

2020 한국도로학회 온라인 학술대회 발표논문 초록집

일시 _ 2020년 9월 25일(금) 10:00~18:00

장소 _ 한국과학기술회관 및 온라인학술대회 홈페이지

주최 _  사단
법인 한국도로학회

후원 _  국토교통부  한국도로공사  KICT 한국건설기술연구원

2020년도 한국도로학회 온라인학술대회 초록집

학술위원회

| 구 분 | 성 명 | 소 속 | 이 메 일 | 담당 위원회 | 담당 세션 |
|-------|-----|------------|-------------------------|----------|-------------|
| 학술위원장 | 권수안 | 한국건설기술연구원 | sakwon@kict.re.kr | | |
| 학술이사 | 박철우 | 강원대학교 | tigerpark@kangwon.ac.kr | | |
| | 박희문 | 한국건설기술연구원 | hpark@kict.re.kr | | |
| | 김도경 | 서울시립대학교 | dokkang@uos.ac.kr | | |
| 위 원 | 이상염 | 인덕대학교 | yummy0220@induk.ac.kr | 아스팔트 | 아스팔트 |
| | 김형배 | 한국도로공사 | kimhyun3@ex.co.kr | 시멘트콘크리트 | 시멘트콘크리트 |
| | 서주원 | 이노로드 | iamgon94@naver.com | 도로기초 | 도로기초 및 유지관리 |
| | 김상호 | 삼보기술단 | midasksh@daum.net | 유지보수/재활용 | |
| | 양지민 | 제일엔지니어링 | engi2000@hanmail.net | 도로설계 | 도로정책 및 설계 |
| | 백승걸 | 한국도로공사 | bsktrans@ex.co.kr | 북한도로 | |
| | 임광수 | 서울화인 | lim579@hanmail.net | 도로정책 | |
| | 이지선 | 한국교통연구원 | jisun_lee@koti.re.kr | 도시부도로 | 교통계획 및 운영 |
| | 김진태 | 한국교통대학교 | jtkim@ut.ac.kr | 도로운영 | |
| | 채찬들 | 한국교통연구원 | culfield@koti.re.kr | 미래도로 | |
| | 양충헌 | 한국건설기술연구원 | chyang@kict.re.kr | 도로안전 | 교통안전 |
| | 이 준 | 한국교통연구원 | junlee@koti.re.kr | 도로방재 | |
| | 최흥순 | 동해종합기술공사 | choihsun@hanmail.net | 도로문화 | |
| | 도명식 | 한밭대학교 | msdo@hanbat.ac.kr | 자산관리 | |
| | 오 철 | 한양대학교 | cheolo@hanyang.ac.kr | 도로운전자행태 | |
| | 진정훈 | 토리기술 | jinrino@nate.com | FWD | |
| | 최준용 | 한국공항공사 | choe23@hanmail.net | 공항 | |
| | 손명섭 | 상아매니지먼트컨설팅 | velcc413@naver.com | 도로VE | |
| | 박종태 | 경북도청 | pjt6822@korea.kr | 지방도로 | |
| | 이승준 | 한국도로공사 | samuelllee@ex.co.kr | 터널관리 | |
| | 김재훈 | 강릉원주대학교 | wogns8363@naver.com | 학생분과위원회 | 학생분과 |
| | 이승태 | 군산대학교 | stlee@kunsan.ac.kr | | |

SESSION 1 | 아스팔트포장

| | | |
|-----|--|---|
| 1-1 | H-MOT(HEART Multi-Modal Overlay Tester) 이용한 2층 아스팔트 덧씌우기 및 응력 완화층 반사균열 저항 특성 연구 노승현 · 황운용 · 조윤희 | 2 |
| 1-2 | 덤프트럭에서 발생하는 대기유해물질 배출방지 및 악취 저감시설에 등에 대한 효율적인 적용방안을 위한 고찰 이종섭 · 조광현 · 박주홍 | 3 |
| 1-3 | 고분자 개질재의 물리화학적 특성이 PMA 품질에 미치는 영향 정구봉 · 이상섭 · 이백운 · 김우성 | 4 |
| 1-4 | 열해석을 활용한 이송중 아스팔트 혼합물의 냉각 특성 분석 윤태영 · 문재필 · 정규동 | 5 |
| 1-5 | 한국형 기포 아스팔트 혼합물 품질 평가 연구 이강훈 · 강성일 · 김용주 · 이재준 | 6 |

SESSION 2 | 콘크리트포장

| | | |
|-----|--|----|
| 2-1 | Using Deep Learning to Count Aggregate Number of Exposed Aggregate Concrete Pavement Surface Chhay Lyhour · Kim Young Kyu · Lee Seung Woo | 8 |
| 2-2 | 고속도로 콘크리트 포장의 리모델링 지수 모형 개선 김동혁 · 이상직 · 김하영 · 최기효 · 문기훈 · 정진훈 | 9 |
| 2-3 | CRCP 덧씌우기 포장 카탈로그 설계법 초기연구 박해원 · 임진선 · 나계주 · 정진훈 | 10 |
| 2-4 | JPCP 보수공법 수명분석을 위한 주요 고속도로의 적용 보수공법의 수명 기초분석 정해국 · 김동우 · 장태진 · Oli Topendra · 김승원 · 김용재 · 박철우 | 11 |
| 2-5 | 탄소나노튜브와 탄소섬유를 혼합한 시멘트 모르타르의 전기전도성 및 발열 특성 최준혁 · 소희수 · 연정흠 | 12 |

SESSION 3 | 도로기초 및 유지관리

| | | |
|-----|--|----|
| 3-1 | 기상현상 분석을 통한 겨울철 도로 살얼음 대응연구 경기원 · 홍정표 · 이희종 · 권 혁 | 14 |
| 3-2 | Digital Twin 기반의 비탈면 유지관리 점검 진정환 · 임기선 · 한동수 · 이지훈 | 15 |
| 3-3 | AR 기반 지하매설관 설계도면 검증 기초 연구 안덕순 · 윤대훈 | 16 |
| 3-4 | 소규모 굴착공사 비산먼지 배출농도 측정 및 분석 한수현 · 백철민 · 양성린 · 이종원 | 17 |

SESSION 4 | 도로정책 및 설계

| | | |
|-----|---|----|
| 4-1 | 주파수 대역별 소음을 활용한 타이어 - 노면 소음과 노면 파장의 관계 김재훈 · 이승우 | 20 |
| 4-2 | BIM기반 모델링 자동화 모듈 적용을 위한 옹벽, 배수공 및 터널공에 대한 매개변수형 라이브러리 구축 신재철 · 이상규 · 김성호 · 윤영만 · 백유진 | 21 |
| 4-3 | 미세먼지 감축을 위한 클린로드 도입 방안 이정범 | 22 |
| 4-4 | 흡차음형 방음판에 적용 가능한 페타이어 분말 활용 흡음재 개발 연구 ··· 신재철 · 이상규 · 김성호 · 윤영만 · 백유진 · 조설아 | 23 |

SESSION 5 | 교통계획 및 운영

| | | | |
|-----|---|-----------------------|----|
| 5-1 | 공공형 택시 도입방안 연구 | 이정범 | 26 |
| 5-2 | 교차로 이동류 교통량 계수 시스템 설계 | 양인철 · 전우훈 | 27 |
| 5-3 | 서울시 비첨두시간대 버스 승차시간에 관한 연구 | 전은비 · 윤덕근 | 28 |
| 5-4 | 구조방정식 모델 구축을 통한 초소형전기차 기반 공공이동지원 서비스 개발 기초연구 .. | 진은주 · 서임기 · 김종민 · 박제진 | 29 |
| 5-3 | 스마트횡단보도의 안전성 향상 효과평가 | 나호혁 · 김도경 | 30 |

SESSION 6 | 도로안전

| | | | |
|-----|---|-----------------------------------|----|
| 6-1 | 경계석 및 배수 구조체가 일체화된 배수측구 형상 개발 연구 | 신재철 · 이상규 · 김성호 · 윤영만 · 백유진 · 조설아 | 32 |
| 6-2 | 공간적 자기상관성을 고려한 자동차검사 부적합률에 영향을 주는 지역적 특성 분석 | 김우석 · 김도경 | 33 |
| 6-3 | 일반국도 차선도색 유지관리매뉴얼(안) 도입 방안 연구 | 김연태 · 이태훈 · 박영한 · 홍재청 · 임재규 | 34 |
| 6-4 | 저온 외부자극 감응재료의 도로교통안전시설물 적용을 위한 도로 성능 평가 연구 | 한종민 · 박재용 · 이정욱 · 전수용 | 35 |
| 6-5 | 혹서기 및 혹한기 응력완화줄눈 거동 특성 평가 | 배성호 · 류성우 · 이재훈 · 김지원 | 36 |

SESSION 7 | 도로(학생분과)

| | | | |
|-----|--|--|----|
| 7-1 | 전이학습 기반 객체 분류알고리즘을 활용한 도로포장의 균열상태 판정모델 개발 | 현세권 · 권경영 · 박창희 · 최승현 · 도명식 | 38 |
| 7-2 | 고속도로 아스팔트 포장의 구조적 물성 예측 모형 개발 | 이상직 · 김하영 · 김동혁 · 최기호 · 문기훈 · 정진훈 | 39 |
| 7-3 | 다짐 진동수에 따른 콘크리트의 물리적 특성 분석 | 배하은 · 염우성 · 김동혁 · 김세호 · 우병찬 · 정진훈 | 40 |
| 7-4 | Development of Mechanistic-empirical Design Logic to Predict the Reflective Cracking Life of Composite Pavements | Bruce Alfred Apicano · 신이수 · Debby Marcellia Andryanti · 박대욱 | 41 |
| 7-5 | 하모니서치를 이용한 BAKFAA 탄성계수 역산 최적화 연구 | 황현식 · 이제일 · 조윤호 | 42 |
| 7-6 | 콘크리트 포장 팽창 및 블로우업 발생 주요 인자들에 대한 민감도 분석 | 이주형 · 치아리아워 · 속텃시아 · 김영규 · 이승우 | 43 |

SESSION 8 | 교통(학생분과)

| | | | |
|-----|---|-----------------------|----|
| 8-1 | 비신호 교차로 사고위험 예측 및 정보제공 알고리즘 개발 | 김동협 · 김진태 | 46 |
| 8-2 | 항만 내 이동장비 교통안전도 진단모듈 개발연구 | 오상태 · 김진태 | 47 |
| 8-3 | 격자망 분석을 활용한 대전시 비상도로망(안)에 관한 연구 : 대전광역시를 중심으로 | 김재진 · 도명식 · 최승현 · 김재중 | 48 |
| 8-4 | 도로 자산 가치평가방법에 관한 연구 : 대전광역시를 대상으로 | 송현엽 · 도명식 | 49 |
| 8-5 | 차량 충돌 시의 최대 충격하중 조건을 적용한 시선 유도봉의 기초부에 대한 구조적 안전성 평가 | 조성남 · 임경채 · 조청현 | 50 |

특별SESSION 4 | 도로미세먼지 저감 및 실증 연구단

| | | | |
|------|---|-----------------------|----|
| 특4-1 | 제올라이트와 활성활토를 혼합한 시멘트 모르타르의 광촉매(TiO ₂) 코팅에 따른 NOx 저감성능평가 | 박장현 · 김혁중 | 52 |
| 특4-2 | 수직 콘크리트 구조물에 고정화된 미세먼지 전구체 저감 소재의 침투 분포 및 질소산화물(NOx)제거효율 평가 | 안희락 · 김영규 · 이승우 | 53 |
| 특4-3 | 실외용 미세먼지 저감설비에 대한 평가 실증연구 | 이해동 · 심찬우 · 이준규 | 54 |
| 특4-4 | 도심부 도로 재비산먼지 저감을 위한 흡착물질 활용 방안 연구 | 유호준 · 김정아 · 염우영 · 김인태 | 55 |

포스터 SESSION

| | | | |
|------|--|------------------------------------|----|
| p-1 | 국내 택시사업 발전을 위한 정책 연구 | 이정범 | 58 |
| p-2 | 수송부문 온실가스 저감을 위한 산정방안 연구 | 이정범 | 59 |
| p-3 | MaaS 서비스 효과 평가 연구 | 정도영 | 60 |
| p-4 | 2019년 전국 주요간선도로 교통량 조사 통계 현황 분석 | 한대철 · 정도영 · 이치열 · 박 현 | 61 |
| p-5 | 코로나19 영향에 의한 일반국도 교통량 변화 분석 | 한대철 · 정도영 · 문학룡 · 김용석 | 62 |
| p-6 | 도로교통량조사 통계 활용 사례에 관한 연구 | 윤영민 · 조용성 | 63 |
| p-7 | ITS 현장장비 장애 유형 분석 및 장애 최소화 방안 | 윤영민 · 윤부영 · 김현준 | 64 |
| p-8 | 도로교통량조사와 국가교통조사 비교 연구 | 윤영민 · 장경찬 · 안선영 | 65 |
| p-9 | 긴급차량 우선신호 시스템을 이용한 소방서와 병원 간의 연계방안 연구 | 안민수 · 김명수 | 66 |
| p-10 | 안전한 자율주행을 위한 교통안전시설 정보 분류 연구 | 조용빈 · 김진태 | 67 |
| p-11 | 딥러닝을 활용한 드론영상기반의 교통류 특성 분석 | 김재중 · 도명식 · 김태길 | 68 |
| p-12 | 자율주행을 위한 교통안전시설 정보 제공 방안 연구 | 김주빈 · 김진태 | 69 |
| p-13 | 차량전조등의 수평확산각도를 고려한 차선의 야간 시인길이 결정 | 김희수 · 김지호 · 하창목 · 전창현 · 김정화 · 오홍은 | 70 |
| p-14 | 제주도 맞춤형 도로포장관리시스템 구축 운영 | 김연태 · 유형목 · 김명일 · 이문섭 · 임재규 | 71 |
| p-15 | 상변화물질을 이용한 노면결빙 선제적 대응 친환경 제설시스템 적용방안 도출 | 오한진 · 이진욱 · 박민철 · 한상주 · 고성보 · 최연우 | 72 |
| p-16 | 예방적 유지보수 공법 품질기준 도입에 관한 연구 | 최문규 · 발레리아 · 김동혁 · 이문섭 · 임재규 · 정진훈 | 73 |
| p-17 | 드론과 인공지능을 활용한 교량 파손상태 인식모델 개발 | 채정환 · 현세권 · 도명식 · 이동현 | 74 |
| p-18 | 야적된 순환골재를 사용한 순환 아스콘 물성변화에 관한 연구 | 강성일 · 유상민 · 문성제 · 이재준 | 75 |
| p-19 | 소음도 기반 보급형 포장상태평가 시스템 개발 | 한대석 | 76 |
| p-20 | 비산먼지 저감 뒷채움용 석분슬러지의 특성 평가 | 이종원 · 백철민 · 양성린 · 한수현 | 77 |
| p-21 | Development of HPMS (Highway Pavement Management System) visualization tool based on open source program | Ki Hoon Moon | 78 |
| p-22 | 제주도 현무암 순환골재를 이용한 도로편의시설용 콘크리트 제품 개발에 대한 기초적 연구 | 이겨레 · 박진오 · 박홍석 · 김태현 · 최홍범 | 79 |
| p-23 | 아스팔트 포장의 처짐량 정규화 및 온도 보정 연구 | 황현식 · 정유석 · 조복희 · 조윤호 | 80 |
| p-24 | 도로표면의 평탄화과정과 특이정보 좌표추출방법 개발 | 안성일 · 이문섭 · 김연태 · 정진훈 | 81 |

| | | | |
|------|--|------------------------------------|-----|
| p-25 | 마이크로 써페이싱의 품질기준분석 | 발레리아 · 최문규 · 김동혁 · 이문섭 · 김연태 · 정진훈 | 82 |
| p-26 | SBS 개질 아스팔트의 노화도 분석에 관한 기초연구 | 유상민 · 박태규 · 권오선 · 이재준 | 83 |
| p-27 | 현장조사를 통한 노후도 및 파손 원인분석 | 김정무 · 김기덕 · 박성규 · 김용만 · 박천길 | 84 |
| p-28 | 경기도 도로포장관리시스템 구축 | 김정무 · 김기덕 · 박성규 · 김용만 · 박천길 | 85 |
| p-29 | 폐비닐 재활용 건설재료를 통한 도로굴착복구 임시포장 개선방안 연구 | 마경훈 · 이진욱 · 기동원 · 강신영 · 오한진 | 86 |
| p-30 | 교통시뮬레이션 기반 도심 지하도로 설계요소 도출을 위한 적용 사례 검토 연구 | 박상현 · 이진각 · 강영균 | 87 |
| p-31 | AHP 기법을 통한 도로 노면표시 유지관리 우선순위 인자 선정 | 백순호 · 전연수 · 박은민 · 백종은 · 이상엽 | 88 |
| p-32 | 제설제 소금수용액 적용 방안 검토 | 오한진 · 이진욱 · 박민철 · 고성보 · 최연우 | 89 |
| p-33 | 서울시 제설작업 특성 분석 | 오한진 · 이진욱 · 박민철 · 최성철 · 고성보 · 최연우 | 90 |
| p-34 | 체계적 제설대책 수립을 위한 서울시 강설상황 분석 | 오한진 · 이진욱 · 박민철 · 최성철 · 고성보 · 최연우 | 91 |
| p-35 | 분광 색측계를 이용한 칼라 아스팔트 포장의 시인성 평가 | 김제원 · 염우성 · 정규동 | 92 |
| p-36 | 일반국도 도로불편신고체계의 지자체 확대 방법론 검토 | 전우훈 · 양인철 | 93 |
| p-37 | 감온도료를 활용한 노면결빙 사전예측 적용 연구 | 공유석 · 이병덕 · 이창근 · 김용두 | 94 |
| p-38 | 차량 충격흡수시설(도로안전시설) 설치 방법 개선 연구 | 주봉철 · 조원범 · 김정호 · 이성진 | 95 |
| p-39 | 터널 시선유도등 설치기준 개정 방향 | 조원범 · 주봉철 | 96 |
| p-40 | 도로교량의 이상징후시 보수보강 의사결정 방법론 개발 | 이동현 · 김지원 · 배성호 · 정원석 | 97 |
| p-41 | 구조해석을 통한 복합포장내의 콘크리트 팽창특성 평가 | 이동현 · 이재훈 · 김지원 · 손덕수 | 98 |
| p-42 | 콘크리트 포장의 염화물함량에 따른 GPR 신호 분석 | 김지원 · 정원경 · 이재훈 · 이동현 · 배성호 | 99 |
| p-43 | 콘크리트 포장의 보조기층 및 분리막 종류에 따른 마찰계수 산정 | 이재훈 · 김지원 · 배성호 · 이동현 | 100 |
| p-44 | 현장 살수를 통한 콘크리트 포장의 팽창 거동 특성 평가 | 김지원 · 배성호 · 류성우 · 이재훈 | 101 |
| p-45 | 재귀반사성능에 의한 도로 노면표시 공용수명 예측 | 송정훈 · 박은민 · 백종은 · 이상엽 | 102 |
| p-46 | 적재불량으로 인한 노면 낙하물 사고 예방 목적의 SI 분석 기반 기초연구 | 김형준 · 박형규 · 김종민 · 박제진 | 103 |
| p-47 | 트램의 교통사고 특성 및 안전운행을 위한 규정에 관한 연구 | 임효진 · 김명수 | 104 |
| p-48 | 중차량 교통량에 따른 지하차도 NOx 배출특성에 관한 연구 | 이종원 · 박희문 · 이상혁 · 백철민 | 105 |
| p-49 | 질소산화물 저감을 위한 광촉매 적용에 대한 연구 | 이상혁 · 박희문 · 백철민 · 김문경 | 106 |
| p-50 | 버스정류장 형태별 초미세먼지 발생특성 분석 | 이상혁 · 박희문 · 박기수 · 김문경 | 107 |
| p-51 | 도로변 질소산화물 발생 요인에 대한 기초 연구 | 이상혁 · 박희문 · 이수형 · 이종원 | 108 |
| p-52 | 포장 설계·시공 기준 개선을 위한 도로분야 건설기준 정비 현황 | 김기현 | 109 |
| p-53 | 도로분야 건설기준의 법적 효력 검토 | 김기현 | 110 |
| p-54 | 설계요소 기반 자전거 도로대장 구축방법론 개발 | 전우훈 · 양인철 | 111 |
| p-55 | 모바일매핑시스템과 인공지능형 균열검지시스템을 활용한 대전광역시 도로자산관리시스템 구축방안 | 최승현 · 도명식 · 박창희 · 권경영 | 112 |
| p-56 | IoT 프로젝트를 적용한 마찰안정도시험기 기초연구 | 이강인 · 이강빈 · 최준성 | 113 |
| p-57 | 상변화물질(Phase Change Material)을 활용한 아스팔트 바인더 및 혼합물 기본물성 비교·평가 | 장대성 · 송현호 · 임치수 · 이재준 | 114 |
| p-58 | 고유동 Guss 아스팔트 혼합물 침입도 실험 | 손병광 · 최지웅 · 김성민 · 장병하 · 김시환 | 115 |
| p-59 | 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술의 현장 적용성 평가 | 권홍준 · 양성린 · 이강훈 · 김용주 | 116 |

| | | | |
|------|---|---|-----|
| p-60 | 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 혼합물 품질 및 성능 평가 연구 | 권홍준 · 장대성 · 이강훈 · 김용주 · 이재준 | 117 |
| p-61 | 첨가제 함량의 따른 중온 아스팔트 바인더의 물리적 특성 | 조재원 · 나대명 · 김병준 · 이정희 · 전순제 · 박주홍 | 118 |
| p-62 | 한국형 기포 아스팔트 발생 설비 개발 연구 | 이강훈 · 정민재 · 김용주 · 류근배 | 119 |
| p-63 | 아스팔트 부착방지제 활성화를 위한 성능확인 및 개선방안 연구 | 박상구 · 정진훈 | 120 |
| p-64 | LWD, PQI를 이용한 아스팔트 혼합물 및 다짐도에 따른 밀도 상관성 분석 | 김제원 · 염우성 · 황성도 · 정규동 | 121 |
| p-65 | 미끄럼방지포장 구간의 미끄럼저항성 현장조사 | 김제원 · 이상엽 | 122 |
| p-66 | IoT 기술을 활용한 도로포장 시공 및 품질관리 테스트베드 구축 | 김제원 · 염우성 · 황성도 · 정규동 | 123 |
| p-67 | 우천에 따른 노면흙 발생특성 분석 | 한대석 | 124 |
| p-68 | 포장 동상방지층의 효율성 사후 평가 | 한대석 | 124 |
| p-69 | 베트남 맞춤형 중온 개질 아스팔트 바인더의 성능 평가 연구 | 권홍준 · 이강훈 · 김용주 | 125 |
| p-70 | 이미지 분석 기법을 활용한 골재 입도 분석 연구 | 이강훈 · 안성일 · 김연태 | 126 |
| p-71 | Development of simple rheological model on prediction of dynamic modulus (E^*) data for bituminous material | Ki Hoon Moon | 128 |
| p-72 | 열누적에 따른 아스팔트 혼합물의 열전달 특성 변화 | 김성겸 · 이관호 · 오승식 | 129 |
| p-73 | 고속도로 아스팔트 포장 구조적 상태의 대표구간 선정논리 개발 | 김하영 · 이상직 · 김동혁 · 최기효 · 문기훈 · 정진훈 | 130 |
| p-74 | 바인더 종류에 따른 불투수성 아스팔트의 물성평가 | 노시현 · 박수민 · 박남선 · 이재준 | 131 |
| p-75 | Evaluation of Asphalt Concrete Pavement Density Using Non-Nuclear Gauge | Maulana Reynalda · Dae-Wook Park · Jung-Woo Seo | 132 |
| p-76 | Utilization of Phase Change Material in Asphalt Pavement to Mitigate Black Ice Problem | Tam Minh Phan · Tri Ho Minh Le · Hal-su Kim · Dae-Wook Park | 133 |
| p-77 | 고유동 Guss 아스팔트 혼합물 침입도 실험 | 손병광 · 최지웅 · 김성민 · 장병하 · 김시환 | 134 |
| p-78 | Evaluation of Crack Resistance of Aramid Fiber Reinforced Asphalt Mixture | Tam Minh Phan · Son Ngoc Nguyen · Chang-Bae Seo · Dae-Wook Park | 135 |
| p-79 | 배수성포장 및 우수 순환시스템을 이용한 도로변 미세먼지 저감에 관한 연구 | 권영주 · 설지후 · 가현길 · 문성호 | 136 |
| p-80 | 다짐롤러 및 가속도계를 통한 진동분석 및 실시간 다짐도 평가 연구 | 김건우 · 고동영 · 이시원 · 문성호 | 137 |
| p-81 | 고속도로 콘크리트 포장의 균열율 변화량 예측모형 개발 | 최기효 · 이상직 · 김하영 · 김동혁 · 문기훈 · 정진훈 | 138 |
| p-82 | 버스차고지 포장 상습파손 구간 조립식 포장 적용 효과 분석 | 오한진 · 이진욱 · 마경훈 · 안인광 · 함상민 · 김태우 | 139 |
| p-83 | 콘크리트 포장의 줄눈의 IoT-Crackmeter 적용 연구 | 정유석 · 류성우 | 140 |
| p-84 | 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장(PCRPC) 현장 적용을 위한 야드 시험시공 | 김성민 · 황의승 · 한녹희 · 김석현 | 141 |
| p-85 | 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장(PCRPC) 슬래브 접속부 철근형식 성능실험 | 김성민 · 황의승 · 한녹희 · 김석현 | 142 |
| p-86 | 부분철근 및 연속철근을 사용한 신개념 철근콘크리트 포장(ARCP) 시험시공 | 최지웅 · 손병광 · 김태형 · 김성민 · 이준호 | 143 |
| p-87 | 블로우 업 억제를 위한 ASR 저감형 콘크리트 개발 초기연구 | 송다혜 · 염우성 · 박해원 · 김병준 · 정진훈 | 144 |
| p-88 | 페로니켈 슬래그 미분말 혼입 콘크리트의 강도발현 특성 연구 | 곽대열 · 이석근 · 이상엽 · 신재철 · 안진홍 | 145 |
| p-89 | 실리카폼 및 폴리머 혼입에 따른 회전 커터날 방법에 의한 마모저항성 분석 | 김종범 · 한승연 · 송창석 · 윤경구 | 146 |



SESSION 1

아스팔트포장



H-MOT(HEART Multi-Modal Overlay Tester)를 이용한 2층 아스팔트 덧씌우기 및 응력 완화층 반사균열 저항 특성 연구

노승현* · 황운용** · 조윤호***

국내 고속도로 포장의 66%는 콘크리트 포장이며 90% 이상 줄눈콘크리트 포장을 적용하고 있다. 1980년대 건설 이후 노후하여 효율적인 유지관리와 보수가 요구된다. 장기적 경제성과 주행성을 확보하기 절삭 덧씌우기 공법(전체 보수 공법의 80%)을 시행하고 있다. 덧씌우기 포장의 공용성을 조기 저하시키는 주요 결함은 하부 콘크리트 포장의 움직임에 따른 반사균열이다. 균열 발생을 예방하고 확산을 방지하기 위한 연구 중 2층 포설 덧씌우기와 응력 완화 공법이 주목받고 있다. 따라서 본 연구는 HEART Multi-Modal Overlay Tester (H-MOT)를 이용한 2층 포설 아스팔트 덧씌우기 재료와 노후 콘크리트와 아스팔트 사이 경계면 응력 완화 층에 대한 반사균열 저항 특성을 살펴보았다. H-MOT는 덧씌우기 거동 평가 장비로, 3축 거동과 기후 조건을 반영할 수 있다. 실험 변수로는 2층 덧씌우기의 경우 하부 재료는 F-DGM(Fine Dense Grade Mix), 상부 재료는 PFC(Permeable Friction Course)와 SMA(Stone Mastic Asphalt)를 선정하였다. 경계면 응력 완화 층으로는 SAMI(Stress Absorbing Membrane Interlayer) 및 Geo-grid를 적용하였다. Peak Load, 피로 주기, 균열 이미지를 단층 F-DGM 실험 결과와 비교하고, 반사균열 저항 특성을 정의하였다.



그림 1. H-MOT 장비

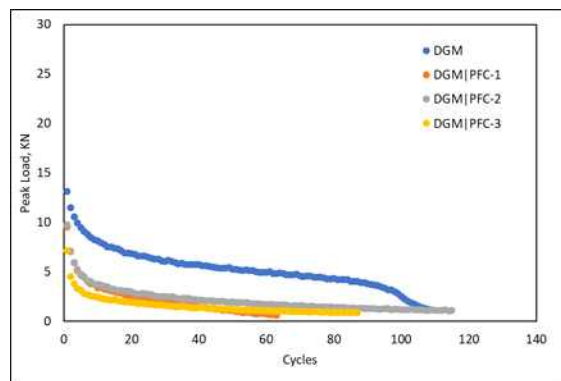


그림 2. 반사균열 모사 시험 결과

핵심용어 : 노후 콘크리트, 콘크리트 위 아스팔트 덧씌우기, 반사균열, 덧씌우기 모사 시험, 2층 포설 덧씌우기, 응력완화층

* 학생회원 · 중앙대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : ffreefall@gmail.com)

** 정회원 · 한국공항공사 항공연구소 선임연구원 (E-mail : wy0429@airport.co.kr)

*** 정회원 · 중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수 · 공학박사 (E-mail : yhcho@cau.ac.kr)

덤프트럭에서 발생하는 대기유해물질 배출방지 및 악취 저감시설에 등에 대한 효율적인 적용방안을 위한 고찰

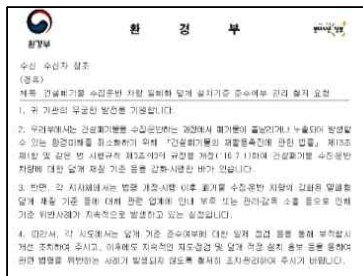
이중섭* · 조광현** · 박주홍***

현재 국내 아스콘 업계에서는 대기오염물질 등에 대한 환경문제가 중요한 이슈로 대두되고 있으며, 그에 따른 다양한 애로사항을 호소하고 있는 실정이다. 더욱이 지역 내 도심화 발전이 급성장함에 따라 아스콘 공장 주변 내 아파트 등의 대단지 주거지역이 형성됨으로서 인접 주민들에 의한 환경 민원이 빈번히 발생되고 있다. 그에 따라 환경부에서는 최근 대기오염물질 배출사업장에 대하여 특정대기유해물질 8종에 대한 기준을 신설하고, 기존 배출 기준 또한 약 30% 강화된 ‘대기환경보전법 시행규칙’ 을 2020년 1월 1일 부로 적용하도록 공포하였다.

이에 본 연합회에서는 국민의 건강과 업계 발전을 위해 아스팔트 플랜트에 적용할 수 있는 대기유해물질 배출방지 및 저감시설에 대해 두 차례에 걸쳐 해당 설비에 대한 제안을 공모하였다. 공모 제안에 따라 관련 저감 시설을 수도권 인근 5개 업체에 설치하여 실 생산에 따른 악취, SOx, NOx, 먼지 등의 특정대기유해물질 및 다환방향족탄화수소(HAPs, 벤조a피렌) 등을 측정하였으나, 모든 기준을 만족할만한 설비를 확인 할 수 없어 뚜렷한 해결방안을 제시하지 못하고 있는 실정이다.

이러한 아스콘 업계의 노력에도 불구하고 일부 지자체에서 아스팔트 플랜트 내에서 발생 되는 대기오염물질 방지시설에 대한 환경적 책임 소재가 공장 내 제조시설 외에도 생산된 아스팔트 혼합물을 적재하여 운반하는 덤프트럭에 대해서도 운반 중 발생하는 먼지, 낙석 및 악취 등에 대한 관리감독을 보다 강화하기 위하여 관련 법령을 표 1과 같이 강화·시행하여 실시하고 있는 실정이다.

표 1. 폐기물 수집·운반 차량에 대한 밀폐형 덮개 설치 의무화 법령 및 처분내역



| | | | | |
|------|-------------------------------|----------|----------|---------|
| 관련법령 | 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률 제13조1항 | | | |
| 개정내용 | 폐기물 수집·운반차량에 대한 밀폐형 덮개 설치 의무화 | | | |
| 시행일자 | 2017. 1. 1. | | | |
| 처분내역 | | 1차 | 2차 | 3차 |
| | 과태료 | 200 만원 | 300 만원 | 500 만원 |
| | 행정처분 | 영업정지 30일 | 영업정지 60일 | 차량등록 말소 |

아스콘 사업은 국가 물류의 핵심인 도로를 건설하는 기간산업으로, 국가 발전의 중추적 역할을 고려한다면 아스콘 사업에 합당한 환경기준의 개선이 필요할 것이다. 이러한 환경기준 개선은 국가차원에서 아스콘 생산 산업이 중요 기간산업으로 영위될 수 있도록 법적·행정적 개선이 필요할 것으로 생각된다.

그리하여 본 연구에서는 아스팔트 플랜트 제조설비에 대한 대기유해물질 저감시설 외에 아스팔트 혼합물이 적재된 덤프트럭에 대한 비산먼지, 낙석 및 악취 등을 차단하고 저감하기 위한 시설에 대하여 지자체, 발주처, 아스콘 업계 및 운송업계 등 관련된 모두가 만족할 수 있는 효율적인 적용방안에 대하여 논의하고자 한다.

핵심용어 : 아스팔트 플랜트, 덤프트럭, 대기유해물질, 먼지, 악취, 배출방지, 저감시설

* 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 선임연구원·공학박사 수료 (E-mail : jsup79@naver.com) - 발표자

** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 수석연구원·공학석사 (E-mail : chokh0210@hanmail.net)

*** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 수석연구원·부원장 (E-mail : rdm1501@naver.com)

고분자 개질재의 물리화학적 특성이 PMA 품질에 미치는 영향

정구봉* · 이상섭** · 이백운*** · 김우성****

고분자 개질 아스팔트(polymer modified asphalt, PMA)의 사용은 아스팔트 포장의 소성변형, 피로균열, 저온균열 등의 기능적 성질을 개선하여 포장의 수명을 연장할 수 있다. 아스팔트 개질재로 사용되는 고분자의 유형에는 열가소성 탄성체, 열가소성 플라스틱, 반응성 고분자가 있으며, 상업 제품으로는 styrene-butadiene-styrene (SBS) styrene-butadiene rubber (SBR), styrene-isoprene-styrene (SIS), low density poly ethylene (LDPE), ethylene vinyl acetate (EVA) 등이 알려져 있다. 이런 고분자 개질 아스팔트의 성능은 첨가되는 개질재의 특성과 양에 크게 의존한다. 특히, 개질재의 화학적 구조는 원 아스팔트와의 친화력(Compatibility)에 매우 큰 영향을 미치며, 이에 따른 개질재 분산성 및 개질 효과 역시 상이하다.

본 연구의 목적은 다양한 물리화학적 특성을 갖는 고분자 개질재가 PMA 품질에 미치는 영향을 규명하는 것이다. 이를 위해 동일한 조건으로 일반 아스팔트(AP-5)에 고분자 개질재 4종(SBS, SBR, SIS, LDPE)을 배합하여 PMA 바인더 제조 및 품질 평가를 수행하였고, 고분자 개질재의 물리화학적 특성과의 상관관계를 고찰하였다. PMA 바인더의 소성변형 저항성, 상온 피로균열 및 저온 균열 저항성 평가를 위해 dynamic shear rheometer(DSR), bending beam rheometer(BBR) 실험을 수행하였고, 원 아스팔트와 개질재 간의 혼합안정성 평가를 위해 형광현미경 등의 분석기법을 활용하였다.

핵심용어 : 고분자 개질 아스팔트, 개질재, 아스팔트 친화력(Compatibility), 혼합안정성, 소성변형 저항성, 상온 피로균열 및 저온 균열 저항성

* SK이노베이션(韓) 선임연구원 (E-mail : kbchung@sk.com)

** SK이노베이션(韓) 선임대리 (E-mail : sk14096@sk.com)

*** SK이노베이션(韓) 전임연구원 (E-mail : dlqordns3857@sk.com)

**** SK이노베이션(韓) 수석연구원 (E-mail : kimusung@sk.com)

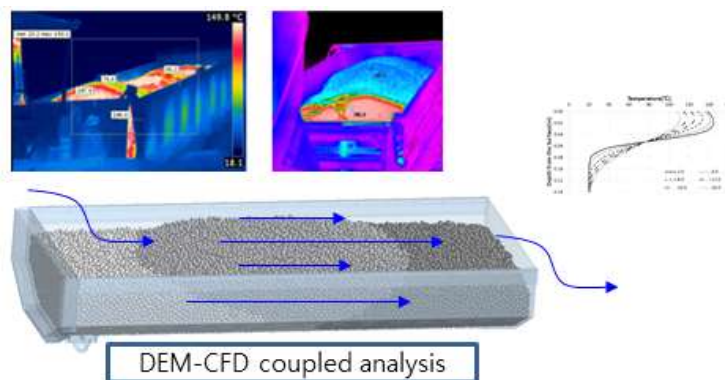
열해석을 활용한 이송중 아스팔트 혼합물의 냉각 특성 분석

윤태영* · 문재필** · 정규동***

아스팔트 포장에서 다양한 포장 파손의 발생과 관련되어 있는 아스팔트 혼합물의 다짐 품질은 포설시점의 아스팔트 혼합물의 온도에 직접적으로 영향을 받는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 따라서 포설 시까지 아스팔트 혼합물의 온도를 적절하게 유지하는 것은 매우 중요한 과정이라고 할 수 있는데, 이는 도로포장의 생산성과 품질을 향상시키기 위한 스마트 건설에 있어서도 매우 중요한 요소라고 할 수 있다.

현재 아스팔트 혼합물의 온도는 생산 시점에서의 최고 온도, 이송 후 포설 시점에서의 내·외부 온도차, 최저 온도를 기준으로 관리하고 있으나, 포설시점에서는 실질적으로 관리 기준에서 벗어나는 아스팔트 혼합물을 처리하는 현실적인 방법이 없는 상태이며, 관리 기준에서 다소 벗어나는 아스팔트 혼합물을 다지는 방법도 특별히 제시되고 있지는 않기 때문에 품질관리에 어려움이 많은 것이 사실이다.

본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 특성과 주변 날씨, 이동 경로의 영향을 받는 아스팔트 혼합물의 온도 변화를 실측하고 이를 모델링하여, 생산시점에서의 온도와 조건으로 포설시점에서의 혼합물의 온도를 예측하고자 한다. 이를 위해서는 다양한 환경적 조건을 고려하여 아스팔트 혼합물의 내·외부 온도의 변화를 측정하는 것이 중요하지만, 실질적으로는 이러한 방법으로 결과를 도출하는 것이 불가능하기 때문에 유효한 방법이라고 생각되는 전산유체역학과 이산요소법, 유한요소법을 활용한 조합해석기법을 활용하였다. 이를 위하여 25톤 트럭을 모델링하였으며, 다져지지 않은 아스팔트 혼합물의 열물성을 결정하여 풍속의 변화와 아스팔트 초기 온도, 이송 속도와 거리에 따른 아스팔트 혼합물의 온도의 변화를 평가하였다. 모사에 따르면 혼합물의 온도 변화는 효과적으로 예측되었으나, 계산자원 등을 고려하여 보다 단순화된 형태의 모형 개발의 적합성을 평가하는 것이 필요할 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 현장 실측 자료를 1개 밖에 활용하지는 못했으나, 향후 다양한 측정을 통하여 모형을 보정하고 정밀도를 향상시킬 예정이다.



핵심용어 : 아스팔트 혼합물, 조합해석, DEM, CFD, 열역학, 냉각곡선

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 20SMIP-A157130-01).

* 정희원 · 한국건설기술연구원 혁신전략실 연구위원 (E-mail : tyun@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 (E-mail : jpmoon@kict.re.kr)

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 (E-mail : kdjeong@kict.re.kr)

한국형 기포 아스팔트 혼합물 품질 평가 연구

이강훈* · 강성일** · 김용주*** · 이재준****

기포 아스팔트 기술은 1956년 미국에서 흙의 성질을 개선하기 위한 결합 에이전트로 기포 아스팔트를 사용하면서 현장에 적용되기 시작하였다. 그 이후, 미국, 유럽 등에서는 다양한 형태의 기포 발생 노즐과 생산방식으로 기포 아스팔트 기술을 도로포장에 적용하였으며, 많은 연구에서 기포 아스팔트 혼합물은 일반 가열 아스팔트 혼합물과 비교하여 동등 이상의 성능을 확보하는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 국내에서 최초로 개발된 한국형 기포 아스팔트 발생 설비를 활용하여 최적 수분함량을 도출하고 이를 기반으로 생산된 기포 아스팔트 혼합물의 품질 평가를 수행하였다.

아스팔트 바인더에 주입되는 수분량은 기포 아스팔트 발생 정도를 결정하는 중요한 요소이며 기포 아스팔트 혼합물 생산에서 아스팔트 바인더의 기포 발생 정도는 배합설계 절차에서 가장 중요한 요소이다. 기포 아스팔트 혼합물은 일반 가열 아스팔트 보다 낮은 온도에서 생산함에도 불구하고 혼합물의 워커빌리티와 피복성을 향상시키는 효과를 보여준다. 수분함량에 따라 아스팔트 바인더의 기포 발생 능력이 변화하므로 최적의 워커빌리티와 피복성을 가진 기포 아스팔트 혼합물 생산을 위해 배합설계 절차에서 최적 함수비 결정은 매우 중요하다.

먼저, 국내 D사에서 최초로 개발된 한국형 기포 아스팔트 발생 설비를 활용하여 최적 수분함량을 결정하였다. 사용된 아스팔트는 PG 64-22 등급으로 아스팔트 내 물과 공기를 주입하여 기포를 발생시켜, 발생한 기포 아스팔트의 반감기와 팽창비를 측정하였으며, 두 인자 간 관계도를 통해 기포 아스팔트의 최적 수분함량을 아스팔트 바인더 대비 1.8%로 결정하였다. 결정된 최적 수분함량으로 기포 아스팔트를 발생시켜 기포 아스팔트 혼합물 생산 및 품질시험을 위한 다짐 공시체를 제작하였으며, 국토교통부 품질기준 항목에 대한 품질평가를 수행하였다. 품질평가 결과, 국내 아스팔트 혼합물 품질기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 특히, 본 연구에서는 기포 아스팔트 발생에 필요한 물에 마이크로 기포를 발생시킬 수 있는 화학첨가제 및 수분저항성 향상을 위한 수용성 박리방지제를 함께 적용하여 다짐도 향상 및 수분저항성에서도 일반 가열 아스팔트 혼합물보다 향상된 결과를 도출하였다. 향후 재활용 아스팔트 및 개질 아스팔트 등 다양한 혼합물에 한국형 기포 아스팔트 기술을 적용하여 품질 평가를 수행할 예정이다.



그림 1. 기포 아스팔트 최적 수분함량 도출

핵심용어 : 기포 아스팔트, 기포 아스팔트 생산 설비, 중온 아스팔트

* 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kh83lee@kict.re.kr)

** 정회원 · 에이알산업(주) 기업부설연구소 주임연구원 (E-mail : ksi93011@gmail.com)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : yongjook@kict.re.kr)

**** 정회원 · 전북대학교 토목공학과 교수 (E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr)



SESSION 2
콘크리트포장



Using Deep Learning to Count Aggregate Number of Exposed Aggregate Concrete Pavement Surface

Chhay Lyhour* • Kim Young Kyu** • Lee Seung Woo***

Tire pavement noise of Expose Aggregate Concrete Pavement (EACP) is dominated by the surface texture, which indicated by the wavelength and texture depth. To reduce the tire-pavement noise, a specific texture wavelength value is needed to be controlled. The texture wavelength of EACP is expressed by the expose aggregate number (EAN). Generally, the EAN are manual estimated rather than machine vision. Due to its complexity, the result will be different by each person from manual counting, and it is time-consuming and need much human effort. Recently, due to powerful of the computer vision, deep learning become more popular for object detection and counting. Therefore, this study proposes an efficient method to count the EAN on the digital image of EACP surface base on deep learning with computer vision technique. In this study, we implemented a deep neural network model “faster region-based convolutional neural network (faster R-CNN)” for detecting and counting the expose aggregate. To fine-tune the parameters in the training model, TensorFlow Object detection API was used. The training dataset were done by manually annotated from the EACP surface image. In order to evaluate the propose method, a field validation of 162 images in the area 25cm² per each was carried out. We achieve the overall accuracy 90% between the propose method and manual counting. It indicated that the propose method used can be preliminary estimate the EAN of EACP surface texture with a given condition.

Keyword: Expose aggregate concrete pavement, Aggregate counting, deep learning, computer vision, Tensorflow Object detection API

Acknowledgement

This study was conducted under research project “Development of High-Performance Concrete Pavement Maintenance Technology to Extend Roadway Life (Project No: 20POQW-B146703-03)” funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA). The authors would like to thank the members of research team, MOLIT and KAIA for their guidance and supports throughout the project.

* Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Gangneung-Wonju National University
(E-mail : lyhour_newtechnology@hotmail.com)

** Research Professor(Ph.D.), Institute for Disaster Prevention, Gangneung-Wonju National University
(E-mail : kingdom1980@nate.com.com)

*** Professor (Ph.D.), Department of Civil Engineering, Gangneung-Wonju National University (E-mail : swl@gwnu.ac.kr)

고속도로 콘크리트 포장의 리모델링 지수 모형 개선

김동혁* · 이상직** · 김하영*** · 최기호**** · 문기훈***** · 정진훈*

한국도로공사(2019) 및 Kim et al.(2019)에 따르면, 노후 콘크리트 포장의 대규모 보수공사인 리모델링 대상 구간의 선정을 목적으로 리모델링 지수(RMI: Remodeling Index)가 개발되었다. 하지만, 개발된 RMI 모형의 역학적 검토를 수행한 결과, 개선되어야 할 점이 발견되어 본 연구를 통해 고속도로 콘크리트 포장의 리모델링 지수 모형 개선연구를 수행하였다.

기존 RMI 모형은 식 1과 같이 현재 리모델링 시급도인 RMI_{present}(식2)에 연간 RMI 변화량, dRMI(식 3)을 N년만큼 더해 N년 뒤의 RMI를 예측하는 형태로 개발되어 있다. 하지만, RMI 변화량의 변수인 IRI 변화량(식 4)과 SD 변화량(식 5)은 해마다 가중되어 변한다. 따라서, 식 6, 식 7과 같이 연간 RMI 변화량을 직전연도부터 당해연도까지의 RMI 변화량을 누적하여 더하는 형태로 모형 형태를 개선하였으며, IRI변화량과 SD 변화량 역시 식 8, 식 9와 같이 직전연도부터 당해연도까지의 변화량을 계산하는 형태로 모형 형태를 개선하였다.

또한, 기존 RMI 모형의 IRI 변화량(식 4), SD 변화량 모형(식 5)은 포장형식을 구분하지 않고 개발되었기 때문에, 개선 모형(식 8, 식 9)에서는 포장형식별(JCP, CRCP)로 계수가 다르게 개선하여 개발하였으며, IRI 변화량 모형과 SD 변화량 모형의 변수 및 함수형태를 역학적, 통계적으로 검토하여 개선하였다. 이에 따라 개선되어 개발된 RMI 모형의 예측률은 기존 RMI 모형의 예측률에 비해 크게 개선되었으며, 이 모형은 국내 고속도로 콘크리트 포장의 리모델링 구간을 선정하는데 활용될 수 있다.

$$RMI_N = RMI_{present} + N \times \Delta RMI \quad (\text{식 1})$$

$$RMI_{present} = a_1 \times IRI_0 + b_1 \times (1 + 5SD_0) \quad (\text{식 2})$$

$$\Delta RMI = a_1 \times \Delta IRI + b_1 \times (1 + 5\Delta SD) \quad (\text{식 3})$$

$$\Delta IRI = a_2 \times IRI_0 + b_2 \times Age^2 + c_2 \times ASR + d_2 \times RT + e_2 \times DP + f_2 \times AADT + Const. \quad (\text{식 4})$$

$$\log \Delta SD = a_3 \times IRI_0 + b_3 \times SD_0 + c_3 \times RT + d_3 \times AD + Const. \quad (\text{식 5})$$

$$RMI_N = RMI_{present} + \sum_{n=1}^N \Delta RMI_n \quad (\text{식 6})$$

$$\Delta RMI_n = a_1 \times \Delta IRI_n + b_1 \times (1 + 5\Delta SD_n) \quad (\text{식 7})$$

$$\Delta IRI_n = a_4 \times IRI_{n-1} + b_4 \times Age^2 + c_4 \times ASR + d_4 \times RT + e_4 \times DP + f_4 \times ESAL + Const. \quad (\text{식 8})$$

$$\Delta SD_n = a_5 \times SD_{n-1} + b_5 \times RT + c_5 \times FT \times \log AD + Const. \quad (\text{식 9})$$

핵심용어 : 리모델링 보수, 콘크리트 포장, 리모델링 지수, 회귀분석

* 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : my91kim@gmail.com) - 발표자

** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : sjlee9408@inha.edu)

*** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : ha00303@naver.com)

**** 정회원 · 인하대학교 토목공학과박사과정 (E-mail : high80@naver.com)

***** 정회원 · 인하대학교 도로교통연구원 책임연구원 · 공학박사 (E-mail : zetamkh@ex.co.kr)

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

CRCP 덧씌우기 포장 카탈로그 설계법 초기연구

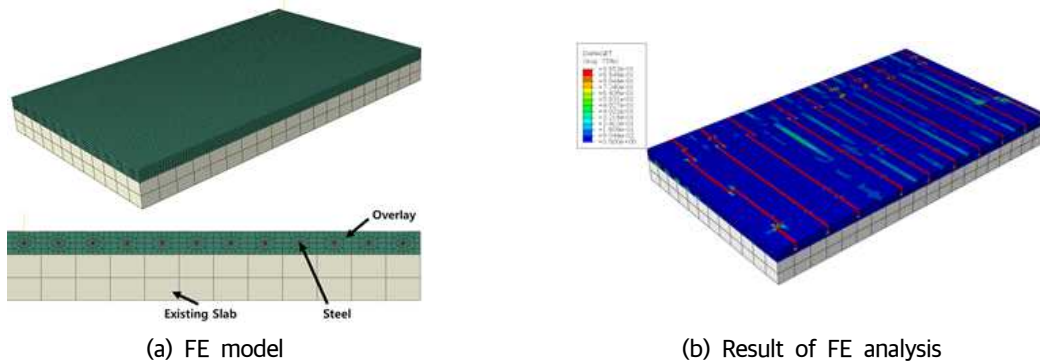
박해원* · 임진선** · 나계주*** · 정진훈****

국내 고속국도의 공용년수 20년 이상의 노후 포장 연장은 2015년 기준 1,150km/차로에서 2025년 6,662km/차로 까지 5배 이상 증가할 것으로 예측되고 있으며 이에 따라 콘크리트 포장의 공용수명을 연장하기 위해 노후 콘크리트 포장에 대한 다양한 유지보수가 시행되고 있다. 기존 포장에 전반적으로 열화가 발생한 경우에는 부분단면 보수 등의 소규모 보수로는 대처할 수 없으며 전단면보수나 덧씌우기, 재포장 등이 시행되어야 한다.

연속철근콘크리트 포장(CRCP: continuously reinforced concrete pavement)은 국내에서 많이 사용되는 줄눈콘크리트 포장(JCP: joint concrete pavement)과 다르게 줄눈이 없으며 대신 시공초기부터 미세한 균열을 유도해 콘크리트 포장의 종방향 팽창수축을 수용한다. 연속철근콘크리트 포장은 일반적으로 줄눈 콘크리트포장에 비해 포장 두께를 줄일 수 있다는 장점을 갖고 있다.

기존 포장에 덧씌우기를 실시하게 되면 포장의 총 두께가 최초 설계보다 두꺼워져 중앙분리대 등의 시설물 높이가 낮아지는 문제점 등이 발생할 수 있다. 연속철근 콘크리트 덧씌우기 포장은 줄눈콘크리트포장 덧씌우기에 비해 상대적으로 작은 두께로 동등한 성능을 낼 수 있다. 하지만 국내에는 연속철근콘크리트 덧씌우기가 실시된 사례가 매우 적으며 명확한 시공 기준이 존재하지 않는 실정이다.

본 연구는 콘크리트 포장의 대규모 보수방법 중 접착식 연속철근콘크리트 덧씌우기 포장에 대한 카탈로그 설계법을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다. 덧씌우기 카탈로그 제시를 위해서 먼저 한국형포장설계 프로그램 KPRP를 활용해 국내 다양한 교통/환경 조건에서 보수적인 대표 신설 포장두께를 제시하였으며, 신설포장과 동등한 수준의 응력을 발생시킬 수 있는 접착식 덧씌우기 포장 두께를 계산하였다. 또한 연속철근 콘크리트 포장에 발생하는 균열간격을 예측하기 위해 Concrete Damage Plasticity 모델을 적용해 유한요소해석을 수행하여 일반적인 연속철근 콘크리트 포장과 연속철근 콘크리트 덧씌우기 포장 등의 거동을 비교하였다.



Example of FE model and analysis result for CRCP overlay

핵심용어 : 콘크리트 포장, 포장 설계법, 연속철근콘크리트 포장, 덧씌우기 포장

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

** 정희원 · 삼우IMC 기술연구소 소장 · 공학박사 (E-mail : coreplay@hanmail.net)

*** 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정, 평화엔지니어링 해외개발부 상무 (E-mail : foremans@naver.com)

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

JPCP 보수공법 수명분석을 위한 주요 고속도로의 적용 보수공법의 수명 기초분석

정해국* · 김동우** · 장태진*** · Oli Topendra**** · 김승원***** · 김용재***** · 박철우*****

국내 고속도로 콘크리트 포장은 노후화에 따른 유지보수가 수행되고 있으며, 매년 유지보수를 위한 비용은 매년 증가하고 있으며, 보수 시 조기파손 및 재파손 등으로 인한 보수비용이 발생되고 있다. 이 논문에서는 주요 고속도로 보수이력을 통하여 JPCP에 적용된 보수공법의 수명을 분석하고자 하였다. 보수공법별 보수가 적용된 구간에 재보수를 통한 시기까지 해당 공법의 수명으로 가정하였고, A 고속도로 대상으로 분석하였다. 모재 콘크리트의 파손으로 인한 1차 보수가 적용되고, 추가적인 파손으로 인하여 2차 보수가 적용될 시 2차 보수 적용 시기까지를 1차 보수에 적용된 공법의 수명으로 선정하였고, 전체구간에 대하여 동일한 공법에 대한 수명을 평균하였다.

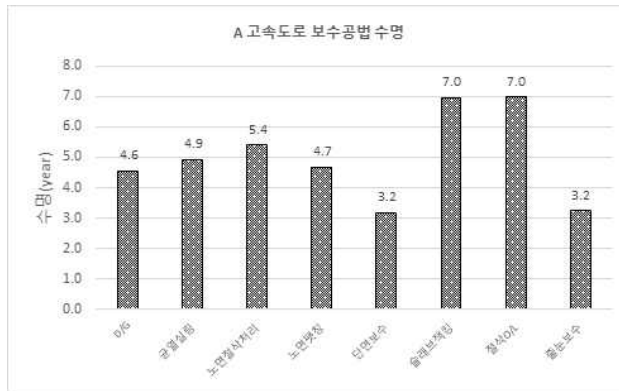


그림 1. A 고속도로 보수공법 수명

분석결과는 그림 1와 같이 나타나 있으며, 일반적으로 알려진 공법별 수명보다는 전체적으로 다소 낮은 수명은 나타나고 있다. 이는 노후화로 인한 모재 포장의 열화상태 및 보수공법 적용시기 등으로 인해 수명이 낮아진 것으로 예상된다. 추가적으로 재파손 되지 않은 구간을 포함하여 수명을 분석할 필요가 있으며, 재파손 되지 않은 구간을 포함될 시 수명은 증가할 것으로 판단된다.

핵심용어 : JPCP, 보수공법, 수명분석

감사의 글

본 논문은 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 도로기술연구사업 「도로수명연장을 위한 고기능성 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 개발 (과제번호 : 20POQW-B146692-03)」의 연구지원으로 수행되었습니다.

- * 정회원 · 강원대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : jhk-0418@nate.com) - 발표자
- ** 준회원 · 강원대학교 건설시스템공학과 학생 (E-mail : iamhappy0214@naver.com)
- *** 준회원 · 강원대학교 토목건설공학과 석사과정 (E-mail : dkslrk3@gmail.com)
- **** 준회원 · 강원대학교 건설융합학과 토목공학전공 박사과정 (E-mail : marvin.topu@gmail.com)
- ***** 정회원 · 강원대학교 건설융합학부 토목공학전공 조교수 (E-mail : seungwon.kim@kangwon.ac.kr)
- ***** 정회원 · 강원대학교 건설융합학부 토목공학전공 조교수 (E-mail : yzkim@kangwon.ac.kr)
- ***** 정회원 · 강원대학교 건설융합학부 토목공학전공 교수 (E-mail : tigerpakr@kangwon.ac.kr)

탄소나노튜브와 탄소섬유를 혼입한 시멘트 모르타르의 전기전도성 및 발열 특성

최준혁* · 소희수** · 연정흠***

탄소나노튜브(CNT)는 뛰어난 전기전도도, 열전도도 및 강도를 지닌 물질로, percolation threshold 이상의 CNT를 시멘트 기반 재료에 혼입할 경우, 경량화 및 강도 증진, 전기전도도의 향상에 따른 차폐성능의 향상을 도모할 뿐만 아니라, CNT의 piezo-resistivity 성능을 활용한 콘크리트 구조물 건전도 센싱, 발열 성능을 이용한 도로포장의 용빙 등 콘크리트 재료의 다기능화를 구현할 수 있는 소재로서 각광을 받고 있다. 이 연구에서는 CNT와 탄소섬유(CF)의 함량에 따른 모르타르의 전기전도성 및 발열 특성을 실험적으로 분석하였다. 본 연구에서는 MWCNT(Multi-walled CNT)를 용액에 분산시킨 제품을 사용하였으며, CNT 함량은 시멘트 중량 대비 최대 1.5%, 탄소섬유 함량은 최대 3%를 혼입하였다.

