 파악 가능한 시제품 개발에 목표를 두고 있다. 본 시제품 Twin Shaft Rheometer mixer 개발의 경우 실제 상용화되어 사용되고 있는 ICAR Plus Rheometer 장비의 이론을 적용 및 변형시켜 장비를 개발을 진행하였다. 또한 실제 배치플랜트에 적용시키기 위해 전류량 측정계를 장착하여 시간에 따른 전류량 변화를 측정 가능하도록 하였다. 이로 인해 본 시제품의 경우 토크센서를 통해 구한 값을 계산식에 적용시켜 콘크리트의 유변학적 특성 파악이 가능하며, 전류량 측정계를 통한 전류 측정으로 콘크리트 혼합물의 물성을 파악할 수 있도록 하였다.



그림 1. Twin Shaft Rheometer mixer



그림 2. ICAR Plus Rheometer

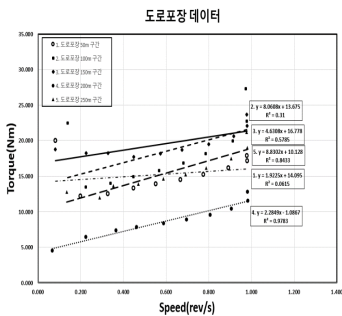


그림 3. 구간별 유변학적 특성 평가 결과

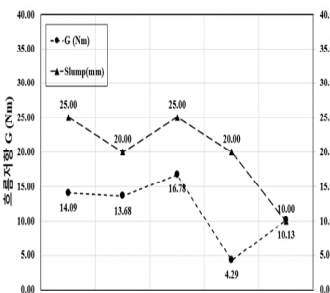


그림 4. 흐름저항(G) vs 슬럼프 비교

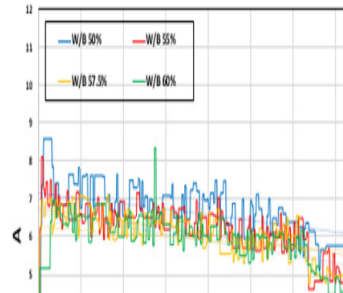


그림 5. 시간에 따른 전류량(A) 변화

<감사의 글> 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었으며(과제번호 RS - 2019-KA152690), 이에 감사드립니다.

핵심용어 : 유변학적 특성, ICAR, Twin Shaft Rheometer mixer

- * 학생회원 · 강원대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 학부연구생
- ** 학생회원 · 강원대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 박사과정 (E-mail : changsuk22c@kangwon.ac.kr)
- *** 학생회원 · 강원대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 박사과정 (E-mail : donghaebi@kangwon.ac.kr)
- **** 정회원 · 강원대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr)

아스팔트 혼합물 생산온도 저감을 위한 탄소저감형 아스팔트 첨가제 개발에 관한 기초 연구

김병준* · 임희섭**

최근 국내 도로산업분야에서는 아스팔트 혼합물 생산시 발생하는 악취, 대기·환경 오염 및 온실가스 배출 문제 등이 사회적, 환경적 이슈가 되고 있는 실정이다. 이로 인해 대기오염물질 발생저감을 위한 기술과 온실가스 저감을 위한 기술에 관심이 집중되고 있다. 또한 2016년 ‘파리기후변화협정’이 체결되어 탄소배출량 저감이 의무화됨에 따라 탄소배출 저감 기술 확보의 중요성이 더욱 부각되고 있다

도로포장분야에서는 포장재료인 아스팔트 혼합물의 생산 시 발생하는 탄소 발생량을 저감하기 위해 생산온도를 낮춰야 한다. 이미 해외에서는 생산온도를 100℃이하로 낮출 수 있는 저가열 아스팔트 혼합물(Half Warm Asphalt Mixture) 생산기술이 개발되어 상용화에 박차를 가하고 있으며, 가열 아스팔트 혼합물(Hot mix Asphalt)에 비해 연료사용량 및 대기배출가스 발생량이 저감할 수 있음이 확인되었다(María del Carmen Rubio 외, 2012). 반면 국내에서는 아스팔트 혼합물의 생산온도를 약 130℃까지 낮출 수 있는 중온화(Warm Mix)기술은 확보되어 있으나, 해외와 같이 생산온도를 100℃ 이하로 낮출 수 있는 기술은 현재까지 확보되어 있지 않은 실정이다.

이에 본 연구에서는 중온 아스팔트 혼합물보다 생산온도를 낮출 수 있는 탄소저감형 첨가제 개발을 위한 기초 연구를 실시하였다. 이를 위해 후보물질 4종을 선정하여 아스팔트 바인더의 물성 변화에 미치는 영향을 분석하였으며, 국내에서 사용되고 있는 Wax계열 중온 첨가제와의 혼합 사용 가능성을 검토하였다. 시험 결과, 후보 물질 4종이 아스팔트 바인더의 물성 변화에 미치는 영향은 크지 않고, 기존 첨가제(Wax계열)와 혼합 사용 또한 가능하다고 판단되었다.

<감사의 글> 본 연구는 2023년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S3269862]

핵심용어 : 저가열 아스팔트(Half Warm Mix), 탄소중립, 첨가제 혼합 사용

* 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : fihz55@naver.com)

** (주)윤성산업개발 기업부설연구소 연구소장 (E-mail : heesubjm@naver.com)

드론 및 딥러닝 기술 기반 시스템을 이용한 도로 균열 탐지모델에 관한 연구

가현길* · 신희재** · 문성호***

드론은 국토조사, 수송, 해양, 환경, 방재, 문화재, 건설 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 또한 사물인터넷 (Internet Of Things), 인공지능(Artificial Intelligence) 등과 관련하여 4차 산업 혁명의 핵심기술을 검증하고 적용시킬 수 있는 기술로 떠오르고 있다. 따라서 본 연구에서는 드론을 활용하여 균열을 자동으로 탐지할 수 있는 딥러닝 모델을 개발하고자 한다. 본 연구에서는 딥러닝 학습모델로 Backbone으로는 Swin Transformer, Architecture로 UperNet을 사용하였다. 약 800장의 라벨링 된 데이터를 augmentation기법으로 데이터 양을 증가시키고 3차에 걸쳐 학습을 진행하였다. 1차와 2차 학습 시 Cross-Entropy loss function을 사용하였고 3차 학습 시 Tversky loss function을 사용하였다. 학습결과, 균열 탐지와 균열율을 계산할 수 있는 모델을 개발하였다. 또한, 드론의 위치 정보를 이용해 특정 도로의 한 차선 균열율을 계산할 수 있는 모델을 개발하였다. 학습 데이터는 20m에서 촬영한 데이터를 수집하였으나, 균열 탐지는 20m 이상의 고도에서 촬영한 사진도 탐지가 잘 되었다.

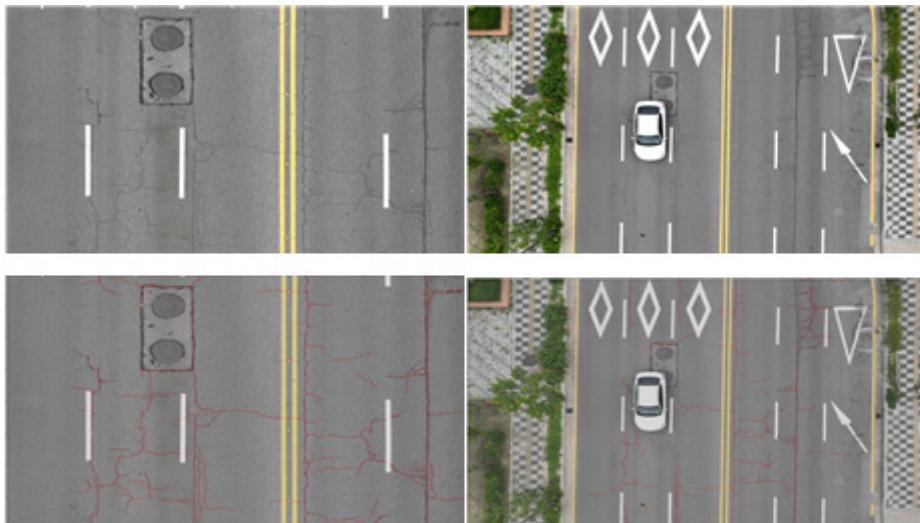


Fig. 1 차로 균열 탐지 결과

핵심용어 : 균열, 딥러닝

* 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정 (E-mail : rkgusr1f94@naver.com)

** 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정 (E-mail : bombomy4@naver.com)

*** 정회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : smun@seoultech.ac.kr)

열화상카메라를 이용한 아스팔트 콘크리트포장 시공 온도 품질관리

송동석* · 정도영** · 김준호*** · 이상엽****

생산 플랜트에서 운반되어 온 아스팔트 콘크리트 혼합물의 시공 온도관리는 시방서에서 제시되는 적정다짐을 통한 고내구성 도로포장을 시공하기 위해 가장 중요한 기본 관리방법이다. 또한, 운반 트럭에서 피니셔로 전달되어 균질한 온도 분포의 포설면이 시공되도록 관리함으로써 온도 segregation을 최소화 해야한다. 즉, 다짐 및 온도 관리 불량으로 인하여 도로포장에 소성변형 및 포트홀 등이 조기에 발생되지 않도록 하는 중요한 품질관리 순서이다.

그러나, 현장 여건상 운반트럭의 혼합물 온도분포를 확인하고, 피니셔에서 포설된 시공면의 온도 변화를 포설 직후부터 다짐 완료공정까지 지속적으로 추적 관리하는 방안이 상당히 부족하였다. 그러므로, IoT기술의 발전에 따라 이를 활용한 관리 한계점을 극복하기 위해 아스팔트 혼합물의 시공 온도변화에 대한 추적조사 및 분석 결과를 DB화하여 송출할 수 있는 기술을 개발해야 한다.

따라서, 본 연구에서 피니셔에 설치된 전/후방 열화상 카메라로 운반트럭의 혼합물 온도와 피니셔 후방 포설면의 온도를 촬영하였으며 측정 이미지의 단위 크기는 1cm 간격이다. 포설면을 50cm×50cm 면적단 위로 온도를 계측하여 로그 또는 실시간 측정 데이터 값을 수집하였다. 또한 수집된 정보를 분석하여 전 방 대표 온도 및 후방 실시간 측정 및 예측치를 분석하여 실시간 데이터를 도출하였으며 분석된 값을 통 신기기 장비인 RS-232 통신 프로토콜 및 인터페이스를 통하여 실시간으로 전송하였다. 추가적으로 특장 차 번호판 인식기 내부에 있는 미니 PC에 설치되어 있는 SW 통해 정보 수집을 이용하여 차량번호, 차량 정보, 입출 시간을 기록하였다.

또한, 현장시험적용에 적용하여 50cm×50cm 으로 혼합물 온도데이터 값을 수집하는데 성공했다. 이 연구를 통하여 열화상 카메라를 이용한 시공품질을 상승시켜 도로의 내구 수명을 증진시키는 것으로 활용할 수 있는 것을 확인하였다.



그림 1. 개발한 S/W를 통한 전/후방 온도계측, 차량 번호, 데이터전송 화면

<감사의 글> 본 연구는 국토교통부(KAIA)의 지원을 받아 수행되었으며 관계자 여러분께 감사합니다.

핵심용어 : 온도계측, 분석, 품질관리

* 학생회원 · 인덕대학교 토목공학과 전문학사과정 (E-mail : ehdtjr965@naver.com)

** 학생회원 · 인덕대학교 도시기반시설공학과 전문학사과정 (E-mail : wjdehdud64@naver.com)

*** 학생회원 · 인덕대학교 도시기반시설공학과 전문학사과정 (E-mail : kjhkh0924@naver.com)

**** 정회원 · 인덕대학교 도시기반시설공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : youummy10041004@gmail.com)



SESSION 2
시멘트포장



CRCP 철근 대체재 연구를 위한 GFRP 보강근의 부착특성

장태진* · 류성우** · 김승원*** · 박철우****

콘크리트 도로포장형식은 장기 공용성 및 내구성이 우수하여 통행속도가 높은 고속도로에 주로 적용되고 있는 줄눈 콘크리트포장과 연속철근 콘크리트포장으로 구분된다. 연속철근 콘크리트포장은 초기 시공비용이 줄눈 콘크리트포장과 비교하였을 때 다소 높은 금액이 소요되나 전체적인 생애 주기 비용이 적으며 유지관리가 편리한 장점이 있다. 그러나, 연속철근 콘크리트포장 도로의 보강재로 사용된 철근의 부식이 연속철근 콘크리트의 손상을 가속화 하며, 보수부의 품질을 저하시켜 재보수의 시기를 단축한다는 것을 관련 문헌을 통해 확인할 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 부식이 적은 철근 대체재 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 연속철근 콘크리트포장의 장점은 유지하고 단점을 보완할 수 있는 철근 대체재의 선정 및 특성평가에 대한 연구는 미미한 실정이다.

본 연구의 목적은 연속철근 콘크리트포장의 철근 대체재의 선정 및 특성평가 연구의 기초 연구로서 최근 철근 대체재로 활발히 연구 중에 있는 GFRP 보강근을 활용하여 연속철근 콘크리트포장 적용 시 안전성 확보를 위해 필요한 기초물성 시험 항목의 일환으로 부착특성을 확인하였다. 실험결과, 한국 GFRP 보강근은 철근대비 최소 70%이상의 부착강도를 확보한 것으로 나타났다. 철근 대체재로 GFRP 보강근을 활용하기 위해서는 추가적인 철근 대체재로 보강된 콘크리트의 특성분석이 필요하며, 추후 인장강도 및 탄성계수, 온도변형률 및 열팽창계수 추가적인 실험을 통해 분석하고자 한다.

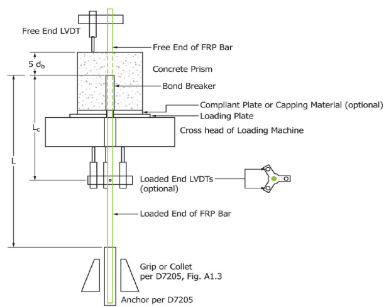


그림 1. 계측위치 (ASTM D7913)

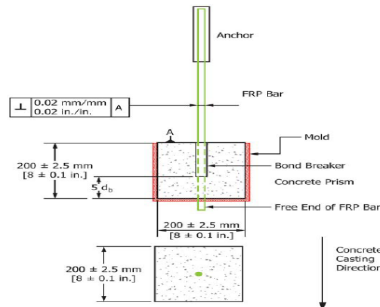


그림 2. 시험체 크기 (ASTM D 7913)

표 1. 부착강도 시험변수

보강근	부착길이	직경
철근	5db	D19
		D22
		D25
GFRP (한국)	5db	D19
		D22
		D25
GFRP (캐나다)	5db	D19
		D22
		D25

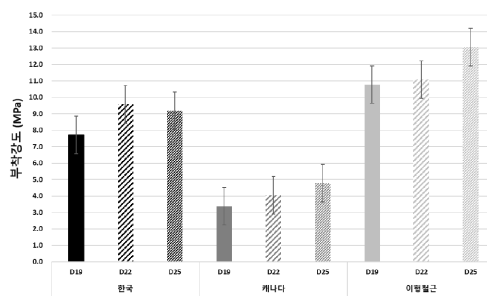


그림 3. 평균부착강도 산출결과

핵심용어 : 연속철근 콘크리트포장, 철근 대체재, GFRP 보강근, 부착특성

* 중신회원 · 강원대학교 건설융합공학과 박사과정 (E-mail : dkslrk3@gmail.com)
 ** 중신회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 · 공학박사 (E-mail : honor.ryu@ex.co.kr)
 *** 중신회원 · 강원대학교 건설융합학부 조교수 · 공학박사 (E-mail : seungwon.kim@kangwon.ac.kr)
 **** 중신회원 · 강원대학교 건설융합학부 교수 · 공학박사 (E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr)

TiO₂ 혼입률 5% 및 실리카흙 혼입률에 따른 다공성 콘크리트의 질소산화물(NOx) 제거 효과

김기현* · 김동우** · 김승원*** · 박철우****

최근 생산성 중심의 산업이 발전되면서, 도로포장의 발달로 이어졌다. 국내 도로 현황의 대부분은 불투수성 포장으로 급작스러운 기후변화로 인한 집중호우로 인하여 배수량이 강수량에 비해 불리하여 범람 등과 같은 사회적 문제로 대두되고 있다. 또한, 국내·외 건설산업에서는 질소산화물(NOx)와 같은 물질을 감소시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 연구는 불투수성 포장의 단점을 극복 및 NOx 저감을 위한 TiO₂ 활용한 다공성 콘크리트 구조체 개발의 기초연구 자료로 제공하기 위함이다.

표 1은 선행연구에서 다공성 콘크리트 품질기준을 확보한 설정 공극률 8%에 대한 TiO₂ 활용 다공성 콘크리트의 배합표이다. 이 연구에서는 KS L ISO 22197-1을 사용하여 NOx 제거율 실험을 진행하였으며, 결과는 그림 1과 같다. 실험 결과, NOx 제거율이 가장 높게 나온 것은 TiO₂ 5%를 치환 혼입한 OPC이며, 순차적으로 TiO₂ 5%에 대한 실리카흙 5%, 10% 20%를 치환한 변수 SF5, SF10, SF20가 NOx 제거율을 가진 것을 확인하였다. 이는, 실리카흙의 혼입률이 높아질수록 전공극률이 낮아지면서 NOx 제거 효과도 낮아지며, 적절한 재료의 혼입률이 필요하다고 판단된다. 하지만, 공극막힘 현상과 같은 다공성 콘크리트의 단점을 극복하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

표 1. 사용 배합표

variable	W	C	TiO ₂	S.F	G	S/P
OPC	108	342	18	-	1817	0.9
SF5		324		18	1811	
SF10		306		36	1804	
SF20		270		72	1792	

S/P : 바인더 중량 대비 0.25% 혼입

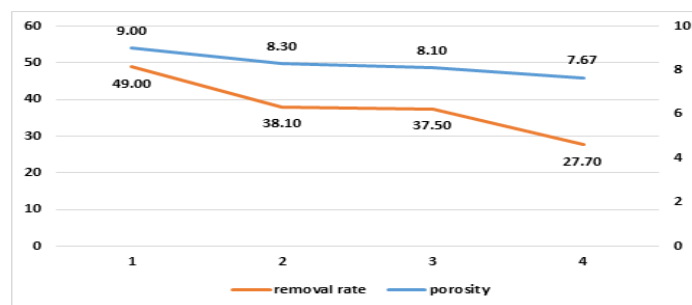


그림 1. 변수 별 전공극률 및 NOx 제거율

<감사의 글> 이 논문은 과학기술정보통신부의 중견연구지원사업「미세먼지 저감을 위한 광촉매 활용 LID 고기능성 다공성 콘크리트 구조체 기술 개발(과제번호 : 2021R1A2C201409711)」의 연구지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

핵심용어 : TiO₂, 다공성 콘크리트, NOx 제거 효과

* 정회원 · 강원대학교 건설융합공학과 박사과정 (E-mail : kddw9534@gmail.com)
 ** 정회원 · 강원대학교 토목건설공학과 석사과정 (E-mail : iamhappy0214@naver.com)
 *** 정회원 · 강원대학교 건설융합학부 토목공학전공 조교수 (E-mail : seungwon.kim@kangwon.ac.kr)
 **** 정회원 · 강원대학교 건설융합학부 토목공학전공 정교수 (E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr)

Test-bed 적용을 통한 가압 침투식 TiO₂ 고정화 콘크리트의 NOx 제거효율 평가

김광현* · 안희락** · 김영규*** · 이승우****

산업화로 인한 과학기술의 발전은 미세먼지와 같은 환경적 문제를 야기한다. 이에 다양한 분야에서 미세먼지를 저감하기 위한 연구가 진행되고 있다. 국립환경과학원에 따르면 대기오염물질 중 질소산화물(NOx)은 도로 이동오염원 중 약 58 %의 비율을 차지한다. NOx는 인체 및 환경에 치명적인 영향을 끼치므로 이를 제거하기 위한 대책 마련이 필요하다.

최근 들어 대기오염물질인 NOx를 제거하기 위하여 미세먼지 저감소재인 이산화티타늄(TiO₂)의 사용방안이 모색되고 있다. TiO₂는 광촉매 소재로 광원을 통해 자외선을 받아 촉매반응을 일으키며 물, 산소와 화학반응을 통해 수산화라디칼(Hydroxyl Radical, OH·)을 형성하여 대기 오염물질인 NOx를 흡착 및 제거 할 수 있다. TiO₂ 고정화 방안으로는 수직 구조물 적용이 용이한 가압 침투식 TiO₂ 기술을 적용하였다. 가압 침투식 TiO₂ 고정화 기술의 경우 약 17 J의 타격에너지를 갖는 전동해머를 사용하여 5초 이상의 가압시간을 통해 일정 깊이 까지 TiO₂ 소재를 침투시켜 구조물에 적용하는 기술이다.

본 연구에서는 실제 도로변 환경조건을 모사하기 위해 Test-bed를 구축하였으며, 가압 침투식 TiO₂ 고정화 기술을 적용한 수직 콘크리트 구조물에 대하여 조도 변화에 따른 NO 및 NOx 제거효율을 분석하였다. 이를 통하여 가압 침투식 TiO₂ 고정화 기술에 대한 현장 적용성을 확인하고자 하였다.

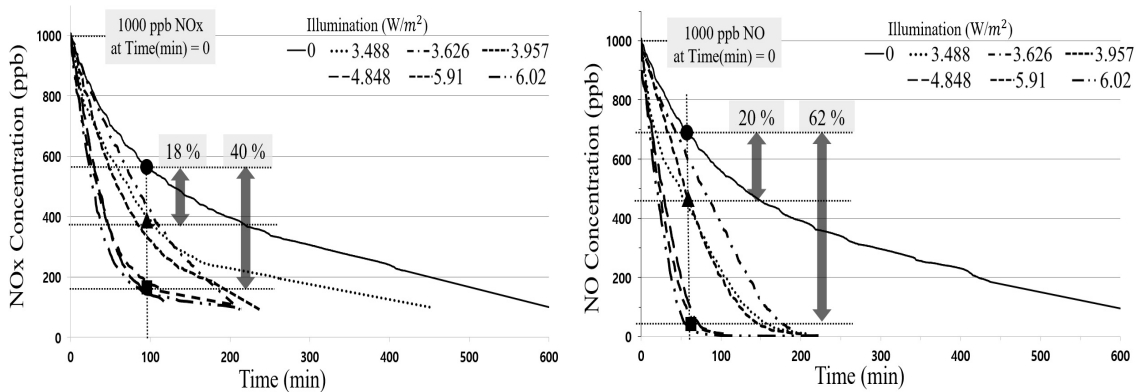


그림 1. 조도에 따른 NO 및 NOx 제거효율

<감사의 글>

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호 RS-2019-KA152342)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

핵심용어 : 미세먼지, TiO₂, NOx, NOx 제거효율, 가압 침투식 TiO₂ 고정화 기술, 수직 콘크리트 구조물, 조도

* 학생회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : fred1997@naver.com)
 ** 학생회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : ahr8338@naver.com)
 *** 정회원 · 강릉원주대학교 방재연구소 연구교수 · 공학박사 (E-mail : kingdom1980@nate.com)
 **** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : swl@gwnu.ac.kr)

IoT와 이미지분석 기술 기반 콘크리트 포장 양생제 살포상태 모니터링 시스템 현장적용성 평가

이강인* · 백순호** · 김성민***

콘크리트 포장의 적절한 시공 초기 품질관리는 포장의 장기공용성에 크게 영향을 미친다. 시공 초기 중요한 품질관리 인자 중 하나로 양생 관리를 들 수 있다. 양생제 살포시 콘크리트 포장 시공 기준에 따라 적정량의 양생제를 포장 표면에 고르게 살포하여야 한다.

본 연구에서는 콘크리트 포장 표면에 양생제가 고르게 살포되었는지를 평가하기 위해 IoT 기술과 이미지분석 기술에 기반한 콘크리트 포장 양생제 살포상태 모니터링 시스템을 구축하였으며, 창녕-밀양 고속도로 건설사업 1공구에서 콘크리트 포장 시공 시 현장적용성을 확인하였다. 양생제 살포상태를 분석하기 위해 그림 1과 같이 'PaveimageRun'이라는 이미지분석 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 촬영 이미지를 Grayscale로 변환하여 이미지클러스터링 기법을 이용하여 지정한 Grayscale 기준범위에 따라 분석을 진행한다. Grayscale의 기준범위는 콘크리트 시편을 제작하여 다양한 양생제 살포량과 환경조건에 따른 실내실험을 통해 선정하였다. 실험 결과를 기반으로 맑은 날씨에서의 Grayscale의 권장 기준범위는 179~191, 흐린 날씨에서는 167~177로 선정하였다. 개발한 프로그램을 이용하여 그림 2와 같이 양생제 살포장비에 이미지센서를 부착하여 촬영을 실시하였다. 그림 3과 같이 이미지센서와 분석 프로그램을 통해 현장에서 실시간으로 사용자에게 양생제 살포상태가 적절한지 분석되어 표출되는 것을 확인하였으며 이러한 양생제 살포상태 모니터링 시스템이 콘크리트 포장의 품질 향상에 기여할 것으로 판단된다.

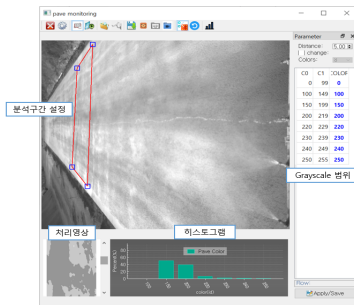


그림 1. 이미지분석 프로그램



그림 2. 이미지센서

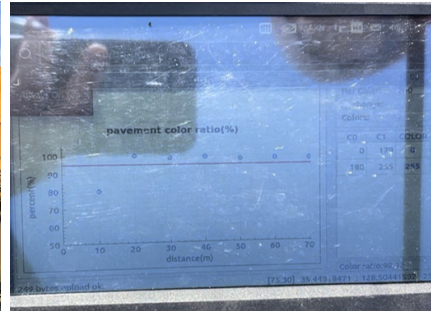


그림 3. 양생제 살포상태 확인

감사의 글

본 연구는 국토교통부(국토교통과학기술진흥원) 도로기술연구사업의 'IoT 기술을 활용한 도로포장 현장 품질관리 시스템 개발(22POQW-C152690-04)' 연구단을 통해 수행되었습니다.

핵심용어 : IoT, 콘크리트 포장, 양생제, 살포상태, 이미지분석

* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : leerkddls123@khu.ac.kr)

** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 박사과정 (E-mail : qortnsg1@khu.ac.kr)

*** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : seongmin@khu.ac.kr)

노후 ICP의 역학적 성능을 고려한 콘크리트 덧씌우기 설계 카탈로그 개발

이정민* · 이재훈** · 이종윤*** · 박해원**** · 정진훈*****

국내 고속도로포장 중 공용연수가 20년을 초과한 노후 줄눈 콘크리트 포장이 급증함에 따라 적절한 보수대책의 필요성이 증가하고 있다. 노후 콘크리트의 경우 부분 단면보수 등의 국부적인 보수공법으로는 포장성능의 회복이 어려워 대규모 유지보수가 필요한 실정이다. 국내의 경우 노후 콘크리트 포장에 대한 대규모 유지보수 공법으로 아스팔트 덧씌우기를 적용하고 있으나 줄눈 및 균열부의 반사균열 문제가 존재한다. 이러한 아스팔트 덧씌우기 공법의 대안으로 기존 노후포장의 열화된 슬래브 일부분을 절삭한 후 콘크리트 포장을 덧씌우는 콘크리트 덧씌우기 공법을 통해 도로포장의 포장성능을 회복시킬 수 있다. 콘크리트 덧씌우기 공법에는 기존 포장층과의 부착 여부에 따른 접착식, 비접착식 덧씌우기로 구분되며, 접착식 콘크리트 덧씌우기는 접착식 무근 콘크리트 덧씌우기와 접착식 연속철근 콘크리트 덧씌우기로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 기존 노후 콘크리트 포장의 역학적 상태를 고려하여 신설포장에 준하는 구조적 성능을 갖게 하는 덧씌우기 설계 논리를 개발하였으며, 실무자가 쉽게 콘크리트 덧씌우기 포장을 설계할 수 있는 설계 카탈로그를 제시하고자 하였다. 노후 콘크리트 포장의 대규모 유지보수를 위한 포장평가지수인 RMI(Remodeling Index)를 노후포장상태 판단 기준으로 사용하였다. 기존 노후포장의 구조적 상태에 따라 공법을 선정하고 절삭 두께를 설계하였으며, 절삭 후 슬래브 두께와 교통량에 따라 덧씌우기 두께를 설계하였다. 철근 배근이 필요한 접착식 연속철근 콘크리트 덧씌우기 공법은 절삭 후 슬래브 두께 및 교통량에 따라 배근 여부 및 최대 철근 간격을 설계하였다. 이를 통해 실무자가 쉽게 절삭두께, 덧씌우기 두께, 철근 최대간격 등의 콘크리트 덧씌우기 설계 결과를 얻을 수 있는 카탈로그를 제시하였다.

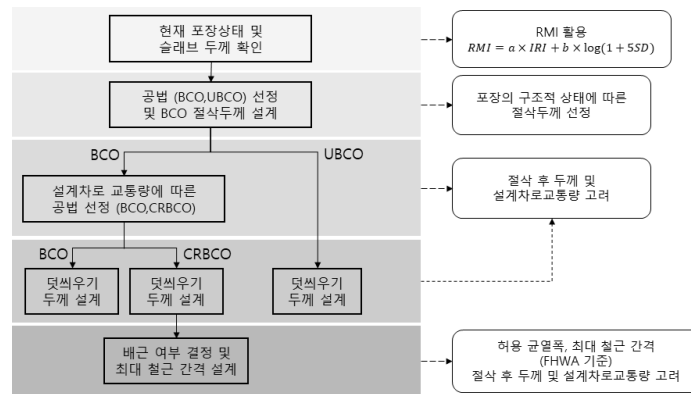


Fig. 1 콘크리트 덧씌우기 설계 순서도

핵심용어 : 콘크리트 덧씌우기 포장, 연속철근 콘크리트 포장, RMI, 절삭두께, 덧씌우기 두께, 철근 최대간격

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : kor0787@nate.com)
 ** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : leejaehoon9@naver.com)
 *** 학생회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 학부연구생 (E-mail : jyyee655@naver.com)
 **** 정회원 · 국토교통과학기술진흥원 스마트시티사업단 연구원 (E-mail : hwp@kaia.re.kr)
 ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

IoT 기반 시멘트 콘크리트 포장 공기량 품질관리를 통한 내구성지수 향상

이창원* · 최문규** · 이대식*** · 김상우**** · 정진훈*****

현재 국내 시멘트 콘크리트 포장도로 설계는 공용수명을 20년으로 계획하고 설계 시공하고 있다. 그러나 실질적으로는 콘크리트 포장 도로는 20년이 되기 전에 유지보수가 필요한 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 문제는 재료 생산 및 콘크리트포장 시공 과정에서 품질관리가 미흡하여 발생한다. 국내에서는 콘크리트 포장 시공 지침서 또는 시방서에서 품질관리에 대하여 기준을 제시하고 있지만, 현장에서는 시험 장비의 오류 및 현장의 한계로 인하여 관리가 올바르게 이루어지지 못하고 있다.

품질관리에 있어서 콘크리트 재료 생산 및 운반 과정에서 관리가 실시간으로 이루어지지 않아 재료 품질이 저하된다. 현장에서 실시하는 품질시험항목 중 대표적인 콘크리트의 공기량은 현장에서 실시할 경우 기준 범위 내에서 상대적으로 저된다. 콘크리트 공기량이 저하될 경우 동결융해 저항성을 떨어뜨려 내구성 균열에 대한 저항성에 영향을 미치고 그 결과 공용중 내구성 파손을 일으켜 콘크리트 도로의 공용수명에도 영향을 줄 수 있다. 따라서 이를 개선하기 위해 IoT기반 공기량 측정시험기를 이용하여 재료품질 생산 및 운반과정에서 실시간으로 확인하고 관리하는 시스템을 개발해 재료품질 저하를 방지하여 설계대로 시공하여 콘크리트 포장도로의 공용수명을 증가시키는 것을 목표로 하였다.

본 연구에서는 IOT 기반 콘크리트 재료 품질관리 시스템을 통한 초기 재료품질 관리하여 공용수명이 증가함을 검증하기 위하여 공기량과 동결융해 횟수 및 동탄성계수의 관계를 분석하였다. 이를 현장에 적용시키기 위해 기상자료로 수집한 환경인자로 동결융해 일수를 계산하여 도로포장 관리 시스템 PMS(Pavement Management System)자료를 이용해 얻어낸 내구성과손과의 관계를 분석하였다. 분석한 동결융해 일수와 내구성 파손과의 관계를 한국도로공사 고속도로포장 상태지수로 활용하는 HPCI(Highway Pavement Condition Index) 등급기준을 이용하여 보수시기를 확인하여 공기량이 증가함에 따라 콘크리트 도로의 공용수명이 늘어남을 정량적으로 검증하고자 한다.

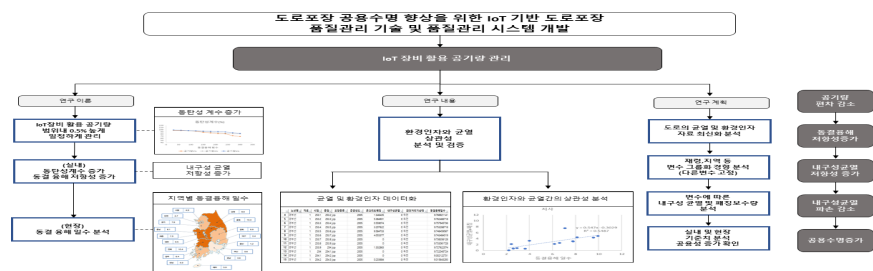


그림 1. 공용성 분석 흐름도

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2019-KA152690)

핵심용어 : IoT, 동결융해 저항성, 콘크리트 포장, 공용수명, 품질관리 시스템

- * 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : 93wone111@naver.com) - 발표자
- ** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : asnr05@naver.com)
- *** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : dsclds@naver.com)
- **** 학생회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 학부연구생 (E-mail : swpw8881@naver.com)
- ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

국내 기상조건과 재료적 특징을 고려한 콘크리트 팽창량에 대한 지역별 팽창줄눈 간격에 관한 연구

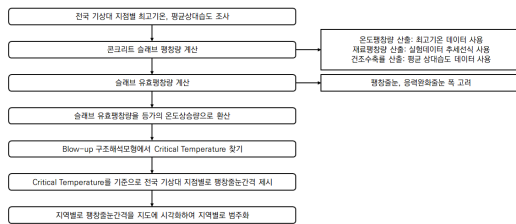
김유경* · 김병준** · 이재훈*** · 이재훈**** · 정진훈*****

블로우업(Blow-up)이란 온도 상승시 콘크리트 슬래브가 팽창에 의한 압축력을 견디지 못하고 국부적으로 솟아오르거나 파쇄되는 현상이다. 한국도로공사에서는 콘크리트 포장의 온도상승에 따른 팽창을 수용해줄 수 있는 팽창줄눈, 응력완화줄눈 설치를 비롯한 다양한 조치를 통해 블로우업 발생을 예방하고 있다.