CNT나 CF가 혼입되지 않은 경우(plain), 측정 저항값이 재령 7일 이후 약 40,000 hm 이상으로 급격히 상승하는 결과를 나타내었다. 반면, CNT만 혼입한 경우 저항값은 최대 500 Ohm 이하로 나타나, plain 시편에 비하여 약 1/100 정도 수준임을 확인할 수 있었다. 또한, CNT와 더불어 CF가 혼입된 경우에는 저항이 훨씬 더 감소하여, 15 Ohm 미만의 값을 나타내었다. 이는 모르타르 내에 CF가 CNT 입자 간의 bridging을 향상시켜 전류의 흐름을 더욱 촉진시킨 결과로 사료된다. 그림 1은 재령 28일에 12V의 전압을 공급하여 측정한 CNT 및 CF 혼입량에 따른 모르타르의 온도상승 실험결과를 나타낸다. Plain이나 CNT만 혼입한 경우는 온도상승이 거의 없었던 반면, CF를 혼입하였을 경우 급격한 온도상승이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

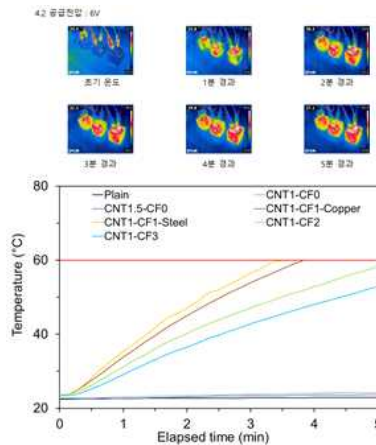


그림 1. 발열에 따른 온도상승 측정 결과

핵심용어 : 탄소나노튜브, 탄소섬유, 발열, 도로포장, 용빙

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행 됨(No. NRF-2018R1D1A1B07048681)

* 학생회원 · 가천대학교 토목환경공학과 연구보조원 (E-mail : hanbit1189@naver.com)

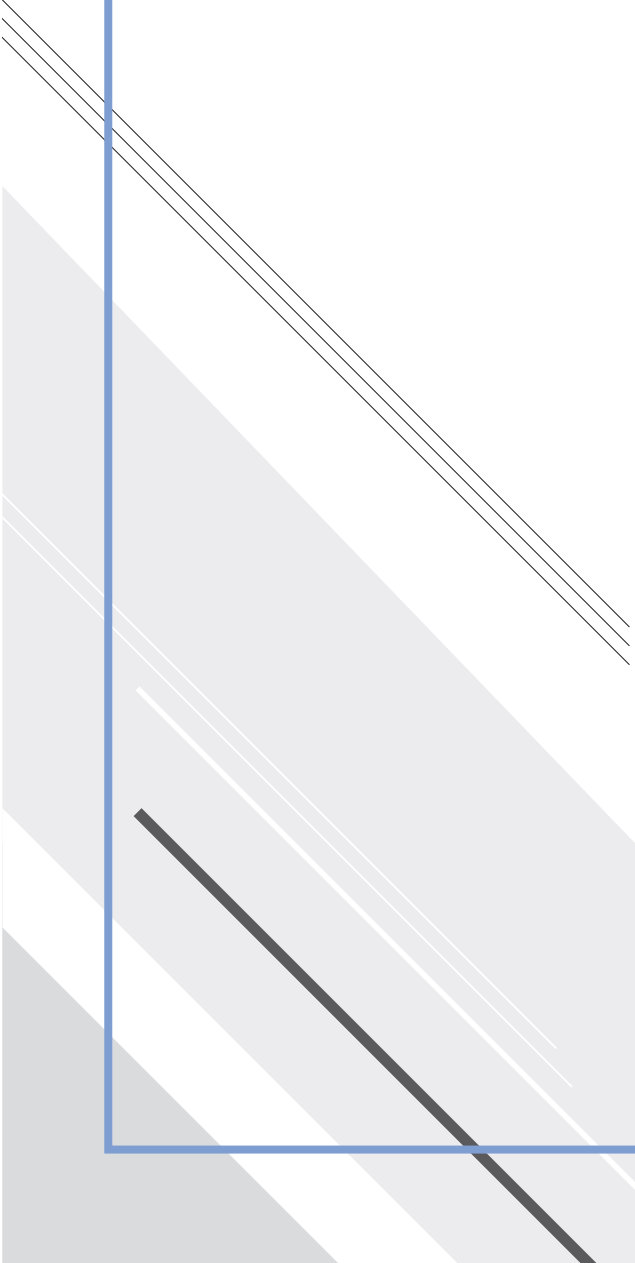
** 학생회원 · 가천대학교 토목환경공학과 연구보조원 (E-mail : ssheesoo@naver.com)

*** 정회원 · 가천대학교 토목환경공학과 부교수 · 공학박사 (E-mail : jyeon@gachon.ac.kr) - 교신저자



SESSION 3

도로기초 및 유지관리



기상현상 분석을 통한 겨울철 도로 살얼음 대응연구

경기원* · 홍정표** · 이희종*** · 권혁****

겨울철 도로 살얼음 사고로 인하여 사회적 문제가 야기되고 있다. 또한 도로 살얼음 구분은 어는비, 얼음싸라기, 도로살얼음으로 구분되거나 혼용되어 사용되고 있는 실정이다. 특히 산지부 통과 도로에서는 기상청 예보와는 상이한 기상패턴이 발생되어 도로관리기관은 겨울철 제설관리에 많은 애로가 발생하는 실정이다. 이에 한국도로공사 전북본부에서 2016년부터 전주기상지청과 MOU체결 후 진행한 도로 살얼음 예방시스템(BIPA, Black Ice Prevention Alarm System)을 통해 신속한 제설대응체계를 구축하고자 하였다. 시스템의 구성은 기상청 레이더 영상, 기상청 동네예보, 기상청 어는비 예측, 전주기상지청에서 제공하는 도로취약지점의 맞춤형기상정보(대기온도, 습도, 대기압)와 현장관측기상정보의 상호비교, 상호비교 후 온도하강(4°C이하)과 습도상승(60%이상)의 특정 기상패턴 발생 시 도로관리자의 대응단계로 구성된다. 관측결과 기상청 관측시설이 13km(기상청 관측시설 평균간격) 이상 이격된 산지부 교량의 경우 2~ -4°C(현장관측-기상청예보값) 차이를 보이며, 노면온도 또한 새벽시간대에 대기온도보다 4°C 낮게 관측되어 도로노면은 6~8°C기상청 예보보다 낮아 실시간 도로기상 관측이 반드시 필요하다 할 수 있다.

본 연구의 목적은 기상청에서 제공되는 생활지역 사람중심의 기상예보를 실제 발생하는 도로노면 기상으로의 활용 최적화와 실제 도로노면에서 발생하는 실시간 기상상태와 기상청예보의 비교분석 및 예측을 위한 특정 기상패턴[과거 기상청 기상자료(전주·평택·원주, 50년)분석에 기반 함]의 신뢰도 확인과 BIPA시스템의 교통사고 저감효과를 검증하고자 한다. 참고로, BIPA시스템 구성은 아래 그림 1과 같이 구성되어 있다.

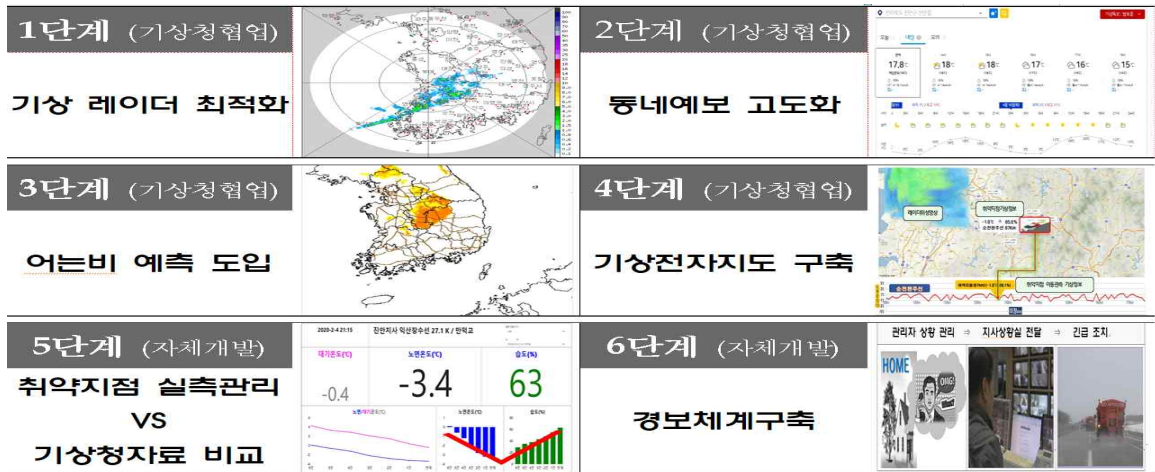


그림 1. BIPA시스템 구축자료

핵심용어 : 도로살얼음, 기상예보, 도로기상 관측

* 정희원 · 한국도로공사 전북본부 구조물차장 (E-mail : jjdo@ex.co.kr)
 ** 한국도로공사 전북본부 구조물안전팀장 (E-mail : juino@ex.co.kr)
 *** 한국도로공사 전북본부 기술처장 (E-mail : iceleehj@ex.co.kr)
 **** 한국도로공사 전북본부 본부장 (E-mail : aci01144@ex.co.kr)

Digital Twin 기반의 비탈면 유지관리 점검

진정한* · 임기선** · 한동수*** · 이지훈****

현재 건설 산업을 비롯한 전 분야에서 4차 산업혁명 기술을 활용한 기존 업무 개선은 선택이 아닌 필수요소가 되고 있다. 그 중에서도 기존 유지관리 분야에서는 Digital Twin이 떠오르고 있다. Digital Twin이란 현실 세계의 기존 시설물을 가상의 세계에 똑같이 만들어서 이를 활용하는 것이다. 현재 비탈면 점검은 일반적으로 소단 및 점검원 통로를 이용하여 인력으로 관리하고 있다. 이러한 방법은 경사비탈면내 안전사고의 위험이 있으며, 인력으로 접근하기 어려운 현장에는 절리 같은 중요 손상부 파악이 어렵다. 본 논문은 비탈면 점검을 Digital Twin 기반으로 기존 점검의 한계를 보완하기 위한 연구이다. Digital Twin은 일반적으로 드론이 촬영한 디지털 사진을 이용하여 3차원 모델을 만든다. 모델의 정밀도를 높이기 위해서 GPS 장비를 활용하여 지상기준점(GCP, Ground Control Point)을 측정한다. 지상기준점을 이용하지 않을 경우 높이에 대한 오차가 발생할 가능성이 높아진다. 3차원 모델을 이용하여 점검원들이 실시한 작업을 컴퓨터 화면상에서 똑같이 하는 것이 바로 Digital Twin 기반의 비탈면 유지관리 점검이다.

본 연구의 목적은 인력을 이용한 비탈면 점검의 경우 안전사고의 위험이 있으며, 이를 개선 할 방법으로 Digital Twin 기반의 비탈면 유지관리 점검을 제시하고자 함이다.

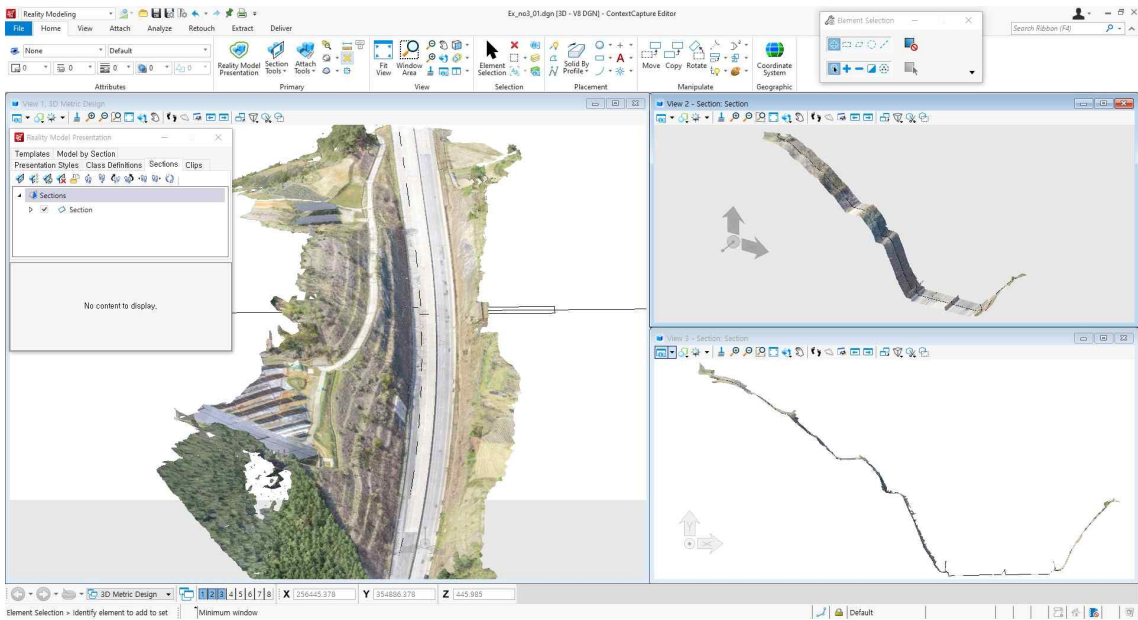


그림 1. Digital Twin 기반의 비탈면 유지관리 점검

핵심용어 : Digital Twin, 비탈면, 드론, 정밀점검

* 정회원 · 한국도로공사 무주지사 도로안전팀 차장 (E-mail : jinjh@ex.co.kr)
** 비회원 · 한국도로공사 무주지사 도로안전팀 대리 (E-mail : kslim@ex.co.kr)
*** 정회원 · ㈜베이스소프트 BIM사업부 이사 (E-mail : kimyk5@basis.co.kr)
**** 비회원 · ㈜드론아이디 (E-mail : show2542@naver.com)

AR 기반 지하매설관 설계도면 검증 기초 연구

안덕순* · 윤대훈**

4차 산업혁명과 맞물려 건설산업에서는 스마트건설의 필요성이 대두되고 있다. 스마트건설의 많은 부분이 건설현장의 안전성 향상, 시공의 효율성 증대, 빅데이터 수집 및 분석 등에 초점을 맞추고 있다. “I-KOREA 4.0”에서도 스마트건설 혁신을 지능화 혁신 프로젝트로 선정하고 있고, 한국판 뉴딜 추진방향에서도 디지털 인프라 구축, SOC의 디지털화 등의 중점과제를 선정하였다. 본 연구는 지하매설관의 설계도면부터 디지털화하는 기술로 수요기관에서 요구하는 모델을 제공할 수 있기 때문에 스마트한 관리체계 구축이 가능하다. 지하매설관의 2D도면은 <그림 1>과 같이 평면도, 종단면도, 격점상세도 등으로 구성되어 있기 때문에 하나의 현장에 많은 도면이 존재한다. 또한, <그림 2>와 같이 상수도, 하수도, 가스관 등 하나의 현장에 여러 개의 지하매설관이 설치되기 때문에 시설 간의 간섭 등을 파악하는데 어려움이 있다. 이러한 문제점들은 설계시 오류를 발견하지 못할 경우, 시공 후에 다시 공사하는 경우가 발생하게 되고 이는 공기 연장 및 시공비 상승을 야기할 수 있다.



그림 1. 2D를 이용한 설계도면(예)

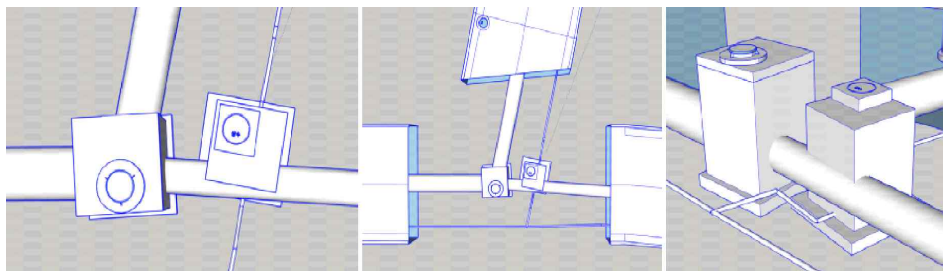


그림 2. 실제 시공시의 시설물 간섭(예)

본 연구의 목적은 지하매설관의 시공을 위한 설계 단계에서 AR을 기반으로 하여 시공 단계에서의 오류를 최소화하기 위해 설계도면의 정확성을 향상하는 것이다. 현재 설계 단계에서 생성되는 평면도, 종단면도, 격점상세도 등의 2D 도면을 3D로 자동변환하는 데이터 분석 및 가공기술을 통해 시공관계자들이 설계오류, 시설 간의 간섭 등에 대한 설계도면을 쉽게 검증하여 시공 정합도를 향상시킬 수 있다.

핵심용어 : 스마트건설, 지하매설관, 설계도면, AR

* 정회원 · 한국건설기술연구원 복합신소재연구센터 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : dsan@kict.re.kr) - 발표자

** (주)무브먼트 대표이사 (E-mail : movements.e@movements.kr)

소규모 굴착공사 비산먼지 배출농도 측정 및 분석

한수현* · 백철민** · 양성린*** · 이종원****

국내 총 PM₁₀ 배출량 중 50.3%(109,932톤)가 비산먼지에 해당하며 비산먼지 배출원 중 건설공사에 의한 PM₁₀ 배출량이 33.2%(36,553톤)로 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 최근 노후화된 지하매설물이 증가함에 따라 유지보수를 위한 도심지 소규모 굴착복구 공사가 지속적으로 증가되고 있는 추세이다. 현재 굴착공사 현장에서 배출되는 비산먼지에 대한 해결책으로는 대부분 물 살포 및 마스크 착용 등 정성적인 방법을 적용하여 실효성이 낮은 실정이다. 또한 굴착공사에서 배출되는 비산먼지를 측정하는 방법, 배출농도 및 원인 등을 연구한 사례는 전무하다.

비산먼지를 측정하는 대표적인 방법에는 중량농도법, 베타선법 및 광산란법이 있다. 중량농도법과 베타선법은 측정되는 먼지양이 정확하여 신뢰성이 높으나, 각각 24시간, 1시간 단위 측정으로, 실시간 측정이 불가능하여 비교적 짧은 시간에 진행되는 소규모 굴착복구 공사의 측정 방법으로 활용하기에 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 실시간 측정이 가능한 광산란법 측정기를 사용하였다.

본 연구의 목적은 광산란법 측정기를 사용하여 굴착공사에서 배출되는 비산먼지의 농도를 입자 크기별(PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁)로 측정하고 굴착공사 공정별 비산먼지 배출농도에 대한 기초분석을 시행하는 것이다. 굴착공사 공정별 비산먼지 배출농도를 분석하여 향후 소규모 굴착복구 공사에서 배출되는 비산먼지 저감을 위한 기술 개발에 기초연구로 활용하고자 한다.

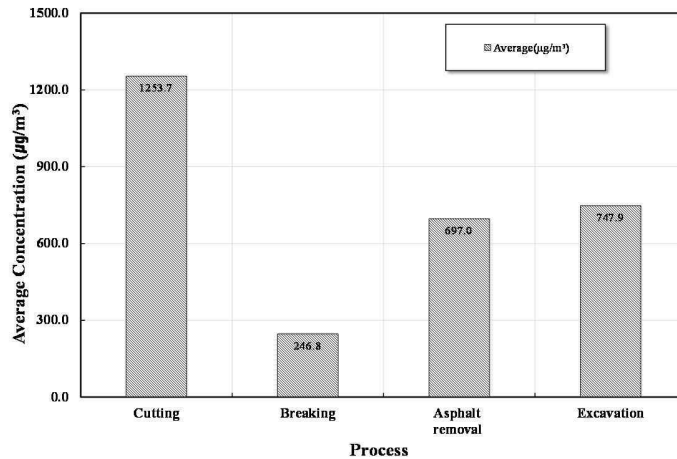


그림 1. 소규모 굴착공사 공정별 비산먼지(PM₁₀) 배출농도

핵심용어 : 비산먼지, 굴착공사, 광산란법

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 19POQW-B152342-01).

* 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 학생연구원 (E-mail : hansoohyun@kict.re.kr)

** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 · 교신저자 (E-mail : cmbaek@kict.re.kr)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 (E-mail : siyang@kict.re.kr)

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 박사후연구원 (E-mail : asca28@kict.re.kr)



SESSION 4

도로정책 및 설계



주파수 대역별 소음을 활용한 타이어 - 노면 소음과 노면 파장의 관계

김재훈* · 이승우**

도로에서 발생하는 소음은 엔진 떨림, 쿨링 팬, 브레이킹 등으로 차량의 차체가 진동하면서 발생하는 기계적인 소음과 타이어 - 노면에 의한 소음, 공기의 흐름에 의한 소음으로 구분할 수 있다. 차량의 주행속도에 따라 타이어 - 노면에 의한 소음이 지배적이며, 타이어 - 노면에 의한 소음은 4가지 소음원을 가지고 있으나 이 중 타이어 트레드 진동소음과 에어 펌핑 소음이 가장 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 SOC 실증연구센터에 적용된 다양한 타입의 포장, 차량의 주행속도에 따른 주파수대역별 소음 데이터를 활용하여 타이어 - 노면 소음에 영향을 미치는 주파수와 타이어 트레드 진동 소음과 에어펌핑 소음이 발현되는 특정 주파수 대역을 검토하였다. 또한, 주파수와 노면 파장의 상관관계를 이용하여 타이어 - 노면 소음에 영향을 미치는 노면의 파장과 타이어 트레드 진동 소음과 에어펌핑 소음이 발현되는 노면의 파장을 검토하였다.

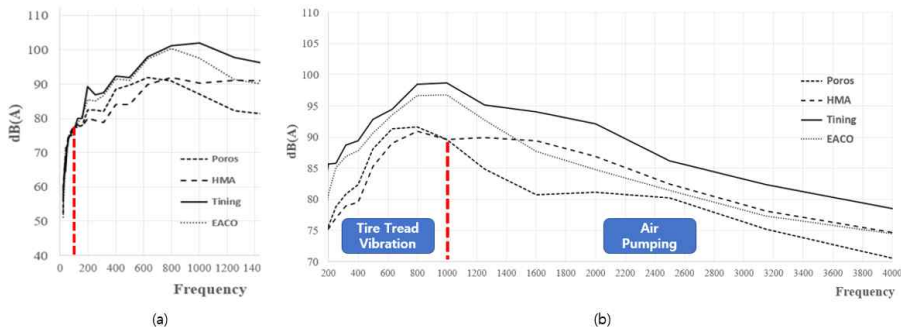


Figure 1. Boundary of Tire - Pavement Interaction Noise

본 연구결과에서는 타이어 - 노면 소음에 영향을 미치는 주파수 대역은 차량의 주행속도에 영향을 받지만 70~4,000Hz대역에서 이를 노면의 파장길이로 환산하게 되면 0.004~395mm로 나타났다. 또한, 타이어 트레드 진동 소음은 70~1,000Hz, 에어펌핑 소음은 1000~4,000Hz 대역으로 노면의 파장길이는 22.2~395mm, 0.004~27mm로 나타났다.

핵심용어 : 도로소음, Tire - Pavement Interaction Noise, Frequency, Texture Wavelength

감사의 글

본 논문은 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 교통물류사업 「도로수명연장을 위한 고기능성 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 개발 (과제번호 : 20POQW-B146707-03)」의 연구지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 분들에게 감사드립니다.

* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 · 박사과정 (E-mail : wogns8363@naver.com) - 발표자

** 강릉원주대학교 토목공학과 · 교수 (E-mail : swl@gwnu.ac.kr)

BIM기반 모델링 자동화 모듈 적용을 위한 옹벽, 배수공 및 터널공에 대한 매개변수형 라이브러리 구축

신재철* · 이상규** · 김성호*** · 윤영만**** · 백유진*****

정부와 각 공사에는 BIM 적용 및 설계발주 확대를 위한 전략과 로드맵을 제시하고 BIM 전면설계 및 납품의 무화를 요구하고 있으며, 정부에서 2020년 7월 14일 디지털 뉴딜, 그린 뉴딜, 안전망 강화 이 세 분야를 중심으로 한국판 뉴딜 정책을 발표하면서 BIM의 적용 확산은 점차 가속화되고 있다. 토목분야에 BIM 도입 및 적용이 확산됨에 따라 설계사는 라이브러리 구축과 설계 및 설계변경에 용이한 모델링 자동화 모듈개발이 필요하나 국내 라이브러리 구축현황 및 관련 연구개발은 미비한 실정이므로 이를 개선하고 BIM의 활성화와 생산성 향상을 위한 기술개발이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 옹벽공과 배수공, 터널공에 대하여 BIM기반 모델링 자동화 모듈을 통해 단면이 비정형적 선형을 따라 3차원 형상이 생성될 수 있도록 기준점이 설정되어있는 매개변수형 라이브러리를 구축하였다. 옹벽은 국토해양부에서 발행한 도로옹벽 표준도(2008)를 기반으로 2D단면에 대한 매개변수형 라이브러리를 구축하였으며, 배수공은 국토해양부에서 발행한 국도건설공사 표준도(2016)와 한국도로공사에서 발행한 고속도로건설공사 표준도(2017)를 기반으로 각 부속물의 특징을 분석하여 2D단면에 대한 매개변수형 라이브러리와 3D 객체형 라이브러리를 혼합하여 구축하였다. 터널공은 NATM 터널을 대상으로 하였으며, 프로그램을 통해 각 단계에 따라 매개변수를 입력하면 자동으로 단면이 생성되고 라이브러리로 저장되도록 개발하였다. 그리고 각 공정의 특징을 분석하여 기준점을 추가하였는데 이 기준점은 향후 BIM기반 모델링 자동화 모듈을 통해 단면 라이브러리와 적용대상 선형의 시·종점부 좌표값을 interworking시켜 자동배치 되도록 개발하고자 한다.

이는 반복되는 작업량을 절감시키고, 선형에 따라 자동 모델링이 가능하므로 설계 및 설계변경에 용이하여 설계자의 작업 효율성 및 편의성이 향상될 것으로 기대된다. 향후 교량에 대한 표준도 기반 라이브러리를 구축하여 라이브러리의 부족함을 보완하고, 각 공정의 특성에 따라 BIM기반 모델링 자동화 모듈 개발 및 시제품 품질평가를 통해 모듈의 신뢰성과 사용성을 검증하고자 한다.

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원(No. 20CTAP-C152065-02,인프라 디지털 설계 플랫폼 기반 단면-선형 연동 설계 및 설계변경 자동화 모듈 개발)을 받아 이루어진 것으로 본 연구를 가능케한 국토교통부에 감사드립니다.

핵심용어 : BIM, 매개변수형 라이브러리, 옹벽, 배수공, NATM 터널, BIM기반 모델링 자동화 모듈

* 정회원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 연구소장 (E-mail : sjc@dscn.co.kr)
** 정회원 · (주)동성엔지니어링 대표이사 (E-mail : lsg520@dscn.co.kr)
*** 정회원 · (주)동성엔지니어링 경영기획실장 (E-mail : adonikim@dscn.co.kr)
**** 비회원 · 수원과학대학교 토목안전과 조교수 (E-mail : gmy1025@ssc.ac.kr)
***** 비회원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 과장 (E-mail : 17004@dscn.co.kr)

미세먼지 감축을 위한 클린로드 도입 방안

이정범*

도로의 미세먼지는 자동차로부터 나오는데 미세먼지는 자동차의 배출에 따른 것과 타이어의 마모에 의한 비배출에 따른 것으로 나눌 수 있다. 최근 연구결과에 따르면 미세먼지는 비배출에 의해 배출되는 것이 더욱 큰 것으로 알려져있다. 타이어 마모에 따른 비배출 미세먼지가 많은 지역은 속도가 높거나 교통량이 많은 지역으로 이러한 도로에 살수(클린로드)를 함으로써 미세먼지 배출량을 감축할 수 있다. 그러나 현재 클린로드 지역선정에 있어서 교통상황을 고려하지 않고 도로의 경사, 살수가능 여부 등만을 고려하고 있어 효과에 대한 논란이 야기되고 있다. 따라서 본 연구에서는 대전시의 데이터 웨어하우스 자료를 이용하여 대전시의 클린로드 효과가 큰 지역에 대한 우선순위를 연구하였다. 대전시 간선도로를 대상으로 데이터 웨어하우스로부터 교통량 자료와 속도 자료를 이용하여 배출과 비배출 계수를 산정함으로써 그 양이 가장 많은 지역의 우선순위를 산정한 결과 대전 가오동길이 가장 높은 미세먼지가 발생하는 것으로 나타났고 갑천도시고속도로, 계백로 순으로 나타났다. 이러한 연구는 향후 살수 시간대와 살수량 등을 산정하는데 유효한 자료가 될 것으로 판단된다.

* 회원 · 대전세종연구원 책임연구위원 (E-mail : jungbeom2@naver.com)

흡차음형 방음판에 적용 가능한 페타이어 분말 활용 흡음재 개발 연구

신재철* · 이상규** · 김성호*** · 윤영민**** · 백유진***** · 조설아*****

차량의 증가로 페타이어의 발생량은 증가하고 있는 추세이며, 페타이어는 소각, 매립 등에 의해 처리되거나 재활용되고 있다. 소각 및 매립에 의한 처리 방법은 환경오염에 대한 문제점을 야기하며, 페타이어 재활용 방안은 부족한 실정이다. 또한, 차량의 고속화로 도로 주변의 소음진동 민원이 매년 증가하여 이에 대한 대안으로 방음벽을 설치하고 있으나 미비한 소음저감효과로 소음 관련 민원은 지속적으로 발생하고 있다.

본 연구에서는 페타이어 분말을 활용하여 페타이어의 재활용률을 높이고, 흡음효과가 우수한 친환경 흡음재를 개발하여 흡차음형 방음판에 적용하고자 한다. 페타이어 분말을 활용한 흡음재를 개발하기 위해 형상과 재료를 결정하였다. 형상은 음향해석시뮬레이션을 통해 소음저감효과가 가장 우수한 형상을 도출하였고, 재료는 페타이어의 입도와 우레탄 바인더의 비율에 따라 관내법 흡음시험을 통해 가장 흡음효과가 우수한 배합으로 결정하였다.

소음저감효과가 우수한 형상을 개발하기 위해 형상만을 고려하여 SoundPLAN 프로그램을 통해 총 2회 음향 해석시뮬레이션을 수행하였다. 먼저 굴곡의 정도를 결정하기 위하여 굴곡정도에 따라 총 5가지 방안에 대하여 분석하였는데 굴곡이 두 번째로 많은 형상에서 소음저감효과가 가장 우수한 것으로 나타났다. 그리고 굴곡의 정도 해석결과를 적용하여 굴곡 깊이에 따라 총 5가지 방안에 대하여 분석하였으며 깊이가 가장 깊은 형상에서 소음저감효과가 가장 우수한 것으로 나타났으므로, 흡음재의 형상은 두 번째로 굴곡이 많고 굴곡이 깊은 형태로 결정하였다. 재료결정을 위해 입도가 다른 페타이어 분말과 우레탄 바인더 혼합 비율을 다르게 하여 총 9가지 재료에 대한 관내법 흡음 시험을 진행하였으며, 시험결과 입도가 작을수록, 우레탄 바인더 함량이 높을수록 흡음률이 높게 나오는 경향을 보였다.

본 연구에서는 다공성 재료인 페타이어 분말을 활용하여 흡음 효과가 우수한 흡음재를 개발하였다. 이는 페타이어 재활용률을 향상시키고 페타이어 분말을 활용함에 따라 재료비 절감으로 경제성이 우수할 것으로 기대된다. 또한, 흡음률이 높은 재료배합과 소음저감효과가 우수한 형상을 적용하여 소음저감효과가 매우 우수할 것으로 사료된다. 향후 본 연구개발 흡음재가 적용된 흡차음형 방음판에 대하여 흡음률 시험과 음향투과손실 시험을 수행하여 흡차음형 방음판의 성능을 검증하고자 한다.

핵심용어 : 페타이어 분말, 흡음재, 흡음효과, 흡차음형 방음판

감사의 글

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원(No. 20CTAP-C152112-02, 재활용 폐기물을 이용한 친환경 흡음 복합 방음벽 개발연구)을 받아 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 국토교통부에 감사드립니다.

* 정희원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 연구소장 (E-mail : sjc@dsen.co.kr)
** 정희원 · (주)동성엔지니어링 대표이사 (E-mail : lsg520@dsen.co.kr)
*** 정희원 · (주)동성엔지니어링 경영기획실장 (E-mail : adonikim@dsen.co.kr)
**** 비회원 · 수원과학대학교 토목안전과 조교수 (E-mail : gmy1025@ssc.ac.kr)
***** 비회원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 과장 (E-mail : 17004@dsen.co.kr)
***** 비회원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 사원 (E-mail : 19036@dsen.co.kr)



SESSION 5

교통계획 및 운영



공공형 택시 도입방안 연구

이정범*

대중교통의 노선은 권역 내 이용객들을 보다 편리한 이동이 가능하도록 운행해야 할 필요가 있다. 그러나 인구 감소 및 고령화 진행으로 대중교통의 이용객 수가 연평균 3~4% 수준으로 점차 감소하면서 이러한 문제는 교통 소외지역에 대한 서비스 공급 감소로 이어지고 있다. 이러한 교통 소외지역에 대한 교통편의를 제공하고 교통권의 확보를 위하여 이미 많은 시도에서는 공공형 택시를 운행 중에 있다. 본 연구에서는 대전시를 사이트로 선정하여 전체 가구 중 버스정류장으로부터 이격거리가 먼 지역을 분석하여 공공형 택시 도입을 위한 지역을 선정하였다. 연구결과 1,000m 이상 떨어진 가구는 134가구이며, 그 중에서도 이격거리 1,100m 이상 떨어진 가구는 77가구에 달하는 것으로 나타났다. 이러한 교통 소외지역을 바탕으로 이용객들에게 공공형 택시 도입에 따른 효과분석을 하였다. 본 연구를 통하여 향후 버스와의 환승문제, 공공형 택시 도입에 따른 버스정류장 제외 방안 등에 따른 비용효과 분석을 통하여 보다 효율적인 대중교통 정책에 대한 연구가 필요하다.

* 회원 · 대전세종연구원 책임연구위원 (E-mail : jungbeom2@naver.com)

교차로 이동류 교통량 계수 시스템 설계

양인철* · 전우훈**

교차로 이동류 교통량(Movement Traffic, MT)이란 교차로 내 모든 교통수단의 이동류별 시간대별 이동량을 의미한다. 미국 자동차공학회에서 정의하는 레벨4 이상 수준의 자율주행시스템 구현을 위해서는 교차로 내 모든 이동객체에 대한 추적이 요구되며, 이를 대기행렬 예측, 교통신호 제어 등에 활용하기 위해서는 교차로 이동류 교통량을 계수하는 알고리즘의 개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 영상 감지기를 통해 수집된 순간(instantaneous) 이동객체 위치 데이터(CDO메시지)를 이용하여 단위시간 당 교통량으로 변환하는 계수 시스템을 제안한다.

제안된 시스템은 입력시스템과 계수시스템, 출력시스템으로 구성된다(그림1). 입력시스템은 교차로 영상카메라로부터 수집된 영상 감지 객체 데이터와 이를 송신하는 시스템으로 초당 10회 CDO메시지를 전송한다. 즉, 0.1초 단위로 교차로 이동객체의 스냅(snap) 사진을 찍고 이동객체를 감지하여 CDO메시지를 생성하고 이를 계수시스템에 전달한다. 출력시스템은 교차로 이동류 교통량을 조회하고 전송하는 시스템으로, 계수시스템에서 생성된 교통량 데이터를 MT메시지로 전달받고 이를 활용하는 시스템이다. 계수시스템은 입력 및 출력시스템과의 IO를 담당하는 센터LDM(Local Dynamic Map)과 CDO메시지를 MT레코드(MTR) 형태로 저장하는 LDM DB, 그리고 CDO메시지를 MTR로 변환하는 교차로 이동류 교통량 계수 알고리즘으로 구성된다.

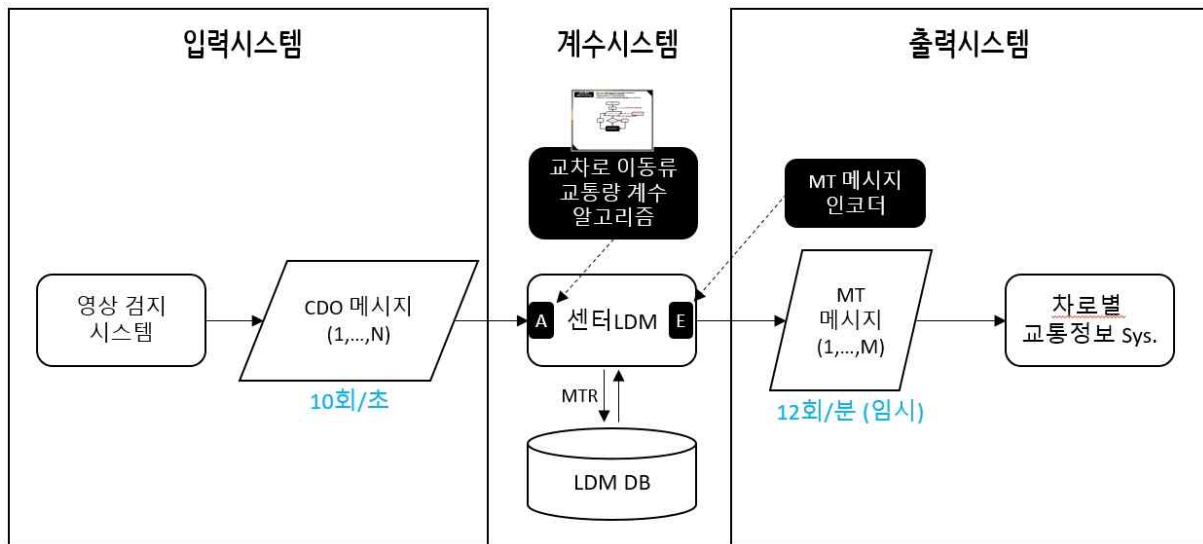


그림 1. 교차로 이동류 교통량 계수기 시스템의 구성

핵심용어 : 자율주행, 교차로 이동류 교통량, 계수, 순간 이동객체, LDM

* 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 도로관리통합센터 연구위원 (E-mail : ywinter75@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 도로관리통합센터 연구위원 (E-mail : cwphoon@kict.re.kr)

서울시 비첨두시간대 버스 승차시간에 관한 연구

전은비* · 윤덕근**

버스 정류장 용량 산정 시 가장 중요한 요인 중 하나는 버스의 정차면 점유시간이다. 현재 국내에서 통용되고 있는 도로용량편람(KHCM, Korea Highway Capacity Manual)은 버스의 정차면 점유시간 분석 지침을 제공하고 있으며 승객 승차시간 기준 값을 입석승객 여부 및 요금지불방법 별로 제시하고 있다. 그러나 2012년 기준 서울 시내버스 교통카드 이용률이 95%에 도달할 만큼 대부분 승객들의 요금 지불방법은 카드를 활용한 것이며, 광역버스, 간선버스 등의 다양한 종류의 버스가 존재하므로 이를 고려한 현실적인 버스 승차시간에 관한 연구가 필요하다.

본 연구는 유동인구가 많은 광화문역, 서울역 및 잠실역 인근을 중심으로 평일 비첨두시에 버스별 승차시간을 조사하여 버스 종류에 따른 승차시간의 차이를 분석하고, 도로용량편람에서 제시하고 있는 승차시간 기준 값과 비교분석 하는 것을 목적으로 한다. 조사 범위는 출입문이 2개인 광역버스(이하 Red bus)와 출입문에 계단이 있는 간선버스(이하 Blue bus A), 출입문에 계단이 없는 간선버스(이하 Blue bus B)로 한정하였으며 평일 비첨두시간대인 오후 1시부터 5시 사이에 측정하였다. 현재 서울시는 시내버스 교통카드 이용이 보편화되어 현금 결제 승객의 비율이 5%도 채 되지 않기 때문에 카드 결제 승객을 기준으로 하였다. 승차시간은 승객이 버스에 처음 발을 딛기 시작한 때부터 카드를 찍는 순간까지를 기준으로 측정하였으며 평균 탑승 시간은 약 2.5초 전후로 나타나 2013년 KHCM 3.2초와는 차이가 나타났다. 측정 및 분석결과는 Table 1과 Table 2와 같다.

Table 1. Measurement results

| | n | Sum | Mean | Variation |
|--------------|-----|-------|------|-----------|
| Red bus | 100 | 258.8 | 2.59 | 1.30 |
| Blue bus (A) | 100 | 264.5 | 2.64 | 1.06 |
| Blue bus (B) | 100 | 243.4 | 2.43 | 0.74 |

Table 2. Results of statistical analysis

| Source | Sum of squares | Degree of freedom | Mean squares | F-value | P-value |
|-----------|----------------|-------------------|--------------|---------|---------|
| Factor | 2.37 | 2 | 1.185 | 1.145 | 0.320 |
| Residuals | 307.48 | 297 | 1.035 | | |
| Total | 309.85 | 299 | | | |

핵심용어 : 정차면 점유시간, 승차시간

* 과학기술연합대학원대학교 건설환경공학 석·박사통합과정 (E-mail : jeb9349@kict.re.kr) - 발표자

** 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구위원 (E-mail : dkyun@kict.re.kr)

구조방정식 모델 구축을 통한 초소형전기차 기반 공공이동지원 서비스 개발 기초연구

진은주* · 서임기** · 김종민*** · 박제진****

현재 급격한 기후변화의 진행과 함께 친환경 에너지에 대한 관심이 다학제 분야에게 다양한 방식으로 거론되고 있는 실정이다. 특히 범정부 차원의 전기차 이용률 증가방안을 적극적으로 탐색하고 있으며, 이러한 시류에 발맞춰 최근 국내 초소형전기차 도입이 지속적으로 증가되는 추세이다. 초소형전기차(Micro-Electric Vehicle)는 근거리를 주행하는 전기자동차를 의미한다. 현재 승용, 화물용 등 다양한 유형의 초소형전기차가 국·내외 차량 제조업체에서 생산·유통되고 있으며, 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 미래의 새로운 이동수단으로 자리매김하고 있다. 국내 초소형전기차 이용률 증대를 위해서는 교통 및 물류부문에서 초소형전기차를 사용하는 다양한 이동서비스가 개발되고 활성화되어야 한다.

본 연구의 목적은 구조방정식 모델 구축을 통한 초소형전기차 공공이동지원 서비스 개발의 선행연구를 진행하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 초소형전기차 사용자 만족도 구성요인 추출을 위한 설문조사를 실시하였다. 요인의 범주를 ‘충전서비스 데이터’, ‘차량이동 데이터’, ‘사용자이용 데이터’로 나누어 각 요인별로 설문조사를 실시하였고, 사용자가 어느 요인을 더 중요하다고 여기는지 조사하였다. 또한 초소형전기차에 대한 이미지를 조사하기 위해 차종비교(오토바이 대비) 설문을 실시하였다.

향후 연구에서는 본 연구의 결과를 반영하여 빅데이터 분석을 통한 구조방정식 모델을 구축할 계획이며, 이를 통해 초소형전기차 운전자의 사용자 만족도가 어떻게 변화하고 있는지 구조방정식 모델의 변화를 파악하고자 한다.

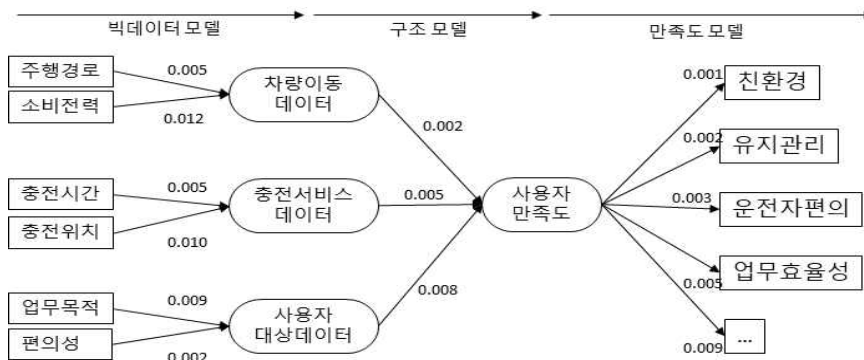


그림 1. 빅데이터 분석을 통한 구조방정식 모델 예시

핵심용어 : 초소형전기차, 공공이동지원 서비스, 사용자 만족도, 구조방정식 모델

* 비회원 · 전남대학교 산학협력단 연구원 (E-mail : ejjin30@gmail.com)

** 정회원 · (주)마스타자동차 연구소장 · 공학박사 (E-mail : seoimki@master.co.kr)

*** 정회원 · 전남대학교 토목공학과 학술연구교수 · 공학박사 (E-mail : kimbellsky@gmail.com)

**** 정회원 · 전남대학교 토목공학과 조교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : jinpark@jnu.ac.kr)

스마트횡단보도의 안전성 향상 효과평가

나호혁* · 김도경**

횡단보도에서 보행자의 취약한 안전성을 개선하기 위해서 스마트횡단보도 설치와 같은 다양한 노력들이 시행되었으나 체계적인 연구가 진행된 적이 없어 정량적인 효과에 대한 분석이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 스마트횡단보도가 횡단보도에 접근하는 차량의 속도 저감을 유도하는 기능이 있는 시설로 판단하고 실제로 그런 효과가 있는지를 평가하는 데에 목적을 두고 연구를 진행하였다.

분석을 위한 자료는 영상 촬영을 통해서 개별차량의 통행속도를 3개 구간으로 나누어서 조사하였다. 방법론의 관점에서 스마트횡단보도 설치 전과 후에 보행자 여부에 따라서 차량의 속도를 조사하고 사전·사후분석법 중 비교그룹 방법을 사용하여 스마트횡단보도 설치 전·후에 따른 속도저감 여부를 검토하였다.

사전·사후 분석에 따르면 스마트횡단보도 설치에 따른 개별차량 속도저감 효과는 약 16%로 신뢰수준 95%에서 통계적 유의성이 확보되지 못하였다. 이유는 보행자가 있으면 모든 차량이 속도를 줄이는 것은 일반적인 상식이며, 스마트횡단보도를 설치한다고 해서 속도 감소폭이 커지는 것이 아닐 것으로 생각되기 때문이다. 본 연구에서는 스마트횡단보도가 속도저감에 효과적인 시설일 것으로 예상하였으나 유의미한 결과는 나타나지 않았으며, 다른 기능이 있을 것으로 판단하였다.

현장 조사를 통해서 스마트횡단보도는 속도저감 효과보다는 시인성이 좋지 않은 야간 또는 악천후에 운전자에게 보행자의 유·무를 멀리서도 식별할 수 있게 하여 시인성을 증진시킬 수 있는 시설일 것으로 생각되는데, 본 연구에서는 정량적인 수치를 조사하지는 못하였다. 향후 연구에서 추가조사를 통해서 효과에 대한 객관적인 수치가 입증되어야 할 것으로 예상된다.

결론적으로 스마트횡단보도는 속도감속은 있었으나 유의미한 결과는 도출되지 못하였으며, 속도감속 효과 이외의 다른 기능을 중심으로 재평가하는 것이 바람직할 것이다.

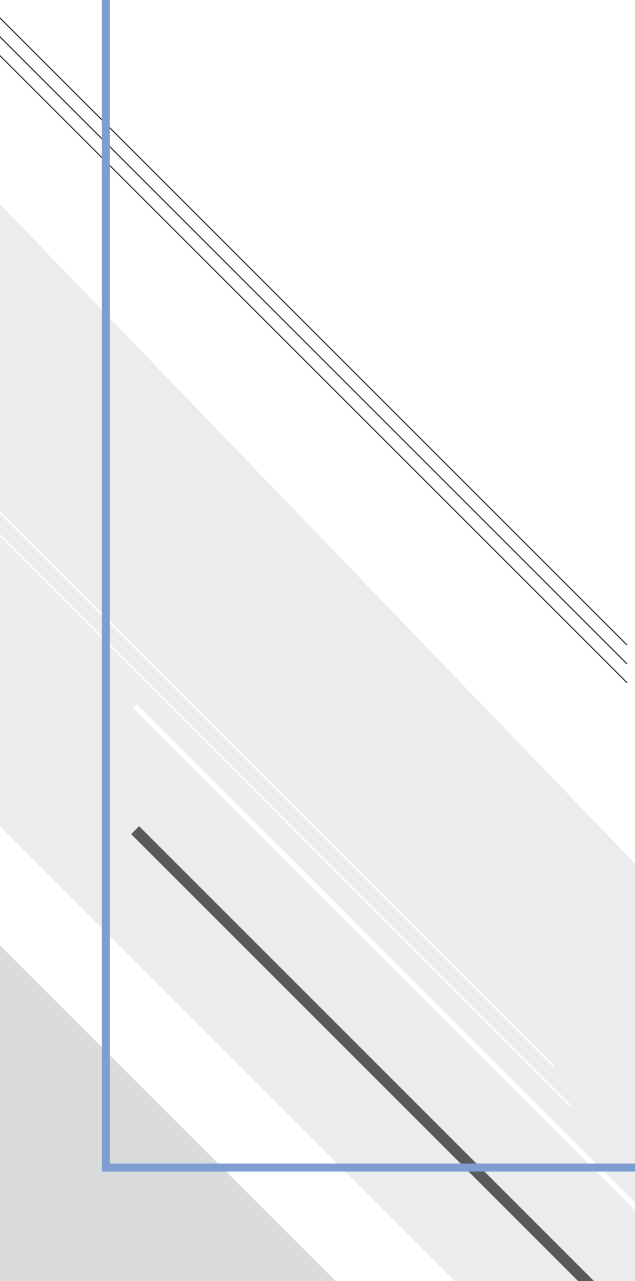
핵심용어 : Statistical significance(통계적 유의성), Before-and-After Analysis(사전·사후 분석법), Before-and-After Study with Comparison Group(비교그룹방법), Visibility(시인성), Deceleration(감속), Significance level(신뢰수준)

* 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : ghgurdk@naver.com)
** 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수 (E-mail : dokkang@uos.ac.kr)



SESSION 6

도로안전



경계석 및 배수 구조체가 일체화된 배수측구 형상 개발 연구

신재철* · 이상규** · 김성호*** · 윤영만**** · 백유진***** · 조설아*****

최근 이상기후로 강우 패턴이 집중호우, 돌발홍수 등과 같은 유형으로 변화됨에 따라 불투수층 면적이 증가하고 있는 도시지역에서는 노면배수 불량으로 도로 노면 침수가 빈번하게 일어나고 있는 실정이다. 이는 도로 배수시설 용량 초과로 인해 발생하는 현상이며, 도로 침수는 차량 파손, 교통사고 유발 등의 문제를 발생시킨다. 이러한 문제를 해결하고자 본 연구에서는 도로에 선배수 시설을 적용하여 신속하게 도로노면의 빗물을 배수시키고, 통수단면을 확보한 배수구조체를 개발하여 배수 용량을 향상시킴과 동시에 도심지의 저류조 역할을 할 수 있는 배수측구를 개발하고자 한다. 또한 본 연구개발 배수측구는 페타이어 분말과 우레탄 바인더를 혼합하여 제작한 경계석과 콘크리트를 사용한 배수구조체를 일체화 시킨 구조로 페타이어를 활용한 경계석은 교통사고 발생 시 타이어의 훼손을 최소화 할 수 있으며 상부에 굴곡을 주어 강우강설 시 미끄럼의 우려를 방지하고 측면에는 형광띠를 부착하여 야간에 운전자의 시인성과 안전성을 확보하고자 한다.

본 연구에서는 페타이어 분말을 활용한 경계석과 통수단면을 확보한 콘크리트 배수 구조체를 일체화하여 배수 기능을 향상시킬 수 있는 선배수 형식의 배수측구 형상을 개발하였다. 개발 형상의 배수측구를 제작할 경우 선배수 시설 적용으로 배수시간 단축이 가능하고 배수용량이 증가된 통수단면을 갖는 배수구조체로 인하여 집중호우 시 도로침수로 인한 피해를 예방할 수 있을 것으로 사료된다. 향후 배수측구의 시제품 제작 및 성능검증을 통한 실용화의 타당성을 검증하고자 한다.

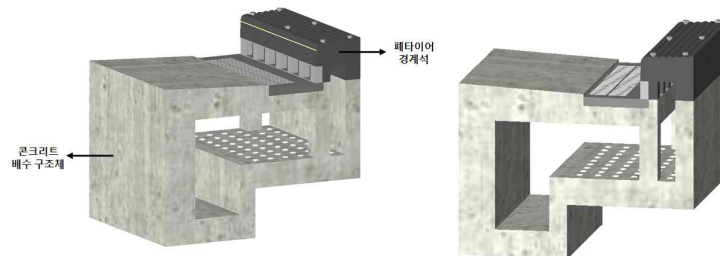


그림 1. 배수측구 형상

핵심용어 : 페타이어 분말, 경계석, 노면배수, 배수시설

본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원(No. 20CTAP-C152117-02, 도로 침수예방 및 비점오염 저감을 위한 배수 구조체 개발)을 받아 이루어진 것으로 본 연구를 가능케 한 국토교통부에 감사드립니다.

* 정희원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 연구소장 (E-mail : sjc@dsen.co.kr)
** 정희원 · (주)동성엔지니어링 대표이사 (E-mail : lsg520@dsen.co.kr)
*** 정희원 · (주)동성엔지니어링 경영기획실장 (E-mail : adonikim@dsen.co.kr)
**** 비회원 · 수원과학대학교 토목안전과 조교수 (E-mail : gmy1025@ssc.ac.kr)
***** 비회원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 과장 (E-mail : 17004@dsen.co.kr)
***** 비회원 · (주)동성엔지니어링 기술연구소 사원 (E-mail : 19036@dsen.co.kr)

공간적 자기상관성을 고려한 자동차검사 부적합률에 영향을 주는 지역적 특성 분석

김우석* · 김도경**

교통안전종합대책은 인적요인에 비해 차량 및 환경요인에 대한 대책이 상대적으로 부족하고 자동차검사데이터와 공간데이터를 활용한 연구가 전무한 상황이다. 따라서 본 연구는 자동차검사데이터와 공간데이터를 결합하여 자동차검사 부적합률의 공간적 자기상관성을 검증하고 영향을 주는 지역별 특성을 분석하여 차량 및 환경요인에 대응하는 교통안전대책 마련에 기여하는 것을 목적으로 한다. 연구방법론으로 공간계량모형을 활용하여 공간적 자기상관성을 검증하고 영향을 주는 변수들을 분석하였으며, 연구결과는 다음과 같다. 전역적 자기상관성 검증에서 Moran's I 통계량이 0.37로 자동차검사 부적합률의 공간적 자기상관성이 존재함을 확인하였고 국지적 자기상관성 검증에서 HH유형이 40개로 서울, 경기, 대전, 강원, 충청, 경상, 전북에 분포하고 있고 LL유형이 32개로 경남, 경북, 전북에 밀집한 것으로 분석되었다. 또한 공단지영검사소개수, 지정검사소개수, 평균기온, 검사차량의 평균차령, 경유차량비율, 주행거리가 자동차검사 부적합률에 영향을 주는 변수로서 유의한 결과를 얻었다. 공단지영검사소개수와 검사차량의 평균차령이 증가할수록 자동차검사 부적합률이 높았고 평균기온이 높을수록 부적합률이 낮았다. 본 연구는 자동차검사 부적합률은 공간적 자기상관성이 존재하고 공단지영검사소개수, 평균기온, 검사차량의 평균차령에 영향을 받는 것을 밝혀냈다. 이를 기반으로 각 시·군·구의 지역별 특성에 따른 차량 및 환경요인에 대응하는 교통안전종합대책을 마련할 수 있을 것으로 기대한다.

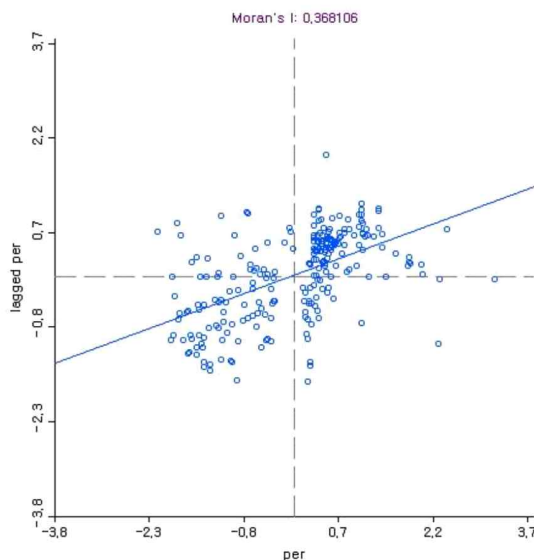


그림 1. 전역적자기상관성 Moran's I

핵심용어 : 공간적 자기상관성, 공간회귀모델, 부적합률, 자동차검사데이터, 지역적 특성

* 정회원 · 동해종합기술공사 사원 (E-mail : ousuk@naver.com)

** 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 정교수 (E-mail : dokkang@yos.ac.kr)

일반국도 차선도색 유지관리매뉴얼(안) 도입 방안 연구

김연태* · 이태훈** · 박영한*** · 홍재청**** · 임재규*****

최근 장마 · 호우철 도로 노면의 차선의 시인성 부족으로 차선 도색의 법적 기준을 마련해야한다는 민원이 증가하고 있는 실정이다. 노면표시는 도로교통의 안전을 확보하여 원활한 통행을 돕기 위한 중요한 교통관리시설이다. 따라서 노면표시는 설치 후에도 오염, 박리, 기타 이유에 의해 그 효용이 손상되지 않도록 도로, 장애물의 제거 등의 유지관리를 충분히 실시하여 항상 양호한 상태로 유지되도록 배려하여야 한다.

예를 들면 「중앙선」, 「차선」은 차량의 주행 위치를 「노상장애물의 접근」은 차도에서 노상장애물의 접근을 운전자에게 알리는 것이지만 이것을 잘 식별할 수 없는 상태로 방치해 두는 것은 교통안전과 원활한 소통을 직접 지키기 위한 시설로서의 노면표시 자체의 신뢰성을 잃을 뿐만 아니라 오히려 운전자를 직접 위험에 노출시키는 일도 된다.

또한 도로교통법에 근거하여 설치하는 규제 표시 및 지시 표시는 교통규제를 실시하는 구체적인 의사를 표시하는 수단이므로 항상 양호한 시인성을 갖도록 하는 것은 운전자의 안전을 위하여 불가결한 조건이다. 다만, 도로교통법 제 4조와 도로교통법 시행규칙 제8조에서 노면표시의 분류를 언급하고는 있으나 일반국도에서 해당법을 그대로 적용하기에는 어려워 다양한 검증이 요구된다. 노면표시에 대한 내용들을 일반국도 차선도색 유지관리매뉴얼에 효과적으로 적용함으로써 노면표시의 필수조건을 만족시킬 수 있다. 노면표시의 기본요건은 다음과 같다.

- 야간, 우천(습윤)시에도 선명하게 시인성을 확보하여야 한다.
- 보행자의 헛디딤, 미끄러짐 등의 위험이 없고, 차량으로의 충격이 적어야 한다.
- 운전자의 안전을 위한 소음이나 진동은 제외하고 그 외의 소음이나 진동은 없어야 한다.
- 내구성, 내후성, 속건성, 시공편의성, 시인성, 투자효율성 등을 확보하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 도로교통의 안전과 원활한 소통을 도모하고 도로 구조를 보존하는 목적의 노면표시의 목적과 교통안전표지와 신호기를 보완하여 도로이용자에게 규제 또는 지시의 내용을 전달하는 기능을 하는 차선의 유지관리매뉴얼(안)의 도입방안을 연구하기 위한 기준 및 제도를 파악하고자 한다. 그리고 향후 차선도색 유지관리 시스템 운영을 위한 데이터 수집 방법 및 관리 방안을 모색하고자 한다.

핵심용어 : 차선도색, 노면표시, 재귀반사, 유지관리매뉴얼

* 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 전임연구원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : kyt@kict.re.kr)
** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 전임연구원 (E-mail : thlee@kict.re.kr)
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 전임연구원 (E-mail : hyan@kict.re.kr)
**** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구보조원 (E-mail : jchong@kict.re.kr)
***** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 · 교신저자 (E-mail : jklim@kict.re.kr)

저온 외부자극 감응재료의 도로교통안전시설물 적용을 위한 도로 성능 평가 연구

한종민* · 박재용** · 이정욱*** · 전수용****

최근 기후변화가 환경적, 사회적, 경제적 분야에 미치는 영향을 분석하고 대응하기 위한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. 도로 교통안전 시설물의 사용에 있어서 그 환경이 매우 열악한 환경에 노출되고 있어 그에 대한 대비가 필요하며 저온 자극 감응 소재를 사용하는 도로교통안전시설물의 사용환경을 고려하였을 때 열화인자에 대한 도출이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 도로 결빙 환경에서 저온에 의한 외부온도자극에 감응하는 시온안료를 이용한 감응재료를 개발하여 이를 도로교통안전시설물에 적용하기 위한 도로 물성을 성능평가 하였다.

표. 1 저온 외부자극 감응재료의 도로 물성 시험 결과(4 ℃)

| 항목명 | 단위 | 결과값 | | 규격명(시험방법) | 환경조건 |
|------------|-------|------|------|-----------------------|-----------------------|
| | | RED | BLUE | | |
| 건조 도막의 상태 | - | 이상없음 | 이상없음 | KS M 5000:2014 | (23±1)℃, (50±4)%R.H. |
| 용기 내에서의 상태 | - | 이상없음 | 이상없음 | KS M 5000:2014 | - |
| 비휘발분 | % | 21.4 | 21.6 | KS M ISO 3251:2011 | (105±2) ℃ |
| 안료분 | % | 14 | 13 | KS M ISO 14680-1:2000 | - |
| 밀도 | % | 0.91 | 0.91 | KS M ISO 2811-1:2012 | (23±0.5) ℃ |
| 지속 건조 시간 | min | 5 | 5 | KS M 5000:2014 | (23±1)℃, (50±4)%R.H. |
| 고화 건조 시간 | min | 10 | 10 | KS M 5000:2014 | (23±1)℃, (50±4)%R.H.℃ |
| 경화 건조 시간 | h | 1 | 1 | KS M 5000:2014 | (23±1)℃, (50±4)%R.H. |
| 점도 | mPa·s | 192 | 193 | KS M ISO 2555:2002 | (25±0.5)℃ |

표. 1의 결과는 온도자극 감응도료의 기본 물성 분석을 위한 시험결과이며, 감응 목표 온도는 4 ℃에 해당하는 소재의 RED와 BLUE 안료에 대한 시료가 사용되었다. 시료 배합에 사용된 재료는 아크릴계열 바인더 또는 우레탄계열 바인더에 시온안료 및 기타 도료첨가제와 용제 등을 다양한 배합으로 조성하여 최적을 배합을 도출하여 시료에 사용한 샘플이다.

온도 감응 도료에 대한 물성 시험 결과 도막의 상태 및 용기 내에서의 상태는 도료로 사용하기에 큰 이상을 나타내지 않았다. 기타 비휘발분, 안료분 분석을 통하여 휘발 물질의 함유율을 확인하였으며, 도료 내의 고형분에 대한 분석을 실시하였다. 건조 시간 측정을 통하여 도료의 시공 후 시간에 따른 건조 매커니즘이 액상에서 고체상으로 변화하는 물성이 확인되었다. 점도 물성값과 함께 건조시간의 변화추이는 도료 시공시 작업성능에 영향을 주는 인자로서 향후 제품화 과정을 진행할 경우 고려하여야 할 것이다.

핵심용어 : 온도감응, 시온안료

※ 본 연구는 국토교통부 교통물류연구(도로)사업의 연구비 지원(과제번호 20POQW-B152744-02)으로 수행되었습니다.

* 정회원 · 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원 (E-mail : jmhan@kcl.re.kr)

** 정회원 · 한국건설생활환경시험연구원 선임연구원 (E-mail : pkoilu@kcl.re.kr)

*** 한국건설생활환경시험연구원 주임연구원 (E-mail : ljw1182@kcl.re.kr)

**** 한국건설생활환경시험연구원 수석연구원 (E-mail : hadong@kcl.re.kr)

혹서기 및 혹한기 응력완화줄눈 거동 특성 평가

배성호* · 류성우** · 이재훈*** · 김지원****

최근 10년간 이상기후로 인해 여름철 폭염일수는 약 55%가 증가했으며, 이로 인해 2018년 고속도로의 콘크리트 포장에서 8건의 포장면 솟음(Blow-up)이 발생하였다. 포장면 솟음 예방을 위해 한국도로공사에서는 팽창 줄눈간격 및 AAR 유무 등을 기준으로 하여 각 지사별로 응력완화줄눈(Pressure Relief Joint, 이하 PRJ)을 설치하여 관리하고 있다.