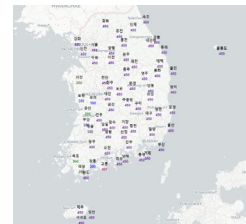
콘크리트 포장은 재료적 특성이나 지역적 기상요인에 따라 슬래브가 팽창하거나 수축하는 정도에 큰 차이가 있다. 하지만 팽창줄눈의 설치간격에 대해서는 명확한 기준이 존재하지 않아 고속도로 공사 시에는 특별한 경우가 아니면 일일 시공 마무리 면에 팽창줄눈을 설치하고 있다. 콘크리트 포장은 온도 및 습도에 따라 수축 팽창하므로 지역별로 최고기온과 평균 상대습도가 상이하다. 따라서 팽창줄눈을 각각 다르게 제시해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 블로우업의 원인 중 하나인 알칼리-실리카 반응(ASR, Alkali Silica Reaction)과 같은 콘크리트 재료의 팽창특성과 지역별 온도 및 습도의 기상조건 등을 고려하여 지역별로 발생하는 콘크리트 슬래브 팽창량을 계산하였다. 한국형 도로포장 설계 프로그램인 KPRP 기상관측소에 나와 있는 기상대의 최근 10년간(2012-2022) 최고기온과 평균 상대습도 자료를 조사하였다. 일 최고기온과 슬래브 깊이별 평균온도 간의 상관관계를 분석하여 콘크리트 슬래브에 최대 발생 가능한 온도변화를 예측하였고, 1년 이상의 장기재령을 측정하는 시험인 ASTM C 1293 시험을 진행한 T.Bakharev 외(2001) 실험데이터의 추세선 식을 이용해 ASR로 인해 발생할 수 있는 콘크리트 팽창률을 계산하였다. 콘크리트 포장에 발생한 건조수축의 크기를 예측하기 위해 Yang(2009)이 제시하고 있는 콘크리트의 형상비를 고려한 건조수축 모델을 사용하였다.

현재 시공 시작 시 온도에 따라 팽창줄눈의 최대간격을 제시하고 있다. 이는 재료적 팽창이 고려되지 않은 상태로 재료적 팽창이 고려되었을 때, 팽창줄눈 및 응력완화줄눈 간격을 제시하고자 한다. 최종적으로 구한 slab 유효팽창량을 등가의 온도상승량으로 환산하여 블로우업 유한요소해석 모델의 critical temperature와 비교하여 기상대별 적절한 팽창줄눈간격을 제시할 예정이다. 이후, 지역별로 팽창줄눈간격을 지도에 시각화하여 지역별로 범주화하고자 한다.



(a) 연구 흐름도



(b) 팽창줄눈 간격 mapping

Fig. 1 연구 흐름도 및 팽창줄눈간격 mapping

핵심용어 : 블로우업, 팽창줄눈간격, 응력완화줄눈간격, ASR

감사의 글

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1A2C1091150).

- * 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : papz0321@naver.com) - 발표자
- ** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : leejahoon9@naver.com)
- *** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : zzanggopd@gmail.com)
- **** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 품질연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : fihz5@naver.com)
- ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자



SESSION 3

교통 및 안전



자율주행자동차 연속류도로 혼입 시 본선-연결로 엇갈림구간 용량분석방안 정립 연구

백성채* · 신예은** · 유한솔*** · 박제진****

자율주행자동차의 등장 이후, 교통시스템 예측에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 기존 교통시스템과 비교하여 자율주행자동차가 혼입되었을 때 차두간격·가감속도·정지거리·차로변경 등 주행행태 측면에서 상이한 양상을 보일 것이라 예측되고 있으며, 특히 도로용량의 증감에 대한 분석 필요성이 강조 대두되어 지고 있다. 자율주행자동차의 주행전략은 안전성과 효율성을 동시에 고려하는 방향으로 연구수행이 이루어지고 있으나, 고속도로 병목현상이 일어나는 구간에서 자율주행자동차가 교통에 미치는 영향 연구는 미비한 실정이다. 특히, 고속도로 본선-연결로 엇갈림구간의 경우 엇갈림 차량이 차로를 한 번 이상 변경해야 하므로 잦은 상충이 발생하고, 안전과 소통 장애가 많이 발생하기에 해당 구간에서 자율주행자동차가 교통류에 미치는 영향을 확인하는 연구는 매우 시의적절하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 고속도로 본선-연결로 엇갈림구간을 대상으로 미시적 시뮬레이션을 활용하여 자율주행자동차 연속류도로 혼입 시 용량 산출 및 서비스수준을 판정하는 방안을 검토하고자 한다.

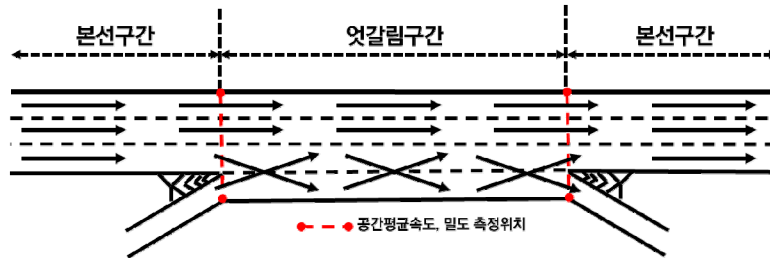


그림 1. 연속류도로 본선-연결로 엇갈림구간 형태

표 1. 연속류도로 본선-연결로 엇갈림구간 용량 분석 시 도로조건·교통조건

구분		세부사항		구분		세부사항	
도로조건	차로수	본 선	3	교통조건	차종	자율주행자동차, 비자율주행자동차	
		보조차로	1			설계속도 (km/h)	본 선
		연결로	1		연결로		60
	차로폭(m)	3.5			교통량 (pcphpl)	400~2,400(50간격)	
지 형	평지						
엇갈림길이(m)	150, 300, 450, 600						

<감사의 글> 본 연구는 국토교통부의 『자율협력주행을 위한 미래도로 설계 및 실증 기술 개발(22AMDP-C160886-02)』으로 이루어진 것으로, 본 연구를 지원해 준 국토교통부에 감사드립니다.

핵심용어 : 엇갈림구간, 용량분석, 자율주행자동차, 혼입률

* 학생회원 · 전남대학교 건축토목공학과 석·박사통합과정 (E-mail : seongchae97@gmail.com)
 ** 비회원 · 전남대학교 건축토목공학과 석사과정 (E-mail : ssii5414@gmail.com)
 *** 비회원 · 전남대학교 건축토목공학과 석사과정 (E-mail : gksthf4761@gmail.com)
 **** 정회원 · 전남대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : jinpark@jnu.ac.kr)

스마트교차로 실시간 수집정보 딥러닝 기반 교통신호운영 설계방법 연구

오상태* · 김진태**

현재 대부분의 지방자치단체에서 지능형교통체계(Intelligent Transport Systems) 사업을 통한 도심 신호체계 개선 사업 등이 활발하게 진행되고 있다. 그러나 장비 신뢰도 문제, 활용성 등 과거 시스템의 한계에 의해 실시간 수집정보에 대한 효율성을 극대화하지 못하고 있다. 실제로 스마트교차로는 실시간 수집정보를 통해 교통혼잡정보, 감응신호, 돌발상황 감지시스템, 교통신호계획 등 목표로 하고 있으나, 실제로는 교통혼잡정보 외에는 스마트교차로 실시간 수집정보에 대한 활용방안은 미비한 상태이다. 또한, 그간 신호체계 개선, 연동화 사업 등 지점별 단계적인 시점으로 교차로 신호계획이 수립되어 운영되었으며 이는 일시적인 효과를 볼 수 있으나, 일정기간 이후 재개발·재건축 등 다양한 도시개발에 따라 변화되는 교통흐름을 반영하지 못하고, 기존 신호계획에 따라 운영되어 교통소통 문제점이 지적되고 있다.

본 논문에서는 스마트교차로 시스템에서 수집되는 실시간 방향별 교통량 정보를 활용하여 다양한 교통 원시 정보 기반 최적 교통신호시간 설계 기법을 제안한다. 1일 방향별 교통량 정보를 수집하였으며, 방향별 교통량 정보에 대응하는 최적 교통신호시간 자료를 언덕등반기법(hill-climbing)을 활용하여 학습 자료를 구축하였다. 구축된 학습 자료를 토대로 AI(Artificial Intelligence)를 활용한 데이터 학습을 수행하였다. 학습된 모델을 평가하기 위해 실시간으로 수집되는 데이터로 경기도 의왕시 스마트교차로가 구축된 교차로를 대상으로 가상환경을 구축하여 평가를 수행하였다. 평가 방안은 기존 고정식 신호운영과 본 논문 제안 방안의 지체도 비교를 통해 효과를 평가하였다. 아래 <그림 1>은 평일, <그림 2>는 주말에 대한 기존 고정식 신호운영방식과 본 논문의 제안 방안의 24시간 지체도 비교 결과를 나타낸다.

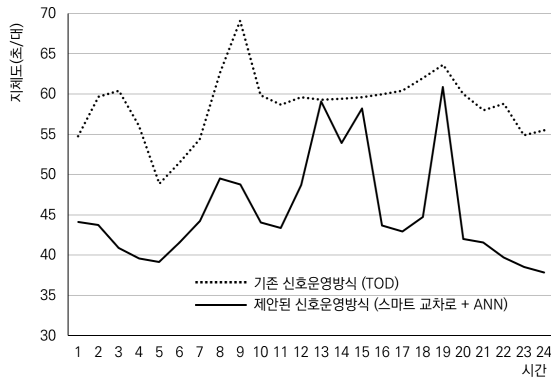


그림 1. 신호운영방안 기존 대비 제안 비교 - 평일

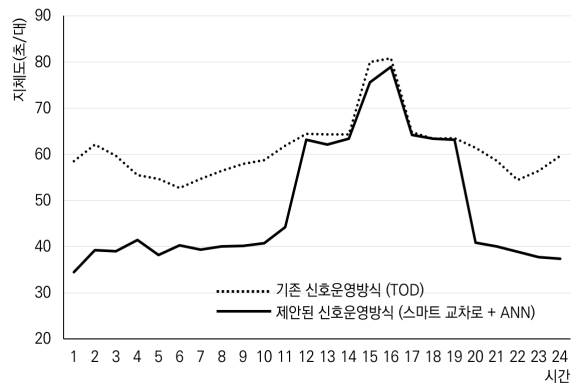


그림 2. 신호운영방안 기존 대비 제안 비교 - 주말

평일에 대한 시간대별 지체도는 제안 신호운영방안을 통해 평균적으로 13.17초의 지체도가 감소하였으며, 주말의 경우 평균적으로 12.61초의 지체도가 감소하였다. 본 연구에서 제안하는 신호운영방안을 통해 기존 고정식 신호운영방식 대비 약 22%의 지체도가 감소하는 것을 확인하였다.

핵심용어 : 교통류, 신호시간, 딥러닝, AI, 모의실험, 실시간 제어

* 학생회원 · 한국교통대학교 교통정책시스템공학과 박사과정 (E-mail : zilam94@naver.com)

** 정회원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 정교수 (E-mail : jtkim@ut.ac.kr)

단기 신호 분배를 고려한 교통신호 전이 기법 개발

조용빈* · 김진태**

도로교통정보 수집 체계의 고도화에 따라 실시간으로 수집되는 교통정보의 질이 향상되고 이를 통해 다양한 시도가 가능한 실시간 교통신호 운영 기반이 마련되었다. 이로 인해 빈번히 변화하는 교통신호 운영 변수의 조정을 위해 교통신호 전이가 빈번하게 발생하게 된다. 그러나 현장에 적용되고 있는 교통신호 전이기법은 시대의 변화를 따라가지 못한 채 아직까지 전통적인 방식이 고수되어 운영되고 있다. 실시간 교통신호 운영에 발맞춰 따라가기 위해 효율적인 신호운영의 원인이 되는 전통적인 교통신호 전이 기법의 한계점을 개선할 필요가 있다. 본 연구에서는 전통적인 교통신호 전이 기법의 한계점을 검토하고 이를 개선한 교통신호 전이 기법의 개발한다.

연구 및 문헌 고찰을 통해 전통적인 교통신호 전이 기법의 한계점을 2가지로 구분하여 정리하였다. 첫 번째는 옹셋 변화량의 배분이다. 옹셋 변화량을 연동 현시에 일괄 적용하여 연동현시의 현시 길이가 길어지게 되는 현상이 발생한다. 이러한 현상에 의해 부도로 교통류의 정체가 발생하여 Plan B로 전환된 이후에 교통상황에까지 영향을 미칠 수 있다. 두 번째는 전이 소요 시간이다. 옹셋 변화량의 크기에 따라 전이에 소요되는 시간이 결정된다. 옹셋 변화량이 클 경우 전이 주기 횟수와 주기 길이가 길어지기 때문에 전이가 장기간에 걸쳐 수행된다.

상기 언급한 전통적인 전이 기법의 한계점에 따라 (1)부도로 정체 완화, (2)1~2주기 내 단기간 신호 전이 2가지 기능적 개선사항을 고려하였다. 첫 번째 기능적 개선사항인 부도로 정체를 완화를 본 제안 전이 기법에 적용할 수 있도록 아래 표와 같이 연동 현시에만 옹셋 변화량을 할당하지 않고, 연동 현시와 부도로 현시에도 옹셋 변화량을 할당 할 수 있도록 보완하였다. 이때 할당되는 비율은 연동 현시에 50%, 부도로 현시에는 각 25%씩 할당하여 Plan B 현시에 더하는 형태로 전이가 수행된다(4차 교차로 기준).

<표> 부도로 정체 완화를 위한 제안 전이 기법 현시 배분 방안

구분	기존 방식	제안 전이기법	비고
전이 방향	-옹셋 변화를 +/- 방향으로 가변	-옹셋 변화를 + 방향으로 고정 (옹셋 변화량이 음수인 경우 Plan B의 주기를 옹셋 변화량에 더하여 전이 수행)	전이 길이에 따라 두가지 제안방법 설계
시간 배분	-주도로 연동현시만 옹셋변화량 배분, 또는 -부도로 현시 길이 고려한 가변 비율 적용	-주도로 및 부도로 현시 길이 고려한 고정 비율 적용	

두 번째 기능적 개선사항인 1~2주기 내 단기간에 신호전이 과정이 소요될 수 있도록 전통적인 전이 기법을 기반을 두어 2가지 교통신호전이 기법을 설계하였다. 제안 설계기법 1은 전통적인 전이 기법 중 Immediate 기법을 개량하여 개발하였다. 연동 현시에만 옹셋 변화량을 할당하던 기존 Immediate 기법에서 연동 현시 외에도 부도로 현시에도 옹셋 변화량을 할당할 수 있도록 하였다. 제안 설계기법 2는 Immediate 기법과 Add 기법을 개량하여 개발하였다. 연동 현시에만 옹셋 변화량을 할당하던 기존 Immediate 기법에서 연동현시 외에도 부도로 현시에도 옹셋 변화량을 할당할 수 있도록 하였으며, 옹셋 변화량이 Plan B의 주기 길이에 전이 임계 비율(50.0%)을 적용한 값보다 큰 경우 2주기까지 전이를 수행할 수 있도록 하였다. 이에 따라 구분되는 2가지 제안 설계 기법의 전이 길이를 아래 표와 같이 정리하였다.

<표> 단기간 신호전이 과정 수행을 위한 전이 기법 별 전이 길이 결정 방안

구분	전이 길이	
	1주기	2주기
제안 기법 1	○	×
제안 기법 2	○ (변화량 < 임계값1)	○ (변화량 ≥ 임계값1)

1) 임계값은 교통신호시간 50% 기준으로 산정($50\% \times C_{plan B}$), 이때 50%는 전이 임계 비율

핵심용어 : 교통신호, 교통운영, 교통신호전이, 교통신호제어

* 정희원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 연구원 (E-mail : dydqls07@naver.com)

** 정희원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 정교수 (E-mail : jtkim@ut.ac.kr)

드론을 활용한 인파밀집 분석에 관한 연구

장원석* · 오민종** · 윤소정*** · 박제진****

국내에서는 사회재난 발생으로 인한 물적·인적피해를 예방하기 위해 안전과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 인파밀집으로 인한 압사참사가 최근에 발생하면서 인파관리의 필요성이 대두되고 있다. 현재 경찰청에서는 CCTV 영상 및 인력조사를 바탕으로 페르미 추정법(Fermi Estimate)을 활용하여 인구밀도가 높은 장소의 인파를 추정하고 있다. 페르미 추정법은 논리적 추론만으로 짧은 시간 안에 대략적인 근사치를 추정할 수 있지만, 이는 어렵짐작한 값으로 실제값과 오차가 다소 발생할 수 있다. 이를 보완하기 위해, 본 연구에서는 드론을 활용한 항공촬영 기법을 도입하고자 한다. 드론을 활용한 항공촬영은 공간 및 시간적 제약을 받지 않으므로 사용자가 필요한 정보를 제약없이 받을 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 드론에 장착된 LiDAR 센서로 전체 면적을 그리드(Grid) 형태로 구분한 밀집된 인파를 다중촬영하여 데이터를 취득한 후, 소프트웨어를 사용하여 추출한 데이터의 인구밀도를 페르미 추정법과 비교하는 방법을 제안하고자 한다. LiDAR 센서를 활용하여 인구밀도의 값을 도출한다면 단순 추측으로 인구밀도를 계산하는 방식보다 신뢰도가 높은 결과물을 도출할 수 있을 것으로 판단되며, 이는 재난문자 발송과 같은 인파사고 예방에 활용될 것으로 기대된다.