본 연구에서는 고속도로 콘크리트 포장구간의 포장면 솟음 예방을 위해 시공된 PRJ 중 2018년에 시공된 약 100개 구간을 선정하여 혹서기 및 혹한기에 지속적인 조사를 통해 응력완화줄눈 거동 특성을 분석하였다. 조사는 총 5회 수행하여 조사 시기(혹한기 및 혹서기)별 줄눈폭 변화량을 측정하였으며, 이 중 조치(추가 시공 또는 덧씌우기) 및 조사 불가 구간을 제외 후 조사 시기별 동일 구간에 대해 AAR 유무에 따른 거동 특성을 분석하였다.

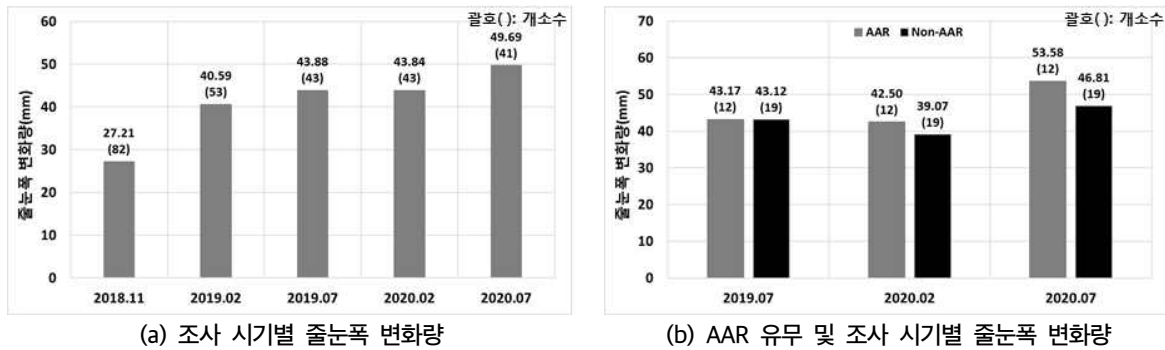


그림 1. 조사 시기 및 AAR 반응에 대한 PRJ 줄눈폭 변화

그림 1의 (a)와 같이 조사 시기별 줄눈폭 변화량은 시공 초기에 응력이 완화되면서 발생하는 콘크리트 포장의 팽창 영향으로 변화가 가장 크게 나타나고, 이후에도 시기가 지날수록 줄눈폭 변화량은 지속적으로 증가하였다. 특히 혹서기(7월경)에는 포장 내부온도 상승으로 줄눈폭 변화량이 크게 증가하였다. 반면, 혹한기(2월경)에는 온도 저하에 따라 수축에 의한 줄눈폭 변화가 혹서기의 줄눈폭 변화량과 유사할 것으로 예상되었으나, 혹서기 대비 변동량이 작거나 거의 없는 것으로 나타났다.

그림 1의 (b)에서는 2019년 7월 대비 2020년 7월의 줄눈폭 변화량이 약 10mm 증가한 것으로 나타났다. 이는 포장온도 변화에 대하여 혹한기 수축량보다 혹서기 팽창량이 더 크다고 판단되며, 지속적인 팽창에 영향을 주는 인자로는 포장온도와 AAR 반응인 것으로 유추된다.

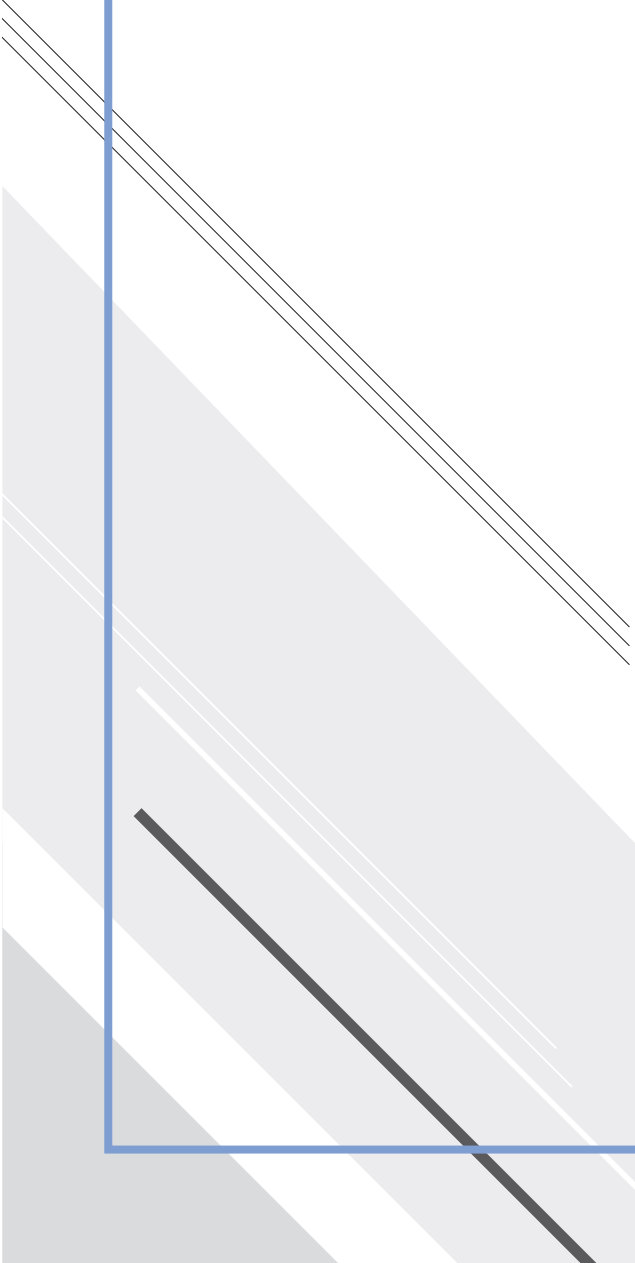
핵심용어 : 콘크리트 포장, 응력완화줄눈, 알칼리-골재 반응, 포장면 솟음

* 정회원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : shbae5781@daum.net)
 ** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 (E-mail : htsw@gmail.com)
 *** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : ranian74@ex.co.kr)
 **** 정회원 · 토탈페이브시스템 대표이사 (E-mail : aircraft@daum.net)



SESSION 7

도로



전이학습 기반 객체 분류알고리즘을 활용한 도로포장의 균열상태 판정모델 개발

현세권* · 권경영** · 박창희*** · 최승현**** · 도명식*****

도로포장의 균열은 조사차량에 의해 취득된 영상에 대한 후처리 작업을 통해 상태 값이 산정되어진다. 하지만 이는 다양한 문제(작업시간, 오차)가 발생할 수 있어 균열률 또는 균열상태등급의 산정을 자동화하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 기존 대다수의 연구들은 특정한 1개의 객체 분류알고리즘을 선정하여 균열을 인식 또는 상태등급을 판정해왔다. 하지만, CNN(Convolution Neural Network)을 기반으로 하는 객체분류 알고리즘은 해를 거듭할수록 모델성능이 개선·개량되어지고 있어 도로포장의 균열인식에 최적화된 알고리즘을 선정하기 위한 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 도로포장의 균열인식에 적합한 객체분류 알고리즘을 선정하기 위해 네 개의 알고리즘을 전이학습하여 각 알고리즘의 성능비교를 통해 균열을 기준으로 하는 도로포장구간의 상태등급 판정모델을 개발하였다.

딥러닝의 학습을 위한 데이터를 수집하기 위해 모바일매핑시스템 장비인 Imajbox 카메라(5백만 화소)를 활용하였다. 주행을 통해 취득한 이미지(2448×2048×3)를 투영변환하여 0.2m×0.2m의 패치를 추출하였다. 패치는 다시 Binary 타입으로 라벨링 하여 학습 4,635장(Crack 2521장, None 2,114장), 테스트 912장(Crack 600장, None 312장)의 이미지를 생성하였다. 분석결과는 표 1과 같다.

표 1. 각 모델별 정확도 측정

| | | Basic CNN | VGG16 | Resnet 152 | InceptionResNetV2 | MobileNetV2 |
|----------|-------|-----------|-------|------------|-------------------|-------------|
| f1-score | Crack | 0.54 | 0.79 | 0.70 | 0.73 | 0.81 |
| | None | 0.40 | 0.00 | 0.68 | 0.64 | 0.67 |
| Accuracy | | 0.48 | 0.66 | 0.69 | 0.69 | 0.76 |

본 연구의 성과는 향후 인공지능을 활용한 알고리즘 개발의 전이학습 선택하는데 도움이 될 수 있을 것이며 추후 균열 유형별 분류 모델이나 픽셀단위 분할 알고리즘에 유용하게 사용될 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

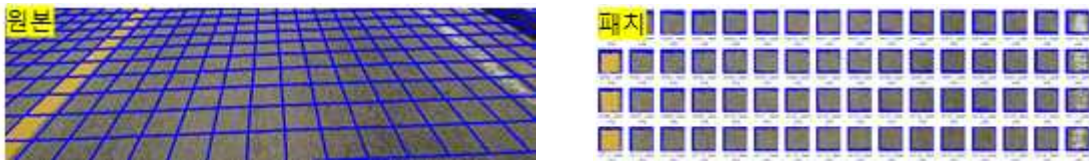


그림 1. 균열 데이터 예시

핵심용어 : 도로균열 분류, 전이학습

* 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail : tokiohotel9404@gmail.com)
 ** 대전광역시청 건설도로과 과장
 *** 대전광역시청 건설도로과 주무관 (E-mail : ksharp@korea.kr)
 **** 정회원 · 한밭대학교 SOC자산관리센터 박사후연구원·공학박사 (E-mail : elflie@naver.com)
 ***** 정회원 · 한밭대학교 도시공학과 교수·공학박사 (E-mail : msdo@hanbat.ac.kr)

고속도로 아스팔트 포장의 구조적 물성 예측 모형 개발

이상직* · 김하영** · 김동혁*** · 최기호**** · 문기훈***** · 정진훈*

국내 고속국도는 연장증가와 노후화로 인해 유지보수 비용이 지속적 증가하고 있으며, 아스팔트 포장의 설계 수명인 10년을 초과한 연장이 크게 증가할 것으로 판단된다. 이에 따라 한국도로공사는 고속도로 포장관리시스템(HPMS; Highway Pavement Management System)을 운영하고 있으며, 2년 주기로 전국을 조사하고 있다. 그러나 HPMS의 주요 조사항목인 종단평탄성(IRI; International Roughness Index), 러팅(RD; Rutting Depth) 및 표면손상 환산단면적(SD; Surface Distress)은 포장 표면 위주의 정보를 제공하며, 포장의 표면결함만으로 결정되는 보수공법과 표층 위주의 유지보수는 포장의 조기파손 및 공용성을 점차적으로 감소시킨다. 따라서 포장의 유지보수공법을 결정할 때에는 포장의 표면결함뿐 아니라 코어채취 및 현장조사를 통한 포장의 내부 물리적 특성을 파악하는 것이 필요하나, 고속도로망 전체에 대하여 코어채취 및 현장조사는 시간과 비용적인 측면에서 불가능하다.

따라서 본 연구에서는 직접적인 코어채취 없이 아스팔트 포장 현장의 내부 물성을 예측하기 위해 국내 아스팔트 포장 시험 구간을 선정하여 코어를 채취하고, 채취한 코어의 포장층을 분리하여 표층을 제외한 포장 하부에 대해 KS F 2382를 따라 간접인장강도(ITS; Indirect Tensile Strength)를 시험하였다. 그 뒤, 간접인장강도 시험 구간의 HPMS 자료를 수집 및 DB를 구축하였다. 이렇게 구축한 DB의 HPMS 자료의 IRI, RD, SD와 중차량 교통량 변수인 등가단축하중(ESAL)을 입력변수로 하여, 아스팔트 포장 내부 간접인장강도 예측 모형을 인공신경망(ANN; Artificial Neural Network)을 활용하여 개발하였다. 개발된 ANN 모형의 입력변수들의 상대적 중요도를 분석한 결과 ESAL, SD, IRI, RD 순으로 중요한 것으로 나타났다. 또한 개발한 ANN 모형을 활용하여 전국 고속도로 아스팔트 포장에 대한 포장 내부 간접인장강도 예측하였다.

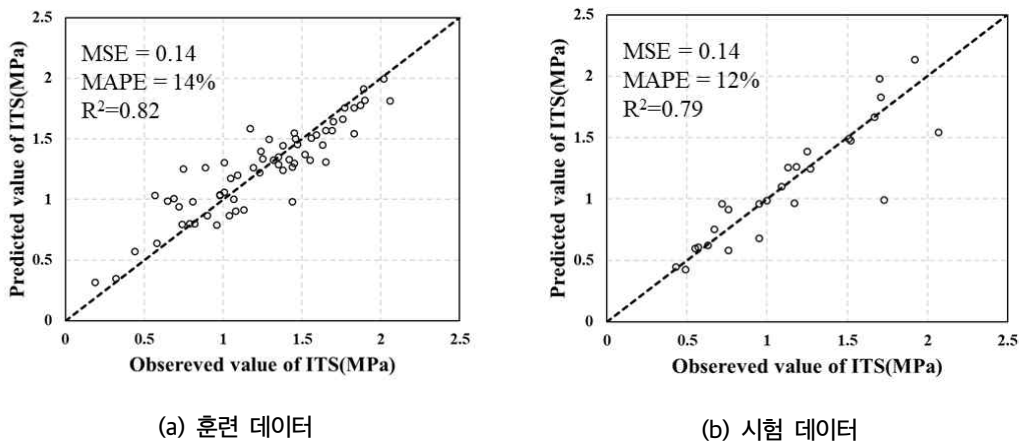


그림 1. 간접인장강도 시험값과 ANN모형을 통한 간접인장강도 예측값 산점도

핵심용어 : 아스팔트 포장 하부 물성, 간접인장강도, ANN, HPMS

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : sjlee9408@inha.edu) - 발표자
 ** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : ha00303@naver.com)
 *** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : my91kim@nate.com)
 **** 정회원 · (주)한맥기술 도로부 차장 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : high80@naver.com)
 ***** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 · 공학박사 (E-mail : zetamkh@ex.co.kr)
 * 정회원 · 인하대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

다짐 진동수에 따른 콘크리트의 물리적 특성 분석

배하은* · 엄우성** · 김동혁*** · 김세호**** · 우병찬***** · 정진훈*

현재 고속도로에 사용되는 콘크리트 포장의 설계 기준 및 배합비는 과거에 비해 개선되었음에도 불구하고 시멘트 콘크리트 포장의 조기파손이 일어나 사회적 문제가 되고 있다. 시멘트 콘크리트 포장의 조기파손이 발생하는 원인에는 다양한 이유가 있지만, 많은 연구자들은 시공 시 품질관리가 제대로 이루어지지 않아 발생하는 조기파손에 대하여 주목하고 있다. 특히, 콘크리트 포장은 작업자의 숙련도나 시공 장비의 능력에 따라 품질이 크게 달라지며, 무엇보다 굳지 않은 콘크리트의 물리적 특성을 고려하지 않고 확실적인 진동을 가한다는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 고속도로 건설재료 품질기준에서 제시하는 콘크리트 포장의 배합비를 사용하여 진동 정도에 따른 콘크리트의 물리적 변화 특성을 확인하였다. 100% 시멘트로 구성된 배합비와 플라이 애쉬 25% 치환된 배합비를 이용하여 실험을 수행하였다. 압축강도, 블리딩 시험, 콘크리트 표면 마모 시험 등 진동에 따른 다양한 실험을 통하여 콘크리트의 물리적 변화 특성을 확인하였으며, 진동 정도에 따른 압축강도는 그림 1과 같다. 플라이 애쉬의 유무에 관계없이 진동이 과하거나 부족한 경우 적절한 진동을 가한 샘플에 비하여 다소 낮은 압축강도를 보였다. 블리딩 시험의 결과 플라이 애쉬 콘크리트의 블리딩량이 훨씬 많이 측정되었으며, 진동이 과할수록 과다침이 되어 블리딩량이 많은 것으로 확인되었다. 콘크리트 표면 마모 시험 또한 진동이 과하거나 부족할수록 적절한 진동을 준 샘플에 비하여 마모정도가 높은 것을 확인하였다. 추후 연구를 통하여 추가적인 실험을 통하여 진동에 따른 물리적 특성의 차이를 확인할 예정이다.

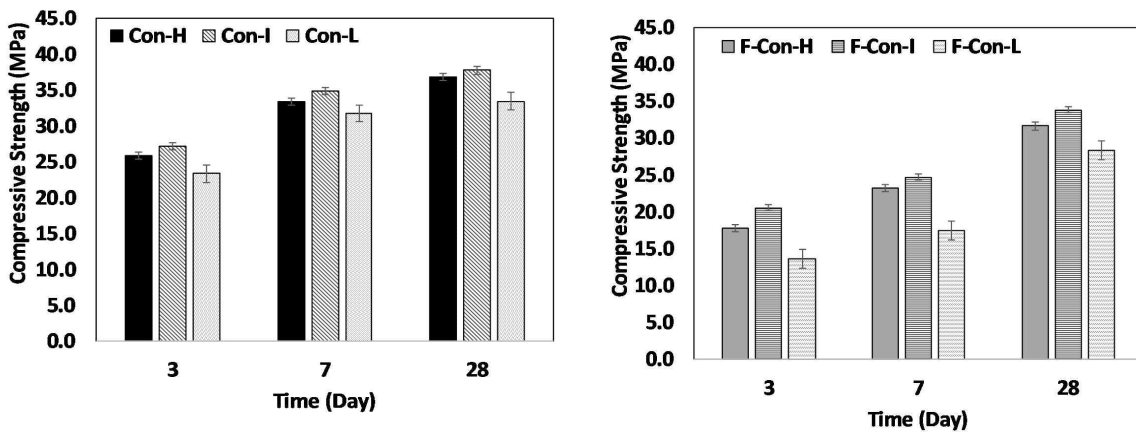


그림 1. 배합별 진동수에 따른 압축강도

핵심용어 : 콘크리트 포장, 진동수, 품질관리, 압축강도

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : haeun6463@naver.com) - 발표자
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 박사후연구원 · 공학박사 (E-mail : wsyum@kict.re.kr)
 *** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : my91kim@gmail.com)
 **** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 학부연구생 (E-mail : wbc6603@nate.com)
 ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 학부연구생 (E-mail : shkim822@naver.com)
 ***** 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 정교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr)

Development of Mechanistic-empirical Design Logic to Predict the Reflective Cracking Life of Composite Pavements

Bruce Alfred Aplicano* · 신이수** · Debby Marcelia Andryanti*** · 박대욱****

The reflective cracking life of hot-mix asphalt (HMA) overlay in composite pavements is one of the primary characteristics that determines whether a designed HMA overlay thickness is feasible or not. In this study, a mechanistic-empirical design logic was developed and translated into a straightforward, Excel® VBA program: Asphalt Overlay Thickness Design (AOTD). The design logic focuses on the reflective cracking requirements and predicts the reflective cracking rate (RCR, %) of a designed HMA overlay thickness on top of an existing Portland cement concrete (PCC) pavement. The AOTD is able to accept data from laboratory experiments as well as standard default values of asphalt binder grades, and has been generally calibrated with available LTPP database. This study employs the 2007G*, δ -based 1-40D Witzak model in predicting the dynamic and relaxation modulus of dense and stone mastic asphalt (SMA) mixture types with PG76-22 binder grade. Using the available traffic and climate database, the program yields ideal results in terms of the reflective cracking life of HMA overlay.

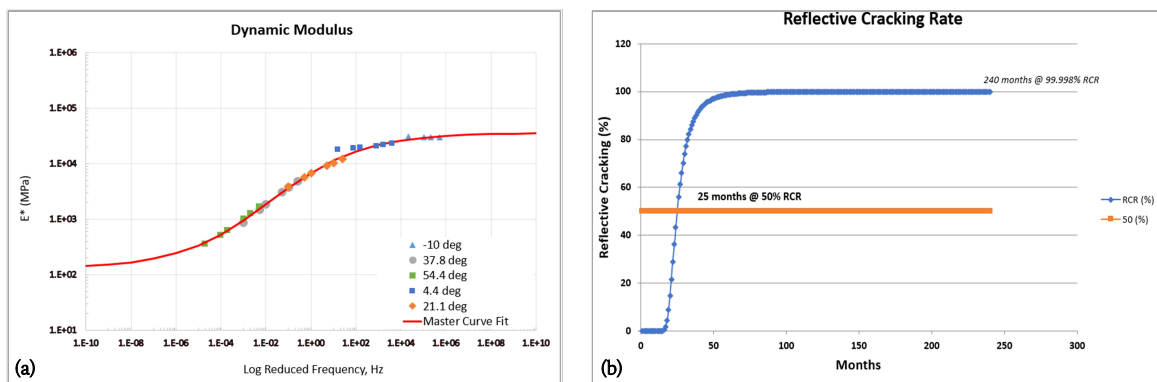


그림 1. Typical dynamic modulus curve (a), Monthly RCR curve (b)

Keyword : reflective cracking, mechanistic-empirical design, overlay thickness, Excel VBA

Acknowledgement

This study was conducted under research project Development of High-Performance Concrete Pavement Maintenance Technology to Extend Roadway Life (Project No: 20POQW-B146707-03) funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA). The authors would like to thank the members of the research team, MOLIT and KAIA for their guidance and support throughout the project.

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

** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : 201006@kunsan.ac.kr)

*** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : debbymarcelia25@gmail.com)

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

하모니서치를 이용한 BAKFAA 탄성계수 역산 최적화 연구

황현식* · 이제일** · 조윤호***

공항 포장의 유지보수 계획 및 의사결정은 표면결함과 평탄성 등 기능적인 평가와 더불어 잔존수명과 허용 항공기 하중을 결정하는 구조적인 평가를 고려한다. 그 중 구조적 성능을 평가하기 위해 비파괴평가 장비인 Heavy Weight Deflectometer를 사용하여 치짐량 곡선을 도출하고, 미연방향공정에서 개발한 탄성계수 역산 프로그램인 BAKFAA를 사용하여 탄성계수를 추정한다.

역산 분석은 포장의 두께 설계 과정의 역순으로 계산하여 포장층의 탄성계수를 계산하는 과정이다. BAKFAA에서는 초기 탄성계수, 층 수 및 두께, 포아송 비를 입력하여 층 탄성 해석 방법을 거쳐 계산된 치짐량과 예측 치짐량을 비교하여 최소 오차의 탄성계수를 반복법으로 계산한다.

최적의 탄성계수를 도출하기 위해 현재 BAKFAA는 Multi-Dimension Simplex 방법을 사용하고 있다. 미연방향공정에서 제공한 528개의 샘플 데이터를 활용하여 권장 입력값을 참고하여 분석한 결과 초기 탄성계수에 따라 높은 변동성을 보였다.

변동성 문제를 해결하기 위해 Heuristic 최적화 기법인 하모니 서치를 활용하여 초기 탄성계수 값이 아닌 범위로 지정했다. 최적해를 찾기 위해 세 가지 연산자(Random Searching, Harmony Memory Considering, Pitch Adjustment)를 사용하였다.

국내 한 공항 계류장의 콘크리트 포장을 대상으로 기존 BAKFAA 알고리즘과 하모니 서치 알고리즘 결과를 비교했다. 기존 방법은 초기 탄성계수에 따라 슬래브의 탄성계수가 400,000psi에서 28,000,000psi 범위로 높은 변동성을 보였으나, 하모니 서치 알고리즘을 적용한 결과 3,700,000psi에서 4,500,000psi 사이로 실내 동탄성계수 시험값 4,860,940psi와 비교했을 때 합리적인 수준의 탄성계수가 반복적으로 계산되었다.

BAKFAA 탄성계수 역산에 하모니 서치 알고리즘의 적용은 구조적 성능 평가와 잔존수명 예측의 신뢰를 향상시켜 합리적인 노후 포장의 유지보수 의사결정을 유도할 수 있다.

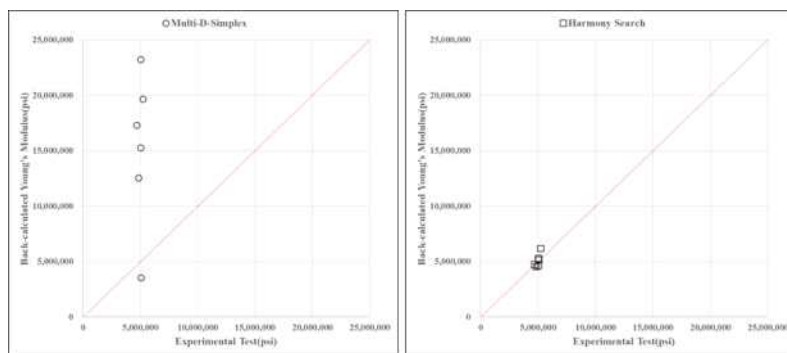


그림 1. 실내 동탄성계수 시험 검증 결과 (좌)Multi-D Simplex, (우)Harmony Search

핵심용어 : 공항포장 비파괴평가, 탄성계수 역산, 최적화 알고리즘, 하모니서치

* 학생회원 · 중앙대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : hshwang@cau.ac.kr)

** 정회원 · 한국공항공사 항공연구소 선임연구원 (E-mail : larc98@airport.co.kr)

*** 정회원 · 중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수 · 공학박사 (E-mail : yhcho@cau.ac.kr)

콘크리트 포장 팽창 및 블로우업 발생 주요 인자들에 대한 민감도 분석

이주형* · 차아리아워** · 속텃시아*** · 김영규**** · 이승우*****

포장팽창은 팽창줄눈 사이에 슬래브들이 팽창하고 서로 밀어내어 포장 끝단의 길이가 증가하는 현상으로 주로 더운 여름철에 발생한다. 포장팽창은 수축줄눈 사이의 비압축성 물질의 침입으로 인한 줄눈 닫힘 현상과 알칼리-골재반응이 주 원인이며, 이러한 포장팽창이 지속되면 슬래브 사이의 횡압력이 증가하게 되어 포장의 일부 부분이 솟아오르는 블로우업의 발생 확률을 증가시키고 인근 구조물에 손상을 일으킬 수 있다. 포장팽창과 블로우업은 여러 물리적, 화학적 및 구조적 변수로 인해 예측하기 어려우며, 이로 인해 블로우업이 급작스럽게 발생되어 국내외에서 차량과 인명피해가 발생하고 있다.

본 연구의 목적은 기후조건, 포장의 재료 및 구조적 특성, 포장의 화학적 특성을 고려하여 팽창줄눈의 폭 감소량을 예측하여 블로우업 발현 시기를 추정하고 Pavement Growth and Blow-up Analysis(PGBA)라는 해석 모델을 Matlab으로 구성하였으며, 여러 영향 인자들에 대한 PGBA 프로그램의 민감도 분석을 검토하였다.

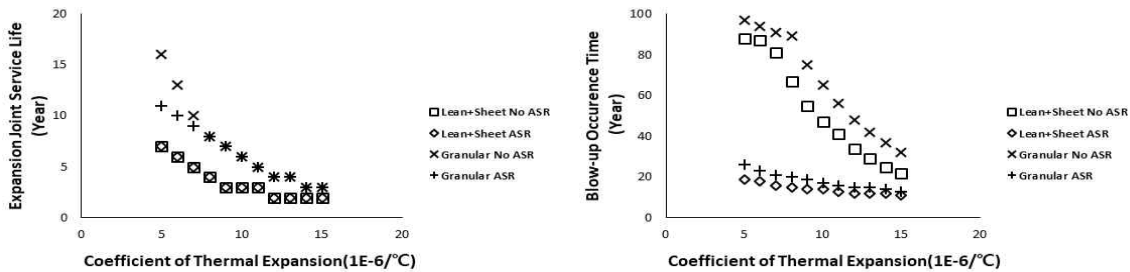


Figure 1. PGBA sensitivity analysis according to pavement structure and materials; CTE

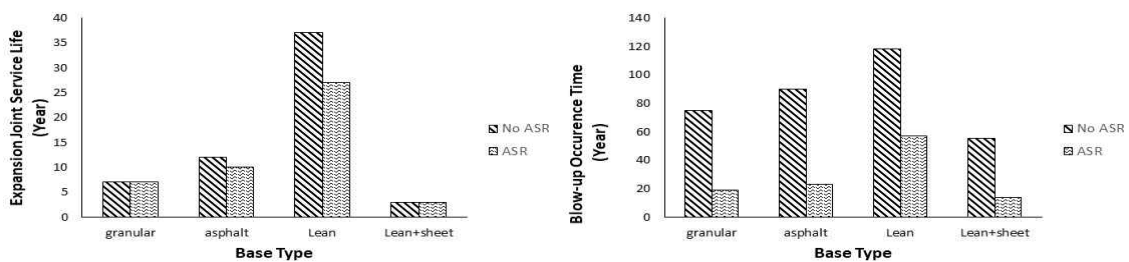


Figure 2. PGBA sensitivity analysis according to pavement structure and materials; Base type

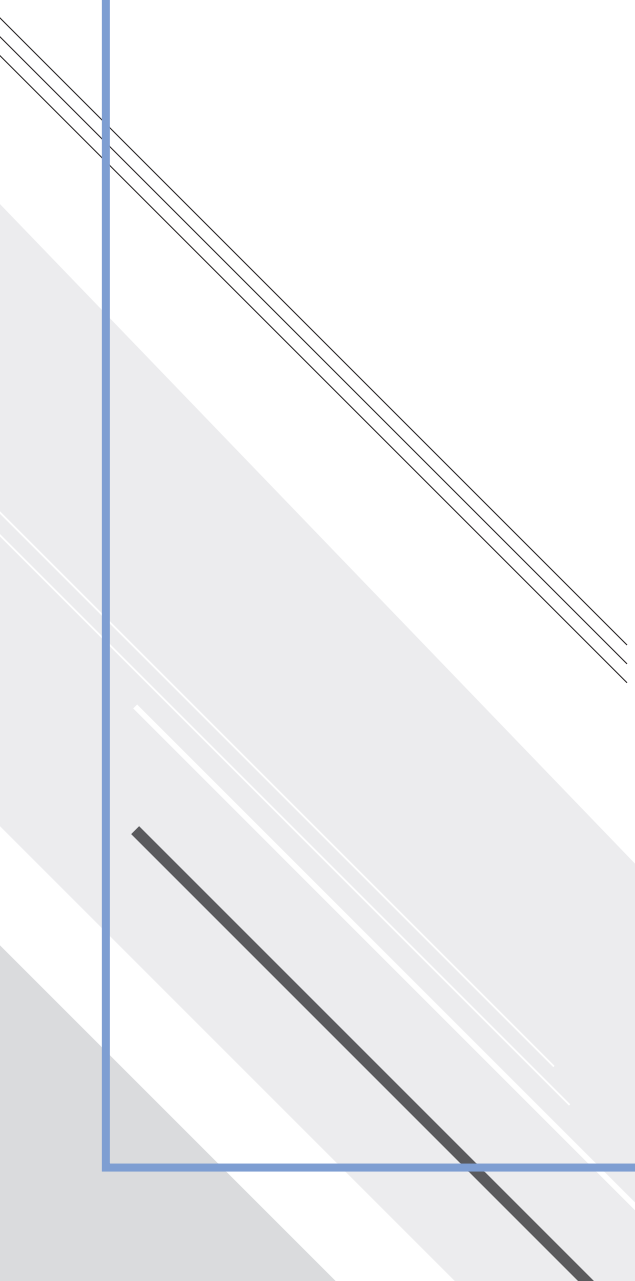
핵심용어 : 콘크리트 포장, 포장팽창, 블로우업, 팽창줄눈

* 학생회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : mrjhllee1@naver.com)
 ** 학생회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : lyhour_newtechnology@hotmail.com)
 *** 정회원 · Ministry of public work and Transportation in Cambodia 연구원 · 공학박사 (E-mail : soktetsya.itc@gmail.com)
 **** 정회원 · 강릉원주대학교 방재연구소 연구교수 · 공학박사 (E-mail : kingdom1980@nate.com)
 ***** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : swl@gwnu.ac.kr)



SESSION 8

교통



비신호 교차로 사고위험 예측 및 정보제공 알고리즘 개발

김동협* · 김진태**

비신호 교차로는 운전자의 판단으로 통행이 이루어져 잠시의 부주의로 교통사고가 발생할 수 있다. 비신호 교차로의 사고를 예방하기 위해선 교차로 인근 시거를 확보하는 것이 중요한 요소이다(박병호, 2007). 하지만, 야간, 우천과 같은 상황 시거 확보의 어려움이 있거나, 장애물로 인한 시거 확보가 불가능한 경우 비신호 교차로의 안전을 담보하기 어렵다. 이처럼 시거에 의해 제약이 생긴 교차로의 안전을 위해 방안 마련이 필요하다.

본 논문에서는 비신호 교차로의 안전한 통행을 위한 사고위험을 예측하는 알고리즘을 제시한다. 알고리즘 순서도는 표 1과 같은 순서로 구성하였다. 주변 100m 이내에 근접 차량에 대해서 위험분석을 시작하며 차량의 방향을 토대로 추돌사고와 직각충돌 사고로 분류한다. 분류된 사고유형 별로 Time to Collision을 기반으로 사고예측 및 위험도 평가를 수행한다.

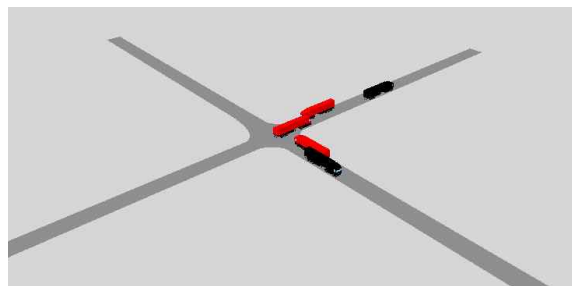
표 1. 상층 위험판단 알고리즘 개발 순서도

| 구분 | 내 용 | |
|----|------------------|-------|
| 1 | 주변 이동장비 감지 | |
| 2 | 사고유형 분류 | |
| 3 | 사고유형별 위험 감지 및 판단 | 추돌사고 |
| | | 직각 충돌 |
| 4 | 사고위험도 평가 | |
| 5 | 위험 정보제공 | |

알고리즘은 VB.net을 통하여 작성하였으며 VISSIM Com interface를 통해 알고리즘 시뮬레이션을 진행하였다(그림 1). 시뮬레이션 결과 알고리즘의 사고위험 감지 및 예측이 가능함을 확인하였다. 추후 알고리즘의 현장 적용성 및 실효성에 대한 평가를 진행할 필요성이 있다.

```

VB.net 알고리즘 구성
    
```



VB.net 알고리즘 구성

VISSIM simulation 장면

그림 1. 알고리즘 구성 및 시뮬레이션

핵심용어 : 비신호 교차로, 교통사고, Time to Collision(TTC), 사고위험 예측

이 논문은 2020년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(항만자원 위기예측 및 스마트 안전관리기술)

* 학생회원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 석사과정 (E-mail : kimdh1110@hanmail.net)

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

항만 내 이동장비 교통안전도 진단모듈 개발연구

오상태* · 김진태**

항만 내 도로는 법령에서 지정한 도로 범위가 아니기에 독자적인 도로체계를 운영중이다. 이러한 환경에서 교통체계의 미흡으로 인한 사고는 지속적으로 발생하고 있다. 항만협회 통계자료에 따르면 2003년부터 2016년까지 항만 내 이동장비 사고 발생 건수는 45건이며, 이 중 사망사고는 80%이다. 각 항만에서는 빈번하게 발생하는 이동장비 사고에 대한 해결책을 찾는 중이다. 따라서, 본 연구에서는 국내에서 상용되고 있는 미시적 교통시뮬레이션 프로그램인 VISSIM과 대리 안전 평가 모델(SSAM)을 연계하여 항만 내 위험상황 관련 평가 방안 모듈을 개발하였다. 이를 통해, 사용자들이 보다 효율적 분석 및 위험상황에 대한 정확한 진단이 가능할 것으로 사료된다.

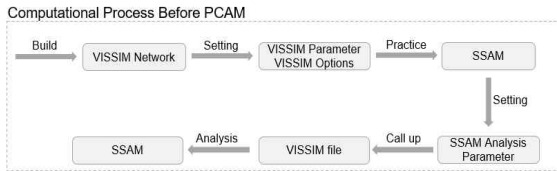


그림 1. VISSIM & SSAM 기존 작업 흐름도

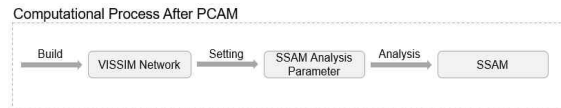


그림 2. PCAM 작업 흐름도

<그림 1>은 기존의 VISSIM & SSAM을 통한 분석의 전체과정이다. 상호 연동성이 프로그램 상호간에 존재하지 않아 많은 프로세스 작업들이 필요한 사항을 확인할 수 있다. <그림 2> 본 연구에서 개발한 항만 상층 분석 모델이다(PCAM; Port Conflict Analysis Model). 기존에 존재하던 모의실험 프로그램 설정 및 분석 프로그램 설정에 대한 자동화가 진행되어 프로세스의 단축을 통한 사용자의 작업효율성의 증대와 사용자가 직접 환경변수 및 프로그램을 설정하는 프로세스가 제외되었다. 파일관리 자동화 기능을 추가하여 프로그램간에 연동성을 추가하였기에 파일관리 및 대량화 네트워크에서도 과부하 작업이 없이 프로그램 운영이 가능하도록 설정하였다.

표 1. PCAM, 기존방식 성능 검증 비교표

| 구분 | 기존 | 제안 | 비교 |
|----------|-----|-----|------|
| 환경변수 설정 | 수동 | 자동 | 신속분석 |
| 연계분석 설정 | 수동 | 자동 | |
| 자료관리 용이성 | 낮음 | 높음 | |
| 유사실험 적용성 | 낮음 | 높음 | |
| 복합분석 용이성 | 낮음 | 높음 | |
| 분석 소요시간 | 장시간 | 단시간 | |

<표 1>은 개발된 모듈 PCAM을 대상으로 VISSIM과 SSAM 두 프로그램을 별도로 운영하던 기존 방식과 성능에 대한 비교검증을 진행한 결과이다. 도출된 결과값을 분석해보니 두 프로그램간에 연동성을 개발함에 따라서 프로그램 이용자간에 많은 차이점이 발생하였다. 항만의 경우 시야확보 불가능, 중장비 이동 및 환경요소 등 많은 변수가 존재한다. 그렇기에 다양한 조건에서 조금 더 신속하게 분석을 진행할 수 있도록 신속함을 개발하는 환경을 중점으로 연구를 진행하였다. 위험상황에 대한 차량 상충횟수를 기반으로 감소여부에 대한 진단이 가능하기에 위험상황 감소율이 항만 내 교통안전에 해결책의 지표로 활용됨에 따라 항만 내 교통안전이 증진할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 항만, 교통안전, 모의실험, 상층분석

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(항만자원 위기예측 및 스마트 안전관리기술 개발)

* 학생회원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 석사과정 (E-mail : zilam94@naver.com)

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

격자망 분석을 활용한 대전시 비상도로망(안)에 관한 연구 : 대전광역시를 중심으로

김재진* · 도명식** · 최승현*** · 김재중****

최근 지속적인 기후변화와 도시화 현상으로 인한 영향력이 큰 재난의 발생빈도가 증가하고 있다. 가까운 일 본에서는 2011년에 규모 9.0의 대지진이 발생하였으며, 2016년과 2017년에 각각 경주와 포항에서는 규모 5.0 이상의 지진이 발생하는 등 피해규모가 상당하였다. 이로 인해, 도로 및 교량의 단절로 인해 고립되는 지역이 발생하여 구조 및 구급활동을 위한 긴급차량의 접근활동도 강조되었다. 이처럼, 도로는 이동성과 접근성을 보장 하는 국가의 중요기반시설(Critical Infrastructure : CI)로 도로 교통망에 실제 재난 상황이 발생한다면 1차 피 해뿐만 아니라 주변으로 확산되어 전체적인 교통망의 기능손실을 가져오게 된다. 이러한 손실을 줄이기 위해서 재난 발생 시 인명구조, 구호물품 전달, 응급복구 지원 등 현장에 긴급차량이 신속하게 접근할 수 있는 비상도 로망 관리가 중요하다.

앞선 연구에서는, 국·내외 선행연구를 분석하여 객관적인 선정기준을 추출하고 대전시의 주요간선도로를 중 심으로 요소별 우선순위를 산정하여 비상도로망을 선정한 바 있다. 본 연구에서는 대전시의 가용 가능한 도로를 대상으로 하여, 지반 · 인구 · 시설 등 각종 도시정보로부터 취약지역을 예측하고, 도로의 기능과 교통량 · 차로 수 등의 특성별 요소를 고려해 격자망 분석을 활용하여 방재자원의 신속한 이동을 위한 비상도로망 선정안을 제시하고자 한다.

통합적인 격자망 도출을 위해 표 1의 점, 선 또는 면의 형태로 표현되는 12개 자료를 200×200m의 격자망 형태로 표현한 후, 전문가 설문조사(AHP)를 기반으로 지표별 가중치를 도출하여 각 요소에 대한 격자망별 상태 등급을 도출하였으며, 최종적으로 재난수요와 대응자원 공급 측면이 모두 고려되는 통합 격자망을 생성하였다. 통합 격자망의 상태등급을 고려하여 최종 비상도로망(안)을 지정하였다.

표 1. 비상도로망 지정을 위한 요인별 지표 항목

| 주요요소 | 지표 | 주요요소 | 지표 |
|------|---------------|------|---------------------|
| 노출성 | 인구(밀도) | 대응성 | 응급시설 |
| | 시설물(교량, 터널 등) | | 소방시설 |
| 취약성 | 건물 노후도 | 저감성 | 방재거점 |
| | | | 공공기관 지진구호소 |
| | 도로포장상태 | 접근성 | 차로수, 용량 최단거리(시간) |

본 연구에서는 지진피해로 인한 도로의 기능 손실 저감을 위해, 격자망 기반의 정량적 분석결과를 통하여 가 용 가능한 도로를 대상으로 대전시 비상도로망(안)을 제시하려한다. 격자망의 등급화로 인해 재난수요와 대응자 원 공급 측면을 고려한 격자망간의 상대적 비교가 가능할 것이며, 지진 이외에 시민의 생명과 안전을 위협하는 자연재해로부터 안전한 비상도로망을 구축하는 기초자료로서 기여할 것으로 생각한다.

핵심용어 : 격자망 분석, 비상도로망, 중요기반시설, 지진

* 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail : kjaejin7420@naver.com)
 ** 정회원 · 한밭대학교 도시공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : msdo@hanbat.ac.kr)
 *** 정회원 · 한밭대학교 SOC자산관리센터 박사후 연구원·공학박사 (E-mail : elflie@naver.com)
 **** 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail : rww1994@naver.com)

도로 자산 가치평가방법에 관한 연구

: 대전광역시를 대상으로

송현엽* · 도명식**

최근 도로관리에 충분한 재정투자가 어려운 상황에서 지방지역 사회기반시설의 노후화는 가속화되고 있다. 2017년 기준 중앙정부 소관의 교량과 터널 노후화는 각각 30.9%와 40%이고 지방지역 소관은 69.1%와 60%로 지방지역의 노후화가 심한 상태이다. 이에 따라 도로의 유지관리 방안 마련이 지속적으로 제기되며 특히 도로법 개정(14.1.)으로 도로건설·관리계획 수립 시 도로 자산의 활용·운용에 관한 사항을 포함하고 있다. 또한 ‘기반시설 관리법’이 올해 1월부터 시행되어 국가 소관의 기반시설에 대한 최소유지 관리기준 수립, 잔존수명예측 및 자산 가치평가 등이 국가나 지방자치단체에 요구되고 있다. 사회기반시설의 자산 가치평가는 기획재정부의 ‘일반유형 자산과 사회기반시설 회계처리지침(이하, 지침)’ 상의 평가방법을 준용한다(표 1). 다만 토지의 경우 ‘부동산공시법’ 등에 따라 조세·부담금을 견지 않는 토지(공공용지)에 한해서 공시지가를 결정·공시하지 않아 대부분의 도로 는 a안 적용이 어려우며, c, d안을 적용할 경우 자산가치가 과소 또는 과대평가될 우려가 있다.

이에 따라 본 연구에서는 대전광역시를 대상으로 공공용지 중 도로 토지의 객관적인 자산 가치를 평가하기 위한 새로운 방법론을 제시하고자 하며, 구축물은 새로운 단위당 재조달 원가를 산정하여 자산 가치를 재평가하고자 한다.

표 1. 사회기반시설의 자산 가치평가방법

| 구분 | 감가상각 | 가치평가방법 |
|--------|------|--|
| 토지 | X | a: 재평가기준일 결정공시된 표준지 또는 개별공시지가를 평가금액으로 활용 b: 대상지 인근 표준지공시지가와 토지가격비준표를 적용한 산정금액을 활용 c: 대상지가 속한 시군구의 해당 또는 유사 지목의 개별공시지가를 평균한 금액 d: 대상지가 속한 법정동의 최저 표준지 또는 개별공시지가를 적용하여 평가 |
| 구축물 | X | 단위당 재조달 원가 x 도로 포장 면적 |
| 터널, 교량 | O | 상각후대체원가법 |

대전시에서 관리하는 도로는 약 614km이다. 토지비용의 산정을 위해 필요한 공시지가 데이터는 한국감정원에서 제공하는 표준지·개별공시지가를 이용하였다. 본 연구에서는 토지의 자산 가치를 산정하기 위해 도로변 양측 토지의 공시지가를 산술평균한 값을 도로의 토지에 적용하였으며, 지침에서 제시한 b안을 통한 자산 가치평가도 수행하였다. 구축물의 경우 도로포장은 대전시 관할 도로의 아스팔트포장구간(면적 약 17,997,553m²), 교량 183개소와 터널 17개소를 대상으로 평가를 수행하였다. 평가방법은 지침상의 방법론을 준용하였으며, 최근 건설된 유사구축물의 설계내역서를 기준으로 구축물별 단위당 재조달 원가를 재산정하였다.

본 연구에서 제시된 도로 시설물의 자산 가치평가방법을 통해 기반시설 관리법과, 도로법에 의한 도로건설·관리계획 수립 시 요구되는 사회기반시설의 자산 가치평가에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 사회기반시설, 자산가치평가, 표준지·개별공시지가, 상각후대체원가법

* 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail : mimi4415@naver.com)-발표자

** 정회원 · 한밭대학교 도시공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : msdo@hanbat.ac.kr)

차량 충돌 시의 최대 충격하중 조건을 적용한 시선 유도봉의 기초부에 대한 구조적 안전성 평가

조성남* · 임경채** · 조청현***

시선유도봉은 도로안전시설 설치 및 관리지침에 명시된 시인성 증진 안전시설물로 운전자의 시선을 유도하기 위한 목적으로 설치되어 차량과 구조물과의 직접적인 충돌을 사전에 예방하고, 차량을 주행차로로 안전하게 유도하여 교통사고 발생을 최소화시키고, 운전자에게 양호한 주행 환경을 제공하는 기능을 수행하므로 적절한 설치는 도로교통사고에 의해 발생하는 손실을 줄이는데 효과적이다.

하지만, 기존에 도로에 설치된 일체형 제품들은 차량 충돌 시 기초부의 이탈이 발생하여 설치 시 체결된 앵커 볼트가 도로 표면에 돌출되어 주행하는 차량의 타이어 파손시켜 교통사고 위험이 야기되고, 유지보수 작업을 시행하는 경우 초기 위치와 다른 위치에 설치해야 하므로 설치공간이 요구되고, 유지보수 시 시공비용과 제품 전체를 교체해야 하므로 유지보수비용이 증가하여 경제적인 측면에서 불리하며, 유지보수 작업 진행 시에 도로를 시공해야 하므로 교통의 흐름을 저해하는 요소가 존재한다는 단점을 보유하고 있다.

본 연구 대상인 매립공법을 적용한 시선유도봉은 상부의 몸체, 하부의 기초부로 구성되어 있고, 몸체는 기존 제품의 밀폐구조로 인한 충격 시 파손에 취약한 단점을 보완하여 몸체 후면이 비어 있는 구조로 충격 흡수에 유리하게 설계하였다. 기초부는 몸체를 고정하는 역할을 수행하는 부분으로 누름캡, 하부캡, 베이스로 구성되어 있고, 중앙에는 육각렌치볼트가 있어 몸체를 고정한다. 차량 충돌로 인한 파손이 발생할 경우에 몸체의 이탈로 도로면에 매립된 기초부는 파손 발생 위험이 적어 반영구적인 활용이 가능한 구조로 실제 차량 충돌 시 매립 정착구인 기초부는 유지하고 몸체 부분만 교체하므로 유지보수비용 절감의 효과, 위치 재선정 및 시공의 절차가 생략되므로 교통의 흐름을 저해하는 요소가 사라지게 된다.

본 연구의 목적은 기존의 도로 표면 볼트 체결방식의 일체형 시선유도봉이 갖고 있는 문제점을 보완하여 기초 부분을 도로에 매립하여 시공하는 매립공법을 적용한 시선유도봉에 대하여 차량 충돌 시의 최대 충격하중 조건을 적용한 구조해석을 수행하여 기초부의 구조적인 안전성을 평가하는 것이다. 시선유도봉의 3D 형상과 구조해석을 위한 유한요소 모델은 상용소프트웨어들을 사용하여 생성하였고, 구속조건은 기초부가 도로에 매립되어 있으므로 도로의 끝부분의 모든 변위와 회전에 대해 고정조건을 부여하였고, 기초부의 중앙부의 볼트에 의한 체결효과와 도로에 매립된 기초부를 고려하여 기초부와 만나는 도로와 베이스, 기초부의 구성 부품들 사이, 베이스와 몸체, 몸체와 하부캡 사이에 contact 조건을 부여하였다. 최대 충격하중을 산정하기 위한 수학적 모델은 충돌 각도, 충돌 속도, 전폭, 차량의 중량 등의 값을 활용하여 차량충돌하중 산정법인 Olson 모델을 적용하여 구조해석을 진행하였다. 구조해석 결과인 응력데이터를 검토하여 기초부의 구조적 안전성을 평가하였다.

핵심용어 : 최대 충격하중, 구조적 안전성 평가, 차량 충돌, 시선유도봉

* 비회원 · 군산대학교 기계공학과 박사과정 · 공학석사 (E-mail : lookie30@naver.com)

** 비회원 · 호원대학교 산학협력단 교수 · 공학박사 (E-mail : kclim7@howon.ac.kr)

*** 비회원 · (주)태평양 부장 · 공학사 (E-mail : fix826@naver.com)



특별 SESSION

도로미세먼지 저감 및
실증연구단



제올라이트와 활성활토를 혼입한 시멘트 모르타르의 광촉매(TiO₂) 코팅에 따른 NO_x 저감성능평가

박장현* · 김혁중**

최근 정부의 미세먼지 특별법이 발효됨에 따라 미세먼지 저감기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 초미세먼지(PM_{2.5})의 주요발생원인으로 꼽히고 있는 질소화합물(NO_x) 및 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5})를 저감시키기 위한 근본적인 대책이 시급한 실정이다. 특히 도심부 도로변에서 발생하는 미세먼지는 보행자, 차량운전자의 건강에 직접적인 영향을 주는 심각한 환경문제로 대두되고 있어, 미세먼지 저감기술의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구에서는 기능성 소재를 활용한 도로변 미세먼지 저감기술개발 기초연구로써, 제올라이트와 활성활토를 혼입한 시멘트 모르타르에 광촉매(TiO₂)를 코팅하고, 혼입율에 따른 NO_x 저감성능을 비교평가 하였다. 표 1에 실험수준 및 실험수준에 따른 시멘트 모르타르 배합비를 나타내었다. 시험체는 KS L ISO 679에 따라 제작하였으며, 28일간 재령을 실시한 후 실험을 진행하였다.

표 1. 실험수준 및 시멘트 모르타르 배합비

| No. | NAME | W/B (%) | Unit Weight(kg/m ³) | | | | |
|-----|-------|---------|---------------------------------|------|-----|-----|------|
| | | | W | C | Z | H | S |
| 1 | OPC | 50 | 925 | 1850 | - | - | 5550 |
| 2 | ZE-20 | | | 1480 | 370 | - | |
| 3 | ZE-30 | | | 1295 | 555 | - | |
| 4 | AH-20 | | | 1480 | - | 370 | |
| 5 | AH-30 | | | 1295 | - | 555 | |

그림 1에 시멘트 모르타르 시험체의 NO_x 저감성능 측정모습과 그 결과를 나타내었다. 실험은 NO_x 1ppm, 유량 3000ml/min으로 진행하였으며, 시험시작 10분 후 UV 조사를 실시하였다.

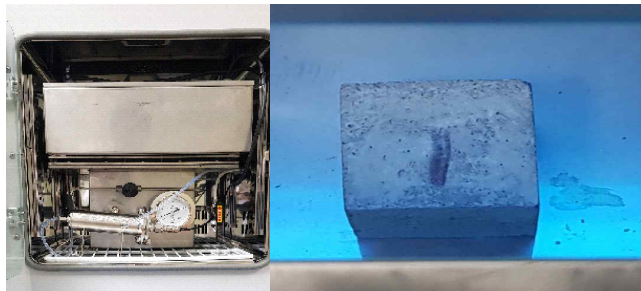


그림 1. 실험 모습 및 시험체별 NO_x 제거성능 평가결과

실험결과 광촉매를 적용한 OPC 시험체보다 ZE, AH 시험체의 NO_x 저감성능이 더 높은 것으로 확인되었다. 이는 다공성 재료(ZE, AH)의 높은 공극률로 인해 다량의 광촉매가 흡수되어 NO_x 저감효과가 높게 나타난 것으로 판단된다.

핵심용어 : 시멘트 모르타르, 광촉매, NO_x 저감성능, 제올라이트, 활성활토

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 : 20POQW-B152340-02)

* 정회원 · 한경대학교 한국미래융합기술연구원 연구교수 · 공학박사 (E-mail : parkjh@hknu.ac.kr)

** 정회원 · 한경대학교 석좌교수 · 공학박사 (E-mail : ceasare@hknu.ac.kr)

수직 콘크리트 구조물에 고정화된 미세먼지 전구체 저감 소재의 침투 분포 및 질소산화물(NOx)제거효율 평가

안희락* · 김영규** · 이승우***

2016년 11월 정부에서는 ‘미세먼지 대응 기술개발’을 9대 국가전략 프로젝트 중 하나로 선정하였으며, 종전의 관리 용이성((PM₁₀, 1차 배출) 중심에서 위해성(PM_{2.5}, 2차 생성) 중심으로 패러다임을 전환하여 입자상 물질(미세먼지) 및 기체상 물질(초미세먼지 2차 생성 원인 물질, 또는 전구체로 표현)을 미세먼지 대응기술의 범위에 포함 시켰다. 급기야 2019년에는 미세먼지 피해가 사회 재난으로 법에 명시되어 규정되었다.

Kim et al(2018) 연구에서는 경부 고속도로에 광촉매인 TiO₂ 소재를 혼합하여 기존 용벽에 침투방법으로 적용하여 질소산화물(NOx) 제거효율 평가를 실시하였다. 최대 21.2%의 질소산화물(NOx) 제거효율을 확보하였으며 햇빛의 양에 따라 질소산화물(NOx) 제거효율에 영향을 미친다는 연구 결과를 확보하였다. 적용 후 1~2년이 경과 된 시점에서 모니터링한 결과 전단면에서 침투되지 못한 TiO₂ 소재가 박리되는 문제가 발생한다. 이는 수직 구조물인 용벽에 TiO₂ 소재를 살포했을 때 중력에 의해 표면으로부터 일정 침투 깊이까지 침투되지 않고 바닥면으로 흘러내리게 된다. 그러므로 수직 구조물 적용을 위한 고정화 기술개발이 중요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 수직 콘크리트 구조물에 TiO₂ 소재를 침투 및 고정화하여 미세먼지 전구체인 질소산화물(NOx) 저감을 위해 콘크리트내 연행공기에 압력을 가하는 가압식 방법을 적용하여 침투 깊이를 확보하고 질소산화물(NOx) 제거효율을 평가하고자 한다.

핵심용어 : 미세먼지, 수직 콘크리트 구조물, TiO₂, 가압식 방법, 침투분포, 질소산화물(NOx) 제거효율

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호19POQW-B152342-01)과 강릉원주대학교 방재연구소에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

* 학생회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 (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)

실외용 미세먼지 저감설비에 대한 평가 실증연구

이해동* · 심찬우** · 이준규***

1. 개요

최근 몇 년 사이 국내의 대기 미세먼지농도는 점차 악화 되고 있다. 이에 따라 미세먼지 문제는 전 국민적인 이슈로 떠오르고 있는 상황이다.

미세먼지 저감을 위해 국내에서는 실외용 공기정화장치, 그린월, 청정부스, 버스정류장, 광촉매를 이용한 도로 포장, 커튼월 등 많은 기술수준을 확보하고 있다. 그러나 위의 미세먼지저감장치, 시설 등에 대한 측정 및 평가 방법에 대한 연구는 미흡한 편이다.

본 연구에서는 A-Site에 설치되어 있는 실외용 미세먼지 저감설비(Fine Dust Eater) 가동여부에 따른 공해지역과 청정지역에 대한 초미세먼지(PM2.5) 저감성능을 평가하였다.

미세먼지 간이측정기 성능인증제도 1등급 간이측정기(고정식)를 통한 상시모니터링을 진행하였으며, 단일입자계수기(이동식)을 통한 저감성능을 평가하였다.

2. 시험결과

외부환경 PM2.5농도 $45\mu\text{g}/\text{m}^3$, 풍속 1.0m/s이하일 때, 미세먼지 저감설비 가동시 공해지역 대비 청정지역의 PM2.5 평균 저감율 18%, 최고 저감율 22%, 최저 저감율 13%로 확인되었다.

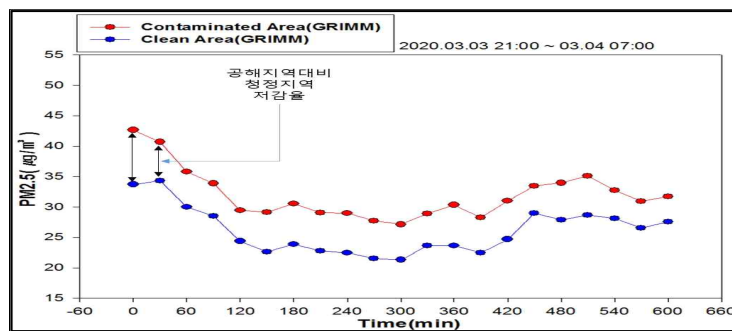


그림 1. 시험결과

3. 결론 및 고찰

본 평가는 독일 환경의 검증 절차를 한국 환경에 맞는 검증 절차 개발 가능성을 확인하였으며, 외부환경(초기 농도, 풍속, 풍향)을 고려한 구체적인 저감효율을 제시하였다.

실외용 미세먼지 저감설비는 설치 시 시뮬레이션을 통한 주변 환경 고려의 필요성을 확인하였다.

* 비회원 · 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원 (E-mail : dandi1383@kcl.re.kr)

** 정회원 · 한국건설생활환경시험연구원 연구원 (E-mail : dust90@kcl.re.kr)

*** 비회원 · 한국건설생활환경시험연구원 수석연구원 (E-mail : sd30a@kcl.re.kr)

도심부 도로 재비산먼지 저감을 위한 흡착물질 활용 방안 연구

유호준* · 김정아** · 염우영*** · 김인태****

최근 도로분야의 주요 추세는 도로의 설계 및 유지관리에서 삶의 질 향상을 위한 서비스 제공으로 변화되고 있다. 특히, 국내에서는 중국발 황사와 높은 도심지 교통량 및 건물 밀집도로 인해 도로와 고층 건물 사이에서 비산된 먼지가 지속적으로 누적되어 고농도의 미세먼지가 발생하기 때문에 도심부 도로에서 발생하는 재비산먼지의 요인과 이를 저감할 수 있는 방안에 대한 연구가 활발히 진행될 필요가 있다.

본 연구에서는 도로 재비산먼지를 저감할 수 있는 방안으로 최적의 흡착물질을 선정하고, 효율적인 활용 방안을 결정하기 위해 두 가지 절차를 수립하여 연구를 진행하였다.

첫째, 환경 오염에 대한 문제가 없다고 판정된 흡착물질에 대하여 실내 모사시험과 현장실험을 통해 물과의 희석비, 살포량, 살포주기와 같은 기준을 수립하며 각 물질별 성능 지표에 대한 비교·분석을 실시하였다.

둘째, 흡착물질 살포가 필요한 도심부 도로를 대상으로 재비산먼지 영향 요인 분석을 실시하여 교통량, 주변 건물 조건, 배경농도를 주요 인자로 설정하고 이에 따른 살포 구간 및 관리방안을 제시하고자 한다.