표 1. 제이콥스 공식상의 인구밀도 관계

단계	군중의 특성	평당 인구밀도
1단계	느슨한 군중	약 3.56명
2단계	견고한 군중	약 7.91명
3단계	밀집군중	약 14.23명

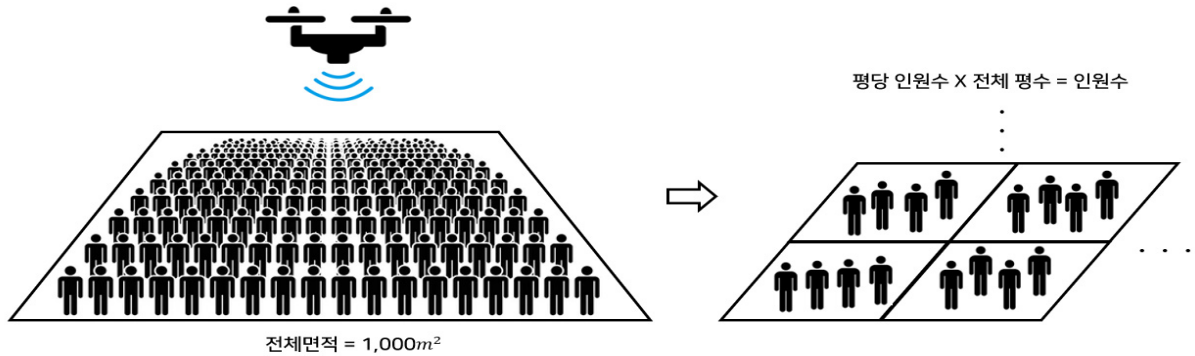


그림 1. 인원 추정 방법 예시

핵심용어 : 드론, 인구밀도, LiDAR 센서

* 학생회원 · 전남대학교 도시방재안전협동과정 석사과정 (E-mail : wonseok216@gmail.com)
 ** 학생회원 · 전남대학교 건축토목공학과 학·석사과정 (E-mail : meen8952@naver.com)
 *** 비회원 · 전남대학교 도시방재안전협동과정 석사과정 (E-mail : thwj6508@gmail.com)
 **** 정회원 · 전남대학교 토목공학과 교수 (E-mail : jinpark@jnu.ac.kr)

Full-Bayes Before and After 분석 기법을 통한 화물차 휴게시간 개정 전후 안전 성능 평가

이성준* · 박누리** · 박준영***

고속도로는 일반 도로 대비 주행 속도가 높아 교통사고 발생 시 심각한 사고로 이어질 가능성이 커 이에 대한 대책 및 노력이 필요하다. 화물차 사고의 경우, 교통사고가 한 번 발생하면 일반 차량에 비해 더 큰 인명피해를 발생시킨다. 교통사고 분석시스템(TAAS)에 따르면 2017년~2021년 고속도로 내에서 발생한 사고의 24.6%가 화물차로 인해 발생하고 있다. 2017년 국토교통부에서는 고속도로 화물차 운전자의 졸음운전 등으로 인한 사고를 막기 위해 4시간 연속 운전한 운수종사자에게 30분 이상의 휴게시간을 보장해야 하는 화물자동차 운수사업법 시행규칙 제21조 23항을 신설하였다. 하지만, 화물차 주행행태를 고려하였을 때 실효성이 떨어지는 문제로 인해 2021년 화물자동차 운수사업법 시행규칙 내용을 2시간 연속운전 후 15분의 휴게시간을 보장하도록 개정하였다. 위와 같은 법 개정으로 인해 교통 측면에서 변화가 발생할 것으로 예상된다. 따라서 화물차 휴게시간 개정에 따른 교통 측면에서의 안전성 변화에 대한 분석이 필요하다.

본 연구의 목적은 특정 구간 및 조건에 대해 고속도로 내 화물차 휴게시간 개정에 따른 안전 효과를 평가하는 것이다. 화물차 휴게시간 개정의 안전 효과는 FB 분석(Full Bayesian before/after)을 통해 추정하며, 고속도로 본선 구간, 램프 구간 등 다양한 특성에 대해 평가한다. 사고 빈도 모형 구축 시 심각도 수준을 고려하기 위해 다변량 모형(Multivariate model)을 채택하였으며, 휴게소 및 졸음쉼터와 램프 구간 등 고속도로 구간 특성과 관찰되지 않은 이질성을 고려하기 위해 Random effect를 고려한 Multilevel model을 구축하였다.

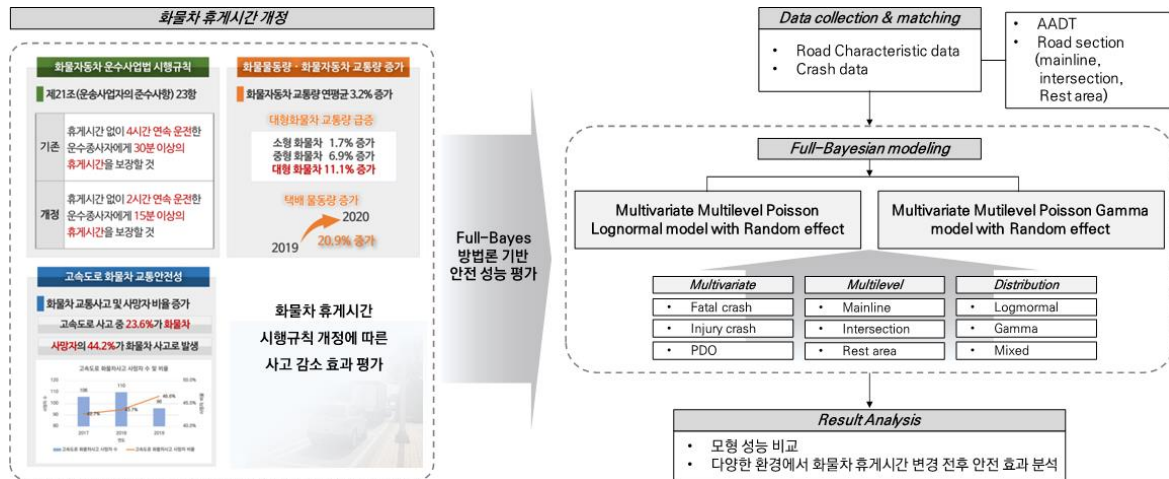


그림 1. 분석 배경 및 연구 흐름도

핵심용어 : 고속도로, 화물차, 휴게시간 개정, 풀 베이저안, 안전성 분석

* 학생회원 · 한양대학교 교통물류공학과 석사과정 (E-mail : sug18@hanyang.ac.kr)

** 학생회원 · 한양대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : nuripark@hanyang.ac.kr)

*** 회원 · 한양대학교 교통물류공학·스마트시티공학과 교수 (E-mail : junyoung@hanyang.ac.kr)

화물차 사고특성을 고려한 고속도로 안전성능함수 개발

성예지* · 박동혁** · 박준영***

고속도로는 설계속도가 높은 연속류 기반의 도로이기 때문에 차량이 빠른 속도로 주행하고, 그에 따라 발생하는 대부분의 사고심각도가 높다. 도로교통공단 교통사고 분석시스템 TAAS에 따르면 2017년부터 2021년까지의 도로 종류별 사망사고 비율에서 다른 국도, 지방도 및 시·군도에 비해 고속국도가 가장 높은 것을 알 수 있었다. 또한 차종별로 구분했을 때, 승용차 다음으로 화물차 사고가 가장 많이 발생하였다. 일반적으로 화물차 사고는 일반 승용차 사고 대비 심각도가 높은 것으로 알려져 있으며, 최근 국내 화물차 사고건수도 꾸준히 발생하고 있는 추세이다. 더불어 고속도로에서 벌어지는 사고는 사후 사고로 인한 피해도 문제를 불러일으킬 수 있기 때문에 교통사고 예방을 위한 노력이 필요하다. 고속도로에서의 사고들은 해당 구간의 기하구조 및 교통량, 연장과 같은 다양한 요인의 영향을 받는다. 이에 구간의 사고건수와 요인간의 관계를 추정할 수 있는 통계적 사고 예측모형인 안전성능함수(Safety Performance Function)에 관한 다양한 연구가 국내에서 지속되고 있다.

본 연구의 목적은 국내 고속도로 4개 노선(경부, 영동, 중부내륙, 중부)을 대상으로 교통사고건수와 교통량, 기하구조 기반의 화물차 사고예측모형(안전성능함수)을 개발함에 있다. 기존 연구들의 사고예측모형은 개량경제학을 기반으로 하여 주로 포아송(Poisson), 음이항(Negative-Binomial), 임의효과(Random effects) 등을 적용하여 구축되었다. 앞서 말한 모형 이외에도 일정 범위 안에서는 관측될 수 없는 중도 절단되는 특성을 갖는 변수를 사용하는 회귀모형을 중도절단회귀모형이라 한다. 중도절단 회귀모형을 토빗 모형이라 부르며, 상당수의 종속변수가 0이거나 특정 구간 이상일 경우 유용하다. 교통사고건수는 “0” 이상의 정수를 가지는 특성이 있고, 본 연구에서는 화물차 교통사고를 모형의 종속변수로 설정하였기 때문에 총 사고건수보다 중도 절단되는 특성이 강하다. 이에 따라 토빗 모형을 적용하여 사고예측모형을 개발한다.

본 연구의 공간적 범위는 앞서 제시한 노선들의 본선부이며, 교통사고 자료의 시간적 범위는 2017~2021년으로 총 5개년도의 기간을 사용한다.

표 1. 안전성능함수 개발 시 사용된 독립변수

변수명	형태
AADT	연속형
Length	연속형
화물차 비율	연속형
포장상태	연속형
중단구배	연속형
곡선반경	연속형

핵심용어 : 화물차사고, 안전성능함수, 토빗모형, 머신러닝

* 학생회원 · 한양대학교 교통물류공학과 석사과정 (E-mail : syeji0227@hanyang.ac.kr)

** 학생회원 · 한양대학교 교통물류공학과 박사과정 (E-mail : sunup316@hanyang.ac.kr)

*** 정회원 · 한양대학교 교통물류공학과, 스마트시티공학과 부교수 (E-mail : juneyoung@hanyang.ac.kr)

CFD 시뮬레이션을 통한 중·소형 위험물질 운송차량 사고 발생에 따른 피해 규모 분석에 관한 연구

이창준* · 고동영** · 문세범*** · 박승희****

1. Introduction

현재 한국교통안전공단 위험물질운송안전관리센터는 「물류정책기본법」 제29조 및 「물류정책기본법 시행규칙」 제2조의 2에 의거하여, 아래 표 1에 해당하는 위험물질을 운송하는 차량을 관제대상으로 지정하여 실시간 관제를 하고 있다. 하지만, 소방청 위험물 운송차량 등록현황에 따르면, 위 관제용량 범주에 포함되지 않는 중·소형 규모의 위험물질을 운송하는 차량이 전체 위험물 운송차량의 66.32%를 차지하지만, 관제대상에 포함되어 있지 않기 때문에 관제가 이루어지지 않는 실정이다. 본 논문에서는 CFD 시뮬레이션을 통해 중·소형 위험물질 운송차량 사고 발생 시 나타나는 피해의 형태와 규모를 분석하고자 한다.

2. Simulation Verification

본 연구에서는 FLACS 시뮬레이션을 통해 중·소형 위험물질 운송차량 사고 발생 시, 사고피해 규모 형태 및 규모를 분석하고자 한다. CFD model의 3차원 모델링을 통해 도로 경사, 측구 등 실제 도로의 형상을 적용하였다. 또한, 위험물질을 액체와 기체로 분류하고 각 위험물 별 물성치를 반영하였으며, 사고 발생 시 나타나는 물질 종류별 피해를 1차 피해(직접 피해), 2차 피해(간접 피해)로 나누어 분석하였다.

표 1. 「물류정책기본법 시행규칙」 제2조의 2에 해당하는 위험물질 관제용량

항목	법령	최대 적재량 기준 관제용량
위험물	「위험물안전관리법」제2조제1항제1호	10,000리터 이상
지정폐기물	「폐기물관리법」제2조제4항	10,000킬로그램 이상
유해화학물질	「화학물질관리법」제2조제7호	5,000킬로그램 이상
고압가스	「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제2조제1항제1호	6,000킬로그램 이상
	「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제2조제1항제2호	2,000킬로그램 이상

핵심용어 : 위험물질 운송차량, CFD 시뮬레이션

<감사의 글> 본 논문은 국토교통부의 스마트시티혁신인재 육성사업으로 수행되었습니다.

* 학생회원 · 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공 석사과정 (E-mail : russel4447@naver.com)
** 비회원 · 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공 석사과정 (E-mail : ehddud3555@naver.com)
*** 비회원 · 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공 석사과정 (E-mail : sebum1208@naver.com)
**** 정회원 · 성균관대학교 건설환경공학부 정교수 (E-mail : shparkpc@skku.edu)

삼각교통섬 설치 여부별 사고 모형 개발

기한솔* · 김응철**

삼각교통섬은 도류화 시설물의 한 종류로 직진 교통류와 우회전 교통류를 분리시키고 부적절한 회전 등의 통행을 막기 위해 회전부에 설치된다. 1998년 이래로 교통 체계 개선을 위해 전국적으로 설치되기 시작하여 교통 사고 잦은 곳 개선 사업과 같은 교통 안전 정책에서 교차로 개선방안으로 활용되어왔으나, 최근에는 교통 흐름을 방해하고 이용자의 안전을 위협한다는 이유로 철거되는 사례들이 발생하고 있다.

삼각교통섬 관련 국내 연구 동향 검토 결과, 기존에는 삼각교통섬 설치로 인한 사고 감소 효과에 집중하였다면, 최근에는 삼각교통섬으로 인한 안전 문제에 집중하며 사고 요인 분석과 설치 준거 및 설계 기준 개선 필요성을 제시하는 연구들이 이어지고 있다. 삼각교통섬이 사고 감소에 기여하지 못하고 보행자의 안전을 위협한다는 연구 결과와 국내법상 준거가 명확하지 않은 실정을 고려하였을 때, 삼각교통섬 설치 준거 개선을 위한 연구는 시의적절하다고 사료된다.

본 연구는 교차로 내 삼각교통섬 설치 여부에 따른 사고 데이터를 기반으로 교차분석, 모형분석과 같은 통계 분석을 통해 개별 모형을 구축하고 사고 요인을 비교·분석한다. 이를 통해 삼각교통섬 설치 준거 개선안을 마련하는 것을 목적으로 한다.

표 1. 삼각교통섬 설치 여부와 사고 데이터 교차분석 결과(요약)

구 분		분석 내용	
		분석 방법 ¹⁾	분석 결과(유의확률) ²⁾
사고 발생 여부	중상 이상 사고 발생 여부	Fisher 정확검정	0.387
	사망 사고 발생 여부		1.000
사고 발생 건수	전체 사고 발생 건수		0.762
	중상 이상 사고 발생 건수		0.010
사고 심각도	사고 등급 ³⁾	Pearson 카이제곱검정	0.530
	사상자 수 ⁴⁾		0.066

1) 기대빈도가 5미만인 셀이 전체 셀의 20% 이상인 경우 Fisher의 정확검정, 20% 미만인 경우 Pearson 카이제곱검정을 활용함.

2) 유의확률은 10%를 기준으로 함.

3) 사고 등급별 4단계(부상신고사고=0, 경상사고=1, 중상사고=2, 사망사고=3)로 구분함.

4) 사상자 환산계수(부상신고자=0.0033, 경상자=0.0068, 중상자=0.1168, 사망자=1.0000)로 환산한 값을 사용함.

핵심용어 : 삼각교통섬, 설치 준거, 교차로 사고, 통계분석

* 학생회원 · 인천대학교 대학원 건설환경공학과 박사과정 (E-mail : 1brush@naver.com)

** 정회원 · 인천대학교 도시환경공학부 교수 (E-mail : eckim@inu.ac.kr)

주차 공간 표준화를 위한 Micromobility(e-스쿠터, 자전거)의 주차 특성 비교

김지원* · 박유섭** · 진가영*** · 구건형**** · 오흥운*****

최근 개인형 이동장치(micromobility)의 사용이 많아지면서 보행로에 무분별하게 주차된 공유형 개인 이동 장치를 많이 볼 수 있다. 보행을 방해하는 부적절한 주차를 줄이기 위하여 개인형 이동장치의 주차 공간을 입지 및 표준화가 필요하다고 할 수 있다. 따라서 공유형 e-스쿠터와 자전거의 주차 특성을 조사 및 비교 분석할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 현장 주차 조사를 통하여 공유형 e-스쿠터와 자전거의 주차 행태를 조사 및 분석하는 것이다. 먼저 공유형 e-스쿠터와 자전거의 주차 특성을 위치적 특성 및 주차 유형 등으로 분류한다. 표 1은 주차 특성을 분류한 분석 데이터의 개요이다. 이후 주차 주차 조사를 통해 분류한 주차 행태를 조사한다. 본 연구에서 주차 조사는 수원시를 대상으로 진행되었다. 마지막으로 로지스틱 회귀분석을 이용하여 조사한 주차 특성이 공유형 e-스쿠터 및 자전거 주차에 미치는 영향을 분석하여 각각의 주차 행태를 도출한다.

도출된 결과는 다음과 같다. 자전거 주차와 양(+)의 관계를 갖는 독립변수는 유효보도폭, 주차 위치 중 자전거도로, 주차 위치 중 지하철역 입구이다. 반면 자전거 주차와 음(-)의 관계를 갖는, 즉 e-스쿠터 주차와 양(+)의 관계를 갖는 독립변수는 교차로와의 거리를 30m 내외로 나누었을 때 30m보다 떨어진 곳, 도로 방해 폭, 사용자 주차 유형 중 사용자 개별 주차이다.

따라서 이러한 특징을 반영하여 개인형 이동장치로 사용되는 e-스쿠터와 자전거를 분리하여 주차 공간의 입지 및 표준화할 필요가 있다.

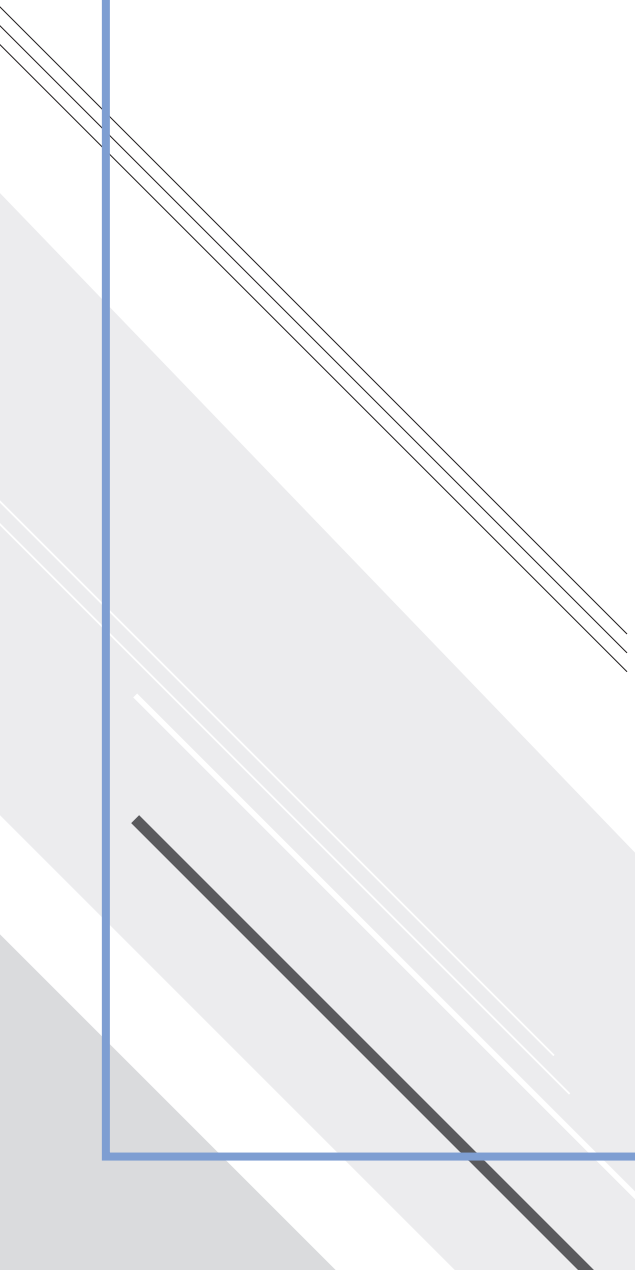
표 1. 분석 데이터 개요

변수	항 목	데이터 유형	데이터 입력 방식
유효보도폭	유효보도폭	수치형	미터(m) 단위의 수치로 입력
도로 방해폭	도로 방해폭	수치형	수치로 입력
토지이용특성	공공청사/공공시설, 공원/녹지지역, 상업지역, 주거지역	범주형	0과 1의 이진형으로 표현 (각 변수의 항목에 해당되면 1, 해당되지 않으면 0)
교차로와의 거리(30m 기준)	30m 이외, 30m 이내	범주형	
주차위치	버스정류장, 자전거거치대, 자전거도로, 지하철역입구, 보행자도로	범주형	
주차로 인한 방해 유형	버스정류장 접근방해, 자전거거치대 접근방해, 지하철역입구 접근방해, 횡단보도 접근방해, 보행자도로 막음, 자전거도로 막음, 기타	범주형	
주차 유형	사용자 그룹 주차, 사용자 개별 주차	범주형	

핵심용어 : micromobility, 로지스틱 회귀분석, 주차 공간 표준화

* 학생회원 · 경기대학교 도시·교통공학과 석사과정 (E-mail : ptjwon2345@gmail.com)
 ** 학생회원 · 경기대학교 도시·교통공학과 석사과정 (E-mail : ptjwon2345@gmail.com)
 *** 학생회원 · 경기대학교 도시·교통공학과 학부연구생 (E-mail : ky01ky@naver.com)
 **** 학생회원 · 경기대학교 도시·교통공학과 학부연구생 (E-mail : vantage1205@naver.com)
 ***** 정회원 · 경기대학교 도시·교통공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : ohheung@gmail.com)

포스터 SESSION



공간분석 기법을 활용한 공유 서비스형 전동킵보드 대여소 입지선정 연구

전재현* · 이상권** · 이대규*** · 오주택****

최근 국내의 전동킵보드 공유서비스 시장의 규모가 성장함에 따라 킵보드 관련 민원이 증가하고 있다. 국민 권익위원회(2020)에 따르면, 2년간 운행 장소 및 주·정차에 관한 민원이 72%의 비율을 차지하며 이는 도시미관 저해와 차량 및 보행자의 안전 문제로 이어지고 있다. 공유 서비스 업체에서 지정한 기존 대여소의 경우 국토교통부에 따른 「퍼스널 모빌리티 주·정차 가이드라인」 및 「도로교통법」의 ‘주차 및 정차의 금지’와 관련한 조항을 위반한 무분별한 지정이 이루어지고 있는 상황이다. 본 연구에서 충주시 일원의 대여소에 대해 현장조사를 실시한 결과, 대다수의 대여소가 위의 조항을 위반하고 있는 것을 확인하였다. 따라서 기존의 무분별한 대여소 지정으로 인해 증가하는 공유 서비스형 전동킵보드 주·정차 문제에 대응하고 안전한 전동킵보드 이용환경 구축을 위해 대여소의 적정 위치를 선정하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 전동킵보드 대여소의 적정 위치를 선정하기 위한 분석도구로 QGIS와 Python을 활용하였다. 먼저, 공유 킵보드 서비스 업체인 D사의 앱을 통해 충주시의 전동킵보드 반납 위치를 파악하여 여러 개의 군집 개수를 선정하였고, K-평균 군집분석을 실행하여 중심점을 대여소 위치를 선정한 후 후보별 각 대여소 간의 거리와 대여소 간 전동킵보드의 수용 대수를 비교하였다. 대여소의 개수를 산정한 후 현 가이드라인을 반영하여 위치를 조정된 최종 대여소 50개소의 입지를 선정하였다.

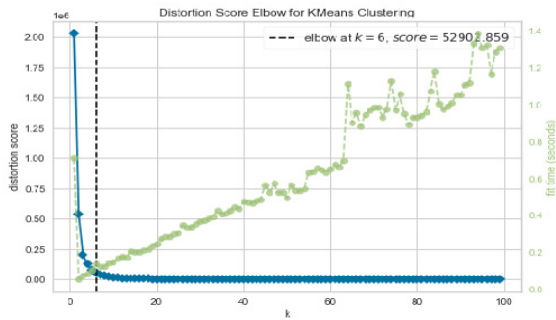


그림 1. 군집의 개수 K 선정

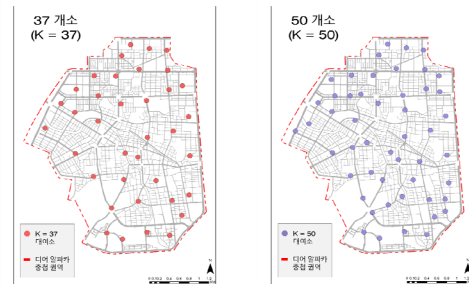


그림 2. 대여소 위치 선정

표 1. 대여소 간 거리 비교 (단위: m)

구분	기존 (50개소)	37개소 (K=37)	50개소 (K=50)
최소 거리	28.0	273.6	217.5
최대 거리	4,503.7	4,155.8	4,007.3
평균 거리	1,972.2	1,904.4	1,853.0

핵심용어 : 공간분석, 킵보드, 대여소, 입지

* 학생회원 · 국립한국교통대학교 도시·교통공학과 석사과정 (E-mail : jeonjh18@naver.com)
 ** 학생회원 · 국립한국교통대학교 도시·교통공학과 석사과정 (E-mail : mh7458@naver.com)
 *** 학생회원 · 국립한국교통대학교 도시·교통공학전공 (E-mail : mne441@naver.com)
 **** 정회원 · 국립한국교통대학교 도시·교통공학전공 교수 · 공학박사 (E-mail : jutaek@ut.ac.kr)

자율주행자동차의 AI판단기능 등급화를 위한 위험상황 시나리오 및 평가지표 선정 연구

오민중* · 진은주** · 김종민*** · 박제진****

최근 전 세계가 개발 중인 자율주행자동차 Level(3~5)는 운전자를 대신하여 차량에 탑재된 각종 센서와 AI 운전과정의 대부분을 대체한다. 현재 자율주행자동차는 임시면허 시험만으로 도로주행이 가능하여 자율주행자동차 탑승 시 안정성 측면에서 신뢰도가 떨어질 것으로 예상된다. 소비자들이 자율주행자동차를 보다 안전하고 신뢰할 수 있게 하기 위해서는 주행안정성을 담당하는 자율주행자동차 AI의 판단기능에 대한 주행면허 등급제 및 표준화가 필요하다. 소비자들이 신뢰할 수 있는 자율주행자동차 개발을 위해 의도된 기능의 안전성(SOTIF ; Safety of the Intended Functionality, ISO 21448:2022) 검토 필요성이 전 세계적으로 논의되고 있다. 의도된 기능의 안전성(SOTIF)에서는 자동차 기능안전표준(ISO 26262)에서 다루지 않는 환경요소 및 상황인지 오류 등의 부분을 보완하여, 주행상황에 대한 개념과 각 시나리오를 통합하기 위한 다양한 방법과 지침을 제공하고 있다. 본 연구에서는 자율주행자동차의 AI판단기능 등급화를 위해 SOTIF에 부합하는 평가 시나리오 및 평가지표 선정에 관한 연구를 진행한다. 추후 선정된 평가 시나리오 및 평가지표를 바탕으로 자율주행자동차의 AI판단기능 등급화가 진행될 경우 자율주행자동차의 안전성을 확인할 수 있어, 자율주행자동차의 신뢰성 제고가 기대된다.



그림 1. SOTIF에 부합하는 시나리오 구성 및 개념도

<감사의 글> 본 연구는 한국연구재단의 『자율주행차 AI 등급화 평가 시나리오 개발(2021R1I1A3055993)』과제로 진행된 것으로, 본 연구를 지원해주신 한국연구재단에 감사드립니다.

핵심용어 : 자율주행자동차, AI판단기능등급화, SOTIF, 시나리오, 평가지표

* 학생회원 · 전남대학교 건축토목공학과 석사과정 (E-mail : meen8952@naver.com)
 ** 비회원 · 전남대학교 심리학과 박사수료, 산학협력단 연구원 (E-mail : ejjin30@gmail.com)
 *** 정회원 · 전남대학교 공업기술연구소 학술연구교수, 공학박사 (E-mail : kimbellsky@gmail.com)
 **** 정회원 · 전남대학교 토목공학과 교수, 공학박사 (E-mail : jinpark@jnu.ac.kr)

도로터널 화재에 따른 고온 노출 철근의 인장특성 분석

하동수* · 심재원** · 김승원*** · 박철우****

국내 지형은 70%이상이 산지로 이루어져 있으며 물류 운송에 대해 불리한 지형을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해 수많은 고속도로들이 건설되었다. 고속도로의 특성상 직선화가 중요하게 여겨지고 있으며 이를 가능하게 하는 방법이 도로터널이다. 2010년 기준 터널개소는 1,332개소, 총 연장은 945km였으나 2020년 기준 2,742개소, 총 연장 2,157km로 터널의 개소 및 연장이 약 2배 증가하였으며 현재까지도 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 도로터널은 폐쇄적인 공간이라는 단점이 존재하여 화재 시 온도 및 복사열의 상승에 따라 구조물에 큰 타격을 가하게 되어 이에 따른 많은 인명피해가 발생하게 된다. 철근콘크리트 구조물의 화재시 콘크리트는 내화성이 우수하나 철근의 경우 화재열로 인하여 물리적으로 열팽창 및 화학적 성분이 변하여 본래 인장특성을 잃는 경향이 있다. 현재 국내에서는 화재강도 수준에 따라 철근 및 콘크리트의 역학적 특성 변화 및 화재 후 잔존특성에 관한 연구가 미비한 단계이다.

스웨덴의 SP기술조사연구소에 의하면 터널 화재 시 초기화재의 제어를 위한 골든타임은 출동 화재 시 7분, 단일 화재 시 13~20분을 기준으로 하고 있다.(Haukur Ingaso, 2010) 이는 ISO 834 화재온도곡선 기준 약 800℃미만의 경우에 해당하는 것으로 추정하여 온도 변수는 700℃~780℃에서 20℃단위로 설정하여 실험하였다. 실험 결과, Control 변수와 비교하였을 때 700℃에 노출된 철근의 항복강도는 약 14% 감소하였으며 인장강도의 경우 약 8% 감소하였으며 노출 온도가 20℃ 증가함에 따라 항복강도는 2.5~1.5%, 인장강도는 0.2~0.7%의 수준으로 추가적으로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향을 보았을 때 화재 골든타임을 초과하였을 경우 터널 구조물의 안전성에 심각한 영향을 끼칠 것으로 판단하였으며 추후 터널의 설계 시 이러한 인장거동 특성을 고려한 설계를 진행하여 발생할 화재에 미리 대비를 해야할 것으로 보인다.

표 1. 변수에 따른 온도 도달 시간

온도	도달 시간
700	11분 33초
720	13분 13초
740	15분 8초
760	17분 19초
780	19분 48초

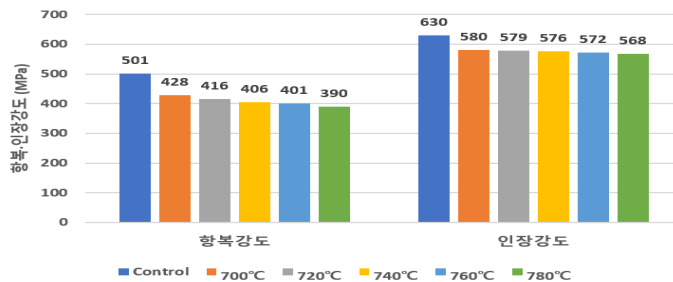


그림 1. 변수별 화재실험 전·후 항복·인장강도 비교

핵심용어 : 터널화재, 고온노출, 인장거동, ISO 화재곡선

* 정회원 · 강원대학교 토목건설공학과 석사과정 (E-mail : ehdt9350@naver.com)

** 종신회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 · 공학박사 (E-mail : this2pass@ex.co.kr)

*** 종신회원 · 강원대학교 건설융합학부 조교수 · 공학박사 (E-mail : seungwon.kim@kangwon.ac.kr)

**** 종신회원 · 강원대학교 건설융합학부 교수 · 공학박사 (E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr)

친환경 도로 먼지부하량 제거차량의 투수블록 포장도로 청소 효과 분석

조정연* · 류호준** · 연구민*** · 김인태****

서울시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례에 따라 서울시는 2015년부터 보도를 신설하거나 전면 보수하는 경우 투수블록 포장을 설치하고 있다. 이에 따라 서울시의 전체 보도 면적의 약 9%인 92만 4천㎡가 투수블록 포장으로 시공되어 있으며, 점차 증가하는 추세이다. 투수블록 표면에는 빗물을 흡수하기 위한 작은 공극이 존재하며, 이 공극이 낙엽이나 기타 오염물질에 의해 막힐 경우 투수성 저하에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져(박대근, 2013) 지속성을 확보할 수 있는 공극 막힘 해소 방안이 촉구되고 있다. 이를 위한 보도블록 청소 차량의 경우, 투수성 확보와 함께 블록포장의 공극 막힘 해소를 통해 보도의 미세먼지 노출 저감을 도모할 수 있어 보행자 생활권의 환경성을 향상할 수 있는 대안으로 알려져 있으나, 기존에는 가솔린 엔진이 장착된 장비를 사용하고 있어 엔진에서 발생하는 미세먼지가 날릴 수 있고, 보행자에게 피해를 줄 수 있어 친환경적이면서 공극을 복구하고 보도에서 발생할 수 있는 비산먼지를 동시에 제거할 수 있는 차량이 필요한 실정이다.

본 연구는 국내 보도 환경에 적합한 친환경 도로 먼지부하량 제거 차량의 실증 평가 및 모니터링을 통해 보도블록의 도로 먼지부하량(Silt Loading; sL) 저감 효과를 정량적으로 평가하였다. 현장 테스트에서는 청소 전 도로 먼지부하량을 측정하고, 개발된 청소 차량을 통해 청소 후 살수로 인해 분진 포집에 제약이 없도록 건조 후 추가 포집을 수행하였다. 그 결과, 보행자 통행량이 많고 인접 차도의 교통량이 많은 보도블록 청소로 인한 저감 효과는 $0.051\text{g}/\text{m}^2 \sim 0.202\text{g}/\text{m}^2$ 로 나타났다. 또한, 미세먼지(PM_{10})의 입자 크기 분석 결과, PM_{10} 이하 비율이 0.13% ~ 5.34%로 나타났다.