이를 통해 도로의 재비산먼지 저감을 위해 흡착물질을 활용 방안으로 제시할 수 있으며 기존의 관리 지침을 보완할 수 있는 기초자료로 사용 가능할 것으로 판단된다. 표1 은 연구에서 사용된 흡착물질의 재원이며, 그림 1은 도심부 도로에서 교통량이 재비산먼지 발생에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

표 1. 흡착물질 재원

| 연번 | 제품 | 형태 |
|-----|----------|-----|
| [1] | CMA | 액체형 |
| [2] | Mgcl2 | 분말형 |
| [3] | Cacl2 | 분말형 |
| [4] | LiMDA-18 | 분말형 |
| [5] | HDF-DI10 | 액체형 |
| [6] | 이비터35 | 액체형 |

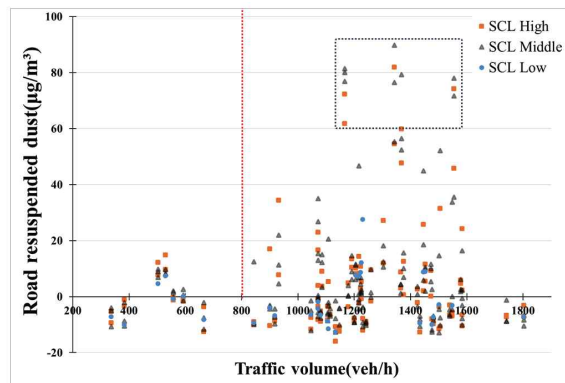


그림 1. 교통량에 따른 도로 재비산먼지 농도

핵심용어 : 도심부 도로 재비산먼지, 흡착물질, 주변 건물 조건, 교통량

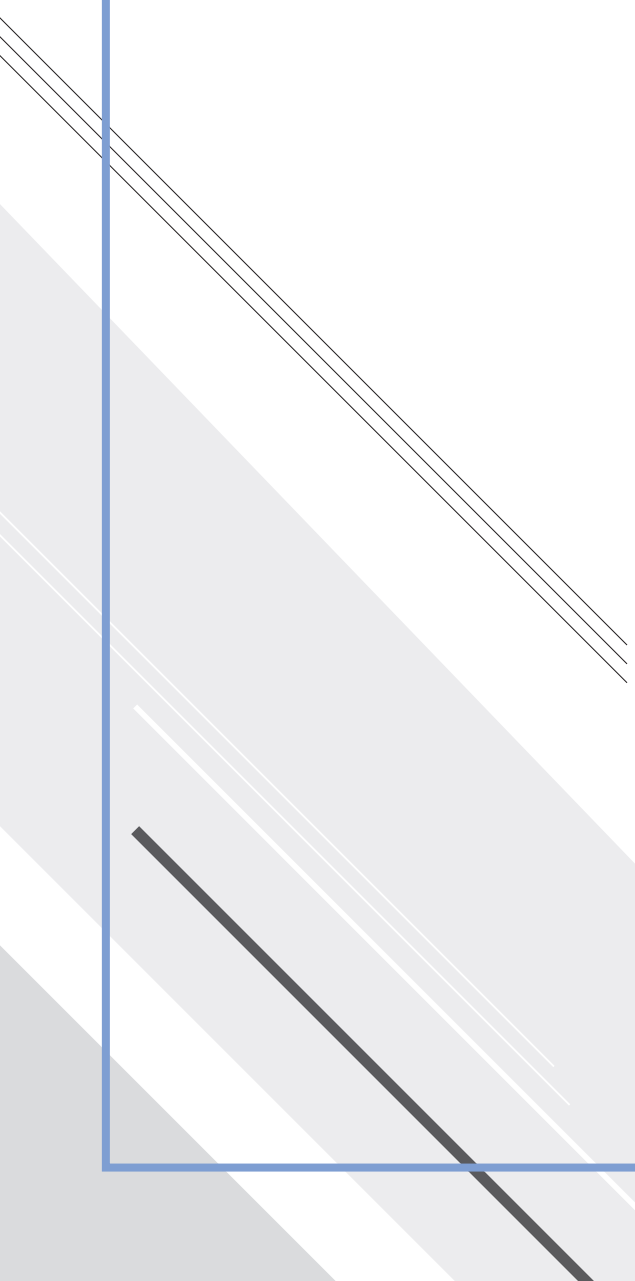
* 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 석·박사통합과정 (E-mail : dbghwns0@naver.com)

** 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : sk8567@naver.com)

*** 학생회원 · 명지대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : duadndud@naver.com)

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

포스터 SESSION



국내 택시사업 발전을 위한 정책 연구

이정범*

국내 대부분 도시에서는 택시의 공급과잉 상태로 택시운송사업 서비스의 질이 저하되고 택시 운수종사자는 수익이 감소하는 문제로 이어져 이용객과 운전자의 불만이 이어지고 있다. 이와 같이 급속도로 변화하는 택시 시장에서 서비스 정상화와 경영난 해소를 위한 정책 방안을 찾아 안전하고 고급화된 택시 공급 방안을 마련할 필요가 있다. 본 연구에서는 다양한 모빌리티 서비스와 연계할 수 있는 새로운 운송사업제도를 구축하기 위한 플랫폼 사업을 제안하였고, 택시의 안정적 운송수익을 위한 택시 총량 재산정을 통한 감차 및 재원마련 방안을 마련하였다. 또한, 승객의 니즈에 부응하기 위한 안심택시 도입 방안을 통하여 여성, 학생 등의 범죄예방을 위한 택시 정보와 위치 정보를 제공하고 안심귀가 서비스를 제안하였고, 고령운전자에 대한 안전대책 방안을 제안하였다. 또한, 운전자의 수익모델을 위해 기존 택시를 플랫폼 사업자와 결합하여 수익모델을 새롭게 창출하고 운전자에 대한 인센티브 제공 방안 등을 제시하였다. 서비스의 질을 높이기 위해 근무시간과 휴식공간 마련 등의 대책마련도 필요한 것으로 나타났다.

* 회원 · 대전세종연구원 책임연구위원 (E-mail : jungbeom2@naver.com)

수송부문 온실가스 저감을 위한 산정방안 연구

이정범*

각 지자체는 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 감축의무가 있으며 이를 위해 감축목표 달성의 핵심수단으로 배출권 거래제를 검토하여 수송부문에서 온실가스 저감이 가능한 정책들을 검토하고 각 정책별 감축 가능한 저감량을 산정함으로써 온실가스 감축목표를 달성할 수 있도록 할 필요가 있다. 감축 방법에는 직접 온실가스를 감축하거나 배출권을 구매하는 것 또는 외부사업을 통해 감축하는 것이 있으나 현재는 외부사업 방법론에 대한 정립이 되어있지 않아 외부사업을 통한 온실가스 감축실적을 산출하는데 한계가 있으므로 등록할 수 있는 정책을 알아보고 계산으로 감축량 산정하여 상쇄방안으로 이용할 수 있도록 해야 한다. 본 연구에서는 이중 수송부문에서 승용차를 줄이는 교통수요관리 정책과 친환경 차량 공급하는 교통정책과 자전거 부문의 온실가스 저감 방안을 소개하고 그에 따른 저감량을 대전시를 사례로 분석하였다.

전기차의 연간 온실가스 감축예상량은 8,941 tCO₂-eq로 나타났으며, 자전거의 연간 온실가스 감축예상량은 285 tCO₂-eq로 나타났다.

그 이외에도 승용차요일제, 카풀, 카셰어링으로 인한 온실가스 예상 감축량을 산정할 수 있으며, 이를 온실가스 감축실적에 등록할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

* 회원 · 대전세종연구원 책임연구위원 (E-mail : jungbeom2@naver.com)

MaaS 서비스 효과 평가 연구

정도영*

최근 유럽에서 'Mobility as a Service'(MaaS)가 도입되고 운영 되고 있다. MaaS의 개념은 모든 교통운영 플랫폼을 통합하여 빠르고 저렴하며 효율적으로 이동하는 것이다. 승용차 이용자를 획기적으로 대중교통으로 전환시켜 도시의 교통혼잡 해소에 크게 기여할 수 있다. 따라서 서울에 MaaS가 도입되었다는 가정하에 대중교통 이용의 효과를 분석 하였다. 연구 방법은 버스, 지하철, 택시를 서로 이용할 수 있다고 가정하였고, 교통 카드 데이터, 택시 서비스 데이터, BMS 데이터 등 서울과 관련된 다양한 교통 빅데이터를 활용하여 이동 시간을 계산하였다.

대중교통의 통행시간을 차외시간과 차내시간으로 구분하였으며, 차내시간은 실제 주행 시간을 적용, 차외시간은 접근, 대기, 환승 시간으로 구성하였다. 비용을 추정하기 위해 KTDB에서 제시한 시간가치와 현재의 대중교통 요금을 이용하여 각 노선별 비용을 산정하였다

본 연구에서는 첫째, 서로 다른 거리를 이동할 3명을 선정하여 이동 경로를 분석하였다. 둘째, MaaS가 적용된 상황을 가정하였다. 마지막으로 비용 절감 효과를 분석하여 MaaS의 효과를 분석을 시행하였다. 분석결과, MaaS 시행시 최대 44%까지 비용절감 효과가 나타나는 것으로 분석되었다. 본 연구는 MaaS 도입의 기초 연구로 사용될 수 있다.

표 1. 데이터 구성

| 구분 | DATA |
|----------------------------|--------|
| 버스/지하철 | 스마트 카드 |
| 택시 | 서울 DTG |
| 버스(Bus Management Service) | 서울 BMS |

표 2. 대안별 경로 및 통행시간

| Trip 1. 단거리 통행(5km) | Trip 2.중거리 통행(10km) | Trip 3.장거리 통행(15km) |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 21분 | 93분 | 102분 |

표 3. MaaS 비용 분석 결과

| 구분 | 단거리(원) | 중거리(원) | 장거리(원) |
|------------|---------|--------|---------|
| MaaS 모델 비용 | 13,029 | 26,914 | 33,808 |
| 실제 비용 | 18,864 | 25,596 | 38,810 |
| 증가율(%) | -44.78% | 0.05% | -14.79% |

핵심용어 : MaaS, 빅데이터, 대중교통

* 중신회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : jdy@kict.re.kr)

2019년 전국 주요간선도로 교통량 조사 통계 현황 분석

한대철* · 정도영** · 이치열*** · 박 현****

도로 교통량 조사는 6.25 전쟁 종전 이후 도로 복구 건설 등을 위해 체계적으로 국가 교통통계 조사의 필요성이 대두되어 1955년도에 내무부에서 전국규모의 교통량 조사를 시작하였다. 도로 교통량 조사는 주요 간선도로인 고속국도, 일반국도, 지방도에 대한 교통량 조사를 「도로법」제102조 도로에 관한 조사에 근거하여 수행하고 있다. 조사된 자료는 도로의 특정 조사 구간에 미치는 교통량의 특성을 분석하여 도로포장의 설계 등 도로, 교통, 환경 관련 정책 및 연구 등에 활용되고 있다.

전국 주요 간선도로의 2019년도 교통량을 조사한 결과 전국 일평균교통량은 15,348대로 2018년(14,964대)에 비해 2.6% 증가한 것으로 분석되었다. 지역별 교통량 분석결과 전국적으로 교통량이 전년대비 2.6% 증가하였으며, 경남의 교통량이 일부 감소(전년대비 0.3%)한 것을 제외하고는 전반적으로 교통량이 증가한 것으로 분석되었다. 특히, 제주도 지역의 교통량이 급증(전년대비 5.9%)하였으며, 이는 전년 대비 내외국인 관광객 수의 증가(6.8%)의 원인으로 보인다. 2018년에 이어 수도권과 강원도를 잇는 간선도로의 이용 편의성 증대로 강원도의 교통량이 전년 대비 5.4% 증가하였고, 강원도의 이동경로인 경기도의 교통량이 4.0% 증가한 것으로 분석되었다. 월별 일평균교통량 분석결과 봄철인 4월부터 여름 휴가철(7~8월)을 지나 가을 단풍철인 11월까지 교통량의 증가 추세를 보이다가 겨울 접어들어 교통량이 감소하는 것으로 분석되었다. 요일별 분석결과 주 5일 근무제 안착으로 전년과 동일하게 주말이 시작되는 시점 전후인 금요일(요일 평균대비 107.3%)과 토요일(요일 평균대비 107.6%) 교통량이 많은 것으로 분석되었고, 일요일에 교통량이 가장 적은 것(요일 평균대비 94.3%)으로 분석되었다. 시간대별 분석결과 퇴근시간인 오후 5~6시에 교통량이 집중되면서 시간대별로 평균 교통량의 약 176.2% 수준으로 교통량이 가장 많은 시간대로 분석되었으며, 오전 3~4시는 약 12.0% 수준으로 가장 교통량이 적은 시간대로 분석되었다. 차종별 분석 결과 하루 평균 승용차는 11,071대/일로 전년대비 3.2% 증가하였고, 버스는 388대/일로 전년대비 1.0% 감소하였으며, 화물차는 3,889대/일로 1.2% 증가한 것으로 분석되었다.

도로교통량통계는 국가 승인 통계로 매년 4월에 공표하여 발간되고 있으며, 교통량정보제공시스템, 국토교통통계누리, KOSIS 국가통계포털을 통해서 주요간선도로의 도로교통량 정보를 제공하고 있다.



그림 1. 월별 교통량 분석결과

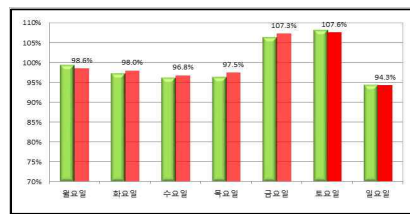


그림 2. 요일별 교통량 분석결과

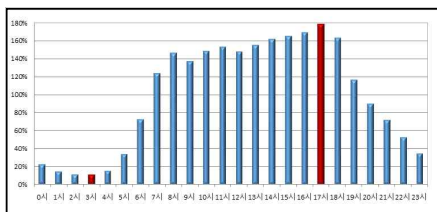


그림 3. 시간대별 교통량 분석결과

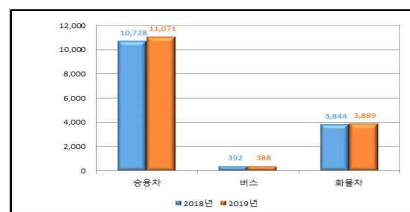


그림 4. 차종별 교통량 분석결과

핵심용어 : 교통량, 간선도로, 일평균교통량, 도로교통량통계

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : dchan@kict.re.kr) - 발표자
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : jdy@kict.re.kr)
 *** 비회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : cylee@kict.re.kr)
 **** 비회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : hyeonpark@kict.re.kr)

코로나19 영향에 의한 일반국도 교통량 변화 분석

한대철* · 정도영** · 문학룡*** · 김용석****

2019년 12월 중국 우한에서 처음 발생한 호흡기 감염질환인 코로나19가 일반국도에 교통통행 형태에 끼치는 영향을 분석하기 위해 2019년 1~4월과 2020년 1~4월의 교통량 증감률을 분석하였다. 코로나19 발생이 일반국도 교통량 변화에 미치는 영향을 분석하기 위해 국가 승인 통계인 도로교통량통계연보를 작성하는데 이용되는 일반국도 상시 교통량조사장비로부터 수집된 교통량 자료를 기반으로 분석을 수행하였다. 2020년 1월의 경우 설 연휴로 교통량이 다소 증가(1.3%)한 것으로 분석되었으며, 이후 코로나19 발생으로 2월 교통량은 7.1% 감소, 3월 교통량은 8.3% 감소, 4월 교통량은 4.6% 감소한 것으로 분석되었다. 4월의 경우 코로나19 영향으로 인한 교통량 감소로 추정되나 연휴와 코로나19 안정기의 영향으로 교통량이 소폭 감소한 것으로 분석되었다.

코로나19 발생으로 인한 작년 2019년 1~4월 대비 일반국도 교통량 증감 분석 결과 전국적으로 약 4.8% 교통량이 감소한 것으로 분석되었으며, 지역별로는 경남이 7.4%, 전북이 6.2%, 강원이 5.5%, 충북이 4.8%로 교통량 감소율이 높은 것으로 분석되었다. 이는 지역간 통행의 주간선도로 기능을 하는 일반국도의 특성을 고려해 볼 때 코로나19 감염률이 높은 대구와 경북의 인접지역인 경남, 전북, 강원, 충북으로의 간선도로 교통량이 크게 감소한 것을 알 수 있다.

특히 코로나19 집단발생 이후(2020년 2월 21일~3월 19일) 전년대비 일반국도 교통량 증감률을 분석한 결과 전국적으로 약 10.3%가 감소한 것으로 분석되었으며, 일반국도 교통량 감소율이 큰 지역은 충북이 13.2%, 강원 이 12.9%, 경남이 12.0%, 경북이 11.0%인 것으로 분석되었다.

표 1. 2019년 대비 2020년 일반국도 교통량 증감 원인 분석

| 구 분 | 증감 사유 | 증감률(%) |
|-----|---|--------|
| 1월 | 설 연휴 영향으로 인한 교통량 증가 ※ 2019년 설 연휴(2월), 2020년 설 연휴(1월) | 1.3 |
| 2월 | 2020년 설 연휴(1월) 및 코로나19 영향으로 교통량 감소 | △7.1 |
| 3월 | 코로나19 영향으로 교통량 감소 | △8.3 |
| 4월 | 코로나19 영향으로 인한 교통량 감소로 추정되나 연휴와 코로나 안정기의 영향으로 교통량 소폭 감소 | △4.6 |

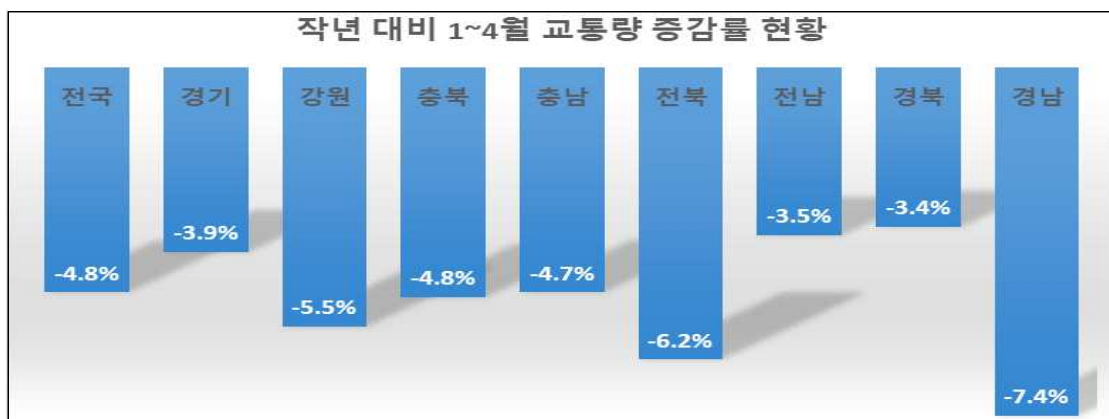


그림 1. 전년대비(1월~4월) 지역별 일반국도 교통량 증감률 현황

핵심용어 : 코로나19, 교통량, 일반국도, 도로교통량통계연보

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : dchan@kict.re.kr) - 발표자
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : jdy@kict.re.kr)
 *** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : hymoon@kict.re.kr)
 **** 비회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : hellicon@kict.re.kr)

도로교통량조사 통계 활용 사례에 관한 연구

윤영민* · 조용성**

도로교통량조사 통계는 도로 및 교통계획, 도로설계·관리, 환경 등 다양한 분야의 연구, 정책, 사업 추진에 있어 판단의 근거로 활용되는 가장 기본적인 자료이며 제공되는 데이터는 다음과 같다.

표 1. 도로교통량통계연보에서 제공되는 데이터 현황

| 도로종류 | 조사구분 | 교통량(총량) | 차종별 교통량 | 분석자료 |
|----------|------|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 일반 국도 | 상시조사 | 방향별 시간대별, 일별, 주중, 주말, 월별 | 방향별 일별, 주중, 주말, 월별 | AADT, 요일 보정계수, 월 보정계수, K값, D값, 첨두시간 |
| | 수시조사 | 방향별 시간대별 | 방향별 시간대별 | ADT |
| 고속 국도 | 상시조사 | 방향별 시간대별, 일별, 주중, 주말, 월별 | 방향별 일별, 주중, 주말, 월별 | AADT, 요일 보정계수, 월 보정계수, K값, D값, 첨두시간 |
| | 수시조사 | 방향별 시간대별 | 방향별 시간대별 | ADT |
| 국지도 | 수시조사 | 방향별 시간대별 | 방향별 시간대별 | ADT |
| 지방도 | 수시조사 | 방향별 시간대별 | 방향별 시간대별 | ADT |

도로교통량조사 통계자료의 대표적인 활용분야를 살펴보면 도로계획 부문에서는 교통수요 추정 시 여러 지침, 매뉴얼 등에서 정확도 판별의 기준 값으로 활용되고 있으며 도로설계 부문에서는 연평균 일 교통량, 설계시간 계수, 방향별 계수, 월·요일별 보정계수 등이 차로 수 산정에 활용되고 있다. 또한 도로포장 유지관리에 있어서 투입 예산 제약으로 인해 구간별 포장 우선순위를 선정할 때에도 교통량 자료가 판단의 근거로 활용된다. 특히 한국형 포장 설계 프로그램을 이용한 도로포장 두께 산정 시 교통량 분포, 차종 비율은 직접적인 영향을 끼치는 입력 자료로 활용되고 있어 매우 중요하므로 정확하게 조사될 필요성이 있다. 예를 들면, 일반국도(국토교통부 관리 연장 : 약 12,000km)에서는 12종 차종분류가 가능한 도로교통량 상시조사장비를 총 549대 운영 중으로 1대의 차종별 교통량 정확도가 약 22km의 도로 포장 두께 산정에 영향을 미친다. 다시 말하면 차종조사가 정확하지 않으면 포장두께 과다 설계로 인해 막대한 예산이 낭비될 우려가 있고 과소 설계 시에는 도로 안전에 심각한 문제를 초래할 수 있는 것이다.

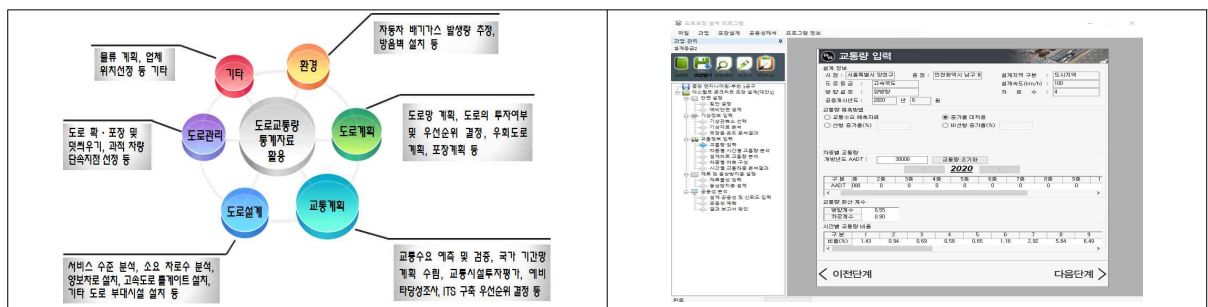


그림 1. 도로교통량통계 자료 활용분야 및 도로포장 설계프로그램 화면

이 외에도 일반국도와 고속국도의 상시교통량조사 통계자료를 활용하면 계절보정계수(봄, 여름, 가을, 겨울) 산출 및 도로유형(관광부, 도시부, 지방부), 이벤트(지역축제 등)에 따른 교통량 분석이 가능하며 향후 도로교통량조사 통계의 활용성 확대를 위해서는 전문가 또는 사용자 설문조사 등을 통해 사용자 요구를 충족시킬 수 있는 다양한 맞춤형 교통량 통계분석 콘텐츠 개발이 필요한 것으로 판단된다.

핵심용어 : 도로교통량조사 통계, 차종별 교통량, 도로포장 두께

* 정회원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 수석연구원 (E-mail : ymyoon@kict.re.kr)

** 비회원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 전임연구원 (E-mail : yscho@kict.re.kr)

ITS 현장장비 장애 유형 분석 및 장애 최소화 방안

윤영민* · 윤부영** · 김현준***

도로상에 설치되어 있는 주요 ITS 현장장비에는 교통량, 속도 등 교통정보를 수집하는 장비인 VDS(차량검지기), AVI(차량번호판 인식장치), DSRC(근거리 전용 무선통신)와 이를 가공하여 제공해주는 장비인 VMS(도로전광표지판), 그리고 교통상황을 모니터링하기 위한 CCTV 등이 있다.

표 1. 주요 ITS 현장장비

| VDS(지점정보수집) | AVI / DSRC(구간정보수집) | VMS(소통정보제공) | CCTV / 웹캠(모니터링) |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

교통관리 및 소통 정보 제공 위주의 단방향적인 기존 ITS에서 최근에는 차량 간, 차량과 인프라 간 등의 정보공유를 통해 돌발 상황 대응 등 교통안전에 초점을 맞춘 C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport System)로의 전환 시점에 있으나 향후 안정적인 구축, 운영이 실현되기 전까지는 기존 ITS의 효율적인 유지관리가 필요하다. 현재 일반국도 ITS 구축현황을 살펴보면 약 3,000km에 4,800대의 ITS 현장장비가 설치·운영 중으로 본 연구에서는 수도권 국도 ITS 현장장비의 4년('15~'18년)간 장애현황 분석을 통해 장애를 최소화하는 방안을 마련하여 유지관리의 효율성을 향상시키고자 한다. 분석결과 1년 중 7~8월에 장애가 가장 많이 발생하였으며 장비별로 장애발생이 집중적으로 나타나는 부문은 제어부인 것으로 확인되었다. 제어부의 주요 장애원인은 하드웨어(제어기), 시스템 홀딩, 프로그램 오류 순으로 분석되었으며 전원부의 경우 차단기 다운에 의한 장애가 80% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면 VDS, AVI, DSRC, VMS는 하절기에 제어부 및 전원부 장애가 집중적으로 발생하였으며 특히 노후장비의 제어부 장애가 많은 것으로 파악되었고 CCTV, WEBCAM의 경우 검지부 카메라, 통신부 코덱 장애가 많았으며 선로 단선이나 밴딩으로 인한 장애도 종종 있는 것으로 나타났다.

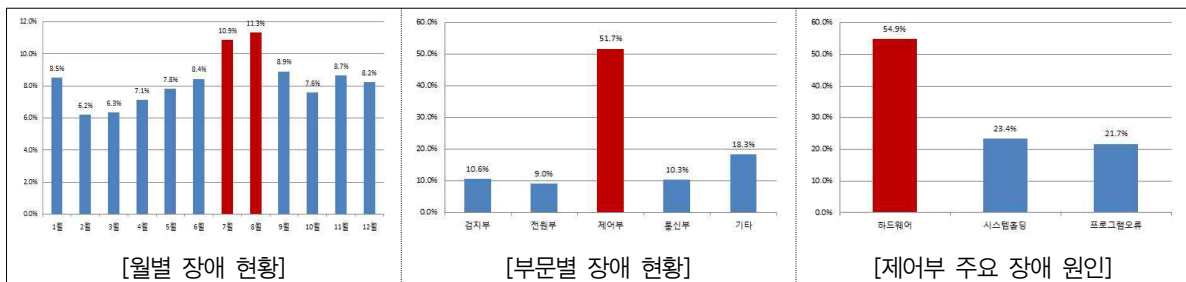


그림 1. ITS 현장장비 장애 분석 내용

특히, 내용연수를 초과한 장비가 아직도 많이 있는 것으로 파악되었는데 실제로 2009년도에 설치한 장비의 장애 비율이 가장 높은 것으로 나타나 노후장비 교체가 시급한 것으로 판단된다. 도로현장에 설치된 ITS 장비의 특성 상 장애 발생을 피할 수는 없지만 발생 건수를 최소화하고 장애발생 시, 신속한 장애처리를 위해서는 장비 개발·제조 시 제어부 하드웨어의 안정성을 최우선적으로 고려할 필요가 있으며 장애 모니터링 및 확인, 조치 등의 프로세스 고도화도 필요한 것으로 판단된다.

핵심용어 : ITS 현장장비, 장애유형, 장애원인

* 정희원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 수석연구원 (E-mail : ymyoon@kict.re.kr)

** 비회원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 전임연구원 (E-mail : srcyoon@kict.re.kr)

*** 비회원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 전임연구원 (E-mail : hjk297@kict.re.kr)

도로교통량조사와 국가교통조사 비교 연구

윤영민* · 장경찬** · 안선영***

우리나라에서 시행하고 있는 전국단위의 교통량 조사에는 도로교통량조사와 국가교통조사가 있다. 두 조사 자료의 통계 모두 통계청 국가승인통계로 다양한 분야에 활용되고 있으나 활용목적은 다르기 때문에 조사 위치나 조사방법, 분류차종 등이 서로 다르고 근거법령 또한 상이하다. 본 연구에서는 도로교통량조사와 국가교통조사의 특성에 대한 올바른 이해를 통해 효율적인 도로교통량 조사를 위한 방향성을 제시하고자 한다.

표 1. 교통량 조사 통계 비교

| 구분 | 도로교통량조사 | 국가교통조사 |
|------|---|--|
| 통계승인 | 제11604호('75.07.29) | 제11627호('05.09.21) |
| 근거법령 | 도로법 제102조 | 국가통합교통체계효율화법 제12조 |
| 조사목적 | 도로계획과 건설, 도로관리 등에 필요한 기초자료 제공 | 기종점통행량(O/D) 수요예측 정확도 향상 |
| 조사주기 | 매년 시행 | 정기조사(1회/5년), 필요시 수시조사 |
| 조사대상 | 3,770개 지점(전수조사), '19년 기준 | 861개 지점(전수조사), '16년 기준 |
| 차종분류 | 12종 | 10종 |
| 조사방법 | 관측조사(영상, 인력, 기계식) | 관측조사(영상, 인력식) |
| 조사위치 | 전국 주요 도로구간 (고속국도, 일반국도, 지방도) | 시·군 유출입부 특·광역시 중심 (고속국도, 일반국도, 지방도, 기타도로 코든/스크린라인) |
| 상호관계 | 도로교통량조사 자료 및 조사위치는 매년 국가교통조사에서 추정된 기종점 교통량의 전수화, 검증 및 보정자료로 활용 | |

두 조사를 비교해 보면, 도로교통량조사는 도로계획 및 유지관리에 필요한 통계자료로 활용하기 위해 도로의 구간을 대표하는 지점에서 매년 일관성 있게 조사되고 있으나 국가교통조사에서 실시하는 조사는 가구통행실태조사에 의해 전수화된 기종점 통행량(O/D)을 비교·보정하기 위한 자료로 활용하기 위해 5년마다 특·광역시 중심으로 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 또한 차종분류의 경우 도로교통량조사 통계자료는 도로설계·운영 및 유지보수에 활용성이 큰 만큼 승용차, 버스 외에 화물차 종류를 10개로 구분(이륜차는 도로에 미치는 영향이 미미하여 제외), 총 12종으로 분류하고 있으나 국가교통량조사 통계자료는 통행목적(출·퇴근, 등·하교, 쇼핑 등)과 통행수단(승용차, 택시, 버스 등)에 대한 O/D 수요예측에 활용되어 이륜차를 포함, 승용차(3종류), 버스(2종류), 화물차(4종류) 등 총 10종으로 분류하고 있다. 이처럼 장래 O/D 예측과 그 예측자료의 검증 역할을 하는 도로교통량조사 자료의 수집과 관리, 제공에 있어서 상호간 객관성과 신뢰성을 확보하는 것이 무엇보다 중요한 것으로 판단되며, 도로교통량조사와 국가교통조사가 중복되는 지점에 대해서는 도로교통량조사 자료를 활용하여 중복조사를 방지하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.

핵심용어 : 도로교통량조사, 국가교통조사, 차종분류

* 정희원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 수석연구원 (E-mail : ymyoon@kict.re.kr)

** 비회원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 전임연구원 (E-mail : jangkc@kict.re.kr)

*** 비회원 · 한국건설기술연구원 건설시험인증본부 ITS성능평가센터 전임연구원 (E-mail : sy-ann@kict.re.kr)

긴급차량 우선신호 시스템을 이용한 소방서와 병원 간의 연계방안 연구

안민수* · 김명수**

화재, 구조, 구급 등 재난상황의 신속한 대응을 위해서는 골든타임이 무엇보다도 중요하다. 골든타임은 화재 또는 사고환자 발생 후 최초 5분을 말한다. 긴급출동을 위한 골든타임 확보는 생명과 직결되는 것이기에 초동출동시간 단축방안에 대한 국민적 관심이 증가하고 있는 추세이다. 이를 위해 소방방재청에서는 도로교통법 제 29조(긴급차량의 우선 통행)에 근거하여, 소방차 길터주기 운동 및 소방서 단위의 훈련을 실시하고 있다. 그러나 대부분의 일반 운전자들의 경우에는 관련 법규 및 통행방법에 대한 인식부족으로 이를 이행하지 않고 있으며, 현실적인 해결대안으로 보기에는 어려움이 있다. 또한 119종합상황실에서 지정한 후송병원의 환자 거부로 어려움이 있으며, 사고지점에서 병원이송 간 교통상황을 고려하지 않고 있는 실정이다.

본 연구는 실제 국내 현실을 반영한 긴급차량 우선신호 시스템을 적용하고, 실제 현장(대전시 대덕대로 일부 구간)에 VISSIM을 통해 효과검증(도달시간) 및 운영에 따른 영향 정도를 파악했다. 그리고 환자정보공유시스템과 종합의료센터에서 실시간 수용가능 병동 수, 전문의 정보제공을 통해 병원 간의 연계성을 높여 소방서와 병원을 연결하는 커넥트 플랫폼을 도입 가능 여부를 판단하였다.

표 1. 교차로별 교통량 현황

(단위 : 대)

| 방향 | | 교차로명 | | | | | |
|----|----|--------|--------|--------|-------|---------|-------|
| | | 큰마을네거리 | 은하수네거리 | 파랑새네거리 | 방죽네거리 | 정부청사네거리 | 만년네거리 |
| EB | LT | 781 | 104 | | | 348 | 261 |
| | TH | 393 | 279 | 209 | 862 | 219 | 105 |
| | TR | 388 | 383 | 388 | 243 | 331 | 157 |
| WB | LT | 403 | 228 | | 333 | 467 | 585 |
| | TH | 151 | 490 | 595 | 1090 | 277 | 236 |
| | TR | 320 | 99 | 595 | 90 | 93 | 171 |
| NB | LT | 591 | 10 | | 20 | 169 | 123 |
| | TH | 1838 | 119 | 184 | 189 | 1765 | 2078 |
| | TR | 273 | 5 | 12 | 37 | 190 | 123 |
| SB | LT | 256 | | 19 | 0 | 353 | 323 |
| | TH | 1301 | 243 | 199 | 196 | 1438 | 1891 |
| | TR | 285 | 14 | 14 | 17 | 139 | 39 |

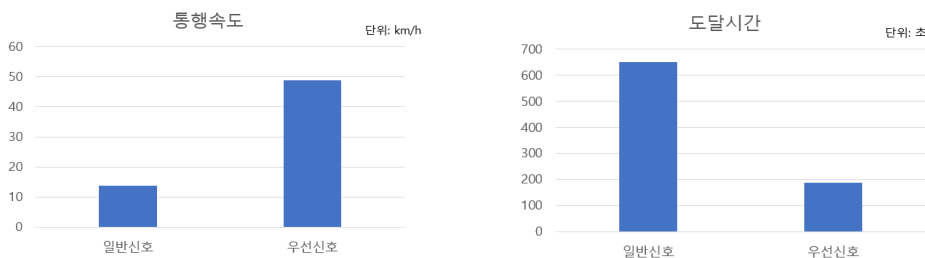


그림 1. 첨두시 둔산소방서 우선신호 시스템 효과분석 그래프

핵심용어 : 긴급차량 우선신호 시스템, VISSIM, 소방서, 병원

* 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail : dksalstn011@naver.com)

** 정회원 · 한밭대학교 도시공학과 교수 (E-mail : kimms@hanbat.ac.kr)

안전한 자율주행을 위한 교통안전시설 정보 분류 연구

조용빈* · 김진태**

LDM(Local Dynamic Map)과 센싱 위주 자율주행 한계 극복을 위해 경찰청에서는 사물인터넷(Internet of Things; 이하 IoT)을 활용한 교통안전시설 정보를 자율주행차량에게 무선 통신을 통해 자율주행차에게 전달하는 연구를 진행 중에 있다. 이러한 교통안전시설은 인간 운전자를 대상으로 만들어 졌기 때문에 자율주행차에게 필요한 교통안전시설을 선별하고 구분할 필요성이 있다.

본 논문에서는 자율주행차에 필요한 IoT 교통안전시설을 선별하고 구분한다. 교통신호기를 제외한 교통안전시설인 안전표지와 노면표시를 (1)규제 중요도와 현장 적용성 기준을 적용하여 선별하고, (2)자율주행차량에게 세부적인 정보를 제공할 필요성이 있는 안전표지와 노면표시를 구분하여 제시한다.

안전표지와 노면표시를 규제 중요도 3개 등급(1, 2, 3), 현장 적용성 2개 등급(A, B) 기준을 세워 IoT 서비스 대상을 선별하였다. 규제 중요도와 현장 적용성 2가지 지표를 제시하여 적용하였다. 표 2와 같이 A-1, A-2로 선별된 안전표지와 노면표시만을 IoT 교통안전시설 서비스 대상으로 선별하였다.

표 1. IoT 교통안전표지 서비스 대상 등급 분류

| 등급 | | 현장 적용성 | |
|--------|---|--------------|--------------|
| | | A | B |
| 규제 중요도 | 1 | A-1 (서비스 대상) | B-1 (서비스 제외) |
| | 2 | A-2 (서비스 대상) | B-2 (서비스 제외) |
| | 3 | A-3 (서비스 제외) | B-3 (서비스 제외) |

선별 결과, 보조표지를 제외하고 안전표지는 총 106종 중 89종이 서비스 되며, 노면표시는 총 55종 중 39종이 서비스 대상으로 선별되었다. 안전표지는 84% 수준, 노면표시는 71% 수준이다. 선별된 안전표지 중 보조 표지는 안전표지와 노면표시의 세부적인 정보로서 역할을 수행할 수 있도록 하였다.

선별된 안전표지와 노면표시를 (1)위치 정보만 필요한 교통안전시설, (2)인덱스 세부정보와 위치정보가 필요한 교통안전시설, (3)수치 세부정보와 위치정보가 필요한 교통안전시설, (4)인덱스 세부정보, 수치 세부정보와 위치정보가 필요한 교통안전시설 4가지 유형으로 표 2와 같이 구분하였다.

표 2. 선별된 안전표지 및 노면표시 세부정보 활용 구분

| 교통안전시설 유형 | 교통안전시설 ID | 수량 (개) |
|-----------------------------|---|--------|
| 위치 정보만 필요 | 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 110-2, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 136, 137, 138, 138-2, 139, 141, 212, 213, 214, 216, 227, 228, 304, 305, 306, 308, 309, 310, 312, 313, 314, 316, 319, 322, 325, 326, 327, 328, 329, 521, 522, 526-2, 530, 532, 533, 534 | 65 |
| 위치 정보 및 인덱스 세부정보 필요 | 135, 217, 301, 309-2, 318, 323, 324, 324-2, 332, 501, 502, 503, 506, 507, 508, 510, 511, 512, 512-2, 512-3, 513, 514, 516-2, 516-3, 524, 535, 535-2, 536, 536-2, 536-3, 542, 303-2, 330, 331, 331-2, 504-2, 537, 538, 539, 543 | 40 |
| 위치정보 및 수치 세부정보 필요 | 116, 117, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 517, 518 | 10 |
| 위치 정보, 인덱스 세부정보, 수치 세부정보 필요 | 218, 219, 515, 516, 504, 201, 202, 203, 204, 206, 211, 307, 311 | 13 |
| 계 | | 128 |

이 논문은 2020년도 정부(경찰청)의 재원으로 도로교통공단의 지원을 받아 수행된 연구임 (POLICE-L-00003-02-101, IoT 기반 교통안전시설 정보제공 및 운영관리 기술개발)

핵심용어 : 교통안전시설, IoT, 자율주행, D2V, 무선통신

* 학생회원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 박사과정 · 공학석사 (E-mail : dydqls07@naver.com)

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

딥러닝을 활용한 드론영상기반의 교통류 특성 분석

김재중* · 도명식** · 김태길***

도로위의 교통 상황은 실시간으로 변화하며 이에 따라 다양한 교통문제들이 발생한다. 하지만 기존의 도로상 또는 도로변에 설치된 검지기(루프, 영상, 레이더검지기 등)로는 도로 위 상황의 직관적인 파악, 설치 장소와 비용측면에서 제약이 있다. 또한, 검지기를 통해 지점으로 수집되는 정보들은 연속성을 갖는 도로의 공간성을 파악하는 등의 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 기존 시스템의 한계점을 보완하기 위해 드론으로 취득된 영상에서 차량을 자동으로 인식하기 위한 딥러닝 알고리즘을 개발하였으며, 인식된 데이터를 기반으로 교통류 특성을 분석하고자 한다.

본 연구의 분석 대상지는 대전 유성구에 위치한 왕복 6차로 도로이며, 대전광역시에서 관리하는 VDS(Vehicle Detection System)장비가 설치된 장소이다. 데이터 취득을 위해 사용된 드론은 DJI사 Phantom 4 pro 드론을 사용하였고, 100m 상공에서 지상 150m 구간을 촬영하였다. 기존에 설치된 VDS 장비를 통해 대상지의 시간별 평균 속도 및 시간당 교통량 등의 데이터를 취득할 수 있었으며 VDS 데이터와 딥러닝 알고리즘을 활용해 추출한 교통류 특성과 비교 분석을 진행하였다.

교통류 특성을 분석하기 위해 사용한 딥러닝 알고리즘은 YOLO V2이다. YOLO 알고리즘은 객체인식에 많이 사용되는 알고리즘 중 하나이며 다른 객체인식 알고리즘에 비해 분석되는 시간이 빠르고 가벼워 실시간으로 변화하는 도로위의 상황을 분석하기에 적합하다. 영상을 컴퓨터에 학습시키기 위해 차량에 대한 5,200장의 라벨링을 수행하였고, 학습된 알고리즘을 바탕으로 대상구간의 교통류특성을 분석하였다.

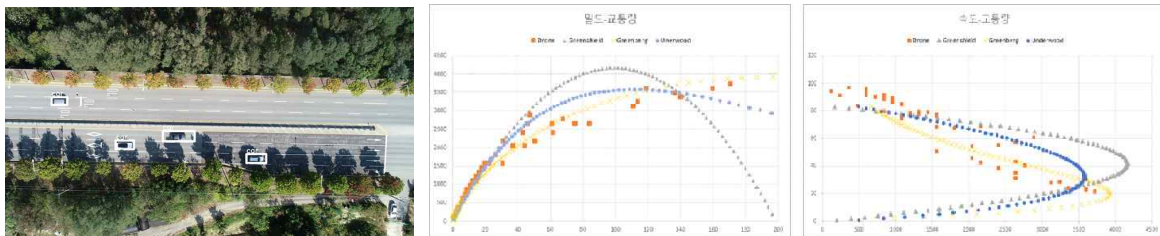


그림 1. 딥러닝을 활용한 드론영상 기반 활용한 교통류 특성 분석

본 연구를 통해 기존 검지기의 교통류 흐름에 이상이 생길 경우 드론의 현장 출동 및 모니터링을 통한 직관적인 원인 파악과 신속한 대응이 가능해질 것이라고 판단된다. 향후 I2X, V2X 정보통신 기술 등을 통한 드론과 차량, 신호등, 인프라 등의 연동 연구가 진행되어야 하며 딥러닝 알고리즘의 향상과 데이터의 양을 늘려 차량 인식 및 분류 정확도를 높여야 한다.

핵심용어 : 딥러닝, 드론, 교통류, YOLO V2, VDS

* 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail : rww1994@naver.com)

** 정회원 · 한밭대학교 도시공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : msdo@hanbat.ac.kr)

*** 비회원 · 대전지방경찰청 경비교통과 경감 · 공학석사 (E-mail : ktg1203@hanmail.net)

자율주행을 위한 교통안전시설 정보 제공 방안 연구

김주빈* · 김진태**

최근 국내외에서 자율주행과 관련된 많은 기술개발과 연구가 진행되고 있다. 자율주행 관련 업체에서는 라이더, 카메라 등을 이용한 센싱, LDM 등 자율주행에 관한 기술 개발이 주로 이루어지고 있다. 자율차량이 교통안전시설을 센싱을 통하여 인식을 할때에 가려져 있거나 파손 및 훼손 등으로 오인식 할 수 있는 가능성이 존재한다. LDM은 실시간 업데이트성이 떨어지는 단점이 있다, 자율주행의 안전성 확보를 위해 인프라에서 교통안전시설 정보를 자율주행차량에게 제공하는 방안이 필요하다. 이를 위해 현재 경찰청에서 자율주행 안전성 확보를 위한 인프라 단위의 연구가 진행되고 있다.

본 연구의 목적은 자율주행의 안전성 향상을 위해 IoT(Internet of Things;이하 IoT)를 활용해 교통안전시설 정보를 차량에게 제공하는 방안을 연구하는데 있다. 그림 1은 IoT 교통안전시설로 자율주행차량에게 정보를 제공하는 기본적인 개요이다. 구간, 지점, 차로 정보를 제공하면 추가적으로 필요한 적용시간, 적용구간 등을 보조 정보로 제공한다.

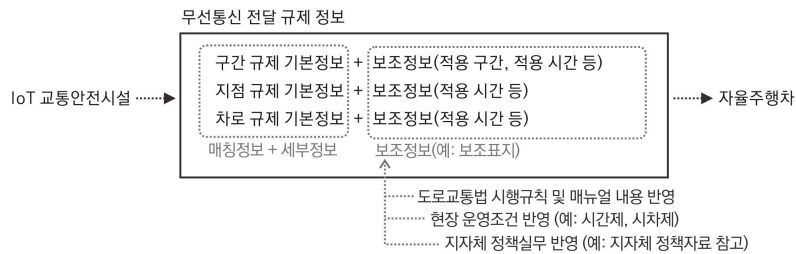


그림 1. IoT 교통안전시설 정보 제공 개요

IoT 장치로 교통안전시설 정보 제공을 위해 총 5개의 D2V(Device to Vehicle;이하 D2V) 프로토콜을 개발하였다. 각각 1회 전달 가능 규제정보 수량 및 위치정보 제공 수, 세부정보 포함여부를 다르게 개발하였다. D2V 프로토콜을 선택하여 주행중인 도로 상에 있는 교통안전시설 정보를 자율주행차량에게 제공한다.

표 1. 프로토콜 타입 구분

| 타입 | 1회 전달 가능 규제정보 수량 (개) | 위치정보 제공 수(개) | 세부정보 포함 여부 |
|----|----------------------|--------------|------------|
| 1 | 8 | 1 | 미포함 |
| 2 | 5 | 1 | 미포함 |
| 3 | 4 | 2 | 포함 |
| 4 | 2 | 2 | 포함 |
| 5 | 1 | 1 | 포함 |

이 논문은 2020년도 정부(경찰청)의 재원으로 도로교통공단의 지원을 받아 수행된 연구임 (POLICE-L-00003-02-101, IoT 기반 교통안전시설 정보제공 및 운영관리 기술개발)

* 학생회원 · 한국교통대학교 교통시스템공학과 석사과정 (E-mail : 8221679@naver.com)

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

차량전조등의 수평확산각도를 고려한 차선의 야간 시인길이 결정

김희수* · 김지호** · 하창목*** · 전창현**** · 김정화***** · 오흥운*****

최근 5년간 교통사고 발생비율은 주간 55%, 야간 45% 이다. 일반적으로 낮이 밤보다 교통량이 많은 것을 고려하면 야간의 교통사고 발생 비율이 높은 수준이라 할 수 있다. 또한 최근 5년간 교통사고 발생률은 주간이 높은 반면, 치사율의 경우 주간이 1.9명, 야간이 2.5명으로 야간이 주간사고 보다 32% 높았다. 야간에 차량 운전 시 도로를 주행 중인 운전자가 전방의 위험상황에 안전하게 대응하기 위해서는 시각적으로 인지가 선행되어야 하며, 위험상황의 인지가 완료될 때 까지 소요되는 시간 및 시각정보의 질적 수준, 즉 시인성에 의해 결정된다고 한다(조원범, 2020). 이때 운전자는 도로 주행 중 필요한 정보의 90% 이상을 시각을 통해 획득한다(Bosurgi et al., 2005). 따라서 야간시인성은 야간교통사고와 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다. 일반적인 도로 구간에서 운전자는 야간 시인성을 도로조명과 차량의 전조등을 통해 확보한다. 하지만 운전자는 무조명 구간을 통과할 때 차량전조등에 의존하여 운전하게 되며 야간시인성이 충분히 확보되지 않아 야간 교통사고에 취약한 구간이 된다. 일반적으로 무조명 구간에서 차량전조등에 의한 시인거리는 50~60m로 정지시거가 확보되지 않는다(한국건설기술연구원, 2013). 하지만 무조명 구간에서 도로의 기하구조에 따라 시인거리는 더욱 짧아진다.

이에 본 연구의 목적은 도로의 기하구조에 따른 차량전조등의 시인거리를 제시하고자 한다. 세부적으로 도로의 평면선형에서 차량전조등의 수평확산각도를 고려한 차선의 야간 시인거리를 제시하고자 한다.

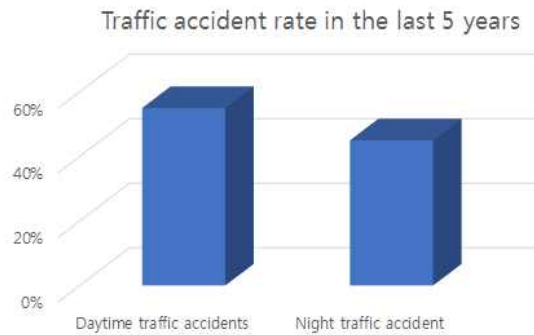


Fig 1. Traffic accident rate in the last 5 years

핵심용어 : 야간 시인거리, 차량전조등, 수평확산각도, 야간교통사고

* 학생회원 · 경기대학교 도시교통공학과 석사과정 (E-mail : heesoo4940@kyonggi.ac.kr)
 ** 학생회원 · 경기대학교 도시교통공학과 석사과정 (E-mail : 23jiho@gmail.com)
 *** 학생회원 · 경기대학교 도시교통공학과 학부과정 (E-mail : s2vermut@nate.com)
 **** 학생회원 · 경기대학교 도시교통공학과 학부과정 (E-mail : wjsckdgs35@naver.com)
 ***** 정회원 · 경기대학교 도시교통공학과 교수 (E-mail : junghwa.kim@kyonggi.ac.kr)
 ***** 정회원 · 경기대학교 도시교통공학과 교수 (E-mail : ohheung@gmail.com)

제주도 맞춤형 도로포장관리시스템 구축 운영

김연태* · 유형목** · 김명일*** · 이문섭**** · 임재규*****

“도로법” 상 88%를 차지하는 지방자치단체 관리도로 임에도 불구하고, 지방자치단체 관리도로 특성에 맞는 과학적 도로 관리기법은 부재한 실정이다. 최근 지자체 도로세출 예산은 감소하는 추세로 과학적 도로관리 기법 적용이 매우 시급하다. 따라서, 제주도의 도로관리 특성, 보수내시, 예산결정 등에 적합한 효율적 포장관리 운영 기법 및 관공제주의 안전한 도로의 제공을 위한 특화된 포장상태 평가 기술을 개발하고자 한다.

고속국도, 일반국도를 관리하는 기관은 도로업무만 전문적으로 수행하는 반면, 종합행정을 다루는 지자체는 상대적으로 전문성이 낮아 도로관리의 전문적 지원이 시급한 실정이다. 특히, 제주도의 경우, 최근 포트홀 등의 심각한 파손이 발생하는 바, 도로이용자(제주도민 및 관광객) 유지보수에 대한 과학적 도로관리에 대한 이미지 제고가 필요하다. 또한, 제주도는 천혜의 자연조건과 다양한 관광 문화 콘텐츠가 많아 국내외 관광객이 꾸준히 증가되고 있고, 주로 렌트카를 이용하는 특징을 가지고 있어 안전하고 쾌적한 도로 제공은 도로관리 지자체의 주요 관심사가 되고 있다. 최근 들어, 제주도내 도로에서는 안전에 저해되는 위해요소(포트홀, 도로함몰) 등이 꾸준히 증가되고 있어 이에 대한 관리 방안이 필요하다.

도로포장관리시스템(PMS)의 목적은 한정된 자원으로 도로포장의 상태를 적정수준 이상으로 유지하여 안전하고 쾌적한 도로주행성을 확보하기 위해서는 적절한 시기와 방법으로 도로포장을 유지 및 보수하는 관리에 있으며, 이를 위해서 포장상태조사/평가, 사업대상구간 선정, 우선순위결정 등의 운영 흐름을 가진다. 향후 한국건설기술연구원에서는 PMS 운영 결과를 바탕으로 제주도 특성을 고려한 보수예산, 공법 의사결정 등을 지원하고자 한다.

핵심용어 : 제주도 맞춤형, 도로포장관리시스템, 아스팔트 포장, 유지보수

* 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 전임연구원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : kyt@kict.re.kr)
** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 기술위원 (E-mail : naekog@kict.re.kr)
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 전임연구원 (E-mail : mill@kict.re.kr)
**** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : truepath@kict.re.kr)
***** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 · 교신저자 (E-mail : jklim@kict.re.kr)

상변화물질을 이용한 노면결빙 선제적 대응 친환경 제설시스템 적용방안 도출

오한진* · 이진욱** · 박민철*** · 한상주**** · 고성보***** · 최연우*

최근 겨울철 적설 보다 강설 후 노면결빙(블랙아이스)으로 인한 사고 발생이 증가하는 추세이다. 이는 노면결빙 발생 시 기존 제설제 살포 방식의 제설성능 한계를 보여준다. 이에 유지관리가 효율적이고, 결빙구간의 신속한 용빙 또는 결빙이 발생하지 않도록 상변화물질(PCM: Phase Change Material)을 이용하여 노면결빙에 선제적으로 대응이 가능한 친환경 제설시스템 개발 기초연구를 수행하였다. PCM을 이용한 제설시스템은 태양의 열에너지를 잠열성능이 매우 우수한 상변화물질로 구성된 PCM 축열탱크에 저장하고, 저장된 열에너지를 제설에 활용하는 친환경 제설시스템이다. PCM 축열탱크에 저장된 열에너지를 이용하여 노면 결빙에 선제적 대응이 가능하도록 고온의 제설제 수용액 살포가 가능한 제설제 수용액 가열 시스템과 도로 노면의 온도를 영상으로 유지시켜 결빙 방지 및 용빙이 가능한 도로포장체 가열 시스템으로 구성된다. PCM 온도 50 ~ 70°C 사용 시 PCM 축열탱크는 동일 용량의 물탱크 대비 약 3배, 50 ~ 60°C 사용 시 약 6배의 열량이 사용 가능한 것으로 분석되었다. 이를 이용하여 고온의 염수 살포가 가능한 제설염수 가열시스템을 개발하였다. 성능평가 결과, 80°C로 축열된 80L의 PCM 축열탱크를 이용하여 60L의 염수를 5°C에서 20°C까지 15°C 상승시키는데 약 30분이 소요되었으며, PCM 축열탱크 가동영역(50 ~ 70°C)에서 총 6회(360L)의 염수탱크 가열이 가능하였다. PCM을 이용한 도로포장 가열체 가열 시스템은 프리캐스트 슬래브 표면으로부터 5cm 깊이에 열순환 배관을 설치하여 고온의 온수를 순환시키는 구조로 개발하였다. 슬래브 표면에 약 1cm 두께의 살얼음 형성한 후 포장체 가열 성능평가 결과, 슬래브 내부 온도 -15°C에서 약 25분 후 표면 온도가 영상 1°C까지 가열되었으며 결빙이 제거되었다. 따라서, PCM을 이용하여 유지관리가 효율적이고 노면결빙에 선제적 대응이 가능한 친환경 제설시스템 적용이 가능한 것으로 판단된다.

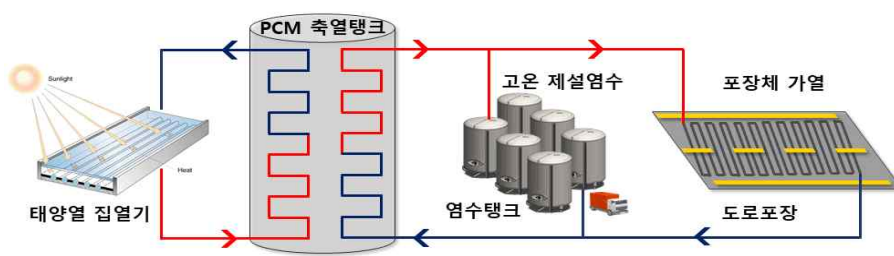


그림 1. 상변화물질을 이용한 친환경 제설시스템 개요도

본 연구는 서울기술연구원(2019-AA-008, IoT기반의 친환경 제설 기술 연구)의 지원을 받아 수행된 연구임.

핵심용어 : 노면결빙, 상변화물질, 친환경제설, 고온염수, 포장체 가열

- ① 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : ohj@sit.re.kr)
- ② 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : wook@sit.re.kr)
- ③ 비회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : mcpark@sit.re.kr)
- ④ 정회원 · (주)동일기술공사 기술연구소장 (E-mail : hsj1117@empas.com)
- ⑤ 비회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀 주무관 (E-mail : rhtjdqh@seoul.go.kr)
- ⑥ 정회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀장 (E-mail : cywem@seoul.go.kr)

예방적 유지보수 공법 품질기준 도입에 관한 연구

최문규* · 발레리아** · 김동혁*** · 이문섭**** · 임재규***** · 정진훈*

일반국도의 도로포장 균열 및 표면결함은 보수시기를 놓칠 경우 파손이 급격히 진전되어 큰 파손으로 확장될 수 있다. 따라서 균열 및 표면결함 발생을 방지하거나, 진전을 막기 위해, 적절한 품질의 보수공법을 적용하는 것이 매우 중요하다. 예방적 유지보수는 균열 및 표면 결함 발생 방지 및 진전속도 지연을 위해 적용되는 보수 방법으로, 일반적인 구조적 유지보수에 비해 저비용으로 포장의 수명 연장을 기대할 수 있다. 국내에서는 예방적 유지보수에 대한 정의, 공법에 대한 소개, 개략적인 시공방법 등은 제시되어 있지만, 품질기준은 제시되어 있지 않다.

본 연구에서는 일반국도의 포장 공용수명 증대 및 효율적 예산사용을 위해 예방적 유지보수 공법의 품질기준을 재정립 하고자 한다. 국내에는 품질기준이 정립되어 있지 않기 때문에, 국외의 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), ASTM (American Society for Testing and Materials) 및 ISSA(International Slurry Surfacing Association), 국내 기후와 유사한 기후를 가지는 미국의 주 DOT(Department Of Transportation)의 시험기준을 도입하였다. 총 2회에 걸쳐 도입 하였으며, 1차적으로는 해외의 주된 시험항목을 기준으로 도입하였고, 2차에는 국내에서 사용가능한 시험항목과 KS시험방법을 도입하여 국내기준으로 도입 했다.

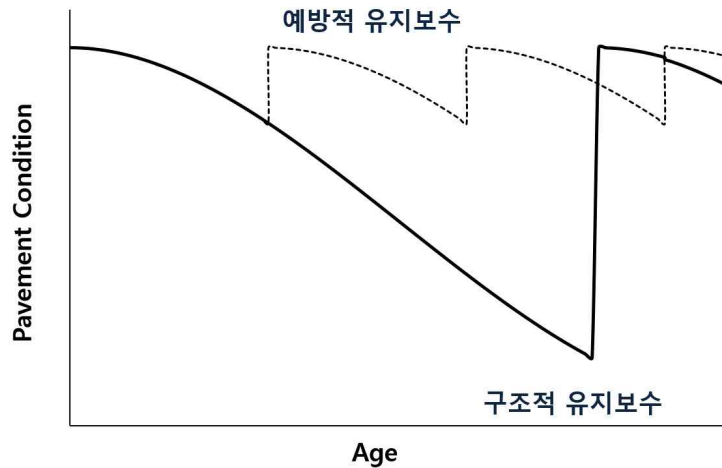


그림 1. 예방적 유지보수의 개념도

핵심용어 : 예방적 유지보수, 품질기준 정립, 아스팔트 포장, 일반국도

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : asnrb05@naver.com)
 ** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : vfoquico@gmail.com)
 *** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : my91kim@gmail.com)
 **** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 (E-mail : truepath@kict.re.kr)
 ***** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : jklim@kict.re.kr)
 * 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : jhj@inha.ac.kr)

드론과 인공지능을 활용한 교량 파손상태 인식모델 개발

채정환* · 현세권** · 도명식*** · 이동현****

70~80년대에 집중적으로 건설된 공공시설물은 급격한 노후화로 인한 성능 저하를 일으키고 있으며, 최근 수년간 크고 작은 시설물관련 사고가 발생하고 있다. 이는 막대한 재산 및 인명피해를 유발하여 정부 및 지자체는 이러한 문제를 해결하기 위해 ‘시설물 안전관리에 의한 특별법’, ‘지하안전관리에 의한 특별법’, ‘지속 가능한 기반시설관리 기본법’ 등 관련 법률을 제정/시행하고 있다. 도로시설물 중 교량은 풍수해 등의 자연재해에 따른 시민의 안전확보와 사회적 자산인 시설물 유지를 위한 주기적인 점검과 보수의 필요성이 증대되고 있고, 2019년 말 기준, 교량은 35,902개소(3,667km)로 전체 도로 연장의 3.3%를 차지하고, 평균 사용연수는 17.8년로 노후화가 심각한 것으로 조사되었다. 이러한 교량에 대한 기존 조사는 연 2회 필수적으로 정기점검을 인력식 현장조사로 실시하고 있으나, 비용과 시간이 막대하게 소모되고 안전, 비용, 사회적 측면에서 다수의 문제점이 존재한다.