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었으며 이에 감사합니다. (과제번호 RS 2019-KA152342)

핵심용어 : 투수블록포장, Silt loading, 도로 먼지부하량 제거 차량, PM_{10}

* 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : wjddus942@naver.com)

** 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : dbghwms0@naver.com)

*** 정회원 · 명지대학교 교통공학과 공학박사 (E-mail : bx1002@naver.com)

**** 정회원 · 명지대학교 교통공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : kit1998@mju.ac.kr)

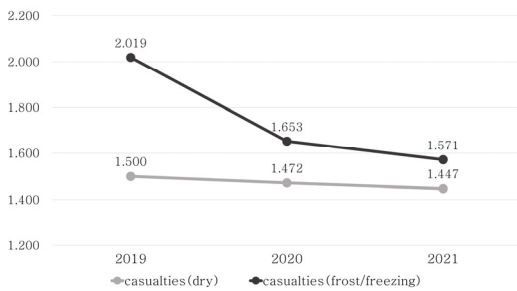
도로 노면 결빙에 영향을 미치는 환경인자 분석

김효원* · 이재훈** · 이정민*** · 권희원**** · 이종윤***** · 정진훈*****

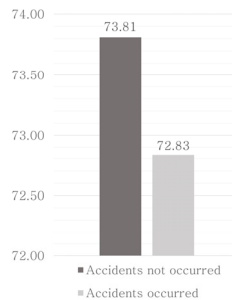
블랙아이스(Black Ice)란 도로표면에 얇은 얼음막이 생기는 도로결빙현상으로, 도로에서 발생하는 대형사고의 주요 원인 중 하나이다. TAAS(Traffic Accident Analysis System)에 따르면 최근 10년간(2012~2021년) 발생한 교통사고는 약 2백만 건이었으며, 동일기간에서 노면상태가 ‘결빙/서리’일 때 발생한 교통사고는 약 15,000건이었다. 노면상태가 ‘결빙/서리’일 때 발생한 교통사고는 2012~2018년 감소하는 경향을 보였으나 2019년 이후 현재까지 증가하는 추세를 보이고 있다. 또한 노면상태가 ‘건조’일 때 2019~2021년까지 교통사고 1건 당 평균 사망·부상자는 1.473(명)이었으나 ‘서리/결빙’일 때 평균 사망·부상자는 1.748명으로, 도로결빙으로 인한 교통사고 피해규모가 더 심각하였다.

현재 국내에서 사용되는 결빙기준은 국토부에서 제시하는 결빙사고 위험지수 및 결빙 취약구간 지정 기준으로, 평가 배점표에 따라 점수를 항목별로 산정한 후 해당 점수에 따라 취약구간을 선정한다. 그러나 제시된 기준에서는 항목별 세부배점에 대한 명확하고 정량적인 근거가 명시되어 있지 않다. 또한 도로포장 결빙 발생의 주요 요인인 기후특성이 충분히 반영되지 않아, 도로 결빙사고 방지 등의 효용성이 부족하다. 따라서 본 연구에서는 결빙 발생에 영향을 주는 구체적인 환경인자 선정을 위해 기존 결빙사고의 환경 특성을 분석하였다.

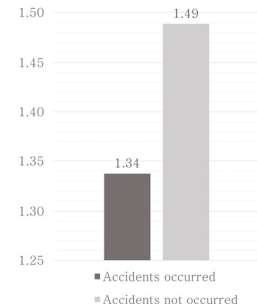
우선, 2018년 12월~2023년 1월까지 발생한 결빙사고 중 임의의 사례 8건을 조사하여 각 사고 발생지점과 가장 가까운 기상대를 매칭하였다. 이후, 기상청의 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS) 자료에 따라 사고발생 당일 시간별 기온(°C), 풍향, 풍속(m/s), 강수량(mm), 현지기압(hPa), 해면기압(hPa), 습도(%)등을 조사하였다. 추후 기온 변화량, 풍속 변화량, 습도 변화량 등 추가적인 기후특성 분석 및 다양한 분석사례 조사를 통하여 상관성 높은 환경인자를 선정하고 더 나아가 결빙기준 개선에 활용하고자 한다.



(a) Casualties by road condition



(b) Average wind speed at the point of the accident



(c) Average humidity at the point of the accident

핵심용어 : 도로결빙, 블랙아이스, 환경인자, 상관성분석

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : sallyhw@nate.com) - 발표자
 ** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : zzanggopd@gmail.com)
 *** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : kor07879@naver.com)
 **** 학생회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 학부연구생 (E-mail : heewon7177@naver.com)
 ***** 학생회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 학부연구생 (E-mail : jyee655@naver.com)
 ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : hjh@inha.ac.kr) - 교신저자

건식 슛크리트 재료 변경에 따른 교량 단면보수 시공에 대한 영향

이준모* · 최승학** · 하태호*** · 윤경구****

우리나라의 교량건설은 매년 증가하고 있으며, 이에 따라 오래된 교량의 보수 및 새로운 교량의 유지가 요구되어진다. 이러한 교량들의 유지 및 보수에는 습식 슛크리트에 비해 호스 압송 거리도 길고 장비가 가벼운 건식 슛크리트 공법이 적합하기 때문에 건식 슛크리트 공법을 사용한다. 다만 건식 슛크리트는 분진 발생률이 크고, 리바운드율이 높은 단점을 가진다. 이러한 단점들을 보완하기 위해 기초 골재에 여러 가지 재료를 추가하였다. 초기 강도 확보 및 빠른 경화를 위한 조강시멘트를 사용하였고, 거기에 장기 강도 확보를 위한 실리카 흙, 분진 발생의 저감을 위한 분진 저감제를 추가하였다. 또한, 인조 섬유대신에 건조된 자연 섬유를 추가하였는데, 이는 인조 섬유에 비해 자연 섬유가 접착력과 흡습성이 뛰어나고, 수축 균열 저감 효과를 볼 수 있기 때문이다. 위 재료들을 추가함으로써, 건식 슛크리트의 장점을 그대로 유지하며 단점을 줄일 수 있다. 동시에 초기강도 및 장기강도의 강화, 분진의 저감과 조강시멘트의 빠른 경화로 본 연구에서의 대상 구조물인 교량 슬래브 하부의 소규모 천정부 단면보수의 단점 감소 및 다방면적인 개선을 기대해 볼 수 있다.

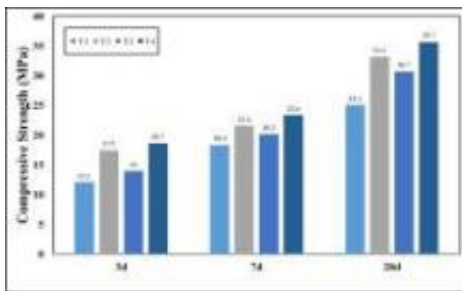


그림 1. 압축강도 시험 결과

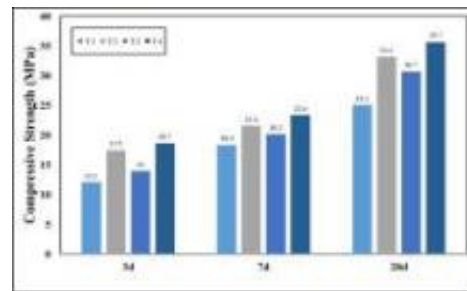


그림 2. 휨강도 시험 결과

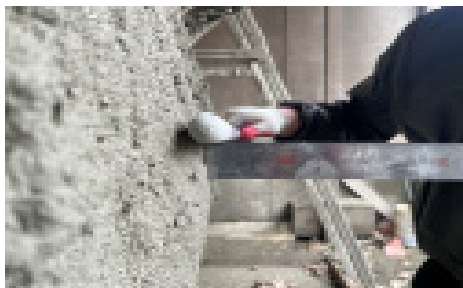


그림 3. 붙임두께 시험 결과



그림 4. 붙임두께 시험결과

<감사의 글> 본 연구는 국토교통부(국토교통부 22RITD-C162019-02)의 지원으로 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 지원을 받아 수행되었습니다.

핵심용어 : 건식 슛크리트, 단면보수, 자연 섬유

* 학생회원 · 강원대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 학부연구생 (E-mail : rainbow4520@naver.com)
 ** 학생회원 · 강원대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 박사과정 (E-mail : donghaebi@kangwon.ac.kr)
 *** 학생회원 · 강원대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 박사과정 (E-mail : gkxogh2810@kangwon.ac.kr)
 **** 정회원 · 강원대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr)

중앙버스정류장 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장의 초기 균열발생 현황분석

백순호* · 이강인** · 박상철*** · 김성민****

서울시의 중앙버스정류장은 기후 변화와 증차량인 버스의 지속적인 통행 증가로 인해 아스팔트 포장의 파손이 가속화되고 있는 실정이다. 이러한 버스정류장의 포장파손으로 인해 유지보수 비용 및 민원 발생 증가를 개선하기 위하여 강성포장인 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장(P-CRCP)을 일부 구간에 적용하였다. P-CRCP는 공장에서 사전 제작한 강도와 품질이 확보된 슬래브를 사용하며 연속철근 콘크리트 포장의 우수한 공용성을 겸비한 고내구성 포장 공법으로 심야에 신속하게 시공할 수 있다.

본 연구에서는 2022년 서울시 중앙버스정류장인 삼선교 한성대(08009)와 삼선교 한성대 조소양활동터(08010)에 시공한 P-CRCP 구간의 초기 균열발생 현황에 대하여 분석하였으며 시공 이후 약 60일 간의 육안 조사를 실시하여 유도균열 발생 과정 및 자연균열 발생 여부를 조사하여 그림 1과 같이 균열맵을 작성하였다. 길이 6m인 각 슬래브당 유도균열장치는 1m 간격으로 5개씩 삽입하여 중앙버스정류장 포장 당 총 35개를 삽입하였다. 그림 2와 같이 삼선교 한성대학교 중앙버스정류장에서는 진행된 유도균열 11개와 진행중인 유도균열 5개가 발생하여 48%의 유도균열을 발생시켰으며, 삼선교 한성대학교 조소양활동터는 진행 중인 유도균열 6개가 발생되어 17%의 유도균열을 발생시켰다. 균열 발생 과정은 전형적인 CRCP와 같이 대체적으로 포장의 중앙 부분에서 먼저 발생하고 있다. 또한, 자연균열 및 스폐링, 표면 파손, 단차 등은 발생하지 않았다. 이러한 결과로 보아 P-CRCP는 균일한 균열 발생으로 기존 CRCP에서 종종 나타나는 부적절한 균열의 발생 가능성을 낮춰 우수한 장기공용성을 기대할 수 있을 것으로 분석되었다.

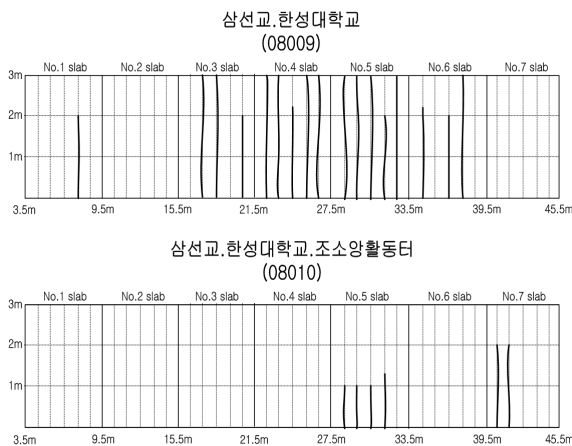


그림 1. 중앙버스정류장 포장 균열맵

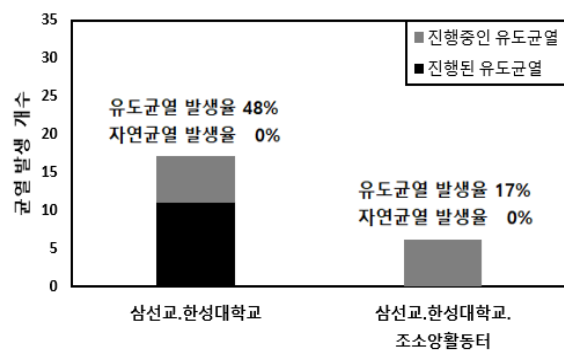


그림 2. 균열 발생율

핵심용어 : 프리캐스트 포장, 연속철근 콘크리트 포장, P-CRCP, 중앙버스정류장, 유도균열

* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 박사과정 (E-mail : qortnsg1@khu.ac.kr)
 ** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : leerkdls123@khu.ac.kr)
 *** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 박사과정 (E-mail : scpark555@khu.ac.kr)
 **** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : seongmin@khu.ac.kr)

프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장과 아스팔트 포장의 접속부 개선 검증을 위한 시공

백순호* · 이강인** · 김석현*** · 박상철**** · 김성민*****

최근 서울시 중앙버스정류장 포장은 고강성인 프리캐스트 콘크리트 포장으로 교체되는 추세이다. 프리캐스트 콘크리트 포장 형식 중 P-CRCP는 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장으로 프리캐스트 포장의 장점인 품질 확보, 급속 시공에 더해 연속철근 콘크리트 포장의 장점인 고내구성 및 유지보수비용 절감을 모두 갖추고 있는 포장 형식이다. 콘크리트 포장과 아스팔트 포장이 접속하는 부분은 두 포장 형식의 강성 및 거동의 차이에 의해 단차, 스펀링, 반사균열 등의 손상이 발생하게 되며 이를 최소화하기 위해 변단면의 접속슬래브를 접속부 아스팔트 포장의 하부에 두고 있다. 일반적으로 콘크리트 포장과 접속슬래브는 조인트를 두고 다웰바로 연결하며 이곳에 줄눈을 두고 있다. P-CRCP는 이러한 형식의 접속부를 초기에는 적용하였으나 연속철근 포장이기 때문에 이에 보다 적합한 접속부를 형성하기 위하여 개선 방안을 마련하였다. 접속슬래브를 본선 슬래브와 연속화하고 접속슬래브의 접속 시점부의 두께를 바로 줄이지 않고 본선 슬래브와 동일한 두께로 일정 길이를 유지한 후 아스팔트가 타설될 부분부터 변단면의 형상을 가지도록 그림 1과 같이 제작하였다. P-CRCP 접속부 시공 시 접속슬래브의 경사부분에는 택코팅을 철저히 실시하여 아스팔트 포장과의 점착력을 향상시켰다. P-CRCP에서는 아스팔트 포장이 시작되는 부분에서 반사균열이 발생하지 않고 접속슬래브가 끝나는 부분에서 반사균열이 발생될 것이므로 그림 2와 같이 이러한 위치의 아스팔트 포장 상면에 줄눈을 두어 반사균열을 제어하도록 하였다.



그림 1. P-CRCP 접속슬래브 형상



그림 2. P-CRCP 접속부

핵심용어 : 프리캐스트 콘크리트 포장, 아스팔트 포장, P-CRCP, 반사균열, 접속슬래브

* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 박사과정 (E-mail : qortnsg1@khu.ac.kr)
 ** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : leerkddl123@khu.ac.kr)
 *** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석박사통합과정 (E-mail : ramyun09@naver.com)
 **** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 박사과정 (E-mail : scpark555@khu.ac.kr)
 ***** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : seongmin@khu.ac.kr)

제주도 지방도 공용성 예측모형 개발

이재훈* · 박상구** · 김병준*** · 이대식**** · 정진훈*****

시공 후 도로 포장은 차량, 환경, 구조적 영향 등 내외부적 영향에 의해 노후화되고 지속적인 포장 손상이 발생한다. 따라서 포장관리시스템(PMS)을 이용하여 적절한 보수시기와 보수방법을 결정하고 이를 통해 포장의 성능을 관리한다. 포장관리시스템(PMS)은 현재 많은 지방자치단체에서 도로의 적정 보수시기와 보수방법을 결정하기 위해 사용되고 있으며, 이를 통해 포장의 성능을 관리하고 있다. 그러나 제주도 등 지방도의 경우 지역 특성을 반영한 도로포장관리가 아직 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 제주도의 지방도 공용성 예측모형을 개발하였다.

제주도 포장상태지수 개발을 위해 제주도 지방도에서 자동포장상태조사장비를 이용하여 10m 단위로 측정된 포장상태 분석자료를 이용하였으며, ASOS(종합기상관측소)와 AWS(방재기상관측소)의 2013년부터 2022년까지의 10년 평균 자료를 사용하였다. 또한 ASOS와 AWS에서 수집한 기상자료 중 ASOS와 AWS에서 동일한 기상자료를 사용하였다. 또한 세계기상기구(WMO)에서 제시한 극한기후지수를 인용하여 추가적인 변수를 계산하여 분석에 활용하였다. 각 분석지점의 위도 및 경도와 기상대의 위도 및 경도를 이용하여 Delaunay's Triangulation과 역거리가중법(IDW)을 이용하여 환경요인을 매칭하였다. 제주도 지방도의 특성은 매칭된 환경요인과 해당지점의 도로 공용성과의 상관관계 분석을 통해 파악하였다. 또한 상관관계 분석 결과를 활용하여 현재의 지방도 공용성 예측모형을 개발하였다. 제주도는 산악지역, 내륙지역, 해안지역의 특징이 나타나 제주도 내에서 각 지역마다 공용성 특징이 다르다. 따라서 지방도 공용성 예측모형을 개발할 때 각 지역에 따른 제주도 지방도 공용성 예측모형을 개발하였다.