따라서, 본 연구에서는 드론을 활용해 취득한 교량 파손상태 데이터를 활용하여 딥러닝 모델 중 Tiny-YOLO-V2와 Faster-RCNN 기법을 활용하여 교량의 파손상태 인식모델을 개발하고자 한다.

교량에서 발생하는 다양한 파손유형 중 드론을 통해 인식이 가능한 균열, 망상균열, 박리/박락, 철근노출, 도장 박리/부식을 본 연구의 파손유형으로 정의하였다. 파손 데이터는 프로펠러 전체가 가드로 둘러 쌓여있어 교량표면 및 하부상태 촬영에 적합한 Aibotix 드론장비를 통해 취득하였다. 수집된 영상데이터를 기반으로 교량의 파손을 탐지하기 위해 객체 인식 방식인 Tiny-YOLO-V2와 Faster-RCNN 기법을 활용하였으며, 모델의 성능을 검증하기 위해 영상인식분야에서 널리 활용되고 있는 FPPW(False Positives Per Window)와 검출율(Recall rate)지표를 활용하였다.



<그림 1> 교량 파손 판별 예시

핵심용어 : 드론, 교량손상유형, 딥러닝, FPPW

* 정희원 · 한밭대학교 산중교수·공학박사수료 (E-mail : fsfh7@hanbat.ac.kr)

** 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 석사과정 (E-mail : tokiohotel9404@gmail.com)

*** 정희원 · 한밭대학교 도시공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : msdo@hanbat.ac.kr)

**** 비회원 · (주)이도엔지니어링 대표이사 (E-mail : idoeng@naver.com)

야적된 순환골재를 사용한 순환 아스콘 물성변화에 관한 연구

강성일* · 유상민** · 문성제*** · 이재준****

건설폐기물의 총발생량은 2005년 4,815(톤/일)에서 2018년 8,828(톤/일)로 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한, 이상기후로 최장기간 장마와 국지성 호우, 폭염등으로 인해 도로에 포트홀과 균열 등이 발생해 주행자의 안전을 위협하고 있다. 위와 같이 공용기간 중 파손 및 공용성능의 상실로 인해 재포장 시 건설폐기물 중 폐아스팔트 콘크리트의 발생량 또한 증가하고 있다. 이러한 건설폐기물을 재활용 하기 위해 환경부에서는 2016년 “건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률 시행령”의 개정을 통해 건설폐기물의 재활용을 권장하고 있으며, 도로분야에서 폐 아스팔트 콘크리트의 재활용 의무사용량을 고시하여 폐 아스팔트 콘크리트는 순환 아스팔트 콘크리트용 순환 골재로 사용해야만 한다.

아스팔트는 공용기간에 여러 이유로 인하여 노화가 발생하게 되며, 노화가 발생함에 따라 초기의 연성을 상실하고 경화 및 취성의 증가로 내구성이 감소하고, 이는 포장체의 균열 발생의 원인이 된다. 이렇게 노화된 폐 아스팔트 콘크리트를 순환 아스팔트 콘크리트용 순환 골재로 사용하기 위해서는 순환 골재가 가지고 있는 노화된 구제 아스팔트 바인더의 물성 회복이 필요하다. 물성 회복은 재생첨가제를 사용하여 이루어지며, 재생첨가제 사용량 결정은 순환 골재가 가지고 있는 구제 아스팔트 바인더의 노화도에 따라 결정되어지나, 현재 생산 플랜트에 입고되는 순환 골재는 중간처리업을 통해 유통되며, 이러한 순환 골재는 여러 현장에서 발생한 폐 아스팔트 콘크리트가 혼합되어 유통되어 배합설계시와 실제 생산과정에 있어 순환골재의 노화도 변동이 발생하나, 플랜트에서 순환 골재의 이력을 정확하게 확인할 수 없어 순환 아스팔트 콘크리트의 품질관리에 어려움을 겪고 있다.

이에 본 연구에서는 순환 아스팔트 콘크리트의 품질관리 애로사항을 해결하고자, 실제 플랜트에 입고되는 순환 골재로 배합설계를 진행하였으며, 순환 골재의 노화도에 따른 물성의 비교를 진행하고자, 순환 골재의 노화를 위해 배합설계에 사용한 순환 골재를 외부야적을 진행하였다. 노화가 발생함에 따라 배합설계 시와 공극률, 마찰안정도, 흐름값, 간접인장강도, 터프니스 등을 비교하여 노화도에 따른 물성의 변화를 확인하고자 하며, 더불어 노화에 따른 순환 골재가 가지고 있는 구제 아스팔트 바인더의 물성 회복을 위해 사용하는 재생첨가제의 사용량을 분석하려 한다.

<표 1> 기간별 순환골재 재활용 의무사용량 고시(국토부 및 환경부)

| 연 도 | 12년 이전 | 13년 | 14년 | 15년 | 16년 이후 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 사 용 량 | 15% 이상 | 20% 이상 | 25% 이상 | 30% 이상 | 40% 이상 |

핵심용어 : 순환골재, 노화, 외부노화, 물성변화

* 정희원 · 에이알산업주식회사 기업부설연구소 주임연구원 (E-mail : ksi93011@gmail.com)

** 학생희원 · 전북대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : dnjshdj@nate.com)

*** 에이알콘크리트주식회사 대표이사 (E-mail : anstjdwp@gmail.com)

**** 정희원 · 인하대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr)

소음도 기반 보급형 포장상태평가 시스템 개발

한대석*

우리나라 전체 도로연장은 110,971km(2018년도 국토교통부 통계기준)로 전문적인 포장관리시스템을 통해 체계적으로 관리되고 있는 도로는 중앙정부 관리 소관 고속국도(4,717km), 일반국도(13,982km)로 전체연장의 17%에 해당한다. 상대적으로 관리환경이 열악한 전국 243개 지방자치단체소관의 83% 도로는 특별한 상태조사 없이 주민의 민원이나 순찰을 통해 응급보수를 시행 중이다. 이러한 사후보수로 인한 사회경제적 손실은 자체 추산결과 연 6,170억 원에 이른다.

지방자치단체에서 포장관리시스템을 도입하고자 해도 10억 원을 호가하는 조사장비와 운영관리비, 균열 관독에 필요한 추가 분석비용, 시스템 운영을 위한 전문인력 확보 등 지속적인 투자가 부담스러운 상황이다. 우리나라 전체도로에 포장관리시스템을 확대 도입하기 위해서는 초기투자비와 운영비가 저렴하면서도 포장 유지관리에 필요한 핵심정보를 생산해 낼 수 있는 저비용/고효율의 보급형 모니터링 기술개발이 선행되어야 할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 시각정보 및 고가센서에 의존해오던 기존의 포장상태조사의 패러다임을 과감히 탈피하여, 차량주행 시 발생하는 소음정보와 인공지능의 판단능력을 결합한 보급형 포장상태 모니터링 시스템을 개발하고자 하였다.

본 연구에서는 국제 타이어/노면 마찰소음 측정 규격인 ISO11819-2,3을 준용한 소음도 측정시스템을 자체 개발하고, 10m간격, 5개 등급으로 포장상태를 판정할 수 있는 인공지능을 탑재하였다. 또한 GPS정보와 판정결과를 연동하는 GIS맵핑 기능, 동영상/사진 매칭을 통한 현장 확인 기능, 측정결과와 통계처리 과정을 시스템의 서브기능으로 설계하여 도로관리자가 필요한 정보수요를 충족하고자 하였다.

개발된 인공지능의 정확도는 95%이상의 높은 신뢰성을 나타냈으며, 실제 현장적용을 통해 시스템의 실무 활용 가능성을 확인하였다. 향후 연구에서는 시스템의 신뢰성 확보를 위한 최적 인공지능 유형 평가, 학습데이터 최적화, 이상치 제거로직에 대한 연구가 필요하다.

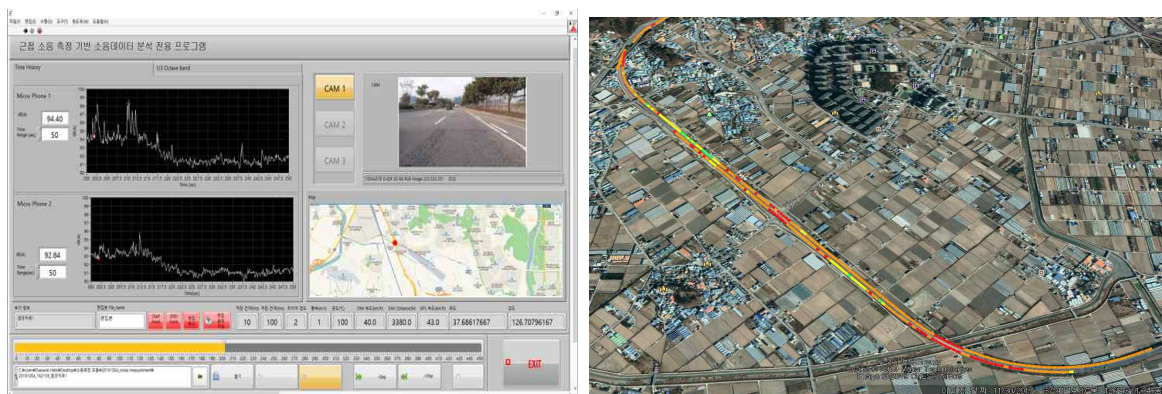


그림 1. 소음도-시 기반 보급형 포장상태평가 시스템을 활용한 서비스수준 측정/현장평가

핵심용어 : 포장, 서비스수준, 모니터링, 타이어/노면 마찰소음, 인공지능

* 정희원 · 한국건설기술연구원, 노후인프라센터, 수석연구원 (E-mail : handaseok@kict.re.kr)

비산먼지 저감 뒷채움용 석분슬러지의 특성 평가

이종원* · 백철민** · 양성린*** · 한수현****

도로포장공사는 대부분 인구, 교통량, 산업이 밀집되어 있는 서울 등 수도권을 중심으로 진행되고 있으며, 신설보다는 유지보수와 관련되어 있다. 특히, 최근 노후화된 지하매설물이 증가함에 따라 도심지 소규모 굴착복구 공사가 지속적으로 증가되고 있는 추세이며 이에 따른 미세먼지 및 비산먼지가 증가함에 따라 정부에서는 강력한 제재 조치를 시행 중이다. 소규모 굴착복구 시공단계는 아스팔트 콘크리트 재포장을 제외한 10단계로 이루어져 있으며 비산먼지가 많이 발생하는 단계는 노면 컷팅, 파쇄, 굴착, 복토 등이 있다. 한편, 쇄석 골재 생산 시 발생하는 석분슬러지는 원석 기준으로 약 5%이며 쇄석 생산량에 의한 발생량 추산 시 연간 1,500만톤 이상의 석분슬러지가 발생된다. 성토재 및 복토재로 재활용되기는 하나 현재 그 수준은 미비하며 매립 시 발생하는 운반비 및 추가 처리비용으로 인하여 대부분 불법 매립 또는 사업장 내에 야적하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 석분슬러지의 재활용 및 비산먼지 저감을 위한 복토용 뒷채움재 개발 재료로서 석분슬러지를 활용하기 위하여 특성 평가를 실시하였으며 향후 소규모 굴착복구 공사에서 발생하는 비산먼지 저감을 위한 기술개발에 기초연구로 활용하고자 한다.

표 1. 기초 물성 평가

| 시험항목 | 단위 | 시험 결과 |
|--------------|-------------------|----------|
| 최대치수 | mm | 5 |
| CBR시험(수정CBR) | % | 13.6 |
| 5mm 체 통과율 | % | 98 |
| 0.08mm 체 통과율 | % | 54.2 |
| 소성지수 | - | N.P(비소성) |
| 최대건조밀도 | g/cm ³ | 1.694 |

표 2. 유해성 평가

| 시험항목 | 단위 | 기준 | 시험 결과 |
|-----------|------|----------|-------|
| 납 | mg/L | 3 미만 | 불검출 |
| 구리 | mg/L | 3 미만 | 0.010 |
| 비소 | mg/L | 1.5 미만 | 불검출 |
| 수은 | mg/L | 0.005 미만 | 불검출 |
| 카드뮴 | mg/L | 0.3미만 | 불검출 |
| 6가크롬 | mg/L | 1.5 미만 | 불검출 |
| 시안 | mg/L | 1미만 | 불검출 |
| 유기인 | mg/L | 1미만 | 불검출 |
| 트리클로로에틸렌 | mg/L | 0.3미만 | 불검출 |
| 테트라클로로에틸렌 | mg/L | 0.1미만 | 불검출 |
| 기름성분 | % | 5미만 | 불검출 |
| 수분 | % | - | 10.1 |

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 19POQW-B152342-01).

핵심용어 : 비산먼지, 석분슬러지, 뒷채움재

* 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 박사후연구원 (E-mail : asca28@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 · 교신저자 (E-mail : cmbaek@kict.re.kr)

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 (E-mail : siyang@kict.re.kr)

**** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 학생연구원 (E-mail : hansoohyun@kict.re.kr)

Development of HPMS (Highway Pavement Management System) visualization tool based on open source program

Ki Hoon Moon*

The handling, modifying, and setting distinct sorting standards for various big data pool are crucial not only for construction but also for management process in road engineering. Currently, Korea Expressway Corporation (KEC) manages highway network condition monitoring by means of Highway Pavement Management System (HPMS) big data Data Base (DB) managing work. It can be said that variety types of data: such as pavement surface type (e.g. flexible or rigid pavement type), pavement management history, traffic amount (e.g. Annual Average Dailt Traffic: AADT) and expansion joint installation map, are contained in current HPMS DB system. For the past decades managing these big data DB was not a crucial task for small scale however, three significant issues on DB managing work on highway network system became to be needed:

- (1) Due to increase of highway network length (approximately 4,500km) handling, modifying and setting distinct data sorting standards for measured HPMS DB is highly needed.
- (2) More intuitive data visulization tool development is needed (Mostly the data contained in current HPMS is based on numerical expressions therefore, big data visualization tool with fast and intuitive expression method development is highly needed).
- (3) The developed visualization tool needs to be “open license based system”. Therefore, all the members in KEC can easily access, evaluate and analyze the HPMS DB with their own.

In this research, an open license HPMS DB visualization tool powered by commercial software “Tableau” was developed in KEC pavement research institute. This newly developed HPMS big data DB tool can provide not only fast, easy but also intuitive pavement condition analysis environment to its user for free access. With additional of future effort, this HPMS DB analyzing tool will also be incorporated into mobile smart phone system (Android and/or IOS system) in the near future.

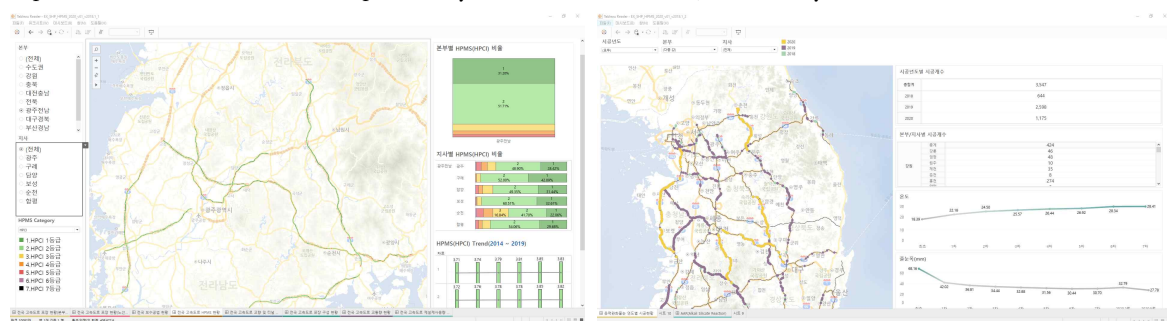


Figure 1: Samples of HPMS big data DB visualization tool (powered by “Tableau”)

Key-words : Highway Pavement Management System (HPMS), Big data, Visualization, Open source

* 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 (E-mail : moonx113@umn.edu)

제주도 현무암 순환골재를 이용한 도로편의시설용 콘크리트 제품 개발에 대한 기초적 연구

이겨레* · 박진오** · 박흥석*** · 김태현**** · 최홍범*****

제주도는 콘크리트용 골재를 대부분 육지에서 반입하고 있는 실정이나, 이는 운송비와 세척 작업에 소요되는 막대한 비용이 발생한다. 또한 제주도의 경우 건설공사시 발생하는 건설폐기물을 처리할 때 지금까지 주로 성복토 용으로 사용하고 있지만, 날로 늘어나는 건설폐기물로 인해 건설폐기물을 재활용한 순환골재 활용에 대한 필요성이 크게 증하고 있는 실정이다. 그러나 제주도 순환골재는 현무암을 많이 포함하고 있어 채취지역에 따라 골재의 공극형태가 달라 품질 변화가 크게 나타나기 때문에 제주도 순환골재만의 적합한 활용 방안 및 품질기준을 마련해야 할 필요가 있다.

건설폐기물은 친환경적인 적정처리와 효율적인 활용기술의 개발에 의해 콘크리트용 및 콘크리트제품 제조용 등 고부가가치로의 활용이 가능한 자원이나, 콘크리트제품의 경우에는 제조용이 약 11.8%, 아스팔트콘크리트 제조용이 약 3.6%로 활용되어 도로공사용 약 32.6% 보다는 활용성적인 측면에서는 저조한 실정이지만 제주도 현장조사 결과 그림 3과 같이 콘크리트 블록 및 경계블록, 플룸, 길어깨 등에 콘크리트 제품이 폭넓게 사용되는 것으로 나타났고, 실제로 제주도 순환골재 생산 업체에서도 콘크리트 제품에 관심을 보였다.

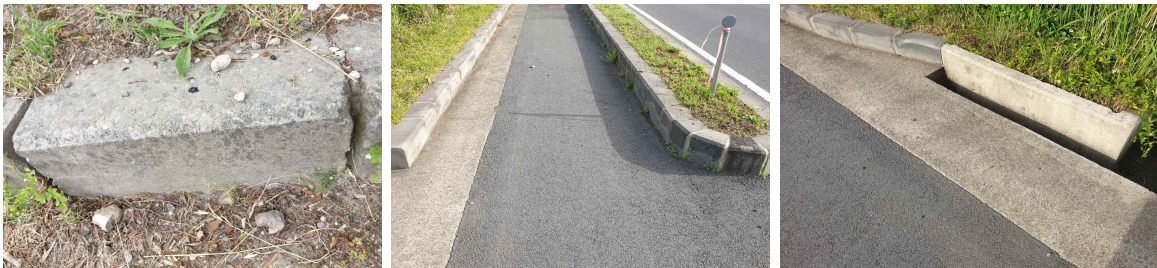


그림 1. 제주도 콘크리트 제품 활용 현황

콘크리트 제품의 종류는 다양하나, 본 연구에서 목표로 하는 도로 편의시설용 콘크리트 제품을 크게 프리캐스트 제품과 현장타설 제품으로 분류하였고, KS규정으로 제정되어 성능평가가 가능한 제품은 프리캐스트 제품의 경우 경계블록, 플룸 및 벤치 플룸, 콘크리트 적층 블록, 중앙분리대 등이 있고, 현장타설 같은 경우 옹벽 등이 있다.

본 연구는 한국건설기술연구원 운영비지원 사업 "순환자원 및 현무암을 활용한 제주 골재 활용기술 개발(20200510-001)"의 지원으로 수행되었습니다.

핵심용어 : 제주도, 순환골재, 현무암, 콘크리트 제품, 도로편의시설

* 정회원 · 한국건설기술연구원 전임기술원 (E-mail : leekr@kict.re.kr)
** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : doyle@kict.re.kr)
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : hspark@kict.re.kr)
**** 정회원 · 한국건설기술연구원 지원직 (E-mail : rokmc0988@kict.re.kr)
***** 정회원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 (E-mail : hongbeomchoi@kict.re.kr)

아스팔트 포장의 처짐량 정규화 및 온도 보정 연구

황현식* · 정유석** · 조복희*** · 조윤호****

공항 포장 비파괴평가 장비인 Heavy Falling Deflectometer는 40,000lb로 타격했을 때 12in 간격마다 가속 도계를 부착하여 처짐량을 계측한다. 처짐량 곡선은 탄성계수로 역산되어 포장의 잔존수명을 추정하고, 유지보수 의사결정을 위해 사용된다.

시멘트 콘크리트 슬래브는 온도에 따라 구조적 성능 변화가 크지 않은 반면에 아스팔트 콘크리트는 온도에 민감한 재료로 계절 및 일교차에 따라 거동이 다르다. Surface Curvature Index와 AREA 등 다양한 처짐량 평가 지수를 분석하였으나 온도 변화에 따라 변하는 재료 물성을 대표할 수는 없었다. 계절에 따른 포장 거동 변화를 분석하기 위해 2017년 여름부터 2018년 겨울까지 국내 공항의 아스팔트 포장 658개 구간에서 처짐량 평가를 실시했다. 거동 차이를 분석하기 위해 여름과 겨울철 D0(하중판 위치에서의 처짐량) 평균을 비교하였으며, 겨울에는 약 25mils 수준의 처짐량을 보이지만, 여름에는 약 42mils 수준으로 60% 이상 큰 처짐량이 계측되었다.

국내에서는 현재 미국 노스캐롤라이나 교통국에서 계측을 통해 도출한 포장 중간 깊이 추정 모델을 사용하고 있으며, 미국 텍사스 교통국의 온도 보정 모델과 비교하였다. 노스캐롤라이나 모델의 경우 과보정되어 고온에서의 탄성계수가 높게 평가되는 한계가 있었으며, 텍사스 모델은 덥고 습한 아열대 기후로 영하 15°C에서 600배 보정이 되는 한계가 있었다.

이에 계절별 처짐량 추적 조사를 바탕으로 온도 보정식을 제안하였으며, 그 외 구역에서 20°C 온도보정 후 탄성계수가 200,000psi에서 1,500,000psi 사이로 계산되었다. 국내 공항 맞춤형 아스팔트 포장 온도 보정식을 적용하여 보다 신뢰성 있는 공항포장평가 및 관리가 가능하다.

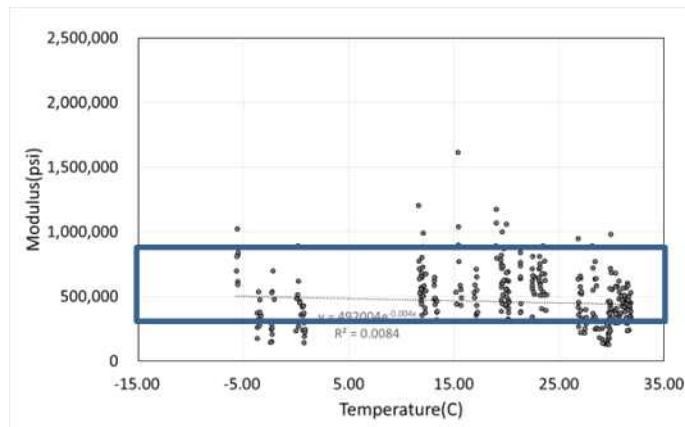


그림 1. 국내 공항 맞춤형 아스팔트 포장 온도 보정 후 탄성계수

핵심용어 : 아스팔트 포장, 처짐량 정규화, 온도 보정, 탄성계수 역산

- * 학생회원 · 중앙대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : hshwang@cau.ac.kr)
- ** 정회원 · 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 전임연구원 (E-mail : yooseok@kict.re.kr)
- ** 정회원 · 한국공항공사 항공연구소 선임연구원 (E-mail : rtbok1@airport.co.kr)
- *** 정회원 · 중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수 · 공학박사 (E-mail : yhcho@cau.ac.kr)

도로표면의 평탄화과정과 특이정보 좌표추출방법 개발

안성일* · 이문섭** · 김연태*** · 정진훈****

최근 머신러닝, 딥러닝 등 인공지능경망에 대한 기술이 발달함에 따라 다양한 공학 분야에 인공지능경망(이하 인공지능)이 적용되고 있다. 특히 가시적으로 볼 수 있는 영상처리 분야에서 Computer Vision 기반의 인공지능 기술의 활용이 두드러지고 있는데 이미지정보 내에서 검출을 희망하는 객체가 존재하는 경우, 보다 빠르고 정확한 검출이 가능하기 때문에 여러 산업에 걸쳐 쉽게 적용이 되고 있다.

도로인프라의 경우 그 길이가 1억 570만미터에 달하지만 전체 도로를 한 번에 관리할 인력 및 비용의 부족으로 빠르고 유기적인 관리를 하는 데에는 현실적으로 문제가 있다. 따라서 도로인프라 분야에서도 인공지능을 활용해 도로표면상의 특이정보(이하 맨홀, 균열, 차선, 포트홀 등)를 파악하고 관리하는 기술이 개발되고 있다. 이에 본 연구에서는 도로인프라의 관리하기 위해 선행적으로 요구되는 도로 표면상의 특이정보에 대한 인식기술을 개발하였다.

본 연구에서는 기존의 도로포장 관리기술의 한계점을 보완하고 자동화하기 위한 선행기술로, 영상처리 기술과 인공지능 기술을 기반으로 도로인프라 상의 특이정보 좌표를 추출하는 방법을 개발하였다. 이는 Morphology 변환, 이미지 이진화, 인공지능 단계로 나누어 진행하였으며 그레이 스케일로 도로인프라 정보에 대해 Morphology 연산 필터를 활용해 검출을 희망하는 정보만을 보존하는 이미지로 변환하였고 변환된 이미지는 이진화 단계에서 해당하는 정보와 해당되지 않는 비정보 영역을 흑색영역, 백색영역으로 명확하게 분류하였다. 이후 인공지능경망을 통해 특이정보의 검출과 픽셀 영역의 좌표추출을 진행하였다. 본 연구에서는 위 기술들을 통해 결과물을 도출한 뒤 추출된 보조데이터들의 상호비교와 조합하는 방식으로 연구를 진행하였으며 도로인프라의 특이정보에 대한 특징을 추출하였다.

향후 인공지능 고도화 및 이미지 전처리 단계의 이미지 CROP 등의 작업을 추가하여 소프트웨어를 개선하여 실제 사용화 수준으로 소프트웨어를 개선하는 것을 목표로 하고 있다.



그림 1. 도로표면의 특이정보 특징추출 결과

핵심용어 : 도로정보, 특징추출, 노이즈제거, 영상처리, 인공지능, GAN

* 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : cfdl00@naver.com)

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : truepath@kict.re.kr)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kyt@kict.re.kr)

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

마이크로 써페이싱의 품질기준분석

발레리아* · 최문규** · 김동혁*** · 이문섭**** · 김연태***** · 정진훈*

Although pavement preservation treatments do not enhance structural capability it has recently been on high demand due to the limited funds accessible for road maintenance. Among the pavement preservation treatments, micro-surfacing is one of the widely used around the world. Micro-surfacing is a cold mixed system composed of polymer-modified asphalt emulsion, high-quality mineral aggregates, mineral filler, additives and water placed for functional improvements rather than structural improvements.

The aim of this study is to analyze the quality standards of Micro-surfacing treatments. Laboratorial tests performed on micro-surfacing mixtures still lack credibility due to the lack of engineering component part when evaluating the results. Although laboratorial tests do not have a direct correlation with how the mixture will perform on field, tests such as wet cohesion, wet stripping, wet-track abrasion and Loaded wheel test (sand adhesion) are recommended by ISSA for micro-surfacing mixture analysis. The tests recommended by ISSA were performed in accordance with ISSA TB (139, 114, 100 and 109) respectively. Laboratorial results were first performed on material received weeks before the placement of a micro-surfacing treatment and the second laboratorial tests were performed on materials used on the field in the placement of a micro-surfacing treatment.

Various factors such as aggregate type, water content, asphalt content, environmental condition can greatly influence the performance of micro-surfacing mixtures. Based on the study it can be noted that there were differences between the test results obtained from the materials received weeks before the placement of the treatment and the results obtained from the materials obtained on the field. From the tests performed on emulsified asphalt it was confirmed that the viscosity did not satisfy the standards suggested by ISSA for both samples. Therefore can be concluded that the loaded wheel test for the field materials did not satisfy the recommendations due to the change in the quality of the materials received weeks before the placement of the micro-surfacing treatment.

Keywords : Micro surfacing, Quality evaluation, Prevented Maintenance

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : vfoquico@gmail.com)
** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : asd930407@naver.com)
*** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : my91kim@gmail.com)
**** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원 (E-mail : truepath@kict.re.kr)
***** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 전임연구원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : kyt@kict.re.kr)
* 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

SBS 개질 아스팔트의 노화도 분석에 관한 기초연구

유상민* · 박태규** · 권오선*** · 이재준****

최근 국내외 모두 자원고갈 문제를 해결하기 위해 토목산업의 도로포장분야에서는 산업폐기물인 RAP(Recycled Asphalt Pavement) 사용에 대해 많은 관심을 가지고 있다. RAP를 사용하기 위해선 RAP의 노화도를 파악해서 정도에 따라 재생첨가제 및 신규아스팔트를 사용하여 노화에 의한 손상을 복구시켜야 한다. 현재는 RAP로부터 구재바인더를 추출·회수하여 절대점도, 침입도 시험, DSR(Dynamic Shear Rheometer)을 통해 노화도를 평가하거나 FTIR 분석을 하여 아스팔트 노화도의 지표로 사용되는 카르보닐(Carbonyl)과 설펜사이드(Sulfoxide)의 증가량을 통해 노화도를 분석한다. 하지만 이 방법들은 모두 바인더 추출·회수과정이 필요하며 대다수의 플랜트가 보유하고 있지 않으므로 노화도 평가에 어려움을 겪고 있어 추출·회수과정이 필요하지 않은 방법을 제시하고자 한다.

본 연구의 목적은 SBS(Styrene-Butadiene-Styrene)폴리머가 첨가된 개질 RAP의 노화도를 구재 바인더를 회수하지 않고 평가하기 위해 KS규격에 따라 3종류의 바인더를 회수하여 절대점도, 침입도 시험 및 FTIR 분석을 진행하여 노화도를 평가하고, 바인더를 회수하지 않은 개질 RAP로 모르타르를 제작하여 IDT시험 결과와 상관관계를 나타내었다.

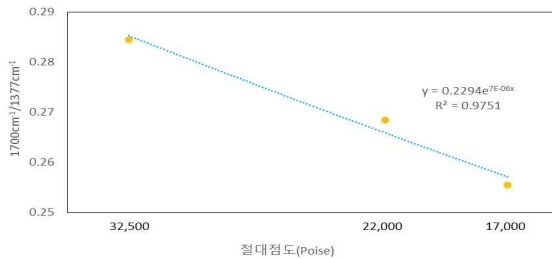


그림 1. FTIR 특성피크비와 절대점도 상관관계

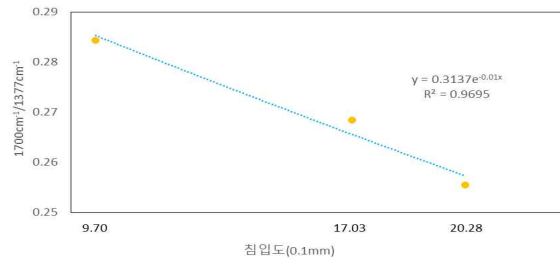


그림 2. FTIR 특성피크비와 침입도 상관관계

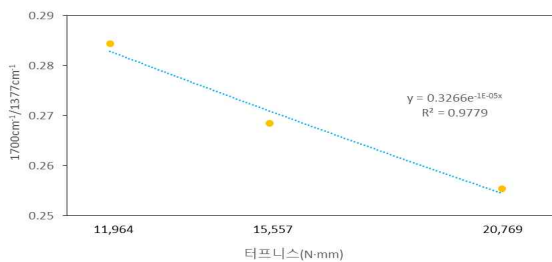


그림 3. FTIR 특성피크비와 터프니스 상관관계

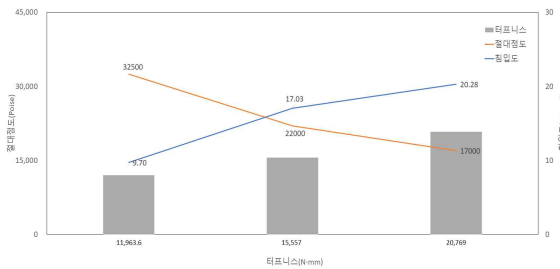


그림 4. RAP 침입도, 절대점도, 터프니스 결과

핵심용어 : FTIR, 절대점도, 터프니스, RAP

* 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : dhshdj@naver.com)
 ** 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 학사과정 (E-mail : teaku23@naver.com)
 *** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 (E-mail : pooh2461@ex.co.kr)
 **** 정회원 · 전북대학교 방재연구센터 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr)

현장조사를 통한 노후도 및 파손 원인분석

김정무* · 김기덕** · 박성규*** · 김용만**** · 박천길*****

경기도는 “2019 포장유지관리시스템 조사결과 분석” 용역을 통해 도 관리 도로포장의 노후도 현황 및 파손 원인을 분석하였다. 이를 위해 도 관리 지방도에 대해 코어채취 및 연속식 도로지지력 평가장치(RDD, Rolling Dynamic Deflectometer)를 활용하여 현장조사와 분석을 수행하였다. RDD조사와 함께 포장의 노후화 및 조기파손의 원인을 분석하기 위해 아스팔트 콘크리트 포장의 종류별, 심각도별 균열 발생 구간의 코어채취를 실시하여 포장내부 상태와, 균열 깊이, AC층두께 등을 분석하였다(그림 1).

코어채취 결과 각 노선별로 최대 및 최소 아스팔트층 두께의 편차가 큰 노선이 많았으며, 아스팔트층의 전체 평균 두께는 235mm으로 나타났다. 총 45개의 코어시편의 분석결과 96%인 43개에서 수분손상(그림 2)이 관찰되었다. 조사구간에 대한 RDD 연속 탄성계수 역산결과 5,000 ~ 6,000 MPa 내외로 탄성계수가 분포한 것을 알 수 있다(그림 3).

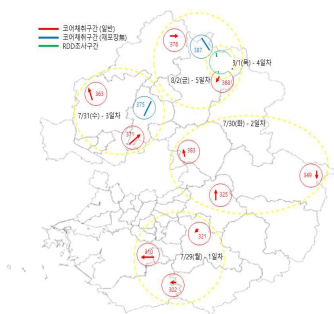


그림 1. 코어채취 현장조사 구간 위치



그림 2. 코어채취 결과

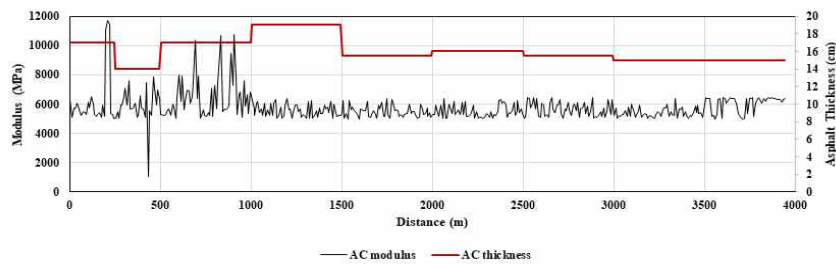


그림 3. RDD 포장조사구간 아스팔트 연속 지지력 역산결과

핵심용어 : 도로포장 노후화, 수분손상, RDD

* 정회원 · 경기도 건설국 도로안전과 · 기술사 (E-mail : jmkim1126@gg.go.kr) - 발표자
 ** 정회원 · (주)아이리스테크놀로지 · 공학석사 (E-mail : paestum3@iristek.co.kr)
 *** 경기도 건설국 도로안전과 · 도로안전과장 (E-mail : psg3538@gg.go.kr)
 **** 경기도 건설국 도로안전과 · 도로포장관리팀장 (E-mail : yong1997@gg.go.kr)
 ***** 경기도 건설국 도로안전과 · 주무관 (E-mail : parkchg@gg.go.kr)

경기도 도로포장관리시스템 구축

김정무* · 김기덕** · 박성규*** · 김용만**** · 박천길*****

도로포장유지관리시스템(PMS : Pavement Management System, 이하 PMS)이란 복잡하고 방대한 관할 도로망을 정기적인 포장상태 조사 및 평가를 통해 보수대상구간을 선정하고 최적의 보수우선순위 및 보수공법 선정과 함께 포장의 설계, 시공 및 유지관리의 각 단계별로 개선사항을 도출하여 궁극적으로 제한된 예산을 합리적으로 효율적으로 운영하기 위한 과정을 말한다.

경기도는 2016년 이후 PMS를 본격적으로 도입하여 현재 1단계(~2020년)사업을 수행하고 있다. 1단계 1차년도(2016년~2017년)에서는 PMS 전문인력 확충 및 도로포장상태 조사차량을 구입하고 2017년도부터 도내 관할 지방도 1차로에 대한 조사를 시작하였다. 2차년도(2017년~2018년)에는 총 연장 2,772km(1차로 환산연장 6,282km)에 대한 도로포장 1차 전수조사를 완료하였으며, 3차년도(2018년~2019년)에는 “지능형 도로포장상태 예측 및 예방시스템 개발” 용역을 통해 인공지능을 활용한 자동균열분석 프로그램을 개발하고 조사결과 입력 시 1차적으로 균열이 분석될 수 있도록 하였다. 4차년도(2019년~2020년)에는 현재 시스템의 안정화 작업을 통해 PMS의 완성도를 높이는 작업을 수행 중에 있다.

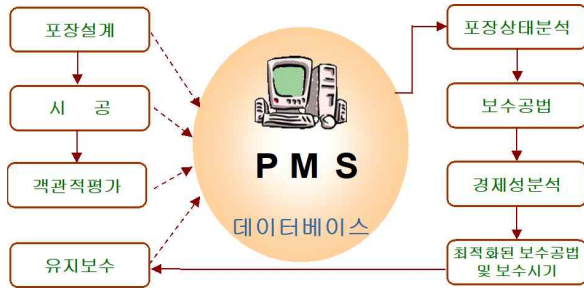


그림 1. PMS 개념도



그림 2. 경기도 PMS 체계

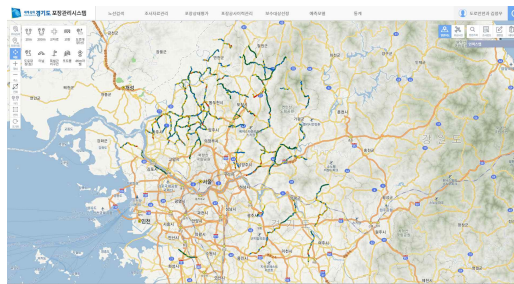


그림 3. 경기도 도로포장유지관리시스템

핵심용어 : 경기도, PMS, AI, 균열 자동분석

* 정회원 · 경기도 건설국 도로안전과 · 기술사 (E-mail : jmkim1126@gg.go.kr)-발표자
 ** 정회원 · (주)아이리스테크놀로지 · 공학석사 (E-mail : paestum3@iristek.co.kr)
 *** 경기도 건설국 도로안전과 · 도로안전과장 (E-mail : psg3538@gg.go.kr)
 **** 경기도 건설국 도로안전과 · 도로포장관리팀장 (E-mail : yong1997@gg.go.kr)
 ***** 경기도 건설국 도로안전과 · 주무관 (E-mail : parkchg@gg.go.kr)

폐비닐 재활용 건설재료를 통한 도로굴착복구 임시포장 개선방안 연구

마경훈* · 이진욱** · 기동원*** · 강신영**** · 오한진*****

산업의 고도화 및 도시화가 지속적으로 진행됨에 따라, 국내에서 발생하는 폐기물의 총량은 2013년 이래로 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다(한국환경공단, 2019). 특히 최근에는 코로나19 사태의 영향으로 모든 영역에서 비대면 중심의 활동이 확산되면서 택배 물량이 급증하였으며, 이에 따라 포장용 합성수지(비닐류)가 대량으로 소모되어 폐비닐 배출량 또한 증가할 것으로 예상된다.

한편, 현행 도심지 도로굴착복구 공사는 교통특성 상 장시간 교통차단이 어렵기 때문에 당일굴착 및 당일복구를 원칙으로 하고 있다. 시간적 제약으로 인해 보수부위에서 충분한 다짐도를 확보하는 데 한계가 있으므로, 임시포장을 시공한 뒤 교통개방을 통해 자연다짐을 실시한다. 추후 다짐도가 확보되면 항구복구를 실시하여 본포장을 시공하는데, 이때 임시포장에 사용되었던 아스콘은 비재생 건설폐기물로 배출되어 환경적으로 문제가 되는 실정이다.

본 연구에서는 폐비닐 재활용 건설재료를 활용하여, 현행 도심지 도로굴착복구 임시포장을 개선할 수 있는 방안을 모색하였다. 기존 폐비닐 재활용 임시포장 블록의 하부구조를 보완하여, 그림 1과 같이 폐비닐 임시포장 블록 간 체결구조를 고안하였다. 각 블록을 연결하는 프레임은 교통하중을 고르게 분포시키므로 자연다짐으로도 지반을 균등하게 다질 수 있다. 또한 블록을 프리캐스트로 제작·체결할 경우 현장에 신속히 시공가능하므로 당일굴착 및 당일복구를 실시하는 도심지 도로굴착복구 공사에서 효과가 클 것으로 기대된다. 이와 더불어, 폐비닐의 소모는 물론 기존 항구복구 시 필연적으로 발생했던 폐아스콘을 저감시키는 등 자원의 선순환 효과를 함께 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

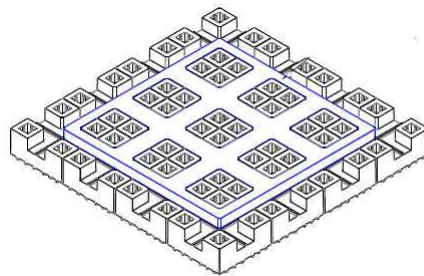


그림 1. 폐비닐 블록 하부 체결구조

본 연구는 서울기술연구원(2019-AA-011, 비재생 폐기물 재활용을 통한 친환경 건설재료 및 적용기술 개발 연구)의 지원을 받아 수행된 연구임.

핵심용어 : 폐비닐, 재활용, 임시포장, 도로굴착복구, 신속시공, 자원순환

* 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 전임연구원 (E-mail : mamae3927@sit.re.kr)
** 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : wook@sit.re.kr)
*** 비회원 · 서울기술연구원 생활환경연구실 연구위원 (E-mail : dongwonk@sit.re.kr)
**** 비회원 · 서울기술연구원 생활환경연구실 전임연구원 (E-mail : sykang0610@sit.re.kr)
***** 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : ohj@sit.re.kr)

교통시물레이션 기반 도심 지하도로 설계요소 도출을 위한 적용 사례 검토 연구

박상현* · 이진각** · 강영균***

전 세계적인 도시집중 현상은 지속적으로 가속화되고 있으며, 이는 도시 자원 및 인프라 부족, 교통혼잡, 에너지 문제로 이어지고 있다. 우리나라의 경우에도 인구의 90% 이상이 도시에 거주하고 있는 상황을 감안한다면 도시공간에 대한 효율적인 운영방안 및 재분배에 대한 고민이 필요하며, 이미 성장에 성장을 거듭한 도시지역의 경우에는 더 이상 평면적인 재분배가 아닌 입체적인 도시공간을 만들어야 한다는 새로운 인식변화가 필요하다. 이에 최근 도시 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나로 도심도와 같은 지하공간을 활용하여 개발하는 사례들이 많이 나오고 있다.

지하도로 건설시 고려해야 할 여러 설계요소들이 기하구조상 유사한 형태를 띠고 있는 터널에 적용하는 지침을 대부분 그대로 준용함으로써 도심도 지하도로 특성을 제대로 반영하는 것에 한계를 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 교통시물레이션 기반 도심 지하도로 설계요소 도출을 위한 적용 기준 및 지침 검토를 수행하여 향후 개발될 여러 형태의 도심도 지하도로 건설에 보다 효율적이고 안전한 운영이 될 수 있는 방안을 모색하였으며, 다음의 표는 “도시지역 지하도로 설계지침”을 중심으로 교통시물레이션 분석시 필요한 설계요소들을 검토하여 정리한 것이다.

표 1. 교통 시물레이션 분석시 고려해야할 설계요소

| 구분 | 주요 내용 | 비고(예시) |
|--------|-------------|-------------------|
| 도로기하구조 | 본선구간 차로수 | 편도 2차로 |
| | 연결로 차로수 | 1차로, 2차로 |
| | 폭원(본선, 길어깨) | 본선 3.5m, 길어깨 1.0m |
| 교통조건 | 종단경사 | 6~8% |
| | 서비스수준 | D이상 |
| | 설계속도 | 80km/h, 100km/h |
| | 제한속도 | 최저속도, 최고속도 |
| 규제사항 | 용량 | 도로용량편람 기준 적용 |
| | 차종제한 | 지하도로 특성 고려 |
| | 차로변경 허용 | 시나리오 구성 분석 |

또한 교통시물레이션 기반 도심 지하도로 건설시 필요한 설계요소들을 파악하고자, 터널을 포함한 지하도로를 사례로 국내외 적용사례를 검토하였으며, 이를 기반으로 본 연구에 적용할 요소들을 파악하였다. 그 결과 운전자 행태가 반영된 설계요소 및 기준 값들이 필요하다고 판단되었으며, 이는 여러 형태의 시나리오 설정과 다양한 군의 운전자들의 실험이 함께 이루어져야 할 필요성이 있다.

이에 향후 확장된 형태의 연구진행을 위해서는 교통시물레이션 분석 툴과 연동이 가능한 시뮬레이터 활용 및 다양한 연령대와 많은 실험 데이터 수집이 필요할 것으로 보인다.

핵심용어 : 전기비저항 탐사, 싱크홀, 연약지반, 공동

* 정희원 · (주)내일이엔시 도로교통안전연구소 연구원, 공학석사 (E-mail : psh12365@naver.com)

** 정희원 · (주)내일이엔시 도로교통안전연구소 소장, 공학박사 · 교신저자 (E-mail : leejinkak@naver.com)

*** 현대건설 기술연구소 부장, 공학박사 (E-mail : ykkang@hdec.co.kr)

AHP 기법을 통한 도로 노면표시 유지관리 우선순위 인자 선정

백순호* · 전연수** · 박은민*** · 백종은**** · 이상엽*****

도로포장에서 노면표시는 시인성 확보를 통한 운전자의 안전을 보장하는 중요한 시설이다. 현재 도로 노면표시 유지관리는 담당자의 현장조사 결과를 토대로 휘도가 현저히 저하된 구간에 대해 유지보수가 이루어지고 있으며 민원신고 지역을 대상으로 보수를 하고 있다. 그 외 유지관리가 필요한 구간들은 예산 부족으로 인하여 보수가 적시에 이루어지지 않고 있다.

본 연구는 노면표시의 유지관리에 필수적인 요소를 도출하여 이를 바탕으로 구간별 점수 산출 및 등급화를 통한 보수 우선순위 결정으로 효율적인 유지보수 전략을 수립하기 위한 목적으로 수행되었다.

본 연구에서는 ‘노면 표시 보수’의 특성을 고려하여 교통량, 민원 발생 건수, 보수물량(연장), 시공 이력(재도색 시기/노후화), 도로기능과 도로등급 등을 우선순위 선정 시 고려 되어야할 기준항목으로 도출하고자하였으며, 평가에 대한 객관성을 확보하기 위해 노면표시 감독기관을 비롯하여 시공 및 감리업체 등 관련업체 종사자 20인을 대상으로 ‘도로 노면표시 보수 의사결정 우선순위 선정’에 대한 1차 설문조사를 실시하였으며, 다음과 같은 결과를 산정하였다.

표 1. 노면표시 유지관리 인자 선정(1차)

| 단위: 건 | 교통량 | 민원 건수 | 최종 도색 후 경과시간 | 차로 수 | 버스전용차로 유무 | 교통사고 발생 건수 | 기타1 | 기타2 |
|--------------|-----|-------|--------------|------|-----------|------------|-----|-----|
| 1순위 | 6 | 6 | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 2순위 | 6 | 9 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3순위 | 2 | 2 | 5 | 3 | 1 | 5 | 1 | 1 |
| 4순위 | 5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 |
| 5순위 | 0 | 1 | 2 | 11 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 6순위 | 1 | 0 | 1 | 2 | 10 | 6 | 0 | 0 |
| 7순위 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 17 | 1 |
| 8순위 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 17 |
| 최종선정 | 90 | 97 | 83 | 45 | 31 | 57 | 10 | 7 |
| 1-3순위 응답률(%) | 70 | 85 | 70 | 15 | 5 | 40 | 10 | 5 |

선정근거: 1-3순위 응답률이 과반수를 넘음

표 2. 노면표시 유지관리 인자 가중치 선정(2차)

| 항목 | 가중치 | 순위 |
|-----------------------|------|----|
| PMI 지수 | 0.17 | 2 |
| 도로포장 노후도 | 0.14 | 4 |
| 민원건수 | 0.42 | 1 |
| 교통량 | 0.16 | 3 |
| 차로수 | 0.11 | 5 |
| [Total] | 1.00 | |
| [Max Eigenvalue] | 5.05 | |
| [Consistency Index] | 0.01 | |
| [Consistency Ratio] | 0.01 | |

1차 설문조사 결과 민원 건수, 교통량, 최종 도색 후 경과시간 순으로 중요한 인자로 선정하였으며, 결과내용을 바탕으로 AHP(Analytic Hierarchy Program) 분석을 위한 최종 변수를 노면표시를 지수로 정량화한 PMI(Pavement Marking Index), 도로포장 노후도, 민원건수, 교통량, 차로수 5가지로 선정하였다. 이후, 관련 기관 종사자 14인을 대상으로 AHP 보수우선순위 평가 및 노면표시 유지관리방법에 대한 2차 설문조사를 실시하였으며, 조사 결과를 반영하여 각 인자에 가중치를 부여하여 도로 노면표시의 유지관리에 대한 우선순위를 산정하였다. 이를 기반으로 유지보수 우선순위에 따른 적정 보수대상구간을 제시함으로써 체계적이고 효율적인 유지관리에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 노면표시, AHP 기법, 노면 유지관리 우선선정


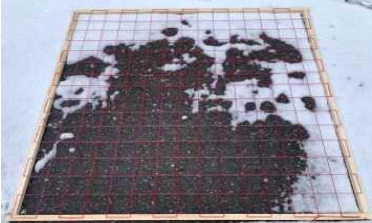


* 학생회원 · 인덕대학교 건설안전공학과 학사과정 (E-mail : sksssong@naver.com)
 ** 정회원 · 서울시립대학교 도시과학연구원 석사 (E-mail : qkdsiddl@uos.ac.kr)
 *** 서울특별시 도로관리과 주무관 (E-mail : 2mpark@seoul.go.kr)
 **** 서울특별시 도로관리과 팀장 공학박사 (E-mail : cywem@seoul.go.kr)
 ***** 정회원 · 인덕대학교 건설안전공학과 조교수 · 공학박사 (E-mail : yummy0220@induk.ac.kr)

제설제 소금수용액 적용 방안 검토

오한진* · 이진욱** · 박민철*** · 고성보**** · 최연우*****

대표적 제설제인 염화칼슘은 -10℃ 이하 저온에서는 제설성능이 우수하나, 흡습성이 강하여 보관 시 습기를 차단하기 위한 주의가 필요하고, 자재 수급을 대부분 수입에 의존하고 있다. 소금은 -5℃ 이상에서 염화칼슘과 제설성능이 유사하며, 염화칼슘 대비 가격이 저렴하고, 구매 및 보관이 용이하다. 따라서, 겨울철 강설 발생 시 최저기온이 -5℃ 이상인 지역에서 습염식 제설(염화칼슘수용액+소금) 및 액상살포기에서 염화칼슘수용액을 소금수용액으로 변경하는 방안에 대하여 성능검증을 수행하였다. 농도별 제설제수용액의 제조 및 보관성 검토 결과, 수용액 농도에 따라 소금 및 염화칼슘 10%, 15% 수용액은 -15℃에서 보관 2시간 만에 결빙이 발생하였다. 따라서 수용액은 포화용액으로 제조하는 것이 겨울철 보관에 용이하며, 제설제 살포량을 감소시키기 위해 저농도로 제설제 수용액을 제조하는 것이 아니라, 포화용액으로 제조한 후 제설작업 시 단위면적당 살포량(g/m²)으로 조절하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 고상소금과 각 농도별 제설제수용액을 혼합 살포한 습염 제설방식을 적용한 경우에 대하여 -5℃에서의 용빙성능 시험 결과, 소금수용액 20% 농도와 염화칼슘수용액 30% 농도를 사용한 습염 제설방식의 용빙성능은 염화칼슘수용액 대비 소금수용액의 용빙성능이 약 90% 이상 발휘되어 유사한 용빙성능을 발휘하는 것으로 분석되었다. 또한, 제설제 수용액 종류에 따른 습염제설 현장 제설성능 시험 결과, 수용액 변경에 따른 제설성능 차이는 미비한 것으로 나타났다.

표 1. 수용액 변경에 따른 습염제설 현장 제설성능 시험 결과

| 시험시간 | 30분 경과 | 120분 경과 |
|------------------------------|---|--|
| 시험조건 | • 온도: 대기 0.0℃, 노면 -7.6℃ • 적설량: 3cm | • 온도: 대기 2.6℃, 노면 -6.0℃ • 적설량: 1cm |
| 습염제설 염화칼슘 수용액 (30%) |  |  |
| 습염제설 소금 수용액 (20%) |  |  |

본 연구는 서울기술연구원(2019-AA-008, IoT기반의 친환경 제설 기술 연구)의 지원을 받아 수행된 연구임.

핵심용어 : 제설제, 습염식 제설, 소금수용액

- * 정희원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : ohj@sit.re.kr)
- ** 정희원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : wook@sit.re.kr)
- *** 비희원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : mcpark@sit.re.kr)
- **** 비희원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀 주무관 (E-mail : rhtjdqh@seoul.go.kr)
- ***** 정희원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀장 (E-mail : cywem@seoul.go.kr)

서울시 제설작업 특성 분석

오한진* · 이진욱** · 박민철*** · 최성철**** · 고성보***** · 최연우*

서울시 제설작업에 사용되는 제설제의 종류는 소금, 염화칼슘 및 염화칼슘 수용액과 환경인증 제설제이다. 주된 제설방법은 차량에 의한 습염식(염화칼슘수용액+고상소금) 제설제 살포이며, 상습결빙 구간 등 제설작업 취약구간의 경우 자동액상살포장치를 설치하고 염화칼슘수용액을 살포하여 제설작업을 수행하고 있다. 서울시 제설현장 관리시스템에 구축된 제설작업 데이터를 기반으로 기상상황에 따른 제설제 살포량 분석을 수행하였다. 강설량이 증가할수록 제설제 사용량은 증가하는 것으로 나타났다. 다만, 강설량이 1cm 이내로 발생하였을 때 제설제 살포량에 많은 편차가 발생하였는데, 제설작업 수행 시 강설량 뿐만 아니라 기온 등을 고려하여 제설작업 효율을 위해 제설제가 다량 살포된 것으로 분석되었다. 기온에 따른 제설제 사용은 -1℃ 이하의 경우 기온 하강에 따라 제설제 사용량이 증가하였으나, 0℃ 이상의 기온에서는 온도가 증가할수록 제설제 사용량이 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 시도 및 주요간선도로 등 자동차전용도로 즉, 교통량이 많은 구간의 제설을 담당하는 도로사업소 및 시설공단의 단위면적당 제설제 사용량이 구도 및 일반 이면도로의 제설을 담당하는 자치구보다 적게 사용되는 것으로 분석되었다. 이에, 과학적이고 체계적이며, 제설제 사용을 최적화시킬 수 있도록 서울시의 기상 상황과 교통 흐름에 맞는 제설제 살포량 기준 개발과 및 제설작업 장비에 IoT 및 제어기술 등을 활용한 스마트 제설작업 시스템 구축이 필요하다.

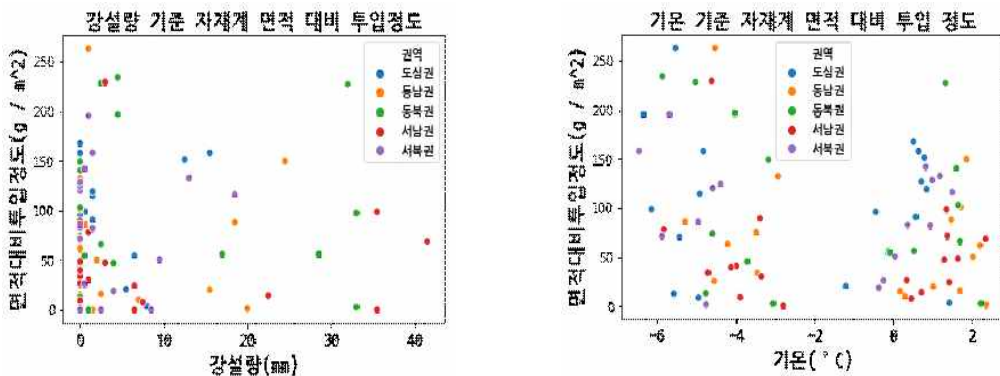


그림 1. 강설상황에 따른 제설제 사용량

본 연구는 서울기술연구원(2019-AA-008, IoT기반의 친환경 제설 기술 연구)의 지원을 받아 수행된 연구임.

핵심용어 : 제설대책, 강설량, 평균기온

- ① 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : ohj@sit.re.kr)
- ② 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : wook@sit.re.kr)
- ③ 비회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : mcpark@sit.re.kr)
- ④ 비회원 · 가천대학교 산업경영공학과 조교수 · 사천데이터과학연구센터장 (E-mail : sc82.choi@gachon.ac.kr)
- ⑤ 비회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀 주무관 (E-mail : rhtjdqh@seoul.go.kr)
- ⑥ 정회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀장 (E-mail : cywem@seoul.go.kr)

체계적 제설대책 수립을 위한 서울시 강설상황 분석

오한진* · 이진욱** · 박민철*** · 최성철**** · 고성보***** · 최연우*

체계적이며 효율적인 제설대책 수립을 위하여 최근 겨울의 기온 상승 및 강설 패턴 변화 등 기후환경 변화에 따른 서울시의 강설상황 분석을 수행하였다. 2009년부터 2018년까지 서울시 및 각 자치구의 기상데이터를 수집하였다. 서울시의 강설 발생일의 평균 기온은 약 -2°C 이며, 최저온도는 약 -5°C 이상에서 발생하는 것으로 분석되었다. 2013년 이후 서울시 강설량 총합 및 강설횟수는 점차 감소하였으며, 1회 평균 강설량의 뚜렷한 감소는 발생하지 않았으며 2cm 이내로 강설이 발생하는 것으로 분석되었다. 또한, 강설 발생일의 최대 기온은 영상이나 다음날 최저기온은 영하로 하강하는 것으로 분석되었다. 강설이 가장 많이 발생한 시간대는 자정, 정오 및 퇴근 시간대이며, 자정부터 새벽까지는 영하의 온도로 강설이 발생하고, 낮부터 퇴근 시간대는 영상의 기온에서 발생하였다. 시간에 따른 강설량은 영하의 기온인 자정 및 새벽녘에는 1cm 이내로 적었으며, 영상의 기온인 퇴근 시간대인 17시 ~ 20시 사이에 가장 많이 발생한 것으로 분석되었다.

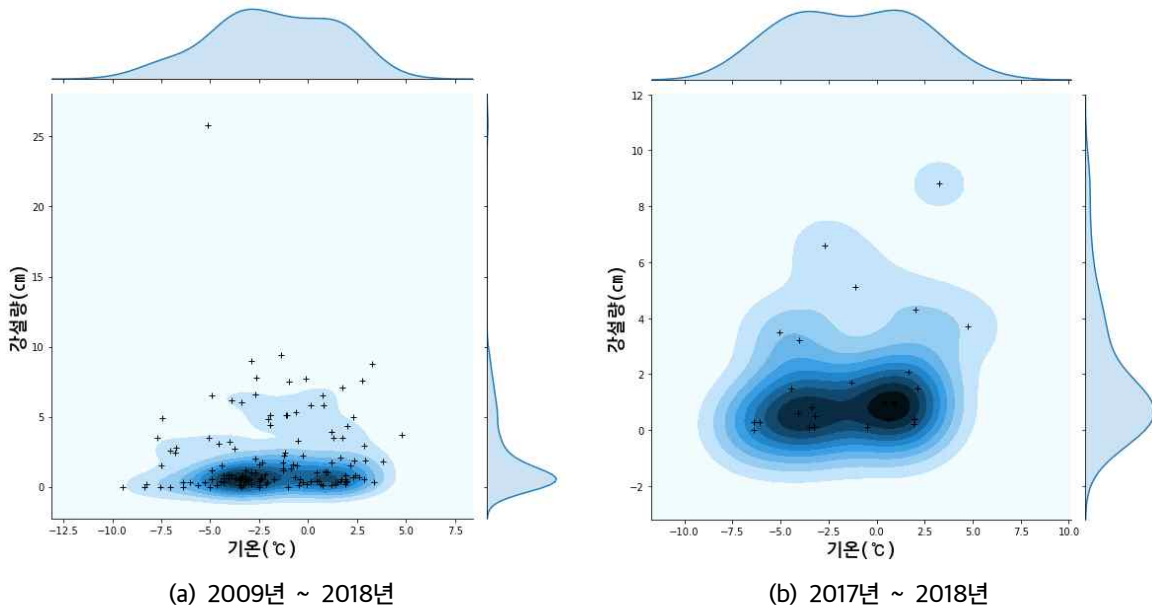


그림 1. 서울시 강설일 평균기온과 강설량 관계

본 연구는 서울기술연구원(2019-AA-008, IoT기반의 친환경 제설 기술 연구)의 지원을 받아 수행된 연구임.

핵심용어 : 제설대책, 강설량, 평균기온

- ① 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : ohj@sit.re.kr)
- ② 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : wook@sit.re.kr)
- ③ 비회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : mcpark@sit.re.kr)
- ④ 비회원 · 가천대학교 산업경영공학과 조교수 · 가천데이터과학연구센터장 (E-mail : sc82.choi@gachon.ac.kr)
- ⑤ 비회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀 주무관 (E-mail : rhtjdqh@seoul.go.kr)
- ⑥ 정회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 도로관리팀장 (E-mail : cywem@seoul.go.kr)

분광 색측계를 이용한 칼라 아스팔트 포장의 시인성 평가

김제원* · 엄우성** · 정규동***

칼라 아스팔트 포장은 그림 1과 같이 일반 아스팔트 포장과의 구분을 위해 버스 전용차로, 어린이 보호 구역, 횡단보도, 사고 많은 지점 등에서 사용된다. 아스팔트 콘크리트 포장 시공 지침에 따르면 칼라 아스팔트 포장은 안료를 첨가하거나, 유색골재나 착색 골재를 사용하거나, 아스팔트 대신 탈색 바인더를 사용하거나, 아스팔트 포장에 안료를 첨가한 침투용 시멘트 페이스트를 침투시켜 시공하도록 명시되어 있다. 국내의 경우 일반적으로 아스팔트 혼합물에 안료를 첨가하여 칼라 아스팔트를 시공하고 있으며, 붉은색을 내기 위해 산화철적 안료를 아스팔트 혼합물의 5~7%를 첨가하도록 규정되어 있다. 하지만 사용하는 안료의 종류 및 성능에 따라 칼라 아스팔트 포장의 색상이 상이해짐에도 불구하고 안료의 종류, 성능, 첨가량 등에 따른 시인성 기준은 시방서에 명시되어 있지 않은 상황이다.

따라서, 본 연구에서는 안료의 첨가량에 따른 칼라 아스팔트 포장의 색상 변화를 확인하기 위해 그림 2의 M사의 분광 색측계를 이용하여 칼라 아스팔트의 색상 및 시인성을 평가하였다. 칼라 아스팔트에 다양한 양의 적색 안료를 적용하여 아스팔트 혼합물을 제작한 뒤, 분광 색측계를 이용하여 ΔL^* , Δa^* , Δb^* 를 측정하였다. 다양한 양의 안료가 적용된 아스팔트 혼합물들의 샘플들 간의 색상 및 시인성 차이를 확인하기 위해 측정된 결과값을 이용하여 ΔE^* 값을 계산하였으며, 추후 공용성 경과 및 내구성 저하에 따른 칼라 아스팔트 포장의 색상 및 시인성을 평가할 예정이다. 또한, 측정된 결과값을 이용하여 칼라 아스팔트 포장의 안료 특성에 따른 정량적인 색상 및 시인성 기준을 제시할 예정이다.



그림 1. 칼라 아스팔트 버스 전용차로



그림 2. 분광 색측계

핵심용어 : 칼라 아스팔트, 분광 색측계, 안료

* 정희원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 박사수료 (E-mail : jewonkim@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 · 공학박사 (E-mail : wsyum@kict.re.kr)

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : kdjeong@kict.re.kr)

일반국도 도로불편신고체계의 지자체 확대 방법론 검토

전우훈* · 양인철**

도로연장의 지속적인 증가에 따라 기존 도로관리청 인력 중심의 도로관리체계에서 벗어나 새로운 방법이 요구되고 있다. 우리 생활분야의 불편내용에 대해서는 생활불편신고앱이나 안전신문고 등과 같이 정부에서 일반 국민들이 스마트폰 앱을 이용하여 쉽고 간편하게 불편사항을 신고할 수 있도록 공공앱을 개발하여 배포하고 있으며, 특히 국토교통부에서는 도로분야에 최적화된 공공앱인 도로이용불편 척척해결서비스 앱을 운영하고 있다. 척척앱을 이용하여 일반국도에서 신고되는 불편사항은 전국의 18개 국토관리사무소 담당자에게 스마트폰으로 실시간으로 전송되어 배정 및 처리되고 있으며, 지자체 도로의 경우에는 국민신문고를 통해 도로관리청으로 이관하여 처리하고 있다. 척척앱을 통한 신고건수는 매년 5,000건에서 10,000건 가량이며, 포트홀이나 낙석, 로드킬 등 도로이용자에게 직접적인 위협이 되는 내용들이 처리되고 있다. 최근 많은 지자체에서는 이러한 도로불편신고체계를 활용하고자 하고 있으며, 이에 정부에서 운영하고 있는 척척해결서비스와 같은 도로불편신고체계가 도로불편사항을 수집하는 플랫폼의 역할이 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 도로불편신고체계의 지자체 확대 방법론을 검토하고자 한다. 이를 위해 현재 경기도에서 운영하고 있는 택시를 이용한 민간 모니터링단의 신고데이터와 척척앱의 신고데이터를 연계하는 방법을 제시하였다. 연계서비스를 위한 데이터 전송방법 및 척척해결서비스의 데이터 관리방법 등을 제시하고 향후 타 지자체와의 연계방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서 제시한 결과는 기존 중앙정부에서 시행하고 있는 도로불편신고체계가 지자체 및 민간의 업무로 확대될 수 있는 방안을 구축하고, 이를 통해 연계업무를 통한 효율적인 도로관리가 가능할 것으로 기대된다.

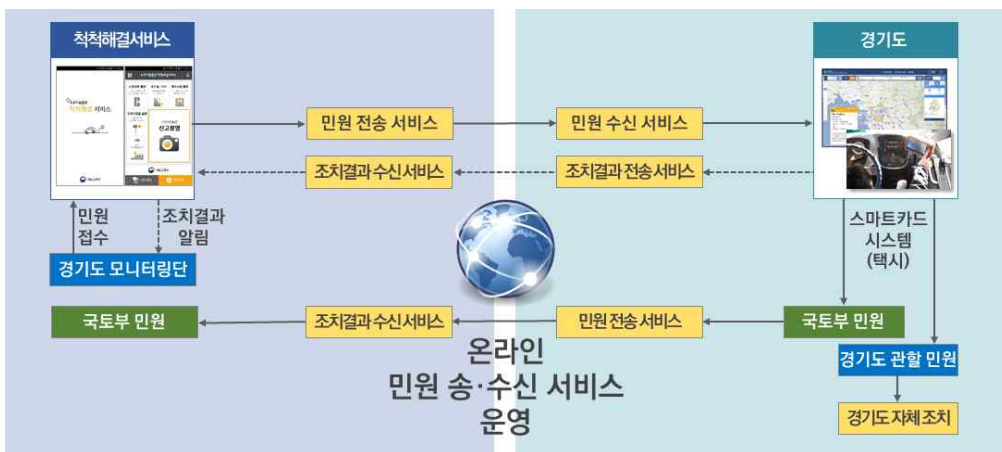


그림 1. 척척앱과 경기도로 모니터링단 시스템의 연계 개념도

핵심용어 : 도로불편신고, 척척해결서비스, 시스템 연계, 도로관리, 스마트폰 앱

* 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구위원 (E-mail : cwsoon@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구위원 (E-mail : ywinter75@kict.re.kr)

감온도료를 활용한 노면결빙 사전예측 적용 연구

공유석* · 이병덕** · 이창근*** · 김용두****

최근 동절기 고속도로 및 일반도로에서 블랙아이스(Black Ice)로 추정되는 도로의 노면결빙에 의해 대형 사고가 발생하여 많은 인명피해가 있었다. 이러한 대형 사고는 이상기후에 의해 평상시의 노면조건과 다르게 노면결빙이 생성되어 운전자는 예측을 하지 못한 상태에서 사고를 당하게 된다. 이에 대한 대책으로 VMS를 통한 정보전달, 각종 경고표지판들이 있으나 도로를 관리하는 당국에서도 사전 예측에는 한계가 있다. 운전자들은 하이패스차로, 졸음쉼터, IC, JC등에 시공된 노면색갈유도선을 경험했을 것이다.

도로에 색상을 시공하여 운전자로 하여금 차로의 정보를 제공해주는 시공방법이다. 감온도료는 안료가 설정한 온도에서 색상이 변하게 하는 도료인데, 노면의 온도가 결빙이 가능한 상태에 다달으면 도료의 색상이 변하게 하여 운전자에게 결빙위험 정보를 제공할 수 있는 원리이다.

본 연구의 목적은 기존의 노면결빙 예측의 단점인 기온측정을 노면측정으로 보완하여 운전자가 스스로 도로의 상태를 파악하여 안전운행을 유도하는데 목적이 있다. 즉, 노면의 온도 2℃ 이하부터 설정한 색상이나 문양으로 운전자로 하여금 결빙 정보를 전달하는 것이다. 이를 도로에 실용화하기 위해서는 감온도료의 단점인 내마모성이나 UV저항성 등 일반 차선에 준하는 내구성이 필요하며, 실내 및 실외 모사실험을 통해 도로에 적용하는 방법을 연구 및 검증한다.

표 1. 도로노면의 상태별 사고 통계

| 구분 | 건조 | 습기 | 결빙 | 적설 |
|-------------|---------|---------|-------|-------|
| 발생건수 | 586,177 | 70,234 | 5,091 | 2,501 |
| 사망자 수 | 12,072 | 2,041 | 183 | 39 |
| 부상자 수 | 882,998 | 110,488 | 9,126 | 4,291 |
| 치사율 | 2.1 | 2.9 | 3.6 | 1.6 |
| 사망자수 (1천건당) | 20.6 | 29.1 | 35.9 | 15.6 |



그림 1. 감온도료의 도로적용을 위한 색상 및 문자, 문양 패턴

핵심용어 : 감온도료, 블랙아이스, 노면결빙, 이상기후

* 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 차장 · 공학박사 (E-mail : brabus@ex.co.kr)
 ** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 연구위원 · 공학박사 (E-mail : lbdhby@ex.co.kr)
 *** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 부장 · 공학박사 (E-mail : chem@ex.co.kr)
 **** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 차장 · 공학석사 (E-mail : dragon68@ex.co.kr)

차량 충격흡수시설(도로안전시설) 설치 방법 개선 연구

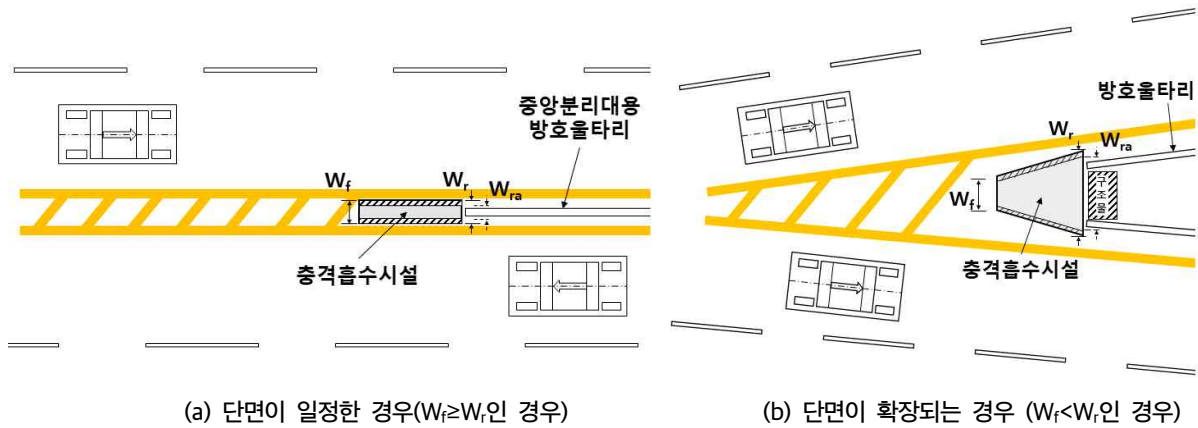
주봉철* · 조원범** · 김정호*** · 이성진****

도로상 설치되는 차량 충격흡수시설은 주행차로를 벗어난 차량이 도로상 구조물과 충돌하기 전에 정지토록 하거나, 차량 진행방향을 교정하여 주행차로로 복귀시키기는 기능을 한다. 그리고 충격흡수시설 설치장소는 교각 및 교대 앞, 연결로 출구 분기점의 강성구조물 앞, 강성 방호울타리 혹은 방음벽 기초의 단부, 요금소 전면, 터널 및 지하차도 입구 등 차량 충돌시 구조물의 피해보다는 탑승자 피해가 큰 경우이다.

일부 충격흡수시설에서 발생하는 후면밀림현상은 충격흡수시설 전체적인 현상이 아니라, 대부분 측면 프레임에서 발생하는 것으로 후면 구조물이 좌우 프레임 폭보다 작을 경우 후면밀림 현상이 발생하여도 충격흡수 성능에는 영향이 없다.

후면밀림을 고려하여 후면 구조물과 적정 이격거리 확보하고 충격흡수시설을 설치할 경우 방호울타리 전이구간과 같은 차량방호 안전사각지대가 발생하게 되므로 가급적 후면 구조물과 이격을 최소화하여 설치하는 것이 바람직하다. 또한 충격흡수시설 설치되었음에도 불구하고 차량이 구조물에 정면충돌할 수 있는 차량방호 안전사각지대가 발생하지 않도록 충격흡수시설은 후면 구조물 폭을 고려하여 설치되어야 한다.

이를 위해 「도로안전시설 설치 및 관리지침(제3편 차량방호안전시설 편)」 충격흡수시설 설치 관련 항목에 후면 구조물 전면 폭을 고려하여 설치하도록 규정과 설명 추가가 필요하며, 「차량방호안전시설 실물충돌시험 업무편람」구조물용 충격흡수시설 계측항목 및 계측방법 그리고 시험성적서에 ‘후면 유효폭’ 항목을 추가하여 제품의 커버할 수 있는 후면 유효폭을 확인할 수 있도록 관련 규정 개정이 필요하다.



여기서, W_f : 충격흡수시설 전면폭, W_r : 충격흡수시설 후면폭, W_{ra} : 충격흡수시설 후면 유효폭

그림 1. 차량 충격흡수시설 설치 예

핵심용어 : 도로안전시설, 충격흡수시설, 설치방법, 후면밀림, 후면 유효폭, 도로안전시설 설치 및 관리지침

* 비회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : bcjoo@kict.re.kr)

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : worber@kict.re.kr)

*** 비회원 · 한국건설기술연구원 선임연구위원 · 공학박사 (E-mail : jhkim@kict.re.kr)

**** 비회원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 · 공학박사 (E-mail : leesungjin@kict.re.kr)

터널 시선유도등 설치기준 개정 방향

조원범* · 주봉철**

터널 시선유도등은 재귀반사체가 아닌 LED 등의 광원을 활용하여 터널 벽면과 노면의 경계를 명확히 구분하고 이를 통해 터널벽면 충돌사고 방지, 운전자에게 도로선형 안내, 비상시 보행자 유도 기능을 가지는 시설이며, 「도로안전시설 설치 및 관리지침(제11편 악천후구간, 터널 및 장대교량 설치 시설 편)」에 설치 및 관리에 관한 사항이 규정되어 있다. 동 지침에서 해당 시설에 관한 규정은 2012년 제정되었으며, 해당 시설 광원중심(수평 및 수직각 0°)의 최소광도는 해당 시설이 설치된 터널 기본부의 평균노면조도에 비례하여 증가하도록 규정하였다. 이와 더불어 수평각 및 수직각이 ±10°인 경우의 측정 광도는 광원중심 광도의 50% 이상이 되도록 제한하였다. 이러한 규정은 해당 시설이 밝게 빛나 주변에 비해 두드러질수록 잘 보인다는 개념에 기반하고 있다. 그러나 주변의 밝기와 시대상(터널 시선유도등의 광원)의 밝기가 너무 유사하여 구분이 어렵거나 또는 주변에 비해 시대상이 너무 밝아 눈부심이 발생하는 경우 시인성은 저하되고 이로 인해 운전자가 시대상을 인지하기 어렵게 된다. 이에 동 지침은 기존의 너무 밝아 운전자의 눈부심으로 인해 시인성이 저하되는 것을 방지하기 위한 광원 중심광도의 범위를 제한하는 방향으로 2014년 개정되었으며 현재까지 동일하게 유지되고 있다. 광원의 중심광도는 기존 최소값의 개념에서 최적값의 개념으로 변화되어 제시되었으며, 이와 더불어 관측각(수평각 및 수직각 조합)을 15개로 세분화하고 각 관측각에서의 광도를 중심광도 대비 일정비율이 되도록 개별적으로 규정하였다.

이러한 개정 방향성은 시인성의 기본원리를 고려 시 합리적인 것으로 판단된다. 다만 광원의 중심광도 및 각 관측각에서의 광도는 제시된 ±5%의 범위에서 맞추는 것이 현실적으로 어려우므로 시장규모, 해당 업계의 광학설계 기술수준, 시험기기의 오차수준 등 고려하여 개정될 필요가 있으며, 이외에도 광원 중심광도 결정을 위한 평균노면조도의 적정성, 유효 광도범위, 유효 관측각 등 다수의 항목에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

표 1. 터널 시선유도등 개정 시 고려사항

| | | 2012년 | 2014년 | 개정 시 고려사항 |
|------|--------|-----------------------------|--|---|
| 중심광도 | 결정기준 | 터널 기본부 평균노면조도(lx) | | 터널 기본부 평균노면휘도(cd/m^2) |
| | 광도범위 | 최소값 : 제시된 광도 최대값 : 제한 없음 | 최소값 : 제시된 광도의 -5% 최대값 : 제시된 광도의 +5% (제시된 중심광도의 ±5% 이내) | · 해당 시설의 시인성 확보를 위한 실증기반 적정 중심광도 범위 재검토 필요 · 도로 및 이용자 특성, 설치목적, 설치조건 등에 따른 해당 시설의 요구 인식거리 및 이에 따른 유효 광도, 유효 관측각 등 재검토 필요 |
| 광도분포 | 측점수 | 4개 (수평각 및 수직각 ±10.°) | 15개 (수평각 5개 × 수직각 3개) | · 시장규모, 해당 업계의 광학설계 기술수준, 시험기기의 오차수준 검토를 통한 중심광도 및 광도분포 오차수준(광도범위) 재검토 필요 |
| | 측점별 광도 | 중심광도의 50% 이상 | 각 측정별 별도 산정 (중심광도 × 각 측정별 비율) | |
| | 광도범위 | 제한 없음 | 측점별 광도의 ±5% 이내 | |

핵심용어 : 터널, 시선유도등, 중심광도, 도로안전시설, 눈부심

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : worber@kict.re.kr)

** 비회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : bcjoo@kict.re.kr)

도로교량의 이상징후시 보수보강 의사결정 방법론 개발

이동현* · 김지원** · 배성호*** · 정원석****

제4차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획에 의하면 30년 이상 경과한 시설물이 약 10%이고 10년 뒤엔 약 21%, 20년 뒤에는 약 44% 수준으로 전망되고 있어 향후 시설물의 성능 저하로 인한 대규모 보수가 필요하며, 이는 경제적 부담의 증가로 이어질 전망이다. 현재 이러한 문제점에 대한 대책 중 하나로 센싱 기술을 융합하는 등 시설물의 이상징후를 사전에 감지하기 위한 연구가 시도되고 있으며, 본 연구에서는 시설물 중 도로교량을 대상으로 이상징후가 발생한 이후 보수보강 의사결정에 대한 방법론을 개발하였다. 이상징후가 발생한 위치(부재 등)에 대한 위험요인 분석을 통해 위험도를 평가하고 위험도 수준별 대응방안을 정의하였다. 보수보강이 필요한 위험수준에 대해서는 손상유형별 추천 보수보강 공법 및 공사비에 대해 데이터베이스로 구축하였다. 위험도는 각 손상별 향후 추가 파손가능성과 성능 관점에서의 심각도를 바탕으로 정의하였으며, 위험도 점수가 일정 수준 이상일 경우 특별점검에 의해 전체 교량의 상태를 조사하고 이를 바탕으로 손상유형에 따른 최적의 공법을 제안하였다. 이들 각 조치 여부에 따른 비용과 그에 따른 교량 상태를 파악하여 최적의 의사결정을 수행할 수 있도록 알고리즘을 구현하였으며, 중장기 관점에서 예산 계획에 따른 미래의 교량 상태등급을 파악하여 적정 유지관리비용을 추정할 수 있는 거시적 관점의 교량 성능예측모델을 개발하였다.

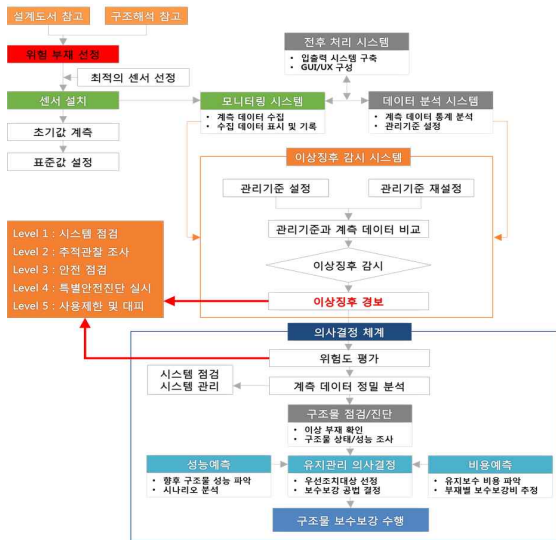


그림 1. 이상징후 관리체계 운영 방법론

| 피손 가능성 | 심각도 | 매우 높음 (5) | 높음 (4) | 보통 (3) | 낮음 (2) | 매우 낮음 (1) |
|-----------|------------|------------|---------|---------|--------|-----------|
| 매우 높음 (5) | 매우 높음 (25) | 매우 높음 (20) | 높음 (15) | 높음 (10) | 보통 (5) | |
| 높음 (4) | 매우 높음 (20) | 매우 높음 (16) | 높음 (12) | 보통 (8) | 보통 (4) | |
| 보통 (3) | 높음 (15) | 높음 (12) | 높음 (9) | 보통 (6) | 낮음 (3) | |
| 낮음 (2) | 높음 (10) | 보통 (8) | 보통 (6) | 보통 (4) | 낮음 (2) | |
| 매우 낮음 (1) | 보통 (5) | 보통 (4) | 낮음 (3) | 낮음 (2) | 낮음 (1) | |

| 위험도 | 수용여부 | 위험경감을 위한 조치 수준 |
|---------|---------------------|--|
| 25 ~ 16 | 수용 불가 (Intolerable) | 해당 위해요인 즉시 제거, 제거 불가능시 운영중단 |
| 15 ~ 9 | 수용 (Tolerable) | 해당 위해요인의 제거, 위해요인의 즉시 제거가 어려운 경우에는 위험도가 보통 이하가 되도록 위험감감대책 수립 후, 조건부 사용 (구조물 부재등급 d등급 이하) |
| 8 ~ 4 | 보통 | 수용 가능하나, 추가적인 위험감감대책 또는 안전조치 필요 (구조물 부재등급 c등급 이하) |
| 3 ~ 1 | 허용 가능 (Acceptable) | 예방적 유지관리 |

그림 2. 위험도 분석에 의한 관리 절차

감사의 글

이 연구는 2018년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20002822')

핵심용어 : 도로교량, 이상징후, 보수보강, 의사결정

- * 정희원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : ssam74@daum.net)
- ** 정희원 · 토탈페이브시스템 대표이사 (E-mail : aircraft@daum.net)
- *** 정희원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : shbae5781@daum.net)
- **** 정희원 · 토탈페이브시스템 차장 (E-mail : 132and502@gmail.com)

구조해석을 통한 복합포장내의 콘크리트 팽창특성 평가

이동현* · 이재훈** · 김지원*** · 손덕수****

1980년대 초부터 시공된 국내 콘크리트 포장은 고속도로 전체 연장의 절반 이상을 차지하고 있다. 재령이 증가함에 따라 노후된 콘크리트 포장의 공용성 향상을 위해 부분단면보수, 전단면 보수 등의 유지보수공법이 적용되고 있으며, 특히 한국도로공사에서는 노후된 콘크리트 포장구간의 리모델링 사업 구간 대부분에서 비절삭 덧씌우기 공법을 적용하고 있다. 하지만 최근 폭염 및 이상기후로 인해 콘크리트 포장 블로우업(Blow-up) 파손을 예방하기 위한 응력완화줄눈을 설치한 구간이 증가하면서 아스팔트 덧씌우기 적용 시, 하부 콘크리트의 응력완화줄눈 거동 특성에 대한 검토가 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 노후된 콘크리트 포장 위에 아스팔트 덧씌우기 포장을 적용할 경우, 하부 콘크리트에 설치하는 응력완화줄눈의 협착 여부를 검토하기 위해 구조해석 프로그램을 활용하였다. 구조해석 모델은 폭 8.2m, 연장 200m의 아스팔트(덧씌우기층)/슬래브(노후된 콘크리트층)/린콘크리트 기층으로 구성하였으며, 응력완화줄눈 폭은 3cm를 적용하였다. 해석조건으로는 과거 복합포장구간에서 실측한 온도데이터를 활용하여 깊이별 온도를 설정하였으며, 알칼리 골재 반응(Alkali Aggregate Reaction)과 건조 수축 비율을 변수로 적용하여 응력완화줄눈 폭에서 협착 여부 및 잔여폭을 산정하였다.

분석결과, 콘크리트 포장의 초기 건조 수축량을 고려하지 않았을 경우에는 알칼리 골재 반응이 없는 구간에서만 0.56cm의 잔여폭이 발생하였으며, 건조수축량을 50% 적용한 구간에서는 알칼리 골재 반응에 의한 팽창이 낮은 경우(AAR=0.02%)까지 협착이 발생하지 않는 것으로 나타났다. 알칼리 골재 반응이 0.04% 이상되는 구간에서는 건조 수축량 여부와 상관없이 모두 협착이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 복합포장구간에서의 콘크리트 팽창은 노후된 콘크리트 포장의 알칼리 골재 반응 정도에 따라 협착 여부가 결정되는 것으로 유추할 수 있다.

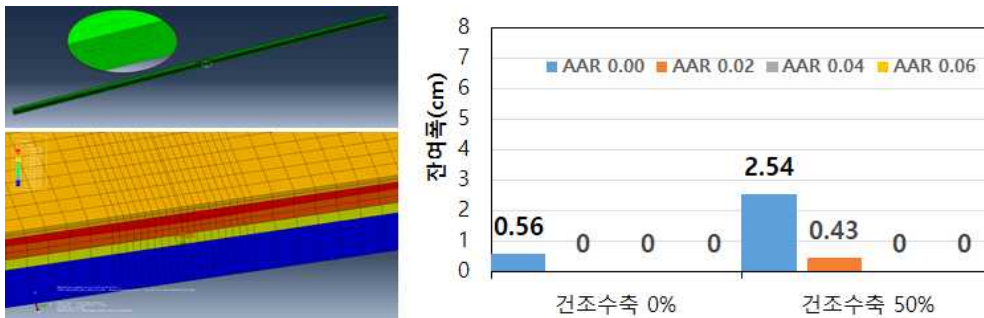


그림 1. 복합포장의 응력완화줄눈 모델링 및 잔여폭 분석 결과

핵심용어 : 복합포장, 응력완화줄눈, 구조해석, 협착, 잔여폭

* 정희원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : ssam74@daum.net)
 ** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : ranian74@ex.co.kr)
 *** 정희원 · 토탈페이브시스템 대표이사 (E-mail : aircraft@daum.net)
 **** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : mgsds@ex.co.kr)

콘크리트 포장의 염화물함량에 따른 GPR 신호 분석

김지원* · 정원경** · 이재훈*** · 이동현**** · 배성호*****

국내에서는 겨울철 노면 결빙을 완화하기 위해 포장면에 제설제를 살포하고 있으나, 이로 인해 콘크리트 포장의 내구성이 감소하고 노후화가 가속되고 있다. 특히 열화된 콘크리트는 조직이 느슨해지고 미세공극이 커짐에 따라 수분 및 제설염화물 침투가 더욱 심화되면서 건전부 콘크리트에 비해 전도성이 높아지게 되며, GPR 신호진폭은 염소이온의 영향으로 감쇠(Attenuation, dB)가 커질 것으로 예상할 수 있다.

본 연구에서는 국도 37호선 내 콘크리트 포장 구간에서 수행한 결과로 GPR 분석 방법은 코어 채취 위치에서 나타나는 신호진폭을 산출 후 공기 중 신호진폭과 상대적인 신호감쇠 효과를 비교하였다. 염화물 함량 시험은 KS F 2713 기준에 따라 깊이별(30, 60, 90, 120, 150mm)로 수행하였으며, 상관성 분석 방법은 각 위치의 30mm 깊이 내 염화물 함량과 해당 위치에서 나타나는 GPR 신호 진폭을 산출하여 염화물 함량에 따른 신호 감쇠 영향을 검토하였다.

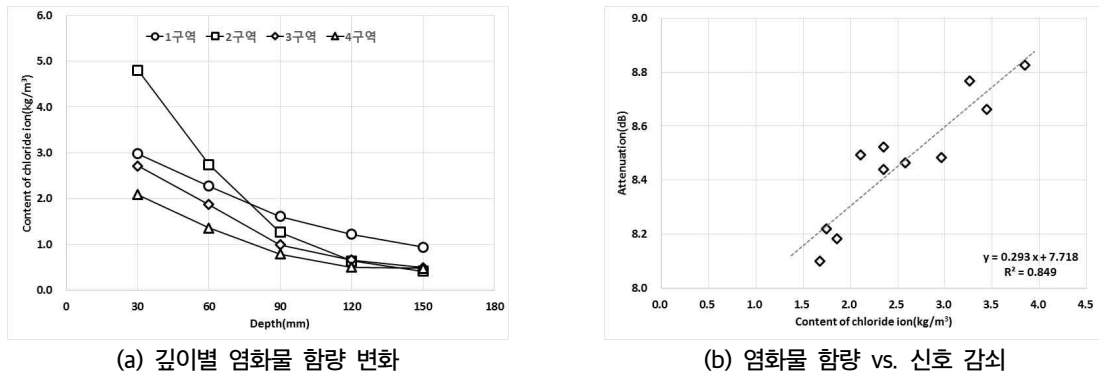


그림 1. 깊이별 염화물 함량 및 염화물 함량에 따른 신호 감쇠

그림 1의 (a)와 같이 각 구역에서 채취한 코어 시편의 깊이별 염화물 함량은 측정 깊이가 증가할수록 감소하며, 각 구역별로 살포된 제설제량 및 내부 손상 정도 등에 따라 깊이별로 염화물 함량의 차이가 나타나는 것으로 판단된다. (b)와 같이 염화물 함량이 증가하면 콘크리트 포장의 매질의 변화가 나타나 신호 감쇠도 증가하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과를 토대로 콘크리트 표면 염화물 함량이 콘크리트 포장 내부에 미치는 영향과 염화물 함량 증가에 따른 신호 감쇠 증가 경향을 활용하여 GPR 측정을 통한 열화 범위 설정 가능성을 확인하였다.

본 논문은 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 도로기술연구사업 「도로수명연장을 위한 고기능성 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 개발 (과제번호 : 20POQW-B146707-03)」의 연구지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 분들에게 감사드립니다.

핵심용어 : 염화물 함량, GPR, 콘크리트 포장

* 정희원 · 토탈페이브시스템 대표이사 (E-mail : aircraft@daum.net)
 ** 정희원 · 한국건설품질시험연구원 대표 (E-mail : wonkyung@hanmail.net)
 *** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : ranian74@ex.co.kr)
 **** 정희원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : ssam74@daum.net)
 ***** 정희원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : shbae5781@daum.net)

콘크리트 포장의 보조기층 및 분리막 종류에 따른 마찰계수 선정

이재훈* · 김지원** · 배성호*** · 이동현****

배합 환경 및 기후 조건에 따라 다르지만, 일반적인 시멘트 콘크리트는 배합 직 후부터 수화반응을 일으키기 시작하여 24시간 이내에 초결, 종결 등의 경화과정을 거치게 된다. 수화반응에 필요한 배합수 이외에 콘크리트 내부의 수분이 외부로 빠져나가면서 콘크리트의 부피가 수축하게 되며, 이 때 발생하는 내부 수축응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하면 표면에 건조수축균열이 발생된다. 특히 콘크리트 포장의 경우에는 단위 부피당 외부로 증발되는 수분의 양이 많기 때문에 건조수축균열을 제어하기 위해서 콘크리트 타설 후 수축응력이 인장강도를 초과하기 전에 6m 간격으로 수축줄눈을 설치하여 줄눈부에 균열을 유도한다. 또한 건조수축균열의 유도를 원활히 하기 위해 콘크리트 슬래브와 린 콘크리트 기층 사이에 비닐을 이용한 분리막을 설치하여 시공 초기의 랜덤균열의 발생을 최소화 하고 있다. 하지만, 최근 폭염에 의해 콘크리트 포장의 팽창문제가 대두되면서 팽창량에 영향을 미치는 요인들 중, 분리막에 의한 콘크리트 슬래브와 린 콘크리트 기층간의 마찰특성에 대한 재정립이 요구되고 있다.

본 연구는 콘크리트 팽창을 억제하기 위해 콘크리트 슬래브와 보조기층간의 분리막 종류(비닐, 부직포) 및 보조기층 재료(린 콘크리트, 아스팔트)에 따른 마찰특성을 검토하였다. 0.8m×1.2m×0.3m 크기의 슬래브를 제작하여 Push Off 시험을 통해 재료별, 분리막 종류별 운동마찰계수를 산정하였으며, 상대비교를 통해 콘크리트 포장 팽창에 유리한 재료를 검토하였다.

시험결과, 현장에서 적용되고 있는 슬래브+비닐막+린콘크리트의 마찰계수는 약 0.45 정도로 나타났으며, 슬래브+비닐막+아스팔트 기층의 경우에는 0.55정도로 기존 대비 0.1정도 마찰계수가 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 린 콘크리트 표면보다 아스팔트 기층의 표면 골재형상이 거칠어 마찰계수 상승요인으로 적용된 것으로 판단된다. 또한 슬래브+부직포+린콘크리트의 마찰계수는 약 0.75 정도로 나타났으며 기존 비닐막 대비 약 1.5배 정도 높게 나타났다.



그림 1. 보조기층 재료 및 분리막 종류에 따른 마찰계수 측정 결과

핵심용어 : 콘크리트 열팽창, 살수, 린 콘크리트 기층, 아스팔트 기층

* 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : ranian74@ex.co.kr)

** 정회원 · 토탈페이브시스템 대표이사 (E-mail : aircraft@daum.net)

*** 정회원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : shbae5781@daum.net)

**** 정회원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : ssam74@daum.net)

현장 살수를 통한 콘크리트 포장의 팽창 거동 특성 평가

김지원* · 배성호** · 류성우*** · 이재훈****

최근 이상기후로 인한 여름철 폭염일수가 증가하면서 콘크리트 포장의 열팽창에 의한 파손이 간헐적으로 발생하고 있다. 특히 콘크리트 포장은 단위 부피 당 외부에 노출되는 면적이 넓기 때문에 환경적인 요인에 의한 영향을 많이 받게 된다. 한국도로공사에서는 폭염에 의한 콘크리트 포장의 팽창파손을 억제하기 위해 팽창줄눈 간격이 일정 연장 이상일 경우, 팽창줄눈과 인접 팽창줄눈 사이에 응력완화줄눈을 설치하도록 하고 있다. 하지만 여름철 포장의 온도가 지속적으로 증가하면서 응력완화줄눈 이외에 콘크리트 포장의 팽창을 억제할 수 있는 방법에 대하여 다양한 고찰이 필요한 시점이다.

본 연구의 목적은 혹서기 콘크리트 포장에 현장 살수를 실시하여 포장 온도저하에 따른 콘크리트 팽창량 억제 효과를 정량적으로 산출하고자 하였다. 현장시험은 2번에 나누어 진행되었으며, 첫 번째는 슬래브에 1회 살수를 적용한 후 30분간 포장온도와 변위량을 측정하였다. 두 번째는 1시간동안 지속하여 살수하면서 포장온도와 변위량을 측정하여 살수에 의한 콘크리트 팽창 거동 특성을 평가하였다.

1회 살수를 적용한 후 30분간 포장의 변위량과 온도변화를 측정된 결과, 아래의 그래프에서 보는바와 같이 팽창량의 증가가 다소 둔화되는 효과를 확인할 수 있었으나 표면 건조에 따라 다시 팽창량과 온도가 증가하는 것으로 나타나, 살수효과가 30분을 넘기지 못하는 것으로 나타났다. 1시간동안 살수를 지속한 시험의 경우에는 살수하는 동안에는 포장의 온도저하에 따라 일시적으로 콘크리트 포장이 수축하는 것을 확인할 수 있었으나, 살수 이후에는 포장온도의 상승에 따라 팽창량도 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 추가적인 시험을 통해 살수에 의한 혹서기 콘크리트 포장 팽창량 억제방법에 대한 검증이 필요할 것으로 판단된다.

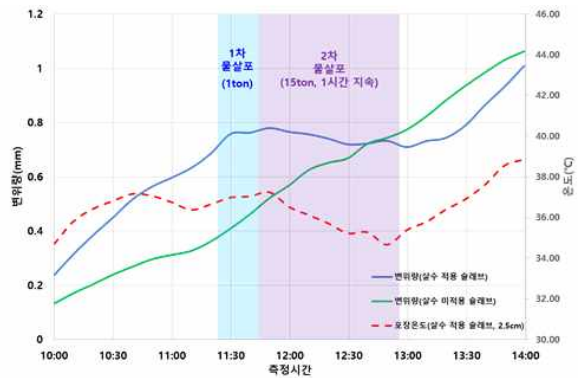


그림 1. 현장 살수에 의한 콘크리트 포장 팽창 감소량 측정 결과

핵심용어 : 콘크리트 열팽창, 살수, 린 콘크리트 기층, 아스팔트 기층

* 정희원 · 토탈페이브시스템 대표이사 (E-mail : aircraft@daum.net)
 ** 정희원 · 토탈페이브시스템 이사 (E-mail : shbae5781@daum.net)
 *** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 (E-mail : htsws@gmail.com)
 **** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail : ranian74@ex.co.kr)

재귀반사성능에 의한 도로 노면표시 공용수명 예측

송정훈* · 박은민** · 백종은*** · 이상엽****

노면표시의 손상, 야간 또는 악천후에서의 시인성 저하는 교통사고의 원인이 된다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 유지관리 방안을 제시하고자 4종 용착식 도료와 5종 상온 경화형 플라스틱 도료에 대한 서울시 도시고속도로 구간에 시험적용한 재귀반사도 실측 자료에 근거하여, 노면표시의 공용수명에 대한 예측식(1)을 다음과 같이 제시하였으며, 도료 종류에 따른 예측된 노면표시 재귀반사 성능을 비교평가하였다.

$$RF_{last} = -A_0 L_{month} + RF_0 \quad \text{식 (1)}$$

(여기서 ; RF_{last} : 최근 실측 재귀반사도, A_0 : 공용수명 평가계수, L_{month} : 공용수명, RF_0 : 초기 재귀반사도)

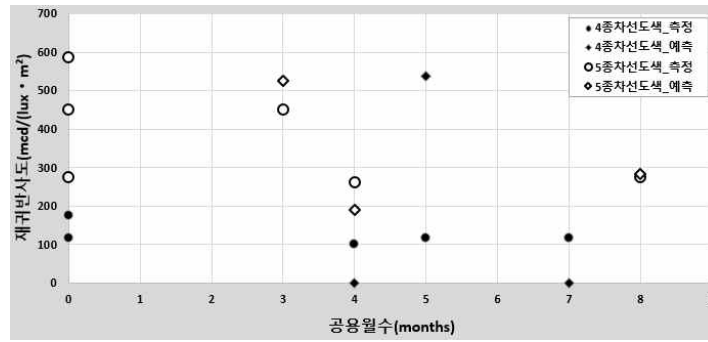


그림 1. 차선도색 종류 비교 결과(4종 VS 5종)

4종 차선도색과 5종 차선도색의 재귀반사도에 대한 공용수명을 평가하기 위해 2018년부터 2019년까지 서울시 도시고속도로에 위치하는 같은 위치의 4종 차선도색 및 5종 차선도색의 재귀반사도를 측정자료를 통해 공용수명 추정함수의 계수를 선별했다.

표 1. 차선도색 재귀반사도 공용수명 예측을 위한 집단구성

| 도료 종류 | 색 | A_0 | RMSE | R^2 |
|-------|---|----------|----------|----------|
| 4종 도료 | 백 | 39.62222 | 257.936 | 0.5 |
| 5종 도료 | 백 | 20.97753 | 59.78839 | 0.977365 |

위 식에서의 기울기를 나타내는 공용수명 평가계수인 A_0 는 공용기간 대비 차선도색의 재귀반사도를 저하 정도를 나타내는 척도로서, 이 계수가 큰 4종 용착식 도료를 사용한 노면표시의 재귀반사도가 5종 상온 경화형 플라스틱 도료를 사용한 노면표시에 비해 그 성능이 빠르게 저하됨을 알 수 있다.

본 연구에서 4종 차선도색은 시간의 결과에 따라 선형적인 모형에 적합하지 않아 상관계수값이 50%에 상회하는 값으로 도출되었으며, RMSE 오차 또한 상당히 크게 나타났다. 반면 5종 차선도색은 노후화의 관계가 선형적 표현이 가능한 것을 알 수 있다.

핵심용어 : 노면표시, 4종 도료, 5종 도료, 재귀반사성능, 공용수명

* 학생회원 · 인덕대학교 건설안전공학과 학사과정 (E-mail : skssssong@naver.com) - 발표자
 ** 서울특별시 도로관리과 주무관 (E-mail : 2mpark@seoul.go.kr)
 *** 서울특별시 도로관리과 팀장 공학박사 (E-mail : cywem@seoul.go.kr)
 **** 정회원 · 인덕대학교 건설안전공학과 조교수, 공학박사, 교신저자 (E-mail : yummy0220@induk.ac.kr)

적재불량으로 인한 노면 낙하물 사고 예방 목적의 AI 분석 기반 기초연구

김형준* · 박형규** · 김종민*** · 박제진****

최근 적재불량 차량으로 인해 발생하는 노면 낙하물 교통사고는 꾸준히 증가하고 있는 추세로 사회적으로 이 슈화되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 2015년부터 2019년까지의 교통사고 발생자료를 바탕으로 Data Set을 구성하여 Keywords 분석을 실시하였다. 분석결과, 노면 낙하물 사고의 가장 큰 발생원인은 적재불량과 과적에 해당했으며, 화물차 중에서도 소형 화물차의 단속이 절실한 실정임을 확인하였다. 한편, 국내 적재불량 차량의 경우 도로관리자에게 위반차량 단속권한이 없고, 적재물 고정방법이 법이나 관련 조항으로 구체적인 제시가 되어 있지 않다. 따라서 적재불량 단속 시 위반을 판단하는 기준이 단속자의 주관에 따라 달라질 수 밖에 없는 문제가 발생하기도 한다.

현재 도로관리기관 자체 관리기준을 근거로 고속도로 상 과적차량의 진입을 제한하고 있고, 적재불량 차량 적발 시 계도조치 후 재적재 시키고 있으며, 계도조치가 원활히 이루어지지 않을 경우 증거자료 확보를 통해 경찰에 고발하는 절차로 운영 중에 있다. 국내 적재불량 차량의 단속 한계를 해결하기 위해, 구체적인 기준이 명시된 법적 규정뿐만 아니라, 운전자 교육이나 단속에 활용할 수 있는 메뉴얼 마련이 시급하다.

본 연구는 적재불량으로 인한 노면 낙하물 사고 예방을 위해, 영국, 미국, 일본, 독일과 같은 교통선진국의 법률과 보상기준, 낙하물 사고의 예방대책을 조사하고 Big Data 기반의 AI 분석을 위한 기초연구 수행을 목적으로 하고 있다.

표 1. 국가별 고속도로 노면 낙하물 피해보상 기준 및 법령

| 분 | 한국 | 미국 | 일본 | 유럽 | 영국 |
|----------------|--|-----------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------|
| 적용 법규 | 민법 판례 | 州法(50개 州) 상이 판례 | 국가배상법 판례 | - 판례 | - |
| 책임 주체 | 한국도로공사 | 주 정부 또는 지방정부 | 도로공단 또는 지방공사 | 주 정부 또는 지방정부(독일), 공사연합회사(프랑스) | - |
| 책임 종류 | 과실 책임 | 과실 책임 | 과실 책임 | 과실 책임 | 과실 책임 |
| 배상책임 인정기준 | 도로관리 상 하자 (구상권) | 도로관리 상 하자 | 도로관리 상 하자 | 도로관리 상 하자 | 도로관리 상 하자 |
| 도로관리 상 하자 판단기준 | 점검/순찰 | 점검/순찰 | 점검/순찰 | 점검/순찰 | 점검/순찰 |
| 적재 불량 기준 | 도로교통법(경찰청), 적재화물 이탈방지 기준 (국토교통부) | 차량과 교통법 (뉴욕 주) | 도로교통법 | 도로교통령(독일) | 도로교통령 |
| 「적재 불량」 단속 권한 | 경찰 | 경찰 | 경찰 | 경찰 | 경찰 |

핵심용어 : 적재불량, 노면 낙하물, 낙하물 사고, Big Data, AI

* 학생회원 · 전남대학교 건축토목공학과 석사과정 (E-mail : gudwns8808@naver.com)

** 정회원 · 한국도로공사 교통처 교통사고조사부 (E-mail : lifeid@ex.co.kr)

*** 정회원 · 전남대학교 토목공학과 학술연구교수 (E-mail : kimbellsky@gmail.com)

**** 정회원 · 전남대학교 토목공학과 조교수 (E-mail : jinpark@jnu.ac.kr)

트램의 교통사고 특성 및 안전운행을 위한 규정에 관한 연구

임효진* · 김명수**

최근 국내의 몇몇 도시에서 친환경, 교통난 해소 등을 목적으로 트램 도입을 추진하고 있다. 도시철도법, 철도안전법, 도로교통법 등의 법령이 제·개정되면서 트램의 도입을 준비하고 있지만, 이미 트램을 도입하여 운행 중인 국외에 비하면 미흡한 상황이다. 따라서 국외 트램의 교통사고 현황과 법령을 분석하여 국내에서 트램이 안전하게 운행되기 위해 마련되어야 할 규정을 제시하고자 한다. 국외의 트램 교통사고 현황은 트램 도입 초기와 최근으로 나누어서 분석하였다. 도입 초기의 교통사고 유형으로는 타교통수단과의 충돌사고와 탑승객 사고, 장소로는 무신호 교차로에서 트램과 자동차 사고가 많이 발생하였다. 최근에도 타교통수단과의 충돌사고, 탑승객 사고가 주로 발생하였고, 교차로와 선회지점에서의 사고가 많은 비율을 차지하였다. 다음으로 트램 사고 중 대부분을 차지하는 타교통수단, 보행자 등과 관련된 국외와 국내의 규정을 각각 확인하였다. 도로교통법, 도시철도법, 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 등의 법령을 확인한 결과 국내에는 트램 정차 시 앞지르기 방법, 노면전차로 및 정류장에서의 주정차 금지와 관련된 규정이 미흡한 것을 알 수 있었다. 국내에 트램 운행이 시작되기 전에 트램과 관련된 규정들을 검토하고 미흡한 규정은 보완하여 국외의 트램 도입 초기에 발생했던 사고들을 국내에서는 감소시키고자 한다.

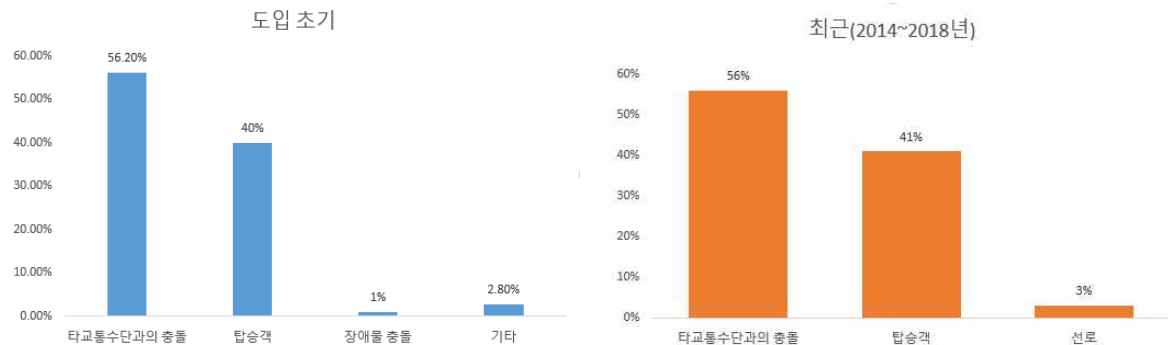


그림 1과 2. 국외(프랑스) 트램의 사고현황

표 1. 국내 트램 관련 규정 유무

| 구분 | 유무 | 구분 | 유무 |
|----------------------|----|---------------------------|----|
| 노면전차의 정의 | O | 우선통행권 | O |
| 노면전차로 또는 궤도부지내 통행 | O | 노면전차로 및 정류장 에서의 주정차 금지 | X |
| 트램 정차 시 앞지르기 방법 | X | 노면전차 전용신호 및 전용차로 | O |
| 보행자 | O | 통행속도 | O |

핵심용어 : 트램, 도시철도법, 철도안전법, 도로교통법

* 학생회원 · 한밭대학교 도시공학과 학사과정 (E-mail : dlahwl@naver.com)

** 정회원 · 한밭대학교 도시공학과 교수 (E-mail : kimms@hanbat.ac.kr)

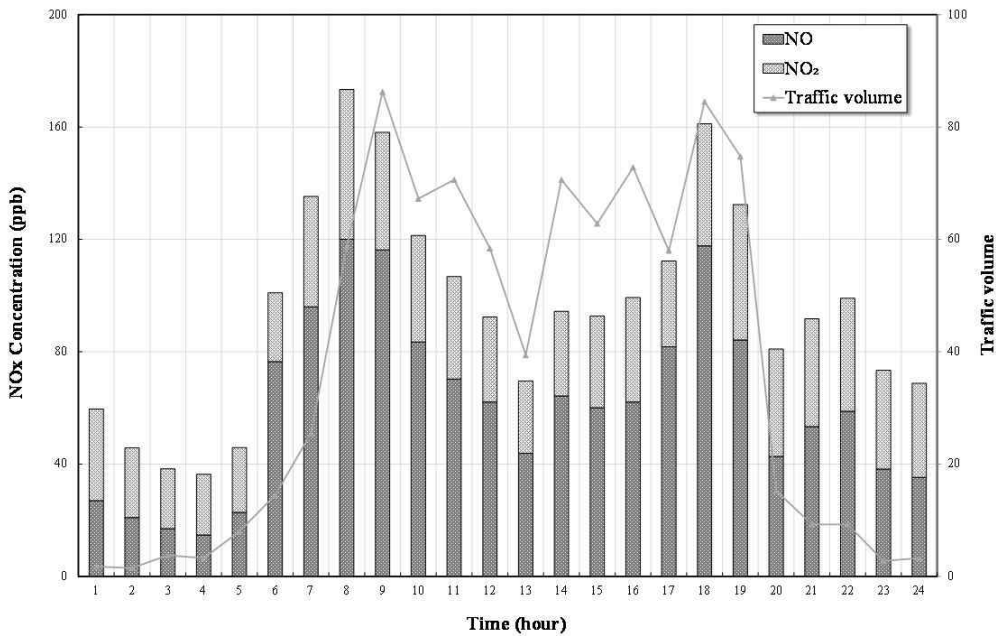
중차량 교통량에 따른 지하차도 NOx 배출특성에 관한 연구

이중원* · 박희문** · 이상혁*** · 백철민****

최근 미세먼지 및 초미세먼지 발생빈도가 높아짐에 따라 미세먼지 저감기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 도로에서 발생하는 미세먼지 및 초미세먼지의 전구체인 NOx는 자동차 연료 연소에 의하여 직접 발생하며 NOx의 주요 배출원은 경유를 연료로 사용하는 중차량의 비중이 가장 큰 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 연구에서는 중차량 교통량에 따른 NOx 배출특성을 분석하기 위하여 외부영향을 최소화 할 수 있는 지하차도를 측정대상으로 선정하여 5일간 NOx 농도 및 교통량을 측정하였다.

NOx 농도 측정은 화학발광법을 이용한 분석기를 사용하여 실시간으로 측정하였으며 분석에 사용된 중차량은 국내 자동차 관리법에 따라 중,대형 화물 자동차 교통량을 사용하였다.

그림 1은 측정기간 동안 측정된 시간당 NOx 배출량 및 교통량을 나타낸 것이다. 전체 교통량 중 중차량의 교통량은 시간당 평균 10%로 나타났으며 중차량 교통량이 증가할수록 NOx 농도는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 경유를 사용하는 중차량의 특성에 기인한 것으로 1차 배출 오염물질인 NOx를 직접적으로 배출하고 일반 차량에 비해 상대적으로 노후화된 화물 차량에 의한 것으로 판단된다.



감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 20SCIP-B149189-03).

핵심용어 : 초미세먼지, 질소산화물, 중차량, 화학발광법

* 정희원 · 한국건설기술연구원 복합신소재연구센터 박사후연구원 (E-mail : asca28@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 복합신소재연구센터 연구위원 · 교신저자 (E-mail : hpark@kict.re.kr)

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 복합신소재연구센터 수석연구원 (E-mail : slee@kict.re.kr)

**** 정희원 · 한국건설기술연구원 복합신소재연구센터 수석연구원 (E-mail : cmbaek@kict.re.kr)

질소산화물 저감을 위한 광촉매 적용에 대한 연구

이상혁* · 박희문** · 백철민*** · 김문경****

우리나라에서 발생하는 초미세먼지의 주된 원인은 질산염으로 알려져 있으며, 질산염은 국외에서 유입되거나 우리나라 내 자동차, 비산업연소 등으로 인해 발생하는 질소산화물이 다른 대기오염물질과 결합하여 발생하는 것으로 알려져 있다. 질소산화물은 질소와 산소의 화합물로 연료의 연소과정에서 공기 중의 질소가 고온에서 산화된 발생하는 물질로 환경질에 영향을 미치는 것은 주로 NO와 NO₂로 눈과 호흡기를 자극하고 중독 시 기관지염, 천식 등을 유발하는 환경오염물질이다. 질소산화물은 태양광과 반응할 경우 오존의 생성원인이 되기도 하고, 공기 중에 배출된 질소산화물의 약 7%는 초미세먼지로 전환되는 것으로 알려져 있다.

도로주변에서 발생하는 질소산화물을 저감하기 위하여 다양한 방안이 연구되고 개발되고 있으며, 특히 광촉매(TiO₂) 등을 이용하여 질소산화물을 저감하는 방안에 대한 연구가 다수 수행되고 있다. 이에 본 연구에서는 공용 중이 도로를 대상으로 광촉매(TiO₂)를 시공하였으며, 시공 이후 질소산화물과 교통량 및 환경요인에 대한 측정을 시행하였으며, 측정된 데이터를 기반으로 모형을 통계적 모형을 산정하여 광촉매(TiO₂)에 질소산화물 농도에 미치는 영향을 분석하였다.

표 1. 광촉매(TiO₂)가 적용되지 않은 도로구간의 질소산화물 발생모형

| 모수 | B | 표준오차 | 95% Wald 신뢰구간 | | 가설검정 | | |
|------|-----------|----------|---------------|----------|---------|------|-------|
| | | | 하한 | 상한 | Wald | 카이제곱 | 자유도 |
| (절편) | -42.976 | 11.4384 | -65.395 | -20.558 | 14.117 | 1 | .000 |
| RH | 2.986 | .2684 | 2.460 | 3.512 | 123.751 | 1 | 0.000 |
| SR | .032 | .0054 | .022 | .043 | 35.500 | 1 | .000 |
| (척도) | 2966.338a | 210.8085 | 2580.646 | 3409.674 | | | |

종속변수: 질소산화물 농도, 독립변수: , a. 최대 우도 추정값

표 2. 광촉매(TiO₂)가 적용된 도로구간의 질소산화물 발생모형

| 모수 | B | 표준오차 | 95% Wald 신뢰구간 | | 가설검정 | | |
|------|-----------|----------|---------------|----------|--------|------|-------|
| | | | 하한 | 상한 | Wald | 카이제곱 | 자유도 |
| (절편) | 551.573 | 106.8892 | 342.074 | 761.072 | 26.628 | 1 | .000 |
| 상대습도 | -2.932 | 1.1048 | -5.098 | -.767 | 7.044 | 1 | .008 |
| 온도 | -17.448 | 2.9193 | -23.169 | -11.726 | 35.721 | 1 | .000 |
| 광량 | .048 | .0056 | .037 | .058 | 73.232 | 1 | 0.000 |
| 교통량 | .764 | .2737 | .228 | 1.301 | 7.802 | 1 | .005 |
| (척도) | 1493.710a | 106.1533 | 1299.493 | 1716.953 | | | |

종속변수: 질소산화물 농도, 독립변수: 상대습도, 온도, 광량, 교통량, a. 최대 우도 추정값

핵심용어 : 질소산화물, 초미세먼지, 광촉매

* 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 수석연구원 (E-mail : slee@kict.re.kr)

** 정희원 · 교신저자·한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 연구위원 (E-mail : hpark@kict.re.kr)

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 수석연구원 (E-mail : cmbaek@kict.re.kr)

**** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 박사후연구원 (E-mail : moonkyung@kict.re.kr)

버스정류장 형태별 초미세먼지 발생특성 분석

이상혁* · 박희문** · 박기수*** · 김문경****

도로는 구조적 특성상 집약적인 형태를 가지고 있기 때문에 단위 면적당 초미세먼지를 많이 배출하고 있는 배출원이다. 더욱이 도로는 차량연료의 연소뿐만 아니라 타이어/브레이크 패드 마모, 도로파손 및 도로유지보수로 인해 발생하는 초미세먼지 및 비산먼지 등 다양한 초미세먼지 배출 오염물질에 노출되고 있다. 특히 도심지의 버스정류장은 대형 디젤차량의 정차 및 발차가 빈번히 이루어지는 지점이며, 대중교통 이용자가 해당 버스를 기다리는 대기공간으로 초미세먼지에 직간접적인 영향을 받고 있어 이에 대한 기초 연구가 필요하다. 최근 들어 도심지 버스정류장의 경우 다양한 디자인으로 버스이용자의 편의를 고려하여 설치되고 있다. 하지만 버스정류장의 형태 또는 버스이용자의 버스정류장 대기지점에 따라 도로에서 발생하는 초미세먼지가 버스이용자에게 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 도심지 버스정류장 형태에 따른 초미세먼지 농도특성을 분석하기 위하여 도심지에 설치되어 있는 폐쇄형 버스정류장의 안쪽과 바깥쪽을 대상으로 초미세먼지 농도를 측정하고 통계학적 방법을 이용하여 초미세먼지 농도변화에 대한 확률분포를 산정하였다. 그리고 산정된 버스정류장 안쪽과 바깥쪽의 초미세먼지 농도의 확률분포에 대한 확률밀도함수를 이용하여 초미세먼지에 대한 발생확률을 산정하여 초미세먼지 발생 농도에 대한 특성을 비교·분석하였다.