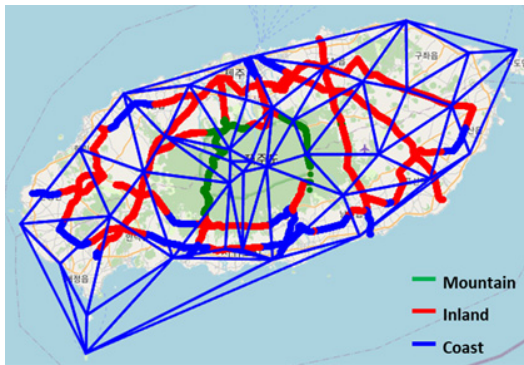


Fig. 1 제주도 기상대 삼각망

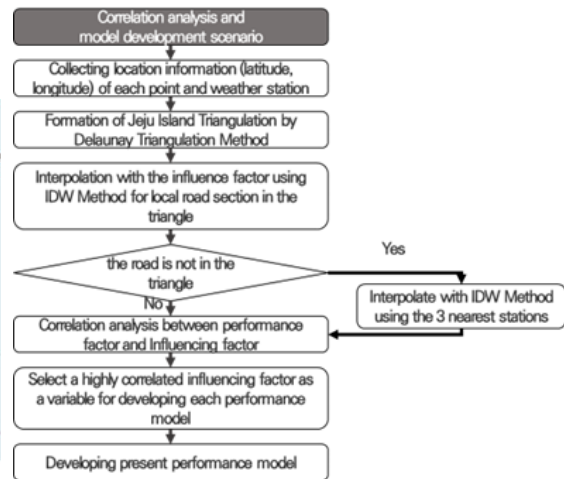


Fig. 2 제주도 지방도 공용성 모델 개발 알고리즘

핵심용어 : 제주도, PMS, 지방도, 공용성, 다중선형회귀분석, 아스팔트 포장

* 정희원 · 인하대학교 스마트시티공학과박사과정 (E-mail : zzanggopd@gmail.com)
 ** 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : angelfive3@naver.com)
 *** 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : fihz5@naver.com)
 **** 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : dsclds@naver.com)
 ***** 정희원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

IoT 기반 시멘트 콘크리트 포장 시공품질관리 시스템 개발

최문규* · 김진수** · 이대식*** · 정진훈****

시멘트 콘크리트 포장 시공은 국토교통부와 한국도로공사에서 시공 지침서 또는 지방서 등을 통하여 품질관리 항목을 제시하고 있다. 그 중 시공품질 항목으로는 포장의 폭, 두께, 평탄성에 대하여 기준을 제시하고 있다. 시공초기 시공품질 측정은 주로 포장 공사 종료 후 포장이 굳어진 상태에서 측정을 실시하고 있다. 따라서 시공초기 시공품질이 정해진 기준을 만족하지 못하면 시공이 완료된 포장을 절삭 및 재포장을 시행하기 때문에 공기연장 및 공사비가 증가하는 문제가 발생할 수 있다.

따라서, 이러한 문제점을 개선하기 위해 본 연구에서는 IoT(사물인터넷, Internet of Things) 기반 시공 중 실시간 포장 시공품질 관리 시스템을 개발하였으며, 측정값들을 모두 데이터화 하여 클라우드로 전송 및 저장하여 추후에도 관리할 수 있도록 하려고 한다.

포장 시공품질 관리 시스템은 Fig.1 과 같이 현장에서 시공 중 시공 장비인 스톱 폼 페이퍼에 IoT 기반 거리측정 센서를 부착하여 포장의 표면 높낮이인 프로파일을 측정한다. 측정된 값은 LTE 통신 시스템을 통하여 DB화하여 클라우드에 전송하고 클라우드 내 Docker에서 데이터 정제 및 연산을 실시한다. 현재 현장 시험시공을 통하여 IoT 센서를 통하여 클라우드 전송상태를 확인하였다. 전송된 데이터에는 현장 조건 및 장비에 따른 보정이 필요하다. 따라서 이에 대한 보정방법을 개발하였으며, 보정방법을 최적화 하여 Docker에서 정상적으로 폭, 두께, 평탄성을 구하였다. 최종적으로 구해진 폭, 두께, 평탄성을 다시 현장에 작업자에게 전달하여 웹 또는 별도의 어플리케이션을 통하여 현장 작업자가 실시간으로 해당 구간의 시공 품질을 확인할 수 있도록 계획하였다.

본 연구 결과를 통하여 시공 중 작업자가 시공 품질을 확인하여, 문제 발생 시 실시간으로 조치를 취하여 포장의 초기 시공품질을 개선할 수 있으며, 이를 통하여 포장의 공용수명을 확보하고 유지보수를 위한 데이터로도 활용될 수 있다.



Figure 1-3 Cement Concrete Pavement IRI Measurement System Using IoT

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호 RS-2019-KA152690)으로 수행되었으며, 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

핵심용어 : 시멘트 콘크리트 포장 시공품질, IoT(사물인터넷, Internet of Things), 시공품질 관리 시스템

* 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : asnr05@naver.com) - 발표자

** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : papz0321@naver.com)

*** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : dsclds@naver.com)

**** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

콘크리트 포장의 실시간 시공품질 계산을 위한 프로파일 보정방법 개발

김진수* · 최문규** · 이대식*** · 정진훈****

현재 국내 콘크리트 포장 시공 품질관리는 시방서와 지침서 등을 통하여 콘크리트가 굳은 콘크리트와 굳지 않은 콘크리트를 구분하여 측정항목을 제시하고 있으며 굳은 콘크리트의 시공품질은 폭, 두께, 평탄성 등의 항목을 측정한다. 시공품질 측정방식은 콘크리트가 굳은 후 측정을 시행하여 추후 기준을 통과하지 못할 경우 보수 및 재포장 등으로 인하여 공시 및 공비가 늘어날 수 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 포장과 동시에 콘크리트 표면의 프로파일 측정을 통해 시공품질을 확인하고 문제 발생 시 즉각적인 조치를 취할수 있는 방법을 개발하였다. 하지만 포장과 동시에 포장 면의 프로파일을 측정을 시행하면 현장의 다양한 변수로 인하여 측정된 프로파일에는 이상치 및 노이즈가 발생하여 정확한 시공 품질을 계산이 불가능하다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 실내실험 및 시험시공을 통하여 정확한 프로파일측정을 위한 장비 및 보정방법을 개발하였다.

국내 콘크리트 포장은 슬립 폼 페이퍼 장비를 사용하여 시공을 시행하며 페이퍼 장비에 센서를 장착하여 콘크리트 도로의 실시간 프로파일을 측정을 위해 CPP(Concrete Pavement Profiler)장비를 개발하여 실내 실험에 적용하였다. 실내 실험은 현장에서 발생할 수 있는 변수를 고려하여 실시하였으며 측정 결과 장비운용 시 발생하는 진동에 의한 이상치, 센서 자체적으로 발생된 노이즈, 측정 속도에 비하여 느린 이동속도로 인하여 실제와 다른 프로파일 형상이 측정되었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 보정 방법을 개발하였으며 이를 두 번의 시험시공에 적용하여 현장 적용성 및 실용성을 확인하였다.

1차 시험시공 시 측정된 프로파일 데이터에 개발된 보정방법을 적용 시 현장에서의 예상치 못한 변수로 인하여 이상치 및 노이즈가 남아 있었다. 이를 해결하기 위해 개발된 보정 방법을 고도화 하였으며, 이를 2차 시험시공에 적용하여 확인하였다. 2차 시험시공은 1차 시험시공과 달리 타이닝을 실시하였으며 이로 인한 추가적인 이상치가 발생하였다. 따라서, 추가적인 보정방법을 개발하여 보정과정에 추가하였다. 하지만 이러한 보정 과정은 계산 과정이 복잡하여 연산 시간으로 인해 실시간으로 시공품질 확인이 불가능한 것으로 확인되었다. 따라서 보정과정을 Fig. 1과 같이 최적화하여 연산시간을 단축하였다. Fig. 1과 같은 보정을 통하여 도로의 실시간 시공품질 계산이 가능하며 즉각적인 조치를 통해 초기 시공품질 관리를 할 수 있으며, 데이터를 통하여 지속적인 관리를 시행 할 수 있다.

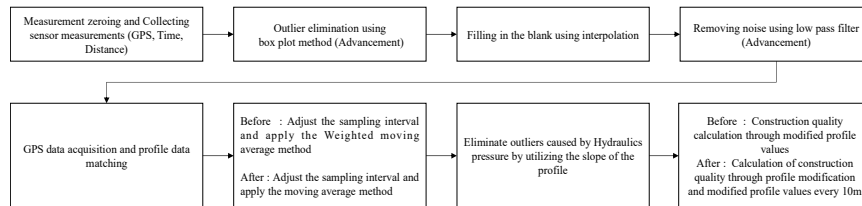


Fig. 1 Profile Calibration Process

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2019-KA152690)

핵심용어 : 시멘트 콘크리트 포장, 시공 품질, 프로파일 보정

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과석사과정 (E-mail : dnfl20di@naver.com) - 발표자

** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과박사과정 (E-mail : asnr05@naver.com)

*** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과박사과정 (E-mail : dsclds@naver.com)

**** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

시공 중 콘크리트 포장 프로파일 측정 및 보정방법 개발

강혁주* · 최문규** · 이대식*** · 정진훈****

시멘트 콘크리트 포장 슬래브의 표면 평탄성은 포장체의 기능적 측면과 구조적 측면에서 모두 중요시 되는 인자이다. 특히 초기 평탄성은 포장의 공용수명 해석을 위한 인자로서 사용되고 있다. 이때 초기 평탄성이 저하 되면 주행성이 감소하여 사용자의 불편을 초래하고 포장의 기능적 문제를 야기하게 된다. 따라서 포장의 평탄성은 시공 초기부터 시공품질 항목으로 분류하여 관리하고 있다.

현재 국내에는 시공 중 실시간으로 시멘트 콘크리트 포장의 평탄성을 측정 및 관리하는 규정과 지침서 등이 존재하지 않아 작업자의 경험, 노하우 및 숙련도에 의존하여 시공하고 있다. 이에 따라 시공이 제대로 관리되지 못하여 포장 평탄성이 불량할 경우 그라인딩을 실시하거나 절삭 후 재포장을 하는 등 공사기간 및 공사비용이 증가하여 매우 비경제적인 시공이 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 시멘트 콘크리트 포장 시공 중 실시간으로 콘크리트가 굳기 전에 포장의 프로파일을 측정하여 평탄성을 관리할 수 있는 방법을 개발하였다.

측정방법은 콘크리트 페이버 장비의 타이닝기에 거리측정 센서를 부착하여 포장의 높낮이인 프로파일을 측정하여 평탄성을 구한다. 평탄성 측정방법에 대하여 실용성을 확인하기 위하여 현장 시험시공을 실시한 결과 센서 자체적인 이상치 값과 콘크리트 페이버에서 발생하는 진동으로 인하여 프로파일 값에 이상치와 노이즈가 발생하였다. 이로 인하여 측정값이 실제 표면과 일치하지 않는 것을 확인하였다. 따라서 이를 제거하기 위하여 프로파일 보정방법을 개발하였다.

보정방법을 통하여 측정된 프로파일데이터를 Fig. 1과 같이 2차 시험 시공을 통하여 검증한 결과, 이전 1차 현장 시공에서는 나타나지 않는 이상치가 나타났으며 이상치의 원인을 알아보기 위해 모든 센서 데이터를 중첩한 결과 모두 같은 순간에 이상치가 일어났음을 확인하였다. 이는 현장 타이닝기의 움직임으로 인하여 발생한 것으로 보이며, 현장에서 확인한 결과 작업 시 페이버가 정지할 때 타이닝기의 유압이 빠지며 장비가 들리는 현상이 발생하여 이전 개발한 보정방법만으로는 제거되지 않는 이상치가 발생한 것으로 확인되었다. 따라서 이를 보정하기 위하여 해당 현상으로 발생하는 이상치에 대하여 분석을 실시하였으며, 새로운 보정방법을 개발하였다. 보정방법은 Fig. 2와 같이 유압이 빠지며 타이닝기가 들리는 현상은 일반적인 타이닝기의 작동 움직임과 비교 시 짧은 시간에 많은 변위가 생기기 때문에 시간당 센서 측정값의 순간 기울기를 구하여 특정 기울기 이상을 이상치라 판단해 제거하는 방법으로, 기존 유압으로 인한 이상치가 존재하지 않을 경우 영향을 미치지 않으며, 유압으로 인한 이상치만 제거할 수 있는 보정방법이다. 보정된 데이터를 이용해 구한 IRI와 시험시공 구간을 Walking Profiler 를 통해 구한 IRI를 비교하여 검증하였다.

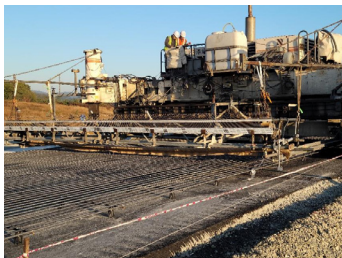


Fig 1. Tining

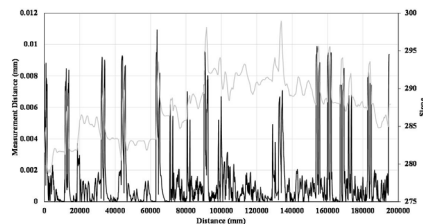


Fig 2. 기울기를 이용한 이상치 보정

핵심용어 : 콘크리트 포장, 실시간 프로파일, 타이닝, 센서, IRI

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : gurwn3099@naver.com)

** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : asnrb05@naver.com)

*** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : dsclids@gmail.com)

**** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

IoT장비 기반 단위수량 저감을 통한 도로포장 공용수명 향상

연준석* · 최문규** · 이대식*** · 고준혁**** · 정진훈*****

콘크리트 포장은 생산 시공 과정에서 재료의 품질에 따라 유지관리 및 공용수명에 큰 영향을 미친다. 따라서 설계 단계에서 공용수명 20년을 기준으로 하여도 실질적으로 20년이 채 공용되지 못하고 보수 및 재시공을 실시하는 경우가 많다. 현재 국내 품질관리는 도로공사 표준시방서에 따라 품질시험항목을 제시하여 현장에서 실시하고 있으나 생산 및 운반과정에서 관리 미흡 또는 시험장비의 한계 등의 문제로 설계기준에 부합하는 재료를 통한 시공을 실시하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 콘크리트 재료 품질 시험항목인 단위수량에 대한 시험장비를 개발하여 기준치를 초과하는 시험결과의 편차를 감소시켜 품질관리를 통한 포장 공용수명을 증가시키고자 한다.

시험 결과에 따르면 개발장비는 기존장비 대비 계량오차 범위 내로 정확한 단위수량이 측정되었다. 또한 기존장비 보다 낮은 단위수량을 유지하며 관리가 가능하였다. 콘크리트 재료의 단위수량은 워커빌리티 기준을 만족하는 선에서 단위수량이 감소하면 물/시멘트비가 감소하여 압축강도가 증가하는 경향이 있다. 따라서, 개발장비를 통하여 단위수량을 관리할 경우 단위수량이 기존 장비 대비 감소하기 때문에 포장의 압축강도는 증가하고 공용수명은 증가할 것으로 예측된다.

포장의 압축강도가 증가함에 따라 공용수명이 증가하는 것은 국토교통부의 KPRP(한국형도로포장설계프로그램)에서 사용되는 국제평탄성지수(IRI) 모형을 통하여 예측하였다. IRI는 재령, 스펀링울, 균열율을 변수로 하여 나타내지며, 여기서 스펀링울을 계산할 때 사용되는 값이 할렬인장강도인 점을 통하여 강도변화에 따른 IRI지수의 변화량을 확인하였다. 따라서, 기존의 편차가 큰 측정에서 개발장비의 활용으로 낮은 편차의 저감된 단위수량으로 적용시켰을 경우 기대되는 강도의 값을 계산하여, 공용성지수를 분석하고, 결과적으로 도로포장의 수명이 정량적으로 얼마나 증가하는지 확인하고자 한다.

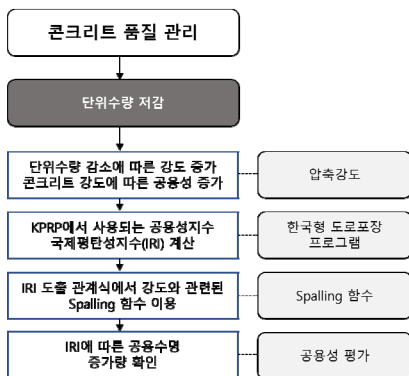


Fig 1. Flow chart

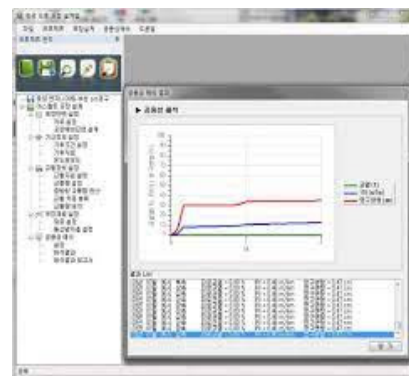


Fig 2. KPRP 해석

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2019-KA152690)

핵심용어 : 공용수명, 단위수량, 압축강도, 국제평탄성지수(IRI)

- * 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : nickyeon@naver.com) - 발표자
- ** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : asnr05@naver.com)
- *** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : dsclds@gmail.com)
- **** 학생회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 학부연수생 (E-mail : kojunhyuck@nate.com)
- ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

부착력 및 피로균열 시험에 의한 텍코팅이 아스팔트 포장 성능에 미치는 영향 평가

Phung My Lam* · 마혜주** · 박대욱*** · 이상염****

The current study aims to evaluate tack coat performance of asphalt pavement by shear-bond strength test and four-point bending test. Two types of tack coat with different viscosity were used, including RSC-4 and ILT-4. To mimics the effect of truck tires on the tack coat surface during construction process, three contents of tack coat were considered, which were 0%, 50% (Figure 1), and 100%. In this study, the performance of tack coat were evaluate by shear-bond strength test and four-point bending test. The results indicated that tack coat samples acquired 50% higher shear-bond strength than that of without coating sample. The higher coating area leads to the greater shear-bond strength. Regarding four-point bending test, asphalt sample with tack coat gained the higher number of failure cycles than the control sample. For example, the failure cycles of ILT-4 sample and RSC-4 sample were four times and two times higher than control sample, respectively. Finally, the Tukey-Kramer statistical analysis showed that there were significantly different between tack coated sample and control sample in terms of shear-bond strength and number of four-point bending cycles. In other words, tack coated process could improve the resistance to cracking of asphalt mixture.

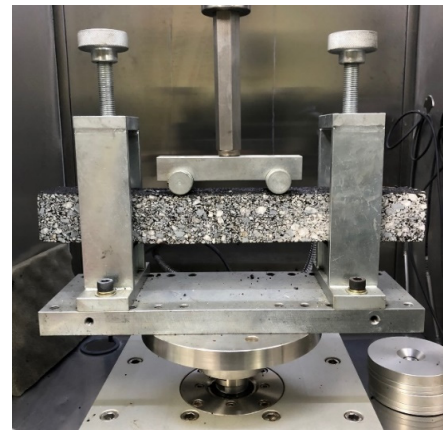


Figure 1. Four-point bending test of tack coat sample

Acknowledgment: This research was supported by the fund from Ilwoo PPC, Co. Authors would like to thank for the fund of this research.

* Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : phunglam9815032@gmail.com)

** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : gp1204@naver.com)

*** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : dpark@kunsan.ac.kr)

**** Dept. of Civil Engineering, Induk University (E-mail : yummy0220@induk.ac.kr)

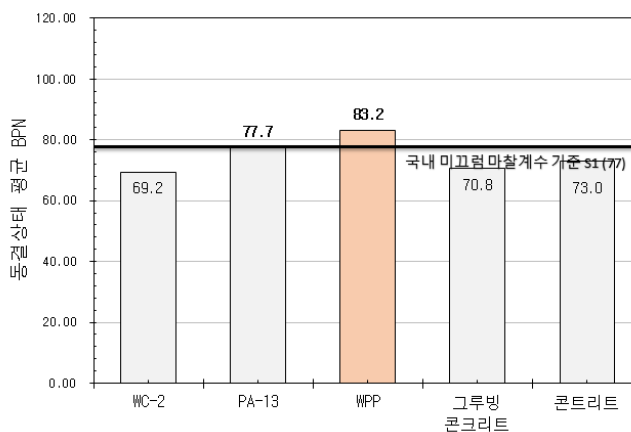
블랙아이스를 모사한 투수폴리콘의 미끄럼저항 시험 연구

손민수* · 이재건** · 김성겸***

최근 국내 겨울철 블랙아이스(Black Ice)로 인해 발생하는 교통사고는 증가하고 있으며, 한국교통연구원 조사 결과 2015~2019년 블랙아이스로 인한 사망자는 170명으로 눈길 교통사고 사망자(46명)에 3.7배 높은 수치를 나타내고 있다. 블랙아이스는 도로에 쌓인 눈이 해설과 동시에 도로 위 각종 이물질과 결합 후 재동결하여 흑색 동결막을 형성하는 것을 말한다. 그 특성상 운전자가 차량내부에서 도로의 상태를 쉽게 파악할 수 없으며 대부분의 운전자가 차량이 미끄러지기 시작함과 동시에 인지하여 사고가 발생하게 된다. 이에 본 연구에서는 기존 아스팔트 바인더가 아닌 폴리머 재질의 결합재를 사용한 투수폴리콘 포장체를 대상으로 기존 포장체와의 미끄럼 저항시험을 비교 분석하였다. 샘플의 미끄럼 저항성 정도를 파악하기 위해 영국식 미끄럼저항 시험기(British Pendulum Tester ; BPT)를 사용하였으며, 샘플의 종류로는 투수폴리콘 포장, 일반적인 밀입도 아스팔트 포장, 배수성 아스팔트 포장, 그루빙을 적용한 콘크리트 포장, 그루빙이 없는 콘크리트 포장을 적용하였다. 미끄럼저항 실험은 기존 KS규격에 준하여 실시하되 블랙아이스를 모사하기 위하여 샘플에 5mm강수량을 모사한 물을 뿌린 후 영하 10℃로 12시간 동결 후 2mm강수량을 모사한 수분을 재 분사한 후 시험을 실시하였다.

표 1. 블랙아이스를 모사한 포장체의 BPN

횟수 시편이름	1	2	3	평균	습윤상태 기준 감소율
WC-2 (일반적인 밀입도 아스팔트 포장)	69	67.5	71	69.2	12.4%
PA-13 (배수성 아스팔트 포장)	74	82	77	77.7	11.4%
WPP (투수폴리콘)	95	81.5	73	83.2	0%
그루빙 콘크리트	72.5	69	-	70.8	4.4%
콘크리트	73	-	-	73.0	13.1%



핵심용어 : 미끄럼 저항, 블랙아이스, BPN, BPT

* 학생회원 · 공주대학교 도로/지반공학 석사과정 (E-mail : minsu3151@naver.com)

** 정회원 · 에스비비(주) 부설연구소 대리

*** 정회원 · 공주대학교 도로/지반공학 박사후연구원 (E-mail : tjdrua0614@kongju.ac.kr)

3D 프린팅 기술을 이용한 아스팔트 포장 균열 보수 효율성 연구

Anh Truong Nguyen* · 윤재형** · Tam Minh Phan*** · 박대욱****

This study introduces an asphalt crack sealing method using 3D printing technique. The Delta type of 3D printer was utilized crack sealing capacity of asphalt pavement as shown in Figure 1. Python programming language was used to control applications of asphalt binder in 3D printer. Meanwhile, the temperature of binder and nozzle were controlled by Arduino. Several asphalt asphalt binder materials were examined to determine the optimum binder in terms of crack sealing. Three different types of asphalt binder were considered including PG 58-22, PG 64-22, and PG 82-22. The properties of crack sealed asphalt samples were investigated by indirect tensile strength test. In general, the results indicated that crack sealed asphalt presented a better results than that of asphalt sample without sealing. The crack sealed sample was approximately 20% higher, while the fracture energy was more 90% higher than sample without sealing. In addition, crack filled presented a more ductile behavior than that of control sample. Finally, the current study recommended PG 58-22 as an optimum asphalt binder in terms of crack sealing by 3D printing technique.

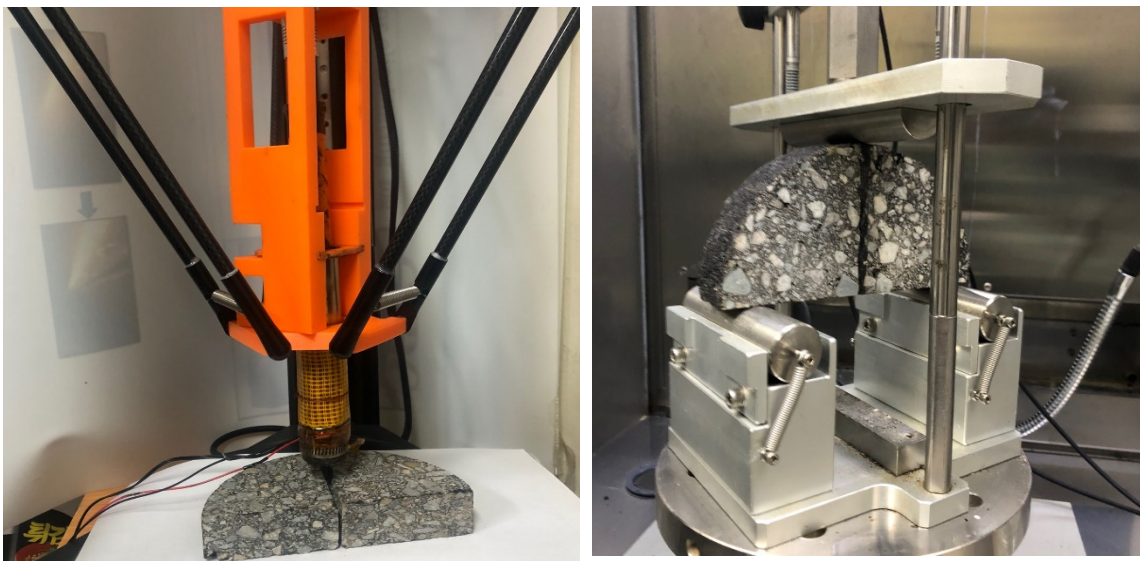


Figure 1. Crack sealing by 3D printing technique

Acknowledgment: This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2022R1F1A1063979)

* 학생회원 · 군산대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : truonganh050499@gmail.com)

** 학생회원 · 군산대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : vomh031788@naver.com)

*** 정회원 · 군산대학교 토목공학과 박사 후 연구원 (E-mail : minhnam1894@gmail.com)

**** 정회원 · 군산대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : dpark@kunsan.ac.kr)

택코팅 종류에 따른 시간별 양생율 및 RGB값의 변화

정건우* · 정도영** · 송동석*** · 김준호**** · 이상엽*****

아스팔트 공사간 택코팅 살포 과정은 짧은 공사시간과 긴 양생시간으로 인해 양생 전 아스팔트포설을 하는 경우가 많다. 이러한 시공시 문제점은 지반과 아스팔트 부착력이 저하되고 포트홀이 발생할 수 있다. 본 연구 및 실험의 목적은 아스팔트 포설간 보다 정확한 데이터를 기반으로 택코팅 살포 및 양생후 포설을 하기 위함이다. 실험은 일반유제와 급속유제를 동일한 조건에서 진행하고 저울 및 휴대폰사진촬영을 5분,10분 단위로 촬영, 활용하여 RGB값을 도출하고 양생율을 파악한다. 실험 재료로는 일반 택코팅 유제, 급속 택코팅 유제, 휴대폰카메라, 저울, RGB 분석프로그램(RGB tool)을 사용한다. 현장에서는 무게측정을 할수 없지만 실험 간에는 무게측정을 하여 양생이 완료되면 무게 변화가 없다는 것을 파악하였고 그 값을 토대로 RGB값을 mean(평균),min(최소), max(최대)값으로 산출하였다. 시공현장이 모두 다르기에 앞으로의 실험에서는 흡수가 잘되는 표면, 흡수가 안되는 표면 등을 조건으로 하여 실험을 진행하여 명확하고 통일된 양생율을 구할 것이다.

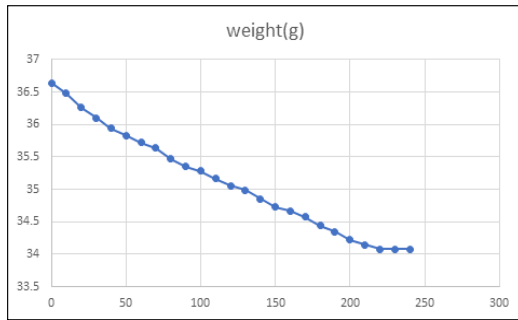


그림 1. 일반 5g 판 실험 무게 그래프

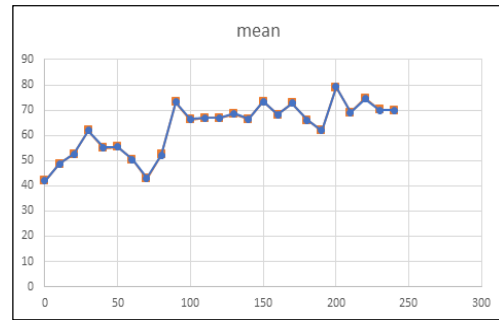


그림 2. 일반 5g 판 실험 RGB평균 그래프

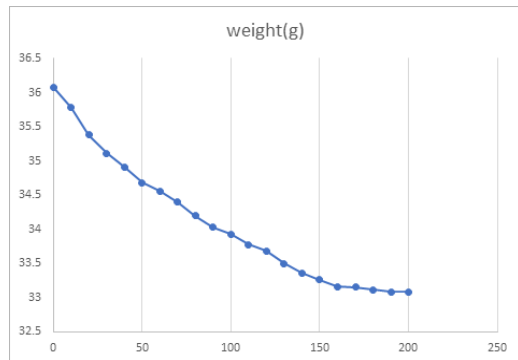


그림 3. 급속 5g 판 실험 무게 그래프

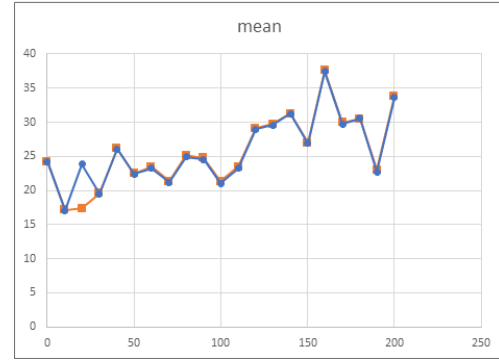


그림 4. 급속 5g 판 실험 RGB평균 그래프

핵심용어 : 전기비저항 탐사, 싱크홀, 연약지반, 공동

* 학생회원 · 인덕대학교 토목공학과 전문학사과정 (E-mail : junm1127@naver.com)
 ** 학생회원 · 인덕대학교 도시기반시설공학과 전문학사과정 (E-mail : wjdehdud64@naver.com)
 *** 학생회원 · 인덕대학교 토목공학과 전문학사과정 (E-mail : ehtdtr965@naver.com)
 **** 학생회원 · 인덕대학교 도시기반시설공학과 전문학사과정 (E-mail : kjhkjh0924@naver.com)
 ***** 정회원 · 인덕대학교 도시기반시설공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : yummy10041004@gmail.com)

3D FEM을 통한 기존 포장 상태에 따른 교면 박층 에폭시 폴리머 덧씌우기 부착거동 특성 확인

이재훈* · 홍승호** · 박상구*** · 김병준**** · 최문규***** · 정진훈*****

국내 고속도로 교면포장은 1990년대 말부터 2000년대 이후 대부분 LMC(Latex Modified Concrete) 공법이 적용되어 전체 교면포장의 약 75%를 차지하고 있다. LMC의 공용수명은 약 20~25년으로, 현 시점에서 노후화에 따른 유지보수 필요 구간이 급격히 증가하고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 교면포장 유지보수 공법 중 하나인 박층 에폭시 덧씌우기 공법의 적용성 및 부착계면 특성을 다양한 실험 및 3차원 유한요소해석을 통해 검토하고자 한다.

박층 에폭시 폴리머 덧씌우기란 에폭시 바인더를 포설하고 그 위에 골재를 살포하는 Broom and Seed Thin Overlay 혹은 Multi-Layers Thin Overlay라 불리는 공법으로 LMC와 일반 콘크리트 교면포장 구간의 공용수명을 늘리기 위하여 보수 및 신설 구간에 실시하는 공법이다.

본 연구에서는 국내에서 확보 가능한 폴리머 재료에 대해 다양한 실내시험 및 시험시공 구간 공용성 시험을 통해 박층 덧씌우기용 에폭시 폴리머의 부착 관련 특성을 확인하였다. 또한 3차원 유한요소 해석을 통해 기존 LMC 포장의 상태 및 하중 조건에 따른 계면의 부착거동 특성을 확인하였다.

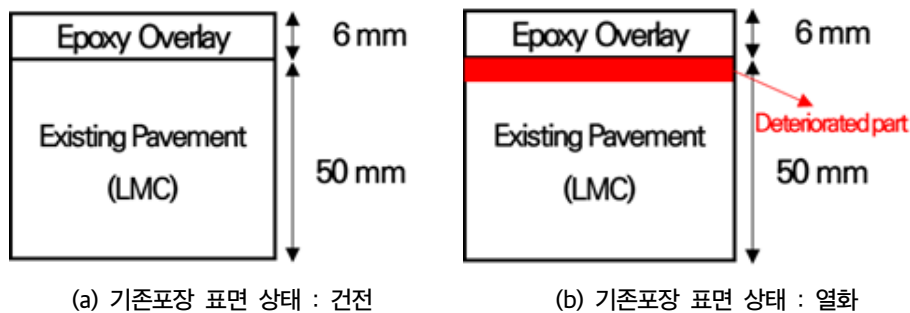


Fig. 1 교면 포장 유한요소해석 모형 단면

핵심용어 : Bridge Deck Pavement, Thin Epoxy Overlay, Bonding Strength

* 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : zzanggopd@gmail.com)
 ** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 포장연구실장 · 공학박사 (E-mail : hsh373@ex.co.kr)
 *** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : angelfive3@naver.com)
 **** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : fihz5@naver.com)
 ***** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : asnrb05@naver.com)
 ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : hjh@inha.ac.kr) - 교신저자

난연 EPS의 활용방안에 대한 연구

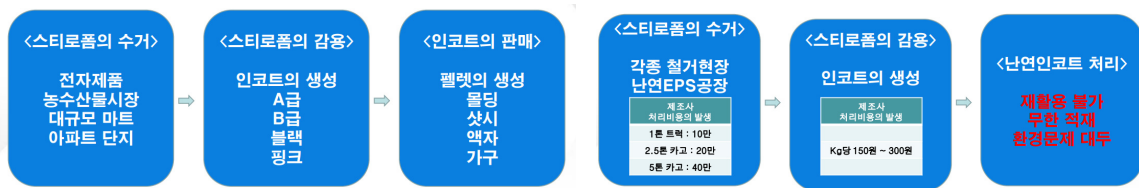
박상구* · 정진훈**

최근 국내에서도 환경개선을 위한 탄소 저감을 목적으로 규제를 강화하고 있다. 이로 인해 자원재활용은 선택이 아닌 필수조건으로 부각되고 있는 실정이다. 국내에 발생하는 폐기물 중 스티로폼은 중국 및 개발도상국으로 수출하는 비중이 높았으며, 국내의 재활용 비율은 낮은 편이었다. 그러나 2015년 중국의 대기오염방지법 및 환경보호세 부과 등의 제도로 인해 규제가 강화됨에 따라 수출 또한 불가능해져 이를 해결하기 위한 재활용 방안의 도입이 시급하다.



[그림 1] 난연 EPS

일반 스티로폼은 감용의 단계를 거쳐 펠릿(Pellet)화 하여 여러 부분으로 재활용 되어 판매가 되고 있는 반면, 난연 스티로폼(난연EPS)은 재활용이 불가능하여 비싼 처리비용을 감당하지 못해 환경적인 문제를 낳고 있는 실정이다.



(a) 일반 스티로폼

(b) 난연 스티로폼(난연EPS)

[그림 2] 스티로폼의 재활용 절차

본 연구에서는 위와 같은 환경적 문제를 해결하고 자원순환성을 향상시키고자 난연 EPS를 아스팔트 콘크리트 포장에 재활용하고자 하였으며, 혼합물로서 품질 기준의 확보가 가능한지 확인하고자 하였다.

핵심용어 : 스티로폼(Styrofoam), EPS(Expanded Polystyrene)

* 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : angelfive3@naver.com) - 발표자

** 정희원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr)