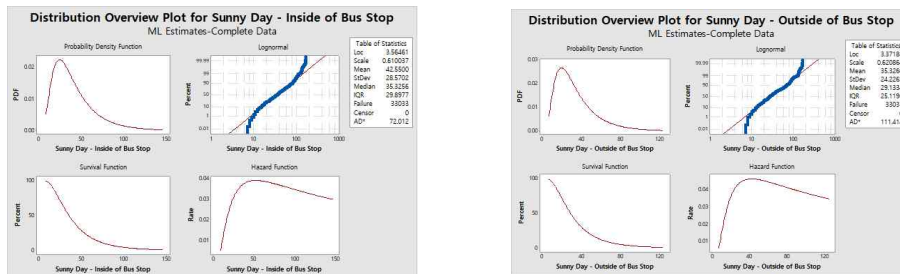


그림 1. Anderson-Darling Test 결과

표 1. Anderson-Darling Test를 이용한 버스정류장 형태별 초미세먼지 발생특성 분석

| Measured Locations | Number of Data | Mean ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Standard deviation | Distribution | Area from Probability Density Function (Probability of Fine Particulate Matter Standard) | | | |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------|--------------|--|------------------|--------------|-----------------|
| | | | | | Good (>0) | Moderate (16~35) | High (36~75) | Very High (<76) |
| Inside of Bus Stop | 33,033 | 42.296 | 25.743 | Log-normal | 8.0% | 41.4% | 39.7% | 10.9% |
| Outside of Bus Stop | 33,033 | 35.482 | 24.002 | Log-normal | 14.2% | 47.4% | 32.0% | 6.4% |

핵심용어 : 초미세먼지, 버스정류장, Anderson-Darling test

* 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 수석연구원 (E-mail : slee@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 연구위원 · 교신저자 (E-mail : hpark@kict.re.kr)

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 신진연구원 (E-mail : kisoopark@kict.re.kr)

**** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 박사후연구원 (E-mail : moonkyung@kict.re.kr)

도로변 질소산화물 발생 요인에 대한 기초 연구

이상혁* · 박희문** · 이수형*** · 이종원****

최근 우리나라 인근 국가들의 경제성장과 우리나라의 경제활동으로 인해 대기오염농도가 높아지고 있는 추세이다. 대기오염물질 중 미세먼지는 공기 중에 부유하는 고체입자로 지름이 10 μ m 이하보다 작은 먼지이며 사람의 건강에 부정적인 영향을 미치는 물질로 알려져 있다. 특히 초미세먼지는 지름이 2.5 μ m 이하보다 작은 먼지로 다른 대기오염물질에 비해 사람의 호흡기에 필터링 되지 않아 폐에 침투하거나 혈관을 통해 체내에 흡수되면서 호흡기 질환 및 심혈관 질환 등의 발생원이 되고 있다. 이러한 초미세먼지는 배출원으로부터 직접 배출되거나 가스상 물질이 대기 중에서 물리적 화학반응을 통해 먼지 입자로 전환되는 2차 오염물질로 구분할 수 있다. 2차 오염물질로 전환된 초미세먼지의 주된 요인은 대기오염물질 중 질소산화물이 오존 등과 같은 다른 물질과 화학적 반응을 통해 전환되는 것으로 알려져 있어 이에 대한 이해가 필요하다. 특히, 도로변의 경우 오염물질 배출원이 도로를 이용하는 운전자와 보행자 등과 가까이에 있어 이로 인한 영향이 매우 클 것으로 예상되고 있다. 따라서 본 연구에서는 도로변에서 발생하는 질소산화물 농도에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 질소산화물 농도와 교통, 환경요인에 대한 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 이용하여 질소산화물과 다양한 요인들 간의 상관관계를 산정하여 분석하였다.

표 1. Pearson 상관계수를 이용한 질소산화물 발생 요인 분석

| | Pearson 상관계수 | | | | | | |
|-------|--------------|-------|------|------|------|------|--------|
| | 질소산화물 | 상대습도 | 온도 | 풍속 | 광량 | 교통량 | 중차량 비율 |
| 질소산화물 | - | | | | | | |
| 상대습도 | .412 | - | | | | | |
| 온도 | -.369 | -.981 | - | | | | |
| 풍속 | -.196 | -.495 | .505 | - | | | |
| 광량 | .016 | -.507 | .618 | .323 | - | | |
| 교통량 | -.230 | -.456 | .470 | .273 | .262 | - | |
| 중차량비율 | -.061 | -.178 | .213 | .063 | .244 | .534 | - |

핵심용어 : 초미세먼지, 질소산화물, 상관분석

* 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 수석연구원 (E-mail : slee@kict.re.kr)
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 연구위원 · 교신저자 (E-mail : hpark@kict.re.kr)
 *** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 수석연구원 (E-mail : shlee1@kict.re.kr)
 **** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 복합신소재연구센터 박사후연구원 (E-mail : asca28@kict.re.kr)

포장 설계시공 기준 개선을 위한 도로분야 건설기준 정비 현황

김기현*

국가건설기준센터는 건설 각 분야 간 건설기준의 내용이 중복·상충하는 문제를 해소하고, 그 동안 평균 7년의 주기로 정비되어서 적절한 최신 기술의 반영, 사회 현안의 해소 등이 어려웠던 문제를 해결하고 건설기준의 유지관리가 용이하도록 설계기준, 표준시방서에 코드체계를 도입하여 개정고시 하였다. 이에 따라 도로설계기준과 도로공사 표준시방서가 설계기준(KDS 44 00 00) 및 표준시방서(KCS 44 00 00) 코드로 제정되어 개별 코드 별로 개정 관리되고 있다. 하지만, 코드화 시 타 분야와 중복되는 내용에 대해 협의를 통해 인용처리하고 삭제 하는 것으로 내용의 조정이 이루어진 부분에서, 누락되거나 중복된 부분에 대한 수정과 코드 제정 이후 개별코드의 개정 외에 KS 표준, 상위법과 기준, 새로운 기술의 도입 등에 대한 전반적인 검토를 위해 주기적인 정비연구를 실시하고 있다. 이러한 정비연구는 건설기준의 내용을 항상 건전하게 유지하도록 5년 주기로 이루어질 예정이다. 고속도로공사 전문시방서도 도로공사표준시방서와 연계하여 중복되는 내용은 참조, 인용하도록 하는 것을 기본으로 하는 코드체계로 전환하여 고시되었다.

2020년 시행하고 있는 도로 건설기준 정비 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

- 기 심의완료 하였으나, 고시되지 않은 최신 기술관련 내용에 대해 최신화 하여 개정안을 작성한다.
 - 재활용 아스팔트 기술 및 중온 아스팔트 기술 관련 내용
- 최신 건설기술 반영하여 건설기준 개정안을 작성한다.
 - 도로 분야 최신 기술의 건설기준 반영 검토
 - 최근 건설 환경의 변화와 건설기술의 발전에 따라 활용하기 어렵거나 미흡한 건설기준 정비
- 도로 건설기준과 타 기준 등과의 적합성을 개선하도록 건설기준을 개정
 - KS 표준, 상위 법, 기준의 최근 개정사항 반영
 - 고속도로공사 전문시방서 최근 개정사항 반영 및 연계 체계 구축
 - 타 분야 건설기준과의 중복·상충 검토
 - 건설기준 코드체계 정비

국가건설기준센터에서는 도로 건설기준(KDS 44 00 00/KCS 44 00 00)에 최신 건설기술을 반영하고 적합성을 평가한 결과에 대하여, 소관부서인 국토교통부 도로건설과와의 협의를 통하여 2021년 개정고시를 추진할 예정이다. 이를 통해 최신 기술의 도입과 중복·상충으로 인한 산업계 혼란을 미연에 방지하게 될 것을 기대한다.

핵심용어 : 도로, 건설기준, 적합성, 기준정비, 국가건설기준센터

* 정회원 · 한국건설기술연구원 국가건설기준센터 공학석사 (E-mail : kihyun@kict.re.kr)

도로분야 건설기준의 법적 효력 검토

김기현*

도로분야 건설기준은 도로시설물의 합리적이고 경제적인 설계와 시공을 위한 최소한의 내용을 기술하고 있으며, 설계자는 도로시설물을 설계하고 발주자, 시행자는 공사시방서를 작성하여 사업을 안전하게 시행하여 목적인 품질의 시설물을 건설한다.

이러한 건설기준은 합리적인 운영을 위해 기존의 단행본 체계에서 코드 체계로 개정고시 되었다. 이에 따라 도로시설물을 건설하기 위해 설계, 시공에 필요한 사항을 기술하고 있는 도로설계기준과 도로공사표준시방서는 코드체계 하에서 타분야 기준과의 중복상충하는 사항을 상호 참조·인용하도록 하는 코드 체계로 제편되었으며, 이에 따라 도로건설에 필요한 땅깁기, 흙쌓기, 터널, 교량, 배수 등의 내용은 해당분야 건설기준에 기술하는 내용을 참조·인용 하는 형태로 구성되었다.

본 연구에서는 이러한 코드체계 하에서 운영되고 있는 도로분야 건설기준의 법적 효력에 대하여 검토하였다.

「건설기술 진흥법」 제46조제1항에서는 “발주청은 건설공사를 안전하고 경제적·능률적으로 시행하기 위하여 건설공사의 계획·조사·설계·시공·감리·유지·관리 등((중략))을 대통령령으로 정하는 절차 및 기준에 따라 수행하여야 한다.”라고 규정하고 있고, 「건설기술 진흥법 시행령」 제67조제1항에서는 “법 제46조제1항에서 “대통령령으로 정하는 절차 및 기준”이란 다음 각 호에 따른 건설공사 시행과정((중략))의 해당 규정에서 정하는 절차 및 기준을 말한다. (중략) 7. 제73조에 따른 실시설계”라고 규정하고 있으며, 제73조제3항에서는 “실시설계의 내용, 설계기간, 설계관리 및 설계도서의 작성기준은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.”라고 규정하고 있고, 「건설기술 진흥법」 제44조 및 같은 법 시행령 제65조에 의하여 설계기준(KDS)을 정하고 고시하고 있으므로, 설계기준(KDS)은 「건설기술진흥법」 제2조제6호에 의한 발주청이 발주한 건설사업의 설계 시에 준수하여야 하는 의무사항이라고 할 수 있다.

일반적으로 표준시방서는 법적 효력이 있는 계약서류인 공사시방서를 작성하기 위한 참고도서이기 때문에 그 자체로는 법에서 위임된 법적 효력이 없는 것으로 알려져 있고, 경우에 따라 유권해석을 통해 탄력적으로 해석하고 있기 때문에 엄밀히 근거를 분석해 볼 때 법적 의무사항이라고 볼 수는 있으나, 개별 사업에서 발주자의 의도와 시설물의 목적에 따라 반드시 지켜져야 하는 의무사항이라고 보기 어려운 두 가지 관점이 모두 있어 개별 공사, 사업 건에 대한 법적 강제성을 위임받은 설계 및 시공 시의 법적 효력은 각각 건별 특수성을 고려하여 권한을 가진 부처의 유권해석을 따르는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 건설기준, 강제성, 법적 효력, 도로, 국가건설기준센터

* 정희원 · 한국건설기술연구원 국가건설기준센터 공학석사 (E-mail : kihyun@kict.re.kr)

설계요소 기반 자전거 도로대장 구축방법론 개발

전우훈* · 양인철**

지속적인 도로인프라의 확충에 따라 효율적인 도로관리를 위한 인프라 통계자료의 구축의 중요성이 날로 커지고 있다. 정확한 인프라 통계자료는 신설하고자 하는 도로인프라 계획의 기초데이터가 될 뿐 아니라, 천문학적으로 증가하고 있는 유지관리비용을 효율적으로 집행할 수 있는 근간이 되기 때문이다. 국토교통부 도로업무편람(2019)에 따르면 2018년 도로관리 예산은 총 16,535억원에 이르고 있으며, 도로포장 및 도로비탈면 낙석정비, 줄음شط터 설치 및 개선, 도로표지 개선 등 다양한 업무에 예산이 집행되고 있다. 효율적인 국가예산 집행계획을 수립하기 위해서는 무엇보다도 기존 도로인프라에 대한 충분한 데이터가 축적되어야 한다. 이를 위해서 국토교통부는 자동차도로의 기본적인 설계요소인 차로폭, 횡단경사, 종단경사, 길어깨폭 등에 대해 도로법에 의한 도로대장에 따라 자동차도로의 세부 데이터가 구축되고 있다. 자전거도로 역시 자전거이용 활성화에 관한 법률에 따라 자전거 도로대장을 작성하도록 되어 있으나, 자전거도로대장은 자동차도로대장과 달리 노선명, 노선번호, 자전거도로의 종류, 시종점 등과 같이 매우 기초적인 데이터만 작성하도록 되어 있다. 2000년대 이후 자전거 등 녹색교통에 대한 필요성이 증대되면서 자전거 인프라시설에 대한 확충 및 관리의 중요성은 지속적으로 커져가고 있으며, 이에 효율적인 자전거도로 인프라 관리를 위해서는 기존 데이터뿐만 아니라 설계요소에 포함되어 있는 곡선반지름, 분리대폭, 분리공간폭 등과 같은 세부 데이터의 구축이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 자전거도로의 설계요소 분석을 통해 기존 자전거이용 활성화에 관한 법률에서 규정하고 있는 자전거 도로대장의 수정방안을 제시하고자 한다. 기존 자전거도로 설계와 관련한 지침 및 매뉴얼 등을 분석하고, 각 설계기준에서 제시하고 있는 설계요소들에 대한 중요성을 검토하여 최종적으로 자전거도로대장에 포함되어야 하는 설계요소를 제시하고자 한다. 이를 통해 자전거인프라의 조사범위 및 방법 등을 지정할 수 있어 향후 보다 체계적인 자전거인프라 통계자료 구축이 가능할 것으로 기대된다.

표 1. 자동차 도로대장 작성 예시

| | | | | | | | |
|------------|-----|--------|--|--------------|--|-----------|--|
| ①관리번호 | | | | | | ②관리기관 | |
| ③도로의 종류 | | ④노선명 | | ⑤노선번호 | | ⑥구간 | |
| ⑦노선지정(인정)일 | | | | ⑧도로구역결정(변경)일 | | | |
| ⑨접도구역 지정일 | | | | ⑩지적 고시일 | | | |
| 위치 | ⑪시점 | | | ⑬주요 통과지 | | | |
| | ⑫종점 | | | | | | |
| ⑭노선 연장 | | ⑮전용 연장 | | ⑯중용 연장 | | ⑰통행 불능 연장 | |

핵심용어 : 자전거도로, 자전거 도로대장, 설계요소, 도로관리, 자전거인프라

* 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구위원 (E-mail : cwmoon@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구위원 (E-mail : ywinter75@kict.re.kr)

모바일매핑시스템과 인공지능형 균열검지시스템을 활용한 대전광역시 도로자산관리시스템 구축방안

최승현* · 도명식** · 박창희*** · 권경영****

도로관리에 충분한 재정투자가 현실적으로 어려운 상황에서 도로의 기능유지, 생애주기비용 등을 고려한 효율적인 유지관리 방안 마련 필요성이 지속적으로 제기되고 있다. 특히, 도로법 개정(14.1.14)으로 도로건설·관리 계획(5년)의 수립 시 도로 자산의 활용·운용에 관한 사항을 포함토록 하고 있다. 선진국의 도로 유지 보수비용은 km당 3-4억원이나 우리나라의 경우 고속도로는 km당 7,000만원, 일반 국도는 5,100만원, 시군구는 1,300만원에 불과하여 도로 상태를 점검하기 위한 보다 저렴한 방식의 시스템이 필요하다. 하지만, 현재의 도로검지 시스템은 차량 가액만 5억에서 15억에 달하고 후처리 후 수동검사에 의존하기 때문에 비용이 많이 들어 지자체가 관리하는 도로에 현재의 방식은 적용이 어렵다. 또한, 대다수의 지자체는 체계적인 도로포장관리를 위해 수립할 수 있는 예산, 규모, 조직 및 장비의 한계와 같은 현실적인 문제에 직면해 있으며 특히, 시설물을 담당하는 담당 공무원의 잦은 업무변경으로 인해, 업무의 연속성 및 전문성이 저하되는 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 대전광역시의 효율적인 도로관리를 위해 모바일매핑시스템(Mobile Mapping System, MMS)과 인공지능형 균열검지시스템을 기반으로 하는 도로 자산관리시스템(Infrastructure Asset Management, IAM)의 구축방안을 제안하고자 한다.

대전광역시에서 관리하는 도로시설물은 도로연장 614km(차로수 기준 약 3,400km)이다. 도로포장의 균열에 대한 상태 조사는 모바일매핑시스템인 imajbox 장비를 활용하였다. 도로포장의 상태등급은 인공지능형 균열검지시스템을 기반으로 판정을 수행하였으며, 조사자료는 Qgis S/W를 활용하여 DB를 구축하였다. 또한, 도로포장, 교량, 터널에 대한 자산가치산정을 수행하였으며, 판정된 도로포장상태등급과 유지보수 의사결정지원시스템을 활용한 대전광역시의 도로포장에 대한 장래유지보수예산을 추정하였다.



그림 1. 도로자산관리시스템 구축과정

핵심용어 : 도로포장, 자산관리체계, 서비스수준, 일반국도, 포장관리시스템

* 정회원 · 한밭대학교 SOC 자산관리센터 박사후 연구원 (E-mail : elflie@naver.com)- 발표자
 ** 정회원 · 한밭대학교 도시공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : msdo@hanbat.ac.kr)
 *** 비회원 · 대전광역시청 건설도로과 주무관 (E-mail : ksharp@korea.kr)
 **** 비회원 · 대전광역시청 건설도로과 과장

IoT 프로젝트를 적용한 마샬안정도시험기 기초연구

이강인* · 이강빈** · 최준성***

최근 IoT기술과 제4차 산업 혁명 등의 첨단기술은 실시간 정보를 전달하고 효율적으로 작동하면서 토목 산업에 큰 변화를 일으키고 있다. 이에 따라 마샬안정도시험기 등 도로실내실험 장비에 IoT를 접목하는 추세이다. 본 연구에서는 그림 1 과 같이 기존 마샬안정도시험기에 무선공유플랫폼 장착하여 실험 데이터를 컴퓨터와 핸드폰으로 데이터 조회 후 프록시서버로 전송한다. 이후 프록시 서버에서 데이터를 선정하고 클라우드에 저장하고자한다. 따라서 IoT 마샬안정도시험기에 장착하는 IoT 보드가 중요하다. 이에 IoT 마샬안정도시험기 제작을 위한 IoT 프로젝트 보드 제작에 필요성을 제시하고자 한다. 표 1과 같이 라즈베리파이 4는 저렴한 가격과 전력 소모가 적고 작은 크기 등 장점을 가지고 있어 고려하였지만, 단점인 센서 확장성의 불편함으로 마샬안정도시험기에 들어가는 로드셀, 변위센서, 속도센서 등의 여러개의 센서를 사용하기에는 라즈베리파이 보드의 센서용량, 호환문제와 공급문제가 있으며, 다른 단점으로 노이즈에 매우 취약한 구조로 되어 있어 산업용으로 사용하기에 부적합하다. 또한 라즈베리파이 4 자체의 발열이 심해 방열판을 추가로 부착하여야하며 데이터 손상 위험이 있는 SD메모리카드를 저장 공간으로 사용하여 데이터가 안전하지 못하는 등 마샬안정도시험기 데이터 전송에 제약이 있다. 이와 같이 라즈베리파이 4는 저가용 보드이므로 사양의 한계가 있으나, 그림 2와 같이 라즈베리파이 클러스터를 사용하면 사양의 한계를 뛰어넘을 수 있지만, 부피 증가로 인한 공간문제와 구축환경을 만들어야 한다는 단점이 있다. 이러한 단점들로 인하여 마샬안정도시험기에는 라즈베리파이 4를 접목시키기에 문제가 있어 본 연구에서는 라즈베리파이4의 단점을 보완하여 IoT 마샬안정도시험기에 적합한 IoT 프로젝트 보드를 자체 제작을 하고자 한다. 이를 위하여 IoT 프로젝트 보드와 기존 데이터로거를 이용한 데이터 전송 비교실험 통한 캘리브레이션 차트를 작성 중에 있다. 추후 IoT 프로젝트 보드에 데이터 전송오류 확인 및 보완을 통하여 IoT 프로젝트 보드를 완성 할 예정이다.

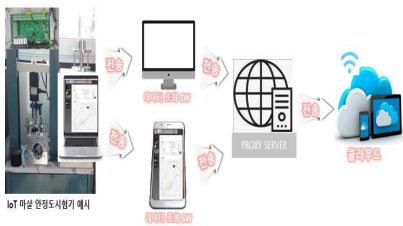


그림 1. IoT 마샬안정도시험기 개념도



그림 2. 라즈베리파이 클러스터



그림 3. IoT 프로젝트 보드

표 1. 라즈베리파이 4 장단점

| 장점 | 단점 |
|-------------------|----------------|
| 저렴한 가격 | 사양의 한계 |
| 빠른 개발 속도 | 산업용으로 부적합 |
| 모든 GPIO 단자 사용 가능 | 센서 확장성의 불편함 |
| 전력 소모 적음 | 저장 공간이 안전하지 못함 |
| 작은 크기 | 발열이 심함 |
| Mathematica 기본 설치 | 모듈을 통한 센서 연결 |

핵심용어 : 마샬안정도시험기, IoT, 센서, 라즈베리파이 4, IoT 프로젝트 보드

* 학생회원 · 인덕대학교 토목환경학과 전문학사과정 (E-mail : leerddls123@naver.com) -발표자

** 학생회원 · 인덕대학교 토목환경학과 학사과정 (E-mail : dlrk1112@naver.com)

*** 학생회원 · 인덕대학교 토목환경공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : soilpave@induk.ac.kr)

상변화물질(Phase Change Material)을 활용한 아스팔트 바인더 및 혼합물 기본물성 비교·평가

장대성* · 송현호** · 임치수*** · 이재준****

PCM(Phase Change Material)은 상변화 물질로 상변화과정을 통해 생성된 열에너지를 축적하여 상변화시 저장된 열에너지를 방출하게 된다. 이러한 상변화물질은 건물 냉방시스템, 건물벽, 보일러 등 국내외에서 다양하게 활용되고 있다. 하지만 아스팔트 바인더에 PCM을 혼입했을 경우 바인더 및 혼합물의 특성 및 거동변화에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 때문에 다양한 곳에 활용되는 PCM을 아스팔트에 사용할 경우 바인더 및 아스팔트 혼합물에 미치는 영향을 비교·평가 하고자 한다. 본 연구는 'D'사의 PCM 상변화물질을 혼입했을 경우 아스팔트 바인더 및 아스팔트 혼합물의 물리적, 화학적 특성을 비교 및 평가하는 것이다. 아스팔트 바인더의 물리적 평가를 위해 침입도시험, 연화점시험, 질대점도시험을 진행했으며, 화학적 평가를 위해 FTIR 분석을 실시하였다. 또한 혼합물의 물성 비교를 위해 마샬안정도 시험, 간접인장강도시험, 인장강도비 시험, 휠 트래킹 시험을 진행하였다.

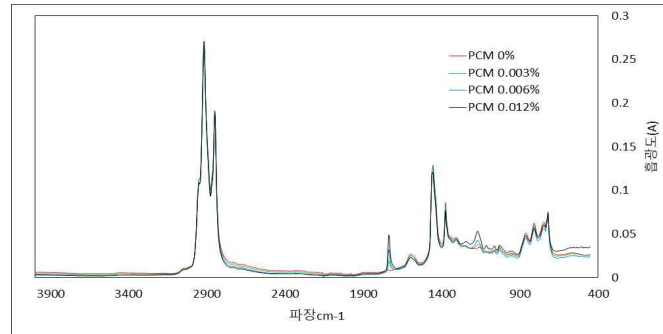
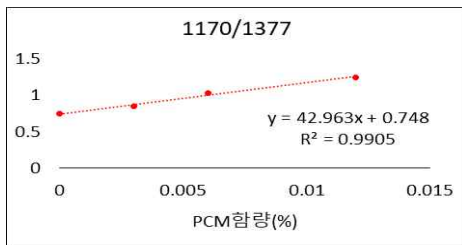


그림 1. PCM함량에 따른 FTIR 비교



1. PCM피크(1170cm⁻¹)와 바인더 피크의 회귀분석

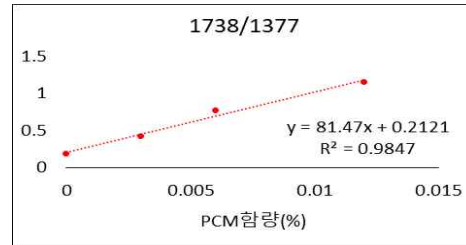


그림 2. PCM피크(1738cm⁻¹)와 바인더 피크의 회귀분석

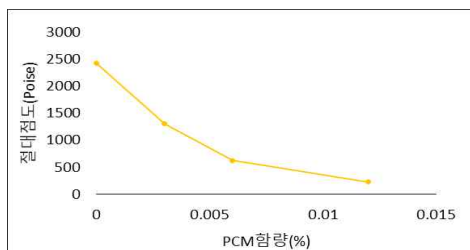


그림 3. PCM함량에 따른 절대점도 비교

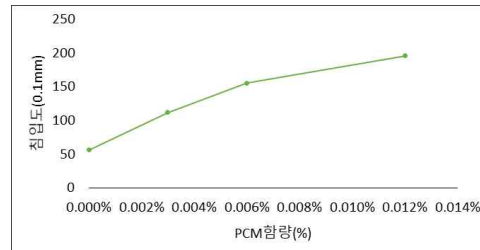


그림 4. PCM함량에 따른 침입도 비교

핵심용어 : PCM 상변화물질, 아스팔트바인더, FTIR, 절대점도

* 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : moagala@naver.com)

** 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : olympus95@naver.com)

*** 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : limchisoo@naver.com)

**** 정회원 · 전북대학교 방재연구센터 토목공학과 교수·공학박사 · 교신저자 (E-mail : lee2012@jbn.ac.kr)

고유동 Guss 아스팔트 혼합물 침입도 실험

손병광* · 최지웅** · 김성민*** · 장병하**** · 김시환*****

Guss Mastic 아스팔트 혼합물은 일반적으로 아스팔트 포장의 중간층에 적용되고 있으나 독일 등은 골재 치핑 등의 방법을 이용하여 표층에도 적용하여 고내구성 아스팔트 포장을 개발하여 사용하고 있다. 이러한 Mastic 아스팔트 혼합물을 이용하여 방수층 일체화 포장재료를 개발하기 위한 초기 작업으로 바인더에 대한 침입도 실험을 수행하였다. 침입도 실험을 위하여 AP, Guss, T.L.A 아스팔트를 준비하였으며, 침입도 실험 전날 160°C를 유지한다. 배합비를 AP-5 또는 개질 아스팔트(Guss) 4.9%, T.L.A 아스팔트 59.7%, 혼합시료(APAO) 30.0%, 길소나이트 5.4%로 하여 혼합물을 만들어 몰드에 담아 오븐에 보관하였다. 혼합시료는 α -Olefins, Aerafin, Sis-4113, Ep-901, Rubber 등 5개의 혼합시료로 실험을 수행하였으며 AP-5와 개질 아스팔트 혼합물에서 각각 2번의 실험을 수행하기 위하여 총 20개의 침입도 실험 샘플을 제작하였다. 그림 1은 용융 장치를 사용하여 혼합물을 제작하는 과정이며 그림 2는 실험을 위해 몰드에 혼합물을 담은 것을 보여준다. 침입도 실험은 KS M 2252에 따라 실내 온도 25°C일 때 하중 100g의 침을 5초 간격으로 낙하하여 3번의 실험을 진행하였으며 평균 침입도에 대한 실험 결과를 표 1에 나타내었다.



그림 1. 혼합물 제작 과정



그림 2. 몰드에 담긴 혼합물

표 1. 침입도 실험 결과표

| 혼합시료 | 아스팔트 | 평균값 (1/10mm) |
|-------------------|------|--------------|
| α -Olefins | AP-5 | 6.8 |
| | Guss | 5.3 |
| Aerafin | AP-5 | 26.1 |
| | Guss | 26.0 |
| Sis-4113 | AP-5 | 14.8 |
| | Guss | 13.4 |
| Ep-901 | AP-5 | 13.9 |
| | Guss | 14.4 |
| Rubber | AP-5 | 23.9 |
| | Guss | 5.4 |

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부 구매조건부신제품개발사업의 ‘고유동 아스팔트 혼합물을 이용한 방수층 일체화 포장재료의 개발(S2781218)’ 과제를 통해 수행되었습니다.

핵심용어 : Guss, AP-5, 침입도, Mastic 아스팔트

- * 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : qudrhkd4561@khu.ac.kr)-발표자
- ** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : jwchoi19@khu.ac.kr)
- *** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수·공학박사 · 교신저자 (E-mail : seongmin@khu.ac.kr)
- **** 정회원 · 이레하이테크이앤씨 부사장 (E-mail : gobhwd@daum.net)
- ***** 정회원 · 태릉건설 차장 (E-mail : nadaayo@nate.com)

베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술의 현장 적용성 평가

권홍준* · 양성린** · 이강훈*** · 김용주****

최근 국내 연구진은 한국 중온 아스팔트 포장 기술을 베트남 기후 및 교통조건을 고려하여 최적화하고 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 첨가제를 개발하였다. 본 연구에서는 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 포장 기술을 베트남 현지에서 시험적으로 적용함으로써 개발 기술의 현지 적용성 평가를 수행하고자 하였다. 베트남은 남북으로 길게 뻗은 국가로 개발 기술의 베트남 적용을 위해서는 북부 및 남부 지역에 모두 적용하여 현장 적용성을 검토해야 한다.

베트남 맞춤형 중온 아스팔트 시험포장은 베트남 현재 재료 및 설비를 활용하여 수행되었으며, 북부의 경우, 하노이 인근 남딘지역 10번 국도, 남부의 경우, 티엔장 인근의 베트남 1번 국도를 그 대상으로 하였다.



그림 1. 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술 시험포장 구간

시험 포장은 생산 전 현지 설비를 활용하여 Pre-Mix 타입으로 진행되었으며, 열화상 카메라, 온도 센서 설치를 통해 중온에서의 시공 가능 여부 및 생산/시공 온도 관리를 수행하였다. 이와 동시에 현장에서 혼합물을 채취하여 시공 품질관리 시험을 수행하여 베트남 기준에 부합하는지 확인하였다. 확인 결과, 북부, 남부 모두 현장 채취 공시체가 베트남 기준에 부합하는 것으로 분석되었다. 현재 시험포장 구간에 대하여 모니터링 중이며, 시험포장 시공 후 10개월 소요된 현재까지 특별한 파손은 발생하지 않은 것으로 조사되었다. 향후 지속적인 모니터링 및 코어 채취/분석을 통해 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술의 현지 실용화 및 베트남 국가 표준 제정에 기반자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 (E-mail : hjkwon@kict.re.kr)

** 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : siyang@kict.re.kr)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kh83lee@kict.re.kr)

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : yongjook@kict.re.kr)

베트남 맞춤형 중온 아스팔트 혼합물 품질 및 성능 평가 연구

권홍준* · 장대성** · 이강훈*** · 김용주**** · 이재준*****

최근 베트남에서는 “2030 도로교통 개발 종합계획”에 따라 지속적인 신규 도로 건설 및 유지보수에 집중 투자가 이루어지고 있다. 하지만 베트남은 몬순기후 국가로, 연중 높은 기온과 장기간의 우기로 인해 베트남 도로 포장의 대부분을 차지하는 아스팔트 포장에 소성변형 및 포트홀과 같은 조기파손이 빈번히 발생하고 있다. 하지만 베트남은 낮은 기술 수준 및 맞춤형 도로포장 기술의 부재로 인해 도로 유지보수에 막대한 예산이 투자되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 베트남에서는 대한민국과 협력하여 한국 중온 아스팔트 기술을 현지 기후 및 교통조건을 고려하여 최적화하고 베트남에 도입하기 위한 노력을 기울이고 있다.

베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술은 한국의 중온 아스팔트 기술을 기반으로 베트남 환경에 맞게 개선되었다. 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술은 일반 중온 아스팔트 기술과 중온 개질 아스팔트 기술; 두 가지 형태로 개발되었으며, 일반형의 경우, 왁스 기반의 중온 아스팔트 첨가제에 수분에 대한 저항성을 극대화시키기 위한 박리방지제가 추가되었고, 반면 저온 성능과 관련된 성분을 제외되었다. 중온 개질 아스팔트 기술의 경우에는 중온 효과 및 수분에 대한 저항성 향상은 물론 개질 아스팔트 기술과 융합하여 소성변형에 대한 저항성을 향상시켰으며, 개질 중온 아스팔트 기술은 베트남 내 중차량의 통행이 많은 구간에 적용 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 대한민국과 베트남이 협력하여 개발된 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술의 현지 적용가능성 평가를 위해 품질 및 실내 성능 평가를 수행하였다. 표 1과 표 2는 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술 품질 및 성능 시험항목을 보여주고 있다. 실내 실험결과, 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 기술은 국내 및 베트남 현지 기준에 부합하는 것으로 나타났으며, 향후 현지 시범사업을 통해 현장 적용성 평가를 수행할 예정이다.

표 1. 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 혼합물의 품질 시험 항목

| 시험 항목 | 시험 규격 | 관련 특성 |
|---------------|------------------|-----------|
| 공극율, 간극율, 포화도 | KS F 2363 : 2014 | 아스팔트 배합설계 |
| 안정도 | KS F 2337 : 2012 | |
| 동적안정도 | KS F 2374 : 2010 | 소성변형 저항 |
| 가접이장강도 | KS F 2382 : 2008 | 피로균열 저항 |
| 인장강도비(TSR) | KS F 2398 : 2012 | 수분저항성 |

표 2. 베트남 맞춤형 중온 아스팔트 혼합물의 공용성 평가 항목

| 구 분 | 시험방법 | 역학적 특성 | 시험조건 |
|-----------------------------|----------------|------------------------------|--|
| 동적수침시험 | BS EN 12697-11 | 박리정도 육안 평가(%) | 25°C, 60rpm, 24hr |
| Hamburg Wheel Tracking Test | AASHTO T 324 | 박리발생점, 20,000회 하중 재하 시 소성변형량 | 60°C 수중 705N±4.5N |
| 선형 점탄성 거동 특성 | AASHTO TP 62 | 점탄성 거동 특성 온도에 따른 강성 평가 | 하중주기 20, 10, 5, 1, 0.5, 0.1Hz 온도 5, 20, 40, 54°C |

핵심용어 : 중온 아스팔트 혼합물, 박리저항성, 수분저항성, 소성변형저항성

* 정희원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 (E-mail : hjkwon@kict.re.kr)
 ** 학생희원 · 전북대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : moagala@naver.com)
 *** 정희원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kh83lee@kict.re.kr)
 **** 정희원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : yongjook@kict.re.kr)
 ***** 정희원 · 전북대학교 토목공학과 교수 (E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr)

첨가제 함량의 따른 중온 아스팔트 바인더의 물리적 특성

조재원* · 나대명** · 김병준*** · 이정희**** · 전순제***** · 박주홍*****

최근 지구의 연평균 기온이 최고치를 보이고 있으며, 국내의 경우 올해 50일 이상의 장기적인 장마로 인해 6월보다 7월의 평균기온이 더 낮은 역전 현상이 처음으로 관측되는 등 이상기후 현상이 발생하고 있다. 이러한 이상기후의 영향으로 포트홀, 탈리·박리 현상 및 소성변형 등 도로의 파손 발생빈도가 증가하고 있고, 이러한 파손은 사고발생 및 물적·인적 재산피해를 야기할 뿐만 아니라, 나아가 국가예산 증감을 초래한다. 세계 각국에서는 이상기후의 원인으로 지목되는 온실가스를 줄이기 위한 노력을 하고 있으며, 그 노력의 일환으로 미국, 유럽 등 선진국을 비롯한 국내에서는 중온 아스팔트 포장에 국가 기준으로 제정하여 사용 중이다.

일반 및 개질 아스팔트 혼합물은 높은 온도를 사용하여 발생하는 배기가스, 악취 및 방출열등이 많아 작업자의 작업환경을 위협하는 요인이 된다. 중온아스팔트 혼합물은 생산 시 온도가 일반 가열 아스팔트 혼합물보다 30~40℃를 낮출 수 있고, 연료 소비가 줄어들어 유해물질 배출을 감축할 수 있으며, 낮은 온도에도 다짐이 가능하여 시공시간이 줄어 교통개방에 용이하다는 장점이 있다(김광우 외, 2009).

본 연구에서는 국내에서 사용되는 중온첨가제 4종을 선정하여 첨가제 사용량(바인더 중량 대비)에 따른 점도 및 물리적 특성을 평가하였다. 이를 수행하기 위해 사용된 중온 개질첨가제는 왁스첨가제 3종 및 화학첨가제 1종을 선정하였으며, 중온첨가제의 사용량은 왁스첨가제의 경우 1.5, 3.0, 6.0 %, 화학첨가제는 0.5, 0.75, 1.5 % 를 첨가하여 제조하였다.

제조가 완료된 중온 아스팔트 바인더는 각각 회전점도, 절대점도, 침입도, 신도, 연화점 및 공용성등급 등을 분석하여 바인더의 연성 및 소성변형에 대한 물리적 특성을 평가하였다. 실험결과 왁스첨가제가 첨가된 중온 아스팔트 바인더의 경우 중온첨가제의 사용량이 증가함에 따라 공용성 등급을 유지하지 못하는 것을 확인할 수 있었다. 반면 화학첨가제가 첨가된 중온 아스팔트 바인더의 경우 첨가되기 전·후가 동일한 공용성등급을 나타내었고, 첨가량이 높아질수록 점도가 감소됨을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 중온 아스팔트 바인더, 왁스첨가제, 화학첨가제, 공용성등급, 회전점도, 절대점도, 침입도, 신도, 연화점

* 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 연구원 (E-mail : jaewon63@hanmail.net)
** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 주임연구원 (E-mail : rdm1501@naver.com)
*** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 주임연구원 (E-mail : fihz55@naver.com)
**** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 책임연구원 (E-mail : bluexcrow@gmail.com)
***** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 책임연구원 (E-mail : godonme@naver.com)
***** 정회원 · 한국아스콘공업협동조합연합회 수석연구원 · 부원장 (E-mail : testboy@hanmail.net)

한국형 기포 아스팔트 발생 설비 개발 연구

이강훈* · 정민재** · 김용주*** · 류근배****

국내 도로는 총 연장의 90% 이상이 아스팔트 포장으로 되어 있으며 주로 골재, 아스팔트 및 첨가제 등을 고온(160°C 이상)에서 혼합해 생산된 가열 아스팔트 혼합물로 시공하는 것이 일반적이다. 하지만, 가열 아스팔트 포장은 혼합물 생산 및 시공 과정에서 다량의 에너지 소비와 이산화탄소와 같은 유해가스를 배출하고 있어 이에 대한 대응기술 개발 및 적용에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 수요에 대해 국내에서는 2000년대 초부터 중온 아스팔트 기술에 대한 개발 연구가 시작되었으며 다양한 중온화 첨가제가 개발되었다. 하지만, 중온화 첨가제를 사용할 경우, 재료비용 상승으로 인해 중온 아스팔트 포장 시장의 활성화에 어려움을 겪고 있다. 국외에서는 중온 아스팔트 기술을 첨가제 방식과 기포 아스팔트 방식으로 개발되어 상용화되고 있으며, 미국의 경우, 기포 아스팔트 기술이 2018년 전체 중온 아스팔트 시장의 63%를 점유하고 있다. 국내의 경우에는 일부 아스팔트 생산 기업에서 해외 기포 아스팔트 발생 설비를 수입하여 적용하고 있으나, 고액의 로열티 지불 및 유지 관리에 대한 어려움을 나타내고 있는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 국내 기포 아스팔트 기술의 한계를 극복하고자 국내 기술을 활용하여 한국형 기포 아스팔트 발생 설비를 개발하였다. 기포 아스팔트 기술은 고온상태(160°C)의 아스팔트 바인더에 물과 고압의 공기를 분사해 아스팔트 바인더를 기포화시켜 아스팔트 바인더의 점도를 낮춤으로서 중온(130°C)상태에서 골재를 코팅하는 공법이다.

한국형 기포 아스팔트 발생 설비는 실내용 기포 아스팔트 발생 설비와 플랜트 설치용 기포 아스팔트 발생 설비 두 가지 타입으로 개발되었으며, 실내용의 경우, 기포 아스팔트 혼합물의 최적 수분 함량을 결정하는데 사용된다. 한국형 기포 아스팔트 기술은 기존 기술과 달리 아스팔트, 물, 공기 등의 상호 작용을 단계적으로 진행시켜 일정한 시간 동안 기포 아스팔트 상태를 유지할 수 있도록 개발되었으며, 기포 아스팔트가 풍성하게 발생할 수 있도록 충분한 공간을 부여하고 기포 아스팔트가 배출되기 전 스테틱 믹서를 통과시켜 일정한 기포 아스팔트가 지속적이고 연속적으로 배출할 수 있도록 설계되었다.



그림 1. 한국형 기포 아스팔트 발생 설비(파일럿 버전)

핵심용어 : 중온 아스팔트, 기포 아스팔트, 기포 아스팔트 생산 설비

* 정희원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kh83lee@kict.re.kr)

** 비희원 · 대신플랜트산업(주) 대리 (E-mail : jmj4621@naver.com)

*** 정희원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : yongjook@kict.re.kr)

**** 비희원 · 대신플랜트산업(주) 대표이사 (E-mail : info@ds-plant.co.kr)

아스팔트 부착방지제 활성화를 위한 성능확인 및 개선방안 연구

박상구* · 정진훈**

아스팔트 콘크리트의 생산 및 운반 과정에서 혼합물이 생산 장비 및 포장설비에 붙는 것을 방지하고자 대부분의 업체 및 공장에서는 경유 또는 콩기름을 사용하고 있다. 이는 작업자로부터 편의를 제공할 수 있으나 이를 통해 발생하는 악취 및 눈에 보이지 않는 유해 물질로부터 건강을 해칠 우려가 있다. 또한 아스팔트를 박리시켜 포장의 파손을 불러일으키고 공용 수명을 단축시키는 악영향을 가져올 수 있어 아스팔트 부착방지 성능을 유지 하면서 아스팔트 혼합물의 성능에는 영향을 미치지 않는 부착방지제의 사용이 활성화 되어야 한다고 판단된다.

본 연구에서는 경유 및 콩기름, 이멀전 및 수용성 타입의 부착방지제를 AASHTO TP 102 「Standard Method of Test for Evaluation of Asphalt Release Agents」 시험방법에 따라 아스팔트 박리시험, 아스팔트 부착 시험, 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험을 통해 부착방지 성능을 비교하고 혼합물 생산공정에 직접 적용한 결과, 경유 및 콩기름은 단시간 내에 아스팔트를 박리시키는 반면 이멀전 및 수용성 타입의 부착방지제는 7일이 경과하여도 박리현상은 없었으며, 아스팔트 부착방지 성능 또한 우수한 결과를 나타냈다.

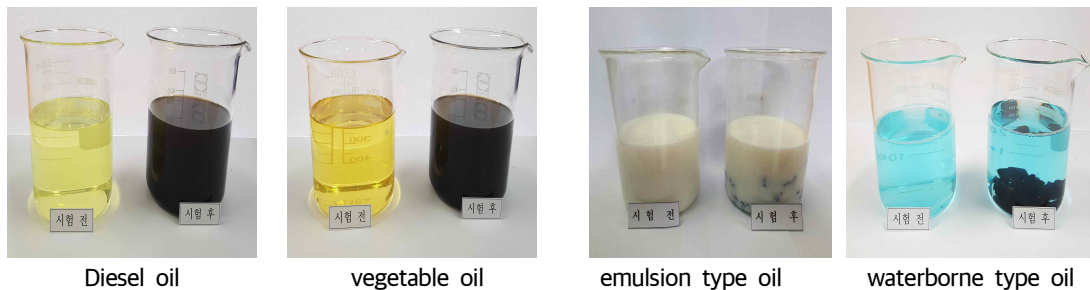


Fig. 1 Comparison results of asphalt stripping test

현재 생산공정에 사용되고 있는 경유를 대신하여 이멀전 및 수용성 타입의 부착방지제를 1년 이상 사용하면 추적 조사한 결과, 수용성 타입의 부착방지제는 경유와 유사한 분사력 및 성능을 발휘하는 반면, 이멀전 타입의 부착방지제는 겨울철 저장온도가 낮아짐에 따라 부착방지제의 점도가 높아지면서 재료 분리가 되며 분사 노즐이 막히는 현상을 나타냈다. 그 원인으로는 부착방지제에 포함되어 있는 물의 동결로 인한 수성분과 유성분의 분리에 의해 발생된 것으로서 이를 억제하고자 첨가된 동결방지제가 오히려 유화를 저해하는 요인으로 작용되었다. 따라서 외부 기온변화에 따라 제품 물성의 변화가 없으며, 탁월한 부착방지 성능을 가짐과 동시에 악취를 불러일으키지 않아 대기 환경 및 작업자의 편의성까지 도모한다면 아스팔트 혼합물의 성능을 저해 시키는 경유를 대신하여 부착방지제의 사용이 활성화될 것으로 보여진다.

핵심용어 : 아스팔트 부착방지제, 경유, 콩기름, 아스팔트 박리

* 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · (주)누보컴 기술연구소 책임연구원 (E-mail : angelfive3@naver.com)

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

LWD, PQI를 이용한 아스팔트 혼합물 및 다짐도에 따른 밀도 상관성 분석

김제원* · 염우성** · 황성도*** · 정규동****

아스팔트 포장의 현장 밀도 시험 방법은 파괴 기법인 코어링 기법과 비파괴 기법인 Nuclear gauge 방법이 있다. 코어링 기법의 경우 포장에 손상을 입히는 단점이 있으며, Nuclear gauge 기법의 경우 방사능을 이용한 기법이므로, 별도의 사용자 교육이 필요하고 방사능 노출에 따른 안전성 우려가 제기되고 있다. 따라서 최근 아스팔트 포장의 현장 밀도를 측정하기 위해 그림 1과 같이 비파괴 기법인 LWD (Light weight deflectometer)와 PQI (Pavement quality indicator) 기법이 사용되고 있다. 하지만 LWD와 PQI를 이용하여 아스팔트 포장의 밀도를 측정할 경우 장비의 제원, 아스팔트 혼합물의 종류, 다짐도 등과 같은 특징에 따라 결과 값이 상이하게 보고되고 있다.

따라서 본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 종류 (WC-2, MC-1, BB-2) 및 다짐도에 따른 밀도를 LWD와 PQI를 이용하여 측정한 뒤 그에 따른 상관성을 분석할 예정이다. 실험을 위해 40cmx40cmx5cm, 40cmx40cmx10cm 철제 몰드를 제작하였으며, 혼합물을 몰드에 넣은 후 진동 다짐기를 이용하여 다짐도의 변화에 따른 밀도를 측정하였다. 측정된 값을 이용하여 LWD와 PQI의 밀도를 계산하였으며 측정 방법, 혼합물, 다짐도에 따른 밀도 변화 상관성 분석을 수행하였다. 또한, 제작된 공시체의 코어를 채취하여 실내 실험을 통해 측정된 밀도값과 LWD와 PQI의 밀도 값을 비교·분석하여 측정 방법의 정확도를 확인할 예정이다.



그림 1. 아스팔트 포장 밀도 현장 측정기

핵심용어 : LWD, PQI, 다짐도, 밀도, 아스팔트 포장

* 정희원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 박사수료 (E-mail : jeworkim@kict.re.kr)
** 정희원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 · 공학박사 (E-mail : wsyum@kict.re.kr)
*** 정희원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학박사 (E-mail : sdhwang@kict.re.kr)
**** 정희원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : kdjeong@kict.re.kr)

미끄럼방지포장 구간의 미끄럼저항성 현장조사

김제원* · 이상염**

도로포장이 이용자에게 안전한 노면을 제공하기 위해서는 마찰저항이 있어야 하며, 도로포장면과 차량 타이어 사이의 마찰저항을 미끄럼저항이라고 한다. 도로포장면의 미끄럼저항 성능은 차량의 안전한 주행과 정지, 방향전환 등을 위한 최소 성능이 마찰계수로 제시되어 있다. 그러나 미끄럼방지포장의 설치 구간에 대한 명확한 설정, 설치 위치별 적용 가능한 미끄럼방지포장의 종류 등에 대한 제시가 미흡하여 이에 대한 보완이 필요하다.

본 연구에서는 미끄럼방지포장의 설치 위치 및 사용재료 등의 적정성 검토를 위한 사전연구로, 일반 아스팔트포장, 수지계 미끄럼방지포장, 수지계 미끄럼방지포장 + 그루빙 공법 적용구간의 3개 구간에 대하여, 차량 운행방향(정방향), 역방향, 횡방향으로 BPT 시험을 실시하고 그 결과를 분석하였다. 분석결과 역방향으로 시험시 더 높은 마찰저항값이 나타났으며, 미끄럼방지 포장이 설치된 구간에서 더 높은 마찰저항 값이 나타남을 확인할 수 있었다. 횡방향 시험의 경우 그루빙이 설치된 구간에서 더 높은 마찰저항 값이 나타났다.

표 1. BPT 시험 결과

| 비 고 | 시험방향 | 경사도 | 1회 | 2회 | 3회 | 4회 | 5회 | 6회 | 평균 |
|------|------|-----|----|----|----|----|----|----|------|
| 1 구간 | 정방향 | 4° | 59 | 59 | 59 | | | | 59.0 |
| | 역방향 | 4° | 63 | 65 | 61 | 60 | 65 | 65 | 63.2 |
| 2 구간 | 정방향 | 4° | 60 | 60 | 60 | | | | 60.0 |
| | 역방향 | 4° | 88 | 87 | 86 | | | | 87.0 |
| | 횡방향 | 5° | 52 | 53 | 53 | | | | 52.7 |
| 3 구간 | 정방향 | 3° | 61 | 63 | 63 | | | | 62.3 |
| | | 3° | 56 | 55 | 60 | 56 | | | 56.8 |
| | 역방향 | 3° | 57 | 58 | 58 | | | | 57.7 |
| | 횡방향 | 3° | 62 | 63 | 66 | | | | 63.7 |

1 구간 : 일반아스팔트 포장구간 / 2 구간 : 수지계 미끄럼방지포장 구간
3 구간 : 수지계 미끄럼방지포장 + 그루빙 설치구간

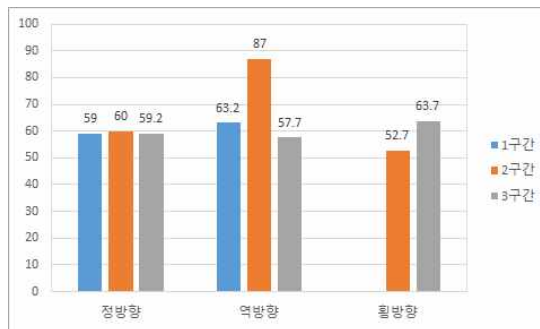


그림 1. 구간별 시험방향에 따른 결과

핵심용어 : 미끄럼방지포장, 미끄럼저항성, BPT

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 박사수료 (E-mail : jewonkim@kict.re.kr)

** 정회원 · 인덕대학교 교수 · 공학박사 (E-mail : yummy0220@induk.ac.kr)

IoT 기술을 활용한 도로포장 시공 및 품질관리 테스트베드 구축

김제원* · 염우성** · 황성도*** · 정규동****

최근 기후변화에 따른 집중 호우 빈도가 증가하고 계절별 급격한 온도 변화로 포트홀, 균열, 소성변형 등의 발생이 급증하며, 이와 관련한 민원 소송도 증가하고 있다. 이러한 포트홀 등의 아스팔트 포장 파손으로 인한 교통사고 위험을 줄이고 포장 수명을 향상시키기 위해서는 포장 전반에 관한 균질한 품질의 확보가 중요하다. 도로포장의 균질한 품질 확보를 위해서는 스마트 센서 등을 이용하여 도로포장 품질관리 데이터를 실시간으로 확인하고 관리시스템에서 데이터베이스(DB)화 하여 도로포장의 품질관리를 투명화, 체계화 및 정보화 할 수 있는 IoT 기반의 도로포장 관리 시스템 개발이 필요하며 개발된 기술의 테스트베드 적용을 통한 객관적 검증 및 보완이 있어야 한다.

본 연구에서 구축하고자 하는 “IoT 기술을 활용한 도로포장 현장 테스트베드 시설”은 아스팔트 포장 공사 현장을 모사한 테스트베드의 설치 및 운영을 통해 본 연구에서 개발된, 아스팔트 도로포장 공사 시공현장에서 시공 등의 공정에 필요한 IoT 기반의 핵심기술 및 응용기술의 실증 실험을 수행하여 연구개발 성과의 질적 제고에 그 목적이 있다. 테스트베드는 한국건설기술연구원 SOC실증연구센터에 구축할 예정이며 평면선형 변화구간(C 구간), 종단선형 변화구간(A 구간), 종단선형 제로구간(B 구간), 곡선구간, 진출입로로 구성되어 있다.



그림 1. 테스트베드 위치

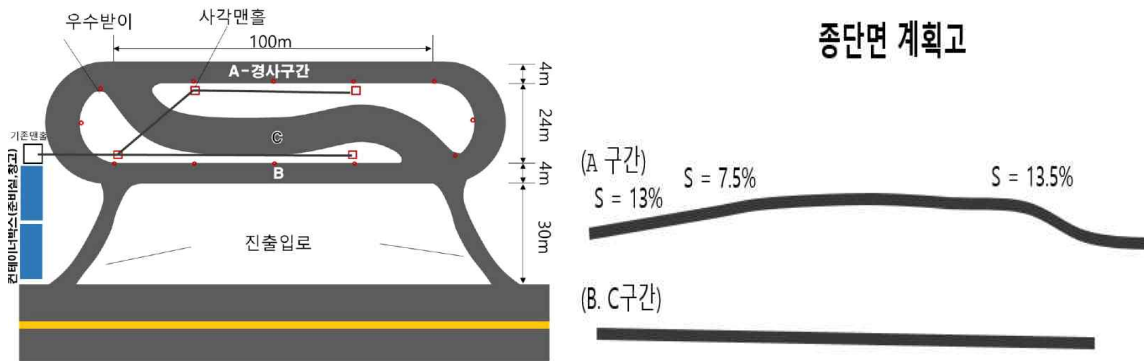


그림 2. 테스트베드 평면도 및 종단면 계획고

핵심용어 : IoT 기술, 테스트베드, 도로포장 시공, 품질관리

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 박사수료 (E-mail : jewonkim@kict.re.kr)
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 · 공학박사 (E-mail : wsyum@kict.re.kr)
 *** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학박사 (E-mail : sdhwang@kict.re.kr)
 **** 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : kdjeong@kict.re.kr)

우천에 따른 노면흠 발생특성 분석

한대석*

도로 포장에 발생하는 파손유형 중 노면흠(포트홀; Pothole)은 운전자의 안전과 차량파손에 직접적인 영향을 미치는 요소로 실시간에 준하는 검지와 보수를 필요로 한다. 도로 관리주체들은 노면흠 대응을 위해 정기적 순찰을 시행하고 있으며 이를 위해 많은 시간, 인력, 비용을 투자하고 있다. 도로 순찰을 최적화하기 위해서는 노면흠 발생특성을 우선적으로 정립해야 할 필요가 있으며, 특히 직접적인 영향을 주는 우천에 따른 변화특성에 주목해야 할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 1)비가 오면 노면흠 발생특성이 변화하는지, 특히 2)비가 그친 이후에도 이 특성이 지속되는지에 대해 정량적으로 분석하고자 하였다.

본 연구의 차별성은 노면흠과 우천정보 구축에서 시작된다. 일반적인 포장관리시스템에서는 일일 노면흠 발생정보와 기후 정보를 기록·관리하지 않는다. 이에 본 연구에서는 서일본고속도로 소관도로 중 일부 구간의 50개월 간 노면흠 보수 기록을 일일이 코딩하고, 기상청 정보를 매칭하여 기초자료를 구성하였다.

먼저, 노면흠 발생 특성 변화 여부에 분석을 위해 수집된 데이터를 근거로 비가 온날과 비가 오지 않은날의 노면흠 발생확률과 발생강도를 비교하였다. 또한 이론적 관점에서 포아송 모델을 통해 발생갯수 별 확률밀도함수를 비교하여 그 편차를 분석하였다. 그 결과 1개 이상 발생확률은 2.4배, 발생강도는 2.6배 증가하는 것으로 분석되었다.

비가 온 뒤에도 이 특성이 지속되는가에 대한 여부를 살펴보기 위해, 비가 온 당일의 발생확률과 비가 온 날로부터 영향권을 설정하여 발생확률을 비교하였다. 여기서 영향권은 현장실무자의 경험에 따라 3일로 가정하고, 이를 포장의 습윤상태로 간주하였다. 분석 결과 발생특성은 지속되는 것으로 분석되었다. 비가 오는 당일과 맑더라도 영향권에 포함된 3일간의 노면흠 발생확률은 각각 10%, 11.3%수준으로 거의 동일하였다(비영향권 1.5% 수준). 참고로 전체 노면흠의 93%가 이 3일 영향권에서 발생함을 확인하였다.

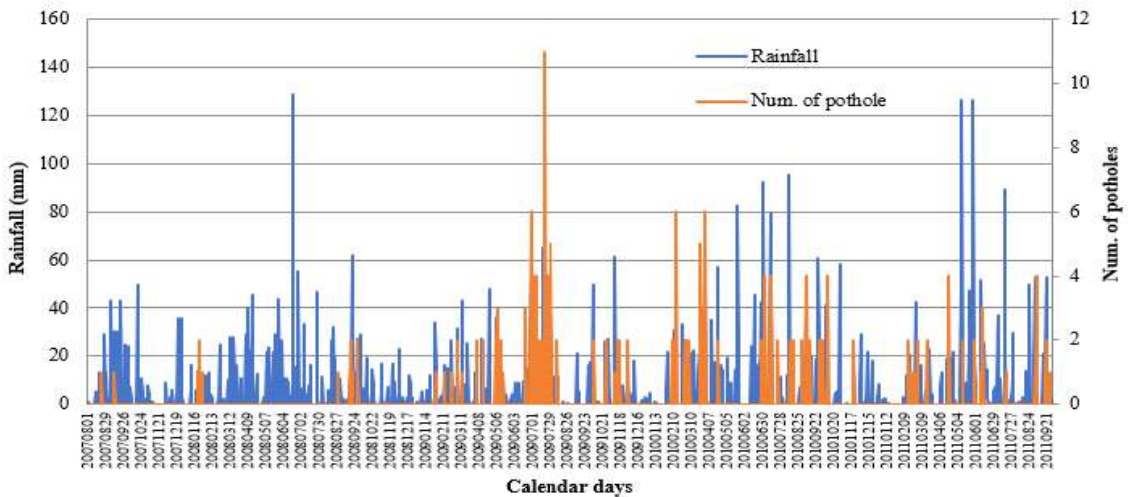


그림 1. 우천에 따른 포트홀 발생특성

핵심용어 : 포장, 순찰, 노면흠(포트홀), 우천특성, 우천 영향권

* 정회원 · 한국건설기술연구원 노후인프라센터 수석연구원 (E-mail : handaeseok@kict.re.kr)

포장 동상방지층의 효율성 사후 평가

한대석*

국토교통부는 1990년대 초부터 도로포장 설계에 동상방지층을 도입하여 전 국토 네트워크에 적용하고 있다. 이를 위해 많은 추가적인 비용이 투자되고 있음에도 불구하고 효율성에 대한 검증은 아직 이루어지고 있지 못하고 있다. 특히 몇몇 해외 사례 연구에서 동상방지층의 효과가 미미하다고 보고되고 있고, 향후에도 지속적으로 예산이 투자되는 만큼 동상방지층 설계기준을 유지할지, 개정할지 아니면 폐지할지에 대한 의사결정이 필요한 시점이다. 이에 본 연구에서는 현재의 국내 동상방지층의 유효성에 대해 네트워크 차원에서 검토하고자 하였다.

본 연구에서는 동상방지층의 효율성을 균열의 기대수명을 기준으로 비교 평가하고자 하였다. 실증연구에서는 동상방지층이 포함된 구간과 그렇지 않은 구간을 구분하여 균열의 시계열 이력 자료를 구축하였고, 기대수명 추정에 추가적인 설명변수로 포장체 두께 등 설계수준을 대표하는 구조지수(SN: Structural Number)와 구간의 동등축하중지수(ESAL: Equivalent Single Axle Load)를 적용하였다. 분석기법은 포장, 교량 등 사회기반시설의 기대수명, 리스크 평가, 대안비교에 특화된 마르코프 다단계 융합 하자드 이질성 모형(Markov Multi-state mixed hazard model)을 적용하였다.

분석 결과 네트워크 관점에서 동상방지층을 포함한 구간의 기대수명은 10.42년, 비포함구간 9.05년으로 분석되었다. 편차는 1.4년 수준으로 현저한 기대수명 증가가 있었다고 판단하기에는 무리가 있으나, 이는 기대수명 대비 약 15% 수준으로 생애주기비용의 관점에서는 상당한 의미가 있다고 판단된다.

향후 연구에서는 기대수명 증가분에 대한 편익과 동상방지층 설치로 인한 비용에 대한 중장기 생애주기비용 분석이 요구된다. 또한 지역적 기후특성(동결지수 등)에 따른 효과의 편차를 분석하여 설계기준 개정에 대한 방향성을 제시할 필요가 있다.

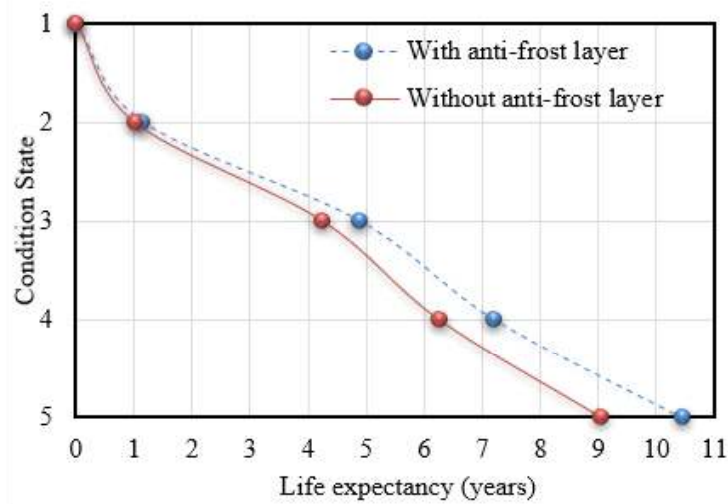


그림 1. 동상방지층 설치에 따른 포장의 기대수명 비교

핵심용어 : 포장, 관리, 동상방지층, 기대수명, 마르코프 다단계 융합하자드 모형

* 정희원 · 한국건설기술연구원 노후인프라센터 수석연구원 (E-mail : handaeseok@kict.re.kr)

베트남 맞춤형 중온 개질 아스팔트 바인더의 성능 평가 연구

권홍준* · 이강훈** · 김용주***

베트남은 신남방(新南坊)지역에서 가장 높은 경제성장을 보이고 있으며, 북부에 위치한 수도 하노이와 남부에 위치한 경제중심지 호치민 시의 경우 물류 증가에 따라 중(重)차량의 통행이 지속적으로 증가하고 있다. 또한 남북으로 뻗은 국토의 형태와 계절풍의 영향으로 열대성과 아열대성, 그리고 몬순기후가 함께 나타난다. 이러한 기후조건과 교통조건으로 포트홀과 소성변형과 같은 포장파손 문제가 빈번하게 발생하여 베트남 정부에서는 다양한 포장파손 저감 대책을 마련하고 있다.

또한, 최근 베트남에서는 이산화탄소 저감을 위한 중온 아스팔트 기술 도입을 검토하고 있어 국내에서 개발한 중온 아스팔트 기술을 베트남 기후조건 및 교통조건 등을 고려하여 최적화하는 연구를 수행하고 있다. 베트남 맞춤형 중온화 개질 첨가제는 중온화 기능에 수분저항성 및 소성변형저항성을 함께 향상시킬 수 있도록 최적화 되었다.

본 연구의 목적은 베트남 맞춤형 중온화 개질 첨가제를 사용한 아스팔트 바인더의 성능을 검증하는 것이다. 표 1과 같은 물리적 실험을 통해 베트남 맞춤형 중온 개질 아스팔트 바인더의 품질 및 중온화 효과를 검증하고, 표 2와 같은 유변학적 실험을 통해 베트남 맞춤형 중온 개질 아스팔트 바인더의 고온 및 저온에서 점탄성 특성을 검증하고자 하였다.

표 1. 베트남 맞춤형 중온 개질 아스팔트 바인더의 물리적 실험 항목

| 실험 항목 | 실험 목적 |
|---------|-----------------|
| 침입도 실험 | 25°C에서의 아스팔트 굳기 |
| 연화점 실험 | 고온 강성 |
| 신도 실험 | 탄성 특성 |
| 인화점실험 | 작업 안정성 |
| 절대점도 실험 | 굳기 특징 |
| 회전점도 실험 | 아스팔트 작업성 |

표 2. 베트남 맞춤형 중온 개질 아스팔트 바인더의 유변학적 실험 항목

| 실험 항목 | 실험 목적 | |
|-----------------------|-----------|-------------|
| DSR (동적전단 유변물성 실험) | Original | 소성변형 저항성 평가 |
| | RTFO 후 | 소성변형 저항성 평가 |
| | PAV 후 | 피로균열 저항성 평가 |
| BBR (보 형상 유변물성 실험) | Stiffness | 저온균열 저항성 평가 |
| | M-value | |

핵심용어 : 중온 개질 아스팔트, 수분저항성, 소성변형저항성

* 정회원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 (E-mail : hjkwon@kict.re.kr)

** 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kh83lee@kict.re.kr)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 (E-mail : yongjook@kict.re.kr)

이미지 분석 기법을 활용한 골재 입도 분석 연구

이강훈* · 안성일** · 김연태***

국내 도로포장 분야는 그간 다년간의 연구개발을 통해 국내 도로건설 기술 수준은 여타 선진국에 견주어 손색이 없을 정도로 발전해왔다. 설계분야의 경우, 2012년 한국형 포장설계법(KPRP)이 개발되어 역학적 경험적 설계 가능하게 되었으며, 유지관리 분야 역시 PMS(Pavement Management System) 운영을 통해 체계적으로 관리되고 있다. 하지만 생산 및 시공 분야의 경우, 현재까지도 별도의 시스템이 구축되어 있지 않고 페이퍼 및 대면 보고절차를 통해 이루어지고 있으며, 사람이 주도하고, 시공자의 경험적 노하우에 의존하고 있다.

국내 일반국도의 90%이상을 차지하는 아스팔트 포장의 경우, 골재가 전체 중량의 약 95%가 사용된다. 즉, 골재는 국내 도로포장의 주요 재료인 아스팔트 혼합물의 역학적 특성을 결정 짓는 주요 인자로 명확한 품질관리는 매우 중요하다. 특히 입도의 경우, 골재의 가장 기본적인 특성으로 시공 전 반드시 품질검사가 이루어져야 한다. 하지만 국내 아스콘 플랜트의 경우, 대부분 영세하고, 품질관리 담당자가 1인으로 운영되고 있어, 형식적인 품질관리가 이루어지고 있는 것이 현실이다.

이에 본 연구에서는 객관적이고 효율적인 입도 분석을 위해 이미지 분석 기법을 활용한 골재 입도 분석 기초 연구를 수행하였다. 이미지 분석을 통한 골재의 입형에 대한 연구는 그간 국·내외에서 다수 추진되었다. 하지만 기존 이미지를 통한 골재의 입형 분석은 겹쳐져 있는 골재의 구분이 어려워 현실적으로 현장에 적용하는데 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 Watershed 기법을 적용하여 겹쳐있는 골재에 대한 검출 및 크기 분석이 가능하도록 소프트웨어 및 파일럿 장치를 개발하였으며, 개발된 파일럿 장치를 활용하여 국내 19mm 골재에 대한 입도 분석 결과 약 80% 이상의 정확도로 골재 크기 분류가 가능하였다. 향후 소프트웨어 개선 및 성능 향상과 국내 골재 특성에 대한 딥러닝을 통해 이미지만으로 골재의 입도 및 편장석 분석이 가능하도록 지속적인 연구를 수행할 예정이다.

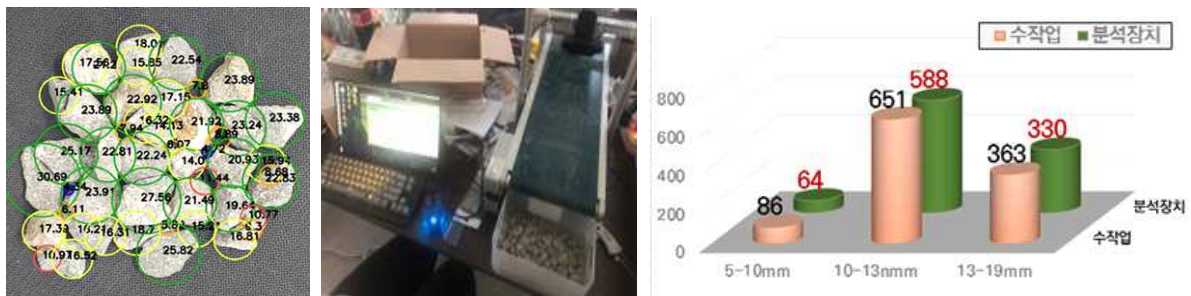


그림 1. 이미지 분석을 통한 골재 입도 분석 결과

핵심용어 : 이미지 분석, Watershed 기법, 골재 입도

* 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kh83lee@kict.re.kr)

** 학생회원 · (주)도로시 대표이사 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : cfdl00@naver.com)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : kyt@kict.re.kr)

Development of simple rheological model on prediction of dynamic modulus (E^*) data for bituminous material

Ki Hoon Moon*

Dynamic modulus(E^* , MPa) is one of the crucial factors for presenting low and high temperature performance of bituminous material such as asphalt binder and corresponding mixture. It is well known that sigmoidal function (and/or modified sigmoidal function) is widely used for estimating mechanical performance of asphalt mixture: especially for dynamic modulus. However, a new mathematical model along with bituminous material component characteristic considerations is needed for better estimating values of dynamic modulus along with reasonable upper and lower bounds of data prediction range.

In this research, a new model named ASCM (Advanced Sigmoidal-Christensen Anderson and Marasteanu) model was developed then introduced for Dynamic modulus data prediction of given asphalt mixture (for information of developed model, see Equation [1]).

$$\begin{aligned} \text{Log}|E(\omega)^*| &= \text{Log}E_g - \frac{w}{v} \cdot \text{Sigmoidal function} \\ \Rightarrow \text{Log}|E(\omega)^*| &= \text{Log}E_g + \frac{w}{v} \cdot \frac{1}{\left[1 + e^{z \cdot \text{Log}\omega + t_c}\right]^{\frac{1}{v}}} = \text{Log}E_g + \frac{w}{v} \cdot \frac{1}{\left[1 + e^{z(\text{Log}\omega_r + \text{Log}a_T) + t_c}\right]^{\frac{1}{v}}} \quad [1] \end{aligned}$$

The ASCM model is consisted of mathematical structure from conventional sigmoidal function and major parameter of CAM model. For experimental work, conventional Hot Mix Asphalt (HMA) mixture specimen(with PG 76-22 binder) was prepared with extensive dynamic modulus testing work based on the current specification. The sample comparison results are presented in Figure 1.

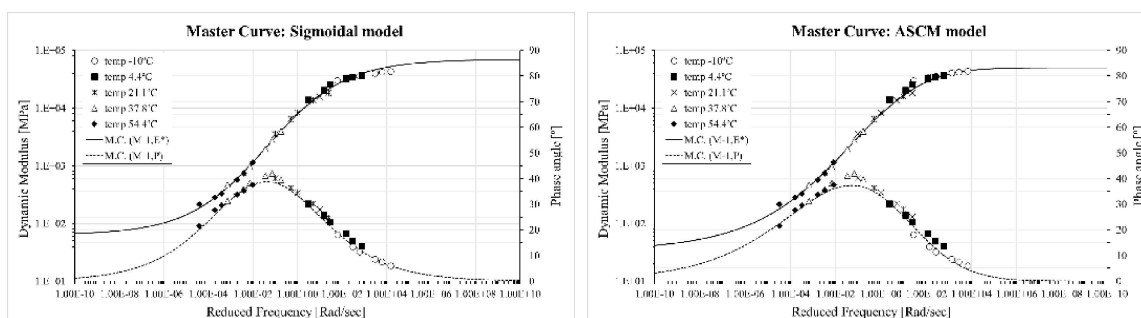


Figure 1: Dynamic modulus (E^*) prediction with different model (Sigmoidal vs ASCM model)

It was found that for a limited analysis effort, the newly developed ASCM model was successfully able to provide lower upper and bounds on dynamic modulus (E^* , MPa) prediction.

Keywords : Dynamic modulus (E^*), Mathematical model, Sigmoidal model, Christensen Anderson Marasteanu model

* 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 (E-mail : moonx113@umn.edu)

열누적에 따른 아스팔트 혼합물의 열전달 특성 변화

김성겸* · 이관호** · 오승식***

아스팔트 포장은 검은색 표면과 광범위한 피복면적으로 인해 열이 강한 여름철에 다량의 열을 흡수하는 구조로 알려져 있다. 이러한 아스팔트 표면의 온도는 다른 구조물과 비교하여 상대적으로 높은 온도를 갖으며 이러한 높은 온도로 인해 내구성이 낮아져 파손을 일으킬 뿐만 아니라 더 나아가 누적되는 열로 인해 도심지의 열섬 효과를 악화시키고 있다. 현재 살수 및 도료를 이용하여 여름철 아스팔트 포장체의 누적되는 열을 내리는 연구가 진행되고 있다. 하지만 근본적으로 아스팔트의 열누적에 따른 열전도도, 비열용량 열확산률 등의 열전달 특성 인자에 대한 연구는 미흡한 상태이다.

이에 본 연구에서는 아스팔트 포장체의 열누적 시간과 샘플의 두께, 골재의 입도에 따른 열전달 특성인자의 변화를 연구하였으며, 열전달 특성인자로는 열전도도(Thermal Conductivity), 비열용량(Specific Heat Capacity), 열확산율(Thermal Diffusivity)를 결정하였다. 이러한 결과를 정량화 함으로써 향후 열에너지에 의한 파손모형 개발에 중요한 인자로 사용될 것이라 판단된다.

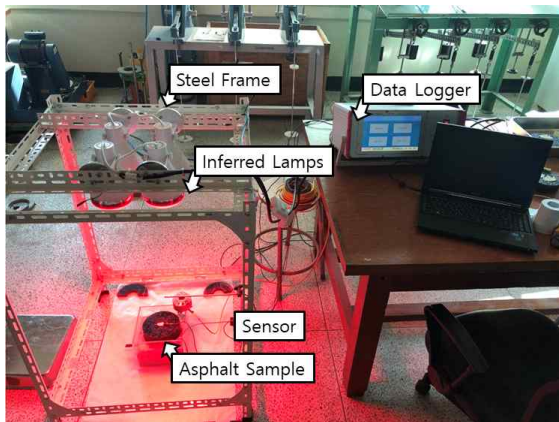


그림 1. 열누적 실험 세팅

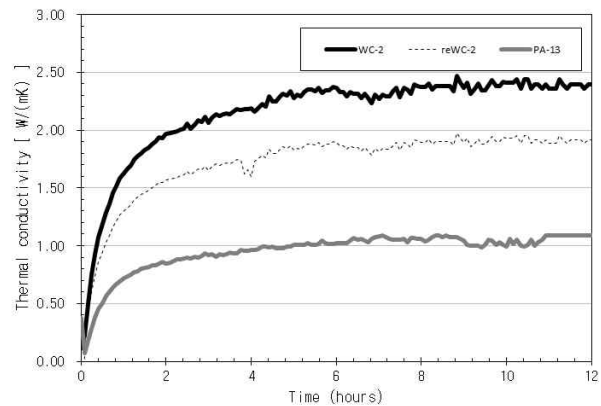


그림 2. 열누적에 따른 열전도도 변화

핵심용어 : 아스팔트 포장, 열전달, 열전도도, 태양열에너지

* 일반회원 · 공주대학교 건설환경공학과 박사 후 연구원 (E-mail : tjdrua0614@kongju.ac.kr)

** 일반회원 · 공주대학교 건설환경공학과 교수 (E-mail : kholee@kongju.ac.kr)

*** 일반회원 · 공주대학교 건설환경공학과 박사과정

고속도로 아스팔트 포장 구조적 상태의 대표구간 선정논리 개발

김하영* · 이상직** · 김동혁*** · 최기호**** · 문기훈***** · 정진훈*

국내 고속도로 포장은 설계공용연수를 초과하는 노후 포장의 증가로 도로수명을 연장하기 위해 부분적 보수를 시행되고 있다. 하지만 이러한 일시적 보수는 이후 파손이 반복적으로 발생하는 등 비효율적인 문제가 발생하여 대규모 보수공사가 필요하다. 한국도로공사는 포장 리모델링 대상 선정 적용성 연구에서 보수가 시급한 구간부터 리모델링을 진행할 수 있도록 국내 콘크리트 포장 리모델링 공사에 적용 가능한 리모델링 시급성 지수(RMIc)를 개발하였다.

아스팔트 포장 또한 설계수명인 10년을 초과하는 노후 포장은 2017년 대비 2021년에 2.1배 증가할 양상을 보여 아스팔트 포장에 적용 가능한 리모델링 시급성 지수(RMIa)의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 RMIa 개발을 위해선 현재 포장상태를 촬영한 영상자료를 토대로 평가가 필요하므로 전체 아스팔트 포장을 대변할 수 있는 대표구간이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 RMIa 개발을 위한 아스팔트 포장 공용성인 IRI, SD, RD의 심각도를 구분하고 이에 영향을 미칠 수 있는 여러 인자인 교통량, 기상인자 및 표층재료 등의 분포를 검토하여 아스팔트 포장의 대표구간을 선정하고자 아스팔트 포장의 대표구간 선정 논리를 아래 그림1과 같이 개발하였다.

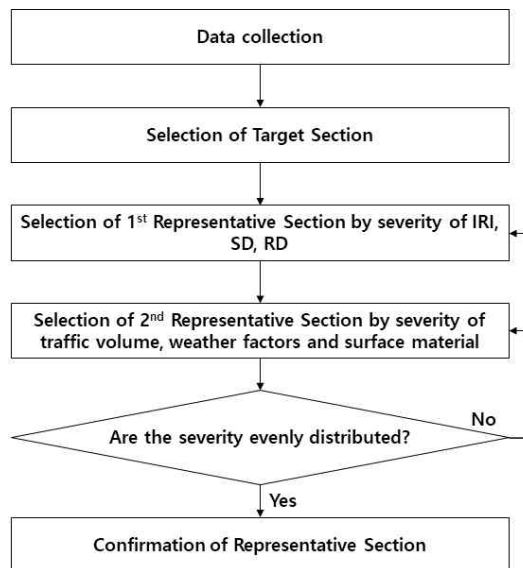


그림 1. 아스팔트 포장의 대표구간 선정 논리 흐름도

핵심용어 : 리모델링 보수, 아스팔트 포장, 대표구간, 리모델링 시급성 지수

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : ha00303@naver.com) - 발표자
 ** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : sjlee9408@inha.edu)
 *** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : my91kim@gmail.com)
 **** 정회원 · (주)한맥기술 도로부 차장 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : high80@naver.com)
 ***** 정회원 · 인하대학교 도로교통연구원 책임연구원 · 공학박사 (E-mail : zetamkh@ex.co.kr)
 * 정회원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

바인더 종류에 따른 불투수성 아스팔트의 물성평가

노시현* · 박수민** · 박남선*** · 이재준****

국내에는 매년 수만건의 포트홀이 발생되며 이는 도로이용자의 안전에 악영향을 끼치고 있다. 포트홀은 포장체에 균열이 발생하고 균열 사이에 우수가 침투한 상태에서 차량의 하중에 의해 과잉간극수압을 유발하게 됨으로써 발생한다. 이러한 포트홀의 발생을 방지하기 위해서 내구성이 좋고 수분의 침투를 방지할 수 있는 불투수성 아스팔트가 필요하다. 하지만, 국내에서는 아직 불투수성 아스팔트에 대한 연구가 미비한 실정이다.

본연구의 목적은 바인더의 특성평가와 바인더의 종류에 따른 불투수성 아스팔트의 물성평가를 통해 소성변형 및 균열에 대한 저항성을 비교하여 불투수성 아스팔트에 적합한 바인더를 선정함에 있다. 본 연구에서는 <그림 1>과 <그림 2>에서 나타나고 있는 것과 같이 침입도 시험과 절대점도시험을 통해 바인더의 특성을 파악하였고 마찰안정도 및 간접인장강도 시험을 통해 물성을 비교하였으며 바인더의 특성이 물성평가의 결과와 같은 경향을 보임을 확인하였다.



그림 1. 바인더 종류에 따른 침입도 및 절대점도



그림 2. 바인더 종류에 따른 마찰안정도 및 간접인장강도

핵심용어 : 포트홀, 불투수성 아스팔트, 소성변형, 균열저항성

* 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : god02263@hanmail.net)

** 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 학사과정 (E-mail : tnals123@gmail.com)

*** 정회원 · (유)금영토건 전문이사 (E-mail : nspark55@hanmail.net)

**** 정회원 · 전북대학교 방재연구센터 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr)

Evaluation of Asphalt Concrete Pavement Density Using Non-Nuclear Gauge

Maulana Reynalda* • Dae-Wook Park** • Jung-Woo Seo***

The changes of density in AC surface layer affect the pavement service life. each 1% increasing of air-void content over 8% will reduce 10% of pavement service life. In this study, a non-nuclear gauge, PQI380 was used to measured the AC surface layer Density and its air-void content in dry and wet condition. Three core samples were extracted from the pavement, and tested in the laboratory to obtain its density and air-void content, the density and air-void content of three core samples then used as a calibration to the density and air-void content obtained from PQI380. the calibration method used in this experiment was offset calibration method. The results showed that the AC surface layer in wet condition has bigger density and air-void content than in dry condition. The error percentage of calibrated PQI380 density was reduced to 0.3%. While the error of air-void content was reduced to 5.6%.

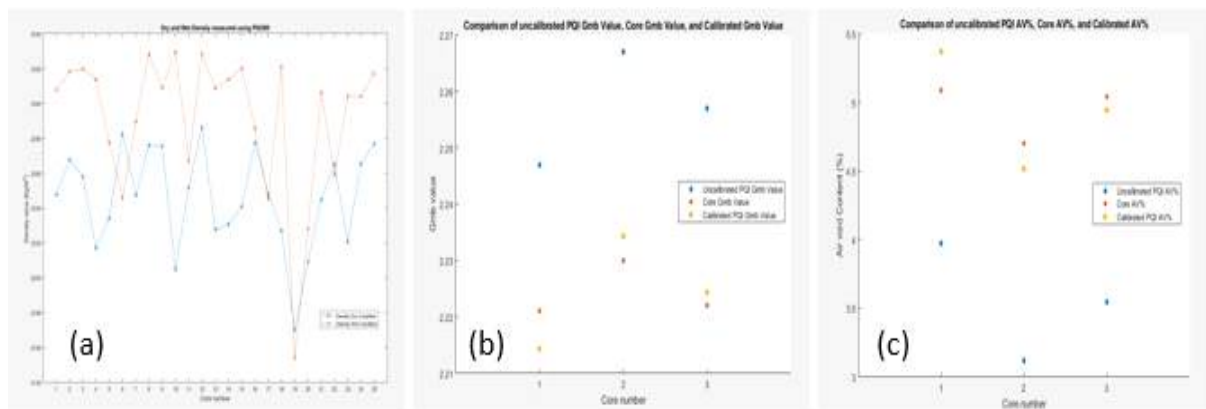


그림 1. Density of AC surface layer in wet and dry condition (a), Density of uncalibrated PQI380, Core samples, and calibrated PQI380 (b), air-void content of uncalibrated PQI380, Core samples, and calibrated PQI380 (c)

Acknowledgement

This study was conducted under research Project(20POQW-B152690-02) funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA). The authors would like to thank the members of research team, MOLIT and KAIA for their guidance and supports throughout the project.

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

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

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

Utilization of Phase Change Material in Asphalt Pavement to Mitigate Black Ice Problem

Tam Minh Phan* • Tri Ho Minh Le** • Hal-su Kim*** • Dae-Wook Park****

Black ice is a thin sheet of ice on the surface road. Once it happens, the black ice remarkably reduces friction at tire-surface, resulting in dangerous driving. This study aims to incorporate Phase Change Material (PCM) in asphalt concrete to regulate temperature to avoid black ice phenomenon. By using real weather data (e.g., temperature, wind speed, solar radiation), a numerical model of PCM modified asphalt concrete (AC) was developed to design the optimal PCM. The accuracy of numerical analysis was determined by comparing measured values and predicted values. The results showed that the incorporating PCM in the asphalt mixture is indeed able to slow down the cooling temperature, resulting in reduce black ice. The mixture containing 1% by weight of PCM achieved a maximum of 2 °C higher compared to an unmodified asphalt mixture.

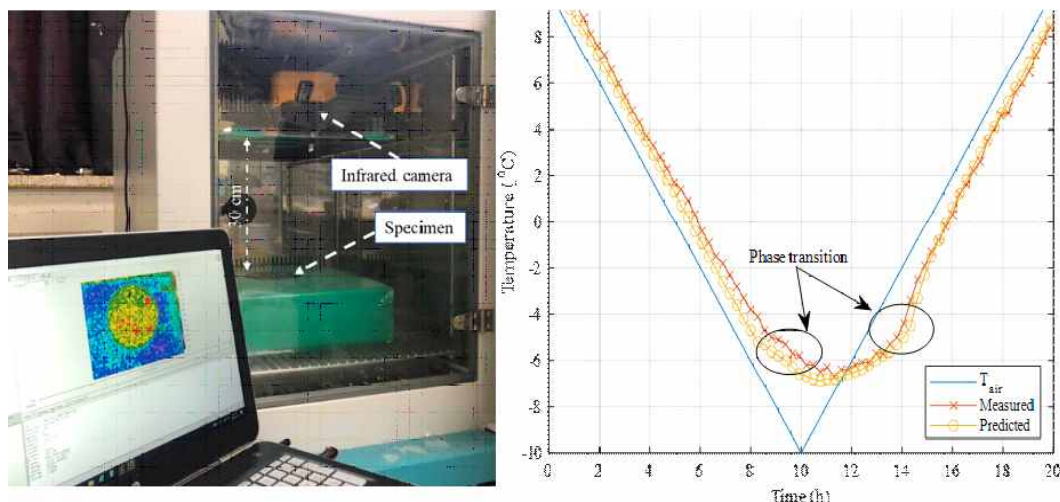


그림 1. Simulation of 1D heat transfer (a), Comparison of measured and predicted surface temperature (b)

Acknowledgement

This study was conducted under research Project (Project No. 20CTAP-C157548-01) funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA). The authors would like to thank the members of research team, MOLIT and KAIA for their guidance and supports throughout the project.

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

** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : lehominhtri92@gmail.com)

*** GAWOO IND. Co., LTD. (E-mail : halsu.kim@gawooind.co.kr)

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

고유동 Guss 아스팔트 혼합물 침입도 실험

손병광* · 최지웅** · 김성민*** · 장병하**** · 김시환*****

Guss Mastic 아스팔트 혼합물은 일반적으로 아스팔트 포장의 중간층에 적용되고 있으나 독일 등은 골재 치핑 등의 방법을 이용하여 표층에도 적용하여 고내구성 아스팔트 포장을 개발하여 사용하고 있다. 이러한 Mastic 아스팔트 혼합물을 이용하여 방수층 일체화 포장재료를 개발하기 위한 초기 작업으로 바인더에 대한 침입도 실험을 수행하였다. 침입도 실험을 위하여 AP, Guss, T.L.A 아스팔트를 준비하였으며, 침입도 실험 전날 160°C를 유지한다. 배합비를 AP-5 또는 개질 아스팔트(Guss) 4.9%, T.L.A 아스팔트 59.7%, 혼합시료(APAO) 30.0%, 길소나이트 5.4%로 하여 혼합물을 만들어 몰드에 담아 오븐에 보관하였다. 혼합시료는 α -Olefins, Aerafin, Sis-4113, Ep-901, Rubber 등 5개의 혼합시료로 실험을 수행하였으며 AP-5와 개질 아스팔트 혼합물에서 각각 2번의 실험을 수행하기 위하여 총 20개의 침입도 실험 샘플을 제작하였다. 그림 1은 용융 장치를 사용하여 혼합물을 제작하는 과정이며 그림 2는 실험을 위해 몰드에 혼합물을 담은 것을 보여준다. 침입도 실험은 KS M 2252에 따라 실내 온도 25°C일 때 하중 100g의 침을 5초 간격으로 낙하하여 3번의 실험을 진행하였으며 평균 침입도에 대한 실험 결과를 표 1에 나타내었다.



그림 1. 혼합물 제작 과정



그림 2. 몰드에 담긴 혼합물

표 1. 침입도 실험 결과표

| 혼합시료 | 아스팔트 | 평균값 (1/10mm) |
|-------------------|------|--------------|
| α -Olefins | AP-5 | 6.8 |
| | Guss | 5.3 |
| Aerafin | AP-5 | 26.1 |
| | Guss | 26.0 |
| Sis-4113 | AP-5 | 14.8 |
| | Guss | 13.4 |
| Ep-901 | AP-5 | 13.9 |
| | Guss | 14.4 |
| Rubber | AP-5 | 23.9 |
| | Guss | 5.4 |

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부 구매조건부신제품개발사업의 ‘고유동 아스팔트 혼합물을 이용한 방수층 일체화 포장재료의 개발(S2781218)’ 과제를 통해 수행되었습니다.

핵심용어 : Guss, AP-5, 침입도, Mastic 아스팔트

- * 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : qudrhkd4561@khu.ac.kr)-발표자
- ** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : jwchoi19@khu.ac.kr)
- *** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : seongmin@khu.ac.kr)
- **** 정회원 · 이레하이테크이앤씨 부사장 (E-mail : gobhwd@daum.net)
- ***** 정회원 · 태릉건설 차장 (E-mail : nadaayo@nate.com)

Evaluation of Crack Resistance of Aramid Fiber Reinforced Asphalt Mixture

Tam Minh Phan* • Son Ngoc Nguyen** • Chang-Bae Seo*** • Dae-Wook Park****

The deterioration process of hot mix asphalt under service life can be remedied by integrating coated fiber. In this study, a fiber surface treatment (coating technique) was developed by using paraffin wax and warm-mix additive (WMA) to enhance the homogenous distribution of fiber throughout asphalt mixture. Three types of fiber, including wax coated fiber, WMA coated fiber, and uncoated fiber were used to reinforce asphalt mixture. The IDEAL-CT was employed to evaluate the cracking resistance of reinforced mixture. Moreover, the Tukey-Kramer statistical was used to analysis the difference between coated and uncoated fiber in terms of IDEAL-CT. The results showed that the mixtures containing 0.05 % of coated fiber suggest potential improvement on performance of asphalt mixture, such as enhances cracking tolerance index (CTIndex), prolongs fatigue life, and exhibits good resistance to rutting.

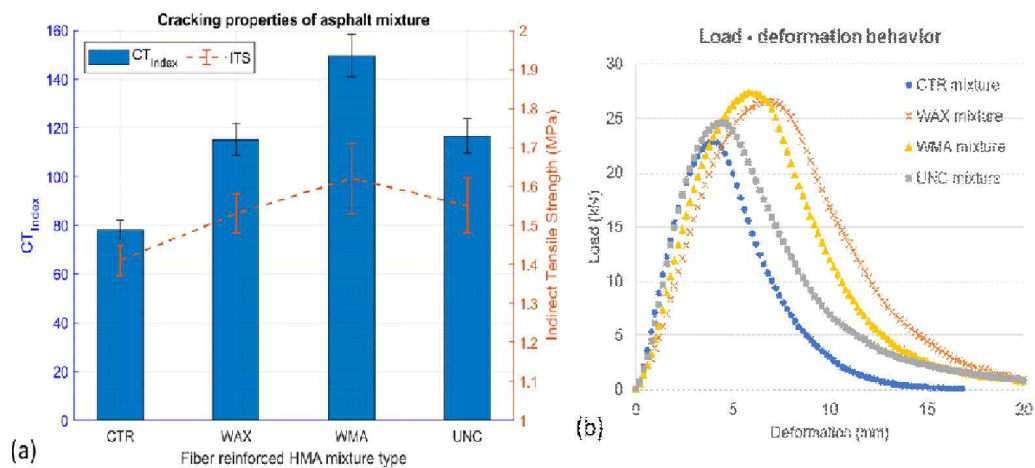


그림 1. IDEAL-CT results (a), load-displacement behavior (b)

Acknowledgement

This study was conducted under research project Development of High-Performance Concrete Pavement Maintenance Technology to Extend Roadway Life (Project No : 20POQW-B146707-03) funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA). The authors would like to thank the members of research team, MOLIT and KAIA for their guidances and supports throughout the project.

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

** Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University (E-mail : nguyennngocson0396@gmail.com)

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

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

배수성포장 및 우수 순환시스템을 이용한 도로변 미세먼지 저감에 관한 연구

권영주* · 설지후** · 가현길*** · 문성호****

해를 거듭할수록 미세먼지의 농도는 점차 증가하는 추세이며 미세먼지의 심각성이 더욱 대두되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 효과적인 도로 재비산먼지 저감을 위해 도로변에 저영향개발(Low impact Development, LID) 기법을 적용한 클린로드시스템을 적용하였다.

기존 클린로드 시스템의 분사노즐의 경우 수압을 통해 일정 거리만큼 분사하는 형태이나, 본 연구에서 적용될 클린로드 시스템의 경우 배수성포장을 적용하여 포장 속 공극을 통해 집수된 우수를 활용하여 이에 대한 적용성을 평가하고자 한다. 배수성 포장을 활용할 경우 일반포장에 비해 높은 공극률을 가지고 있으므로 용수 확보가 용이하고 주행 중 물튀김 현상이 적다. 현재 개발된 클린로드 시스템의 경우 일반 클린로드 시스템에 비해 더 높은 각도에서 물을 분사하여 대기 중 미세먼지 저감 효과가 더 우수할 것으로 판단된다. 또한 기존 클린로드 시스템의 용수 확보 문제를 우수 순환을 통해 해결 할 수 있을 것으로 판단된다.

최종적으로 본 연구에서는 배수성 포장을 통해 유입된 우수 및 살수한 물을 순환하여 사용하고, 배수성포장의 회수율을 유지하기 위해 주기적인 현장투수실험을 통해 배수능력 평가를 진행할 예정이다. 또한 불투수층의 불투수율을 뚫어 배수성포장으로 유입된 물의 손실을 최소화 하고 마지막으로 순환하여 사용하는 물의 오염정도를 평가하기 위해 주기적으로 분사된 물과 물탱크의 물데 대해 주기적인 TSS 실험을 진행하여 불순물 농도를 측정하여, 농도가 높은 경우 추가적인 필터를 설치할 예정이다.

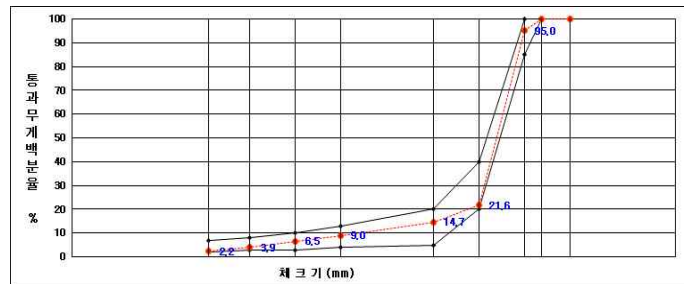


그림 1. 배수성 아스팔트 혼합물 합성입도 그래프

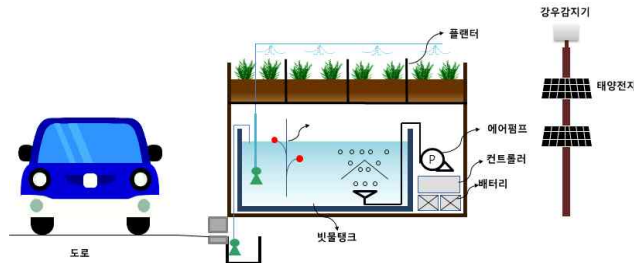


그림 2. 클린로드 시스템 모식도(안)

핵심용어 : 배수성 포장, 우수 순환, 미세먼지, 재비산먼지

* 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 학부연구생 (E-mail : 1018pinetree@naver.com)
 ** 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 학부연구생 (E-mail : wlgno822@naver.com)
 *** 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정 (E-mail : rkgusrif94@naver.com)
 **** 정회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : smun@seoultech.ac.kr)

다짐롤러 및 가속도계를 통한 진동분석 및 실시간 다짐도 평가 연구

김건우* · 고동영** · 이시원*** · 문성호****

최근 국내 많은 회사들의 시공, 가격, 설계 경쟁력이 해외의 주요 선진 건설업체와 기술격차가 커져 내리막길을 걷고 있는 추세이다. 이는 건설사들의 연구개발 투자가 부족하기 때문이라 생각되며 이는 한국 건설사들의 고질적인 문제로 야기되어 왔다. 우리는 4차 산업혁명시대와 당면해 있다. 4차 산업혁명시대는 디지털 전환이 화두이기에 토목분야에도 디지털적 전환이 필요하다 할 수 있으며 이를 또 놓치게 된다면 해외 건설업체들과의 격차는 명약관화하다 할 수 있다.

본 연구의 목적은 운전자의 역량에 다짐을 맡기는 기존의 방식이 아닌 IoT(Internet of Things)기술을 도입하여 실시간 다짐도를 평가하는 방식을 채택해 실시간으로 더 정확하고 경제적이며 효율적인 다짐을 해내기 위한 알고리즘을 만드는 것이다.

가속도계를 설치한 다짐 장비가 다짐이 완성되어가면서 바닥과의 진동으로 인한 값들의 변화를 비교 분석해 다짐도를 평가하고 이 값과 평가시험 값과의 표본상관계수를 높여 나간다.

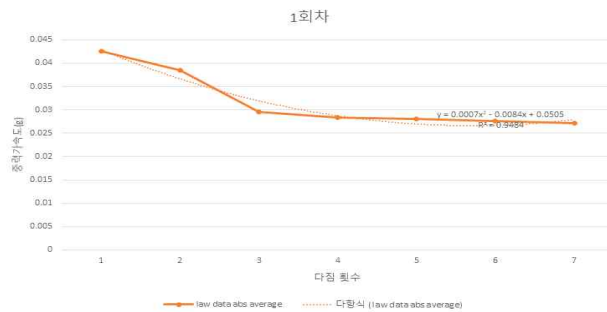


그림 1. Raw Data 분석

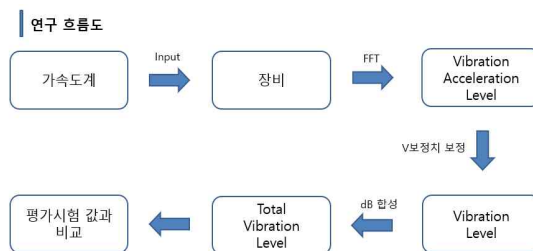


그림 2. 연구 흐름도

핵심용어 : IoT(Internet of Things), 다짐평가, 가속도계, dB

* 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 학부연구생 (E-mail : rjs0416@naver.com)
 ** 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 학부연구생 (E-mail : ehddud3555@naver.com)
 *** 학생회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정 (E-mail : iciwon7304@naver.com)
 **** 정회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : smun@seoultech.ac.kr)

고속도로 콘크리트 포장의 균열을 변화량 예측모형 개발

최기호* · 이상직** · 김하영*** · 김동혁**** · 문기훈***** · 정진훈*

국내 고속도로의 콘크리트 포장은 1984년 88고속도로를 시작으로 콘크리트 포장이 본격적으로 적용되었다. 현재 많은 콘크리트 포장들이 설계수명을 훨씬 넘기면서 부분보수나 덧씌우기 등으로 수명을 연장해 왔으나 부분보수나 덧씌우기 등으로는 이미 한계를 느끼는 구간들이 많아지면서 어떠한 대대적인 개량방안(리모델링)이 시급한 시점에 와 있다. 리모델링 보수공사는 많은 비용과 시간이 소요되는 공사이므로, 고속도로 전 구간 중 리모델링 보수 공사가 가장 시급한 구간을 정량적으로 선정하여 수행되어야 하기 때문에 한국도로공사(2019) 및 Kim et al.(2019)의 연구결과에 따라 고속도로 콘크리트 포장에 대한 리모델링 시급도 지수(RMI: Remodeling Index)가 개발되었다. 리모델링 보수공사는 국가의 예산 편성 등의 이유로 착공시점보다 수년 이전에 공사구간이 정해지기 때문에 미래 리모델링 시급도에 대해 예측해야 하며, 이 예측에 사용되는 것이 콘크리트 포장 균열을 변화량 예측모형이다. 한국도로공사(2019) 및 Kim et al.(2019)의 연구에서도 이미 고속도로 콘크리트 포장 균열을 변화량 예측모형(dSDc2.0)이 개발되었으나, 실무자 및 전문가의 검토를 통해 도출된 개선사항을 반영하여 본 연구에서 개선된 균열을 변화량 예측모형(dSDc3.0)을 개발하였다.

dSDc2.0은 식 (1)과 같이 개발되었으나, 제설제사용량의 민감도가 현실에 비해 낮게 개발된 점과 포장형식을 구분하지 않고 개발되었다는 점이 개선되어야 할 점으로 검토되었다. 따라서, 본 연구에서는 동계 환경에 따라 제설제 사용량에 의한 균열을 변화량의 경향이 달라질 수 있다는 점에 착안하여, 동계 환경인자에 의해 가중된 제설제 사용량 변수를 균열을 변화량 예측모형의 변수로 사용하였다. 실제 균열을 변화량 경향을 가장 잘 나타낼 수 있는 동계 환경인자를 찾기 위해 동계 환경인자의 조합을 통한 다중조합변수와 각 동계 환경인자(강설량, 강설일수, 동결융해일수, 영하일수) 변수를 제설제 사용량에 가중시켜 균열을 변화량과의 상관성 분석을 수행하였다. 상관성 분석을 통해 선택된 변수는 동결융해일수였으며, 가장 적절한 가중 형태는 제설제사용량에 Log를 취한 후, 동결융해일수를 곱하는 형태로 나타나 최종적으로 식 (2)와 같은 균열을 변화량 예측모형(dSDc3.0)을 개발하였다. 본 모형은 dSDc2.0과는 다르게 포장형식별로 개발되었으며, 예측을 또한 개선됨을 확인하였다.

$$\log \Delta SD = a_3 \times IRI_0 + b_3 \times SD_0 + c_3 \times RT + d_3 \times AD + Const. \quad \text{식 (1)}$$

$$\Delta SD_n = a_5 \times SD_{n-1} + b_5 \times RT + c_5 \times FT \times \log AD + Const. \quad \text{식 (2)}$$

핵심용어 : 리모델링 보수, 콘크리트 포장, 균열을, 회귀분석

* 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : high80@naver.com) - 발표자
** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : sjlee9408@inha.edu)
*** 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : ha00303@naver.com)
**** 정희원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : my91kim@gmail.com)
***** 정희원 · 인하대학교 도로교통연구원 책임연구원 · 공학박사 (E-mail : zetamkh@ex.co.kr)
* 정희원 · 인하대학교 사회인프라공학과 교수 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) - 교신저자

버스차고지 포장 상습파손 구간 조립식 포장 적용 효과 분석

오한진* · 이진욱** · 마경훈*** · 안인광**** · 함상민***** · 김태우*

버스차고지 주차장의 경우 운행이 종료된 버스의 주·정차가 지정된 주차공간에서 이루어진다. 버스차고지 포장의 상습 파손 형태는 그림 1에 나타난 바와 같이 버스의 차륜부 위치에서 국부적인 소성변형이 발생하였다. 또한 버스차고지는 운영 특성상 야간에는 모든 버스가 주차되기 때문에 버스가 운행되는 주간에만 유지보수 공사가 가능하다. 따라서 급속시공이 가능하며, 우수한 강성을 확보하여 소성변형 등이 발생하지 않는 조립식 포장을 보수공법으로 선정하였다. 버스 주차면 크기는 폭 3.2m, 길이 13m이며, 공사여건을 고려하여 조립식 포장의 프리캐스트 패널 크기는 폭 3.2m, 길이 6m 패널 2개와, 폭 1.6m, 길이 6m 패널 4개를 제작하여 총 2개의 주차면에 조립식 포장을 적용하였다. 당일 유지보수 공사로 버스차고지에 조립식 포장 적용 가능성을 확인하였으며, 공용성 평가를 위해 소성변형 발생량 조사 및 FWD(Falling Weight Deflectometer) 시험을 수행하였다.



그림 1. 버스차고지 포장 파손 현황



그림 2. 버스차고지 조립식 포장 적용

본 연구는 서울기술연구원(2020-AA-003, 포장 파손 유형별 유지보수 방안)의 지원을 받아 수행된 연구임.

핵심용어 : 버스차고지 포장, 소성변형, 조립식 포장

- ① 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : ohj@sit.re.kr)
- ② 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원 (E-mail : wook@sit.re.kr)
- ③ 정회원 · 서울기술연구원 도시인프라연구실 전임연구원 (E-mail : mamae3927@sit.re.kr)
- ④ 비회원 · 서울시설공단 교통사업본부 주차시설운영처 차고지관리팀 차장 (E-mail : igahn@sisul.or.kr)
- ⑤ 정회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 포장조사평가팀 주무관 (E-mail : smham@seoul.go.kr)
- ⑥ 정회원 · 서울특별시 안전총괄실 도로관리과 포장조사평가팀 주무관 (E-mail : 77twkim@seoul.go.kr)

콘크리트 포장의 줄눈의 IoT-Crackmeter 적용 연구

정유석* · 류성우**

JCP(Jointed Concrete Pavement)은 시공성과 내구성 등 다양한 장점으로 인해 고속도로에 설치되고 있다. 최근 발생한 블로우업에 따라 줄눈에 대한 관심이 증가하고 있을 뿐만 아니라 최적 줄눈간격, 줄눈 유도시기 등 아직도 명확하게 규명되지 않은 부분이 있다. JCP의 줄눈 거동을 이해하기 위해서는 초기부터 폭염기간을 포함하는 장기공용기간 동안의 데이터가 기본이 되어야 한다. 하지만 현재는 현장조사나 데이터로거를 활용한 제한적인 기간의 데이터, DEMEC(DEmountable Mechanical Strain Gauge, 분리형 변형률계)에서 얻은 데이터가 전부이다. 줄눈폭의 변화를 효율적으로 계측할 수 있다면 장기간 데이터를 모니터링 한다면 JCP의 수명을 늘릴 수 있는 최적의 줄눈 간격을 제시할 수 있고, 블로우업 문제를 사전에 발견할 수 있을 것이다.

본 연구의 목적은 IoT 기술을 적용하여 경제적이고 지속가능한 데이터수집방법을 마련하여 JCP의 균열 거동을 Early Age부터 장기간 측정하는 것이다. 기존에 활용하고 있는 변위계중 IoT 적용성이 가장 높은 전기저항 방식의 센서를 선정하였다. IoT 디바이스의 프로토타입을 제작하여 기존 방식의 데이터로거와 비교하여 검증하였다. 해상도 차이가 있었으나 줄눈 및 균열을 측정하는데 문제없는 규모였으며, Time series 방식으로 수집하는 데이터로거와 Time stamp 방식으로 수집하는 IoT 방식의 차이는 있었으나 이를 오차라고 할 수는 없다. 최종적으로 한국도로공사의 울산-밀양 고속도로 9공구에 설치하여 현장 적용성을 분석할 예정이다.

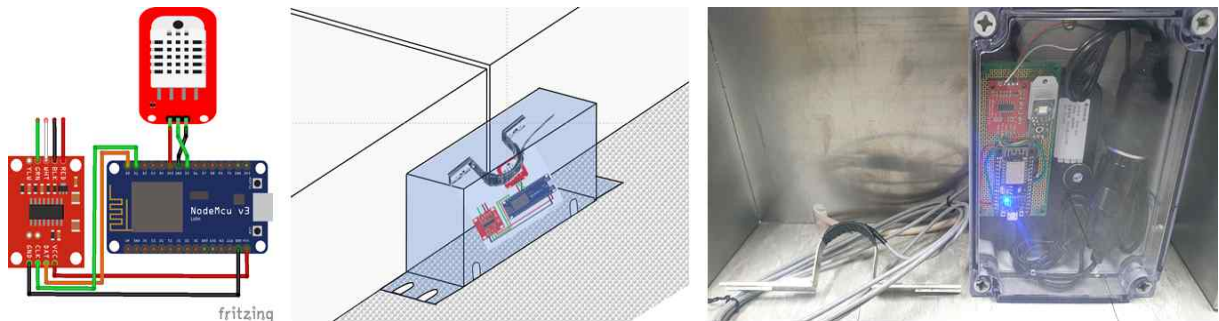


그림 1. 탐사

핵심용어 : 사물인터넷, 줄눈폭계측, 현장적용, 블로우업

* 정희원 · 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 전임연구원 · 교신저자 (E-mail : yooseok@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 (E-mail : honor.ryu@ex.co.kr)

프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장(PCRCP) 현장 적용을 위한 야드 시험시공

김성민* · 황의승** · 한녹희*** · 김석현****

콘크리트 도로 포장은 내구성이 우수하며 잦은 유지관리가 필요하지 않기 때문에 고급도로인 고속도로에 널리 적용되고 있다. 또한 도심지에서도 콘크리트 포장의 사용이 국제적으로 증가하는 추세에 있다. 우리나라는 고속도로의 콘크리트 포장이 설계수명을 초과한 구간이 많으며 향후 10년 이내에 1차로 기준 약 2,600km 이상이 노후화될 것으로 예상된다. 도심지의 경우에서도 아스팔트 포장이 견디지 못하는 구간에는 콘크리트 포장의 적용을 고려하고 있다. 이와 같이 노후화 된 고속도로 콘크리트 포장 구간 및 도심지의 콘크리트 포장 적용 필요 구간은 대부분 오랜 기간의 교통통제가 어려운 상황이다. 따라서 신속한 시공이 가능한 콘크리트 포장 공법을 적용해야 하며 이러한 대안으로 프리캐스트 포장 공법을 들 수 있다. 우리나라의 콘크리트 포장은 대부분 줄눈콘크리트 포장이며 줄눈부 파손이 심각한 경우가 많아서 연속철근 콘크리트 포장(CRCP)을 확대 적용하는 방안을 마련하고 있다. 따라서 본 연구에서는 CRCP와 프리캐스트 포장의 장점인 내구성 및 신속한 시공성을 모두 겸비한 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장(PCRCP: Precast Continuously Reinforced Concrete Pavement) 공법을 개발하였으며 다양한 구간에 이를 적용하고자 한다.

PCRCP의 야드 시험시공은 전라북도 김제시에 마련된 부지에서 수행하였다. PCRCP를 구성하기 위하여 10개의 슬래브를 종방향으로 연결하고 횡방향으로도 2개의 슬래브를 연결하여 시공하였다. 슬래브의 두께는 28cm, 각 슬래브의 길이는 3m로 하여 실험체의 전체 연장이 30m가 되도록 하였다. 철근 설계는 일반적인 CRCP와 동일하게 하였다. PCRCP 시험시공을 위하여 부지를 정리하고 포장 양단에 앵커리그를 설치하는 작업을 수행하였다. 앵커리그의 양생이 완료된 이후 PCRCP가 시공될 위치에 린콘크리트 층을 구성하였다. 프리캐스트 슬래브를 인양하여 안착시켰으며 높낮이 조절 및 슬래브 하부 그라우팅, 슬래브 접속부 그라우팅 작업을 수행하여 시험시공을 완료하였다. 그림 1에서 그림 4는 PCRCP의 시공 과정을 보여준다.



그림 1. 슬래브 제작



그림 2. 린콘크리트층 구성



그림 3. 슬래브 안착



그림 4. PCRCP 거동 실험

핵심용어 : PCRCP, 프리캐스트 포장, 연속철근 콘크리트 포장, 시험시공

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

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

*** 정회원 · 효명ECS 대표이사 (E-mail : hnh_hm@hanmail.net)

**** 정회원 · 효명ECS 부장 (E-mail : ramyun09@naver.com)

프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장(PCRPC) 슬래브 접속부 철근형식 성능시험

김성민* · 황의승** · 한녹희*** · 김석현****

본 연구에서는 프리캐스트 연속철근 콘크리트 포장(PCRPC: Precast Continuously Reinforced Concrete Pavement)의 슬래브 접속부에서 철근의 연결 형식을 개발하기 위하여 성능 실험을 수행하였다. 슬래브 접속부에서 철근의 연결 방식을 분석하고자 4가지 형식의 연결부 철근 형상 및 길이를 적용하여 실험을 수행하였다. 연속철근 콘크리트 포장(CRPC)에서 철근이 겹치면 될 때는 일반적으로 겹치음 길이를 60cm 정도 확보하도록 하고 있다. 하지만 PCRPC에서는 슬래브 접속부에서 철근의 겹치음 길이를 감소시켜야 접속부의 그라우팅 부피를 감소시켜 보다 신속한 시공이 가능하도록 할 수 있다. 따라서 슬래브 접속부에서의 철근의 형상을 변형시켜 접속부의 길이를 감소시키는 방안이 필요하다. 이러한 방안을 도출하기 위하여 4가지 형식의 접속부 철근 형상 및 길이에 대한 실험을 수행하였다. 접속부 철근의 형상은 직선형과 그림 1에 보인 바와 같이 휨형, 확대머리 철근, 물음표 형상 철근 등을 고려하였다. 그림 2와 그림 3과 같이 인발시험을 위하여 총 20개의 실험체를 제작하여 받침부분에 가압판을 고정시킨 다음 인발장치를 거치시켜 잭으로 철근과 인발시험 장치를 고정시킨 후 유압으로 철근에 인장력을 가하였다. 본 실험에서 사용한 철근의 항복강도는 400MPa이며 실험이 적절하게 수행된 모든 실험체에서 400MPa 정도에서 파손이 발생하였다. 파손 형태는 철근의 항복이 먼저 발생한 후 그라우트 재료의 파괴가 발생하였다. 이러한 결과를 통해 설계된 모든 실험체가 적절한 철근 정착형식을 가지고 있음을 파악하였다. 따라서 본 인발시험에서 사용한 철근의 정착방법을 사용하면 PCRPC의 접속부 길이를 감소시킬 수 있을 것으로 분석되었다.



그림 1. PCRPC 접속부 철근 형상

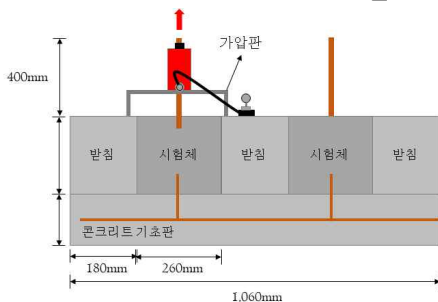


그림 2. 인발시험



그림 3. 실험체

핵심용어 : PCRPC, 프리캐스트 포장, 연속철근, 철근 형상, 인발시험

* 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : seongmin@khu.ac.kr)-발표자
 ** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : eshwang@khu.ac.kr)
 *** 정회원 · 효명ECS 대표이사 (E-mail : hnh_hm@hanmail.net)
 **** 정회원 · 효명ECS 부장 (E-mail : ramyun09@naver.com)

부분철근 및 연속철근을 사용한 신개념 철근콘크리트 포장(ARCP) 시험시공

최지웅* · 손병광** · 김태형*** · 김성민**** · 이준호*****

신개념 철근콘크리트 포장(ARCP: Advanced Reinforced Concrete Pavement)은 부분철근과 연속철근을 혼합하여 사용하며 부분철근 부분에서 균열을 유도함으로써 연속철근 콘크리트 포장(CRCP)에서의 철근비를 대폭 감소시켜 경제성을 향상시키며 보다 균일한 균열 간격을 유도하여 공용성도 향상시킨 콘크리트 포장 공법이다. ARCP의 고속도로에서의 최초 시험시공은 영천 부근의 경부고속도로 확장구간에서 수행된 바 있으며 2020년 3월에 함양-울산 고속도로 7공구 구간에 270m 연장으로 시험시공되었다. 이전의 ARCP 시험시공에서는 콘크리트 포장의 두께 26cm, 부분철근비 0.45%, 연속철근비 0.23%로 3차로로 시공되었다. 본 시험시공에서는 콘크리트 포장의 두께 30cm, 부분철근비 0.34%, 연속철근비 0.34%로 2차로로 시공되었다. 균열을 유도하기 위한 균열유도장치는 그림 1과 같이 GFRP 재질로 제작되었으며 부분철근이 배근되는 부분에 설치하였다. 이러한 유도균열 부분에서는 부분철근비가 0.34%이며 연속철근비도 0.34%이기 때문에 총 철근비가 0.68%로 일반적인 CRCP의 철근비와 동일하게 된다. 하지만 균열을 유도하지 않는 부분에서는 연속철근만 존재하며 철근비가 0.34%로 CRCP의 50% 수준이 된다. 균열 유도 간격은 우리나라 CRCP의 평균 균열간격이 1.5m인 것을 감안하여 3m의 간격으로 균열을 유도하도록 하였으며, 따라서 유도 균열과 유도 균열의 사이에 자연 균열이 하나 정도 발생하도록 설계하였다. 그림 2는 ARCP 콘크리트 타설 광경을 나타내며 CRCP와 같이 사이드 스프레드 장비를 이용하여 측면에서 콘크리트를 공급하였다. 그림 3은 시공이 완료된 후 양생제가 도포된 ARCP의 상태를 보여준다. ARCP의 시공 후의 균열 발생과정을 모니터링하고 있으며 유도균열장치가 삽입된 부분에서 균열이 직선으로 발생하고 있는 상황이다. 균열폭도 매우 작은 상태를 유지하고 있는 실정이다. 하지만 시공이 이른 봄에 수행되어 현재까지 온도가 지속적으로 상승하고 있기 때문에 균열이 급속히 발생하지는 않고 있다. 온도가 다시 하강하는 계절이 오면 추가적으로 유도균열 및 자연균열이 발생할 것으로 판단된다.



그림 1. 부분철근부 균열유도장치

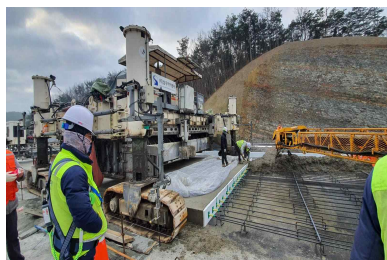


그림 2. 콘크리트 타설



그림 3. ARCP 완공

핵심용어 : 신개념 철근콘크리트 포장, ARCP, 부분철근, 연속철근, 균열유도장치

- * 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : jwchoi19@khu.ac.kr) - 발표자
- ** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : qudrhkd4561@khu.ac.kr)
- *** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : rlaxougd@khu.ac.kr)
- **** 정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수·공학박사 · 교신저자 (E-mail : seongmin@khu.ac.kr)
- ***** 정회원 · 다같이앤씨 대표이사 (E-mail : leejunho21@dgmma.co.kr)

블로우 업 억제를 위한 ASR 저감형 콘크리트 개발 초기연구

송다혜* · 염우성** · 박해원*** · 김병준**** · 정진훈*****

블로우 업은 콘크리트 슬래브가 팽창하여 콘크리트 포장이 위로 솟아오르는 형태의 파손으로 국내에서는 관측되지 않았던 파손이지만 2014년을 기점으로 국내에서 발생하기 시작하였다. 차량이 고속으로 주행하는 곳에 블로우 업이 발생할 경우 포장에 균열이 발생하여 대규모 사고를 유발할 수 있다. 블로우 업의 원인으로는 줄눈부의 이물질 침투, 부적절한 줄눈 간격, ASR(Alkali-silica reaction) 등과 같은 다양한 이유가 있지만 많은 연구자들이 ASR(Alkali-silica reaction)로 인한 콘크리트의 팽창을 주요한 원인으로 지목하고 있다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트 포장에서 발생하는 블로우 업을 예방하기 위한 ASR 저감형 콘크리트 개발 연구를 수행하였다. ASR의 경우 시멘트의 알칼리와 골재의 실리카, 그리고 수분이 화학적 반응을 일으키는 현상이므로 알칼리 함량에 재료적 특징을 확인하기 위해 일반 시멘트와 고알칼리 시멘트를 실험에 사용하였으며, 골재의 경우 일반 골재와 주요 성분이 실리카로 구성되어 있는 변성암, 페로니켈 슬래그, 폐유리 골재를 사용하였다. 그림 1과 같이 수집한 골재에 대한 반응성 실험을 수행한 결과 일반 골재를 제외하고 모두 잠재적 반응성 골재로 판단되었다. ASR을 방지하기 위해 다양한 양의 고로 슬래그 및 플라이 애시를 시멘트에 치환하여 포졸란 반응을 유도한 뒤 그에 따른 효과를 미세구조분석기법을 통해 확인하였으며, 추후 골재 종류에 따른 급속 ASR 실험을 수행하여 고로 슬래그 및 플라이 애시 치환량 및 골재의 종류에 따른 ASR 저감 효과를 확인할 예정이다.

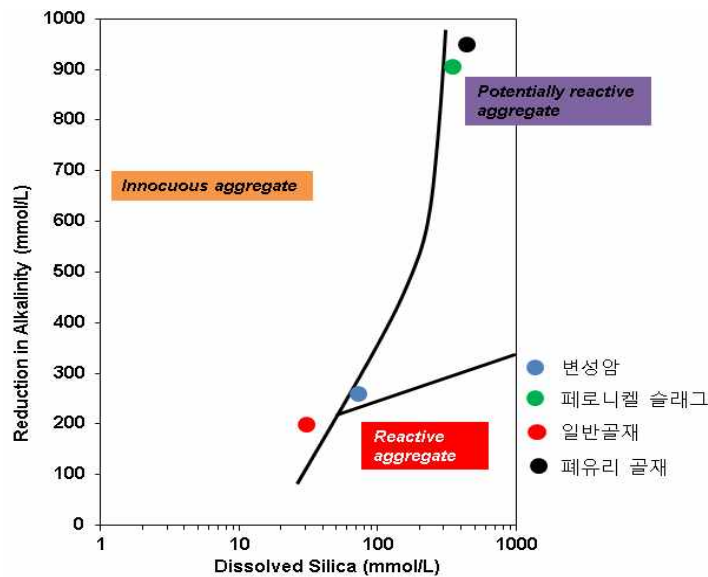


그림 1. 골재의 알칼리 잠재 반응 시험결과

핵심용어 : 블로우 업, ASR, 반응성 골재, 미세구조분석

* 학생회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 석사과정 (E-mail : 0037sdh@naver.com) - 발표자
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 박사후연구원 · 공학박사 (E-mail : wsyum@kict.re.kr)
 *** 정회원 · 인하대학교 스마트시티공학과 박사과정 (E-mail : czess@naver.com)
 **** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · 한국아스콘공업협동조합연합회 품질 기술연구원 주임연구원 (E-mail : fihz55@naver.com)
 ***** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : hjh@inha.ac.kr) - 교신저자

페로니켈 슬래그 미분말 혼입 콘크리트의 강도발현 특성 연구

곽대열* · 이석근** · 이상엽*** · 신재철**** · 안진홍*****

페로니켈 슬래그(Ferro-nickel slag)란 스테인리스강의 주원료인 페로니켈을 생산하기 위해 원료로 사용되는 니켈광석, 유연탄 등이 고온에서 용융될 때 부산물로 생산되는 자원을 일컫는다. 페로니켈 슬래그는 물리적, 화학적 성질이 우수하고 콘크리트용 골재, 주물사, 연마재, 사문암 대체재 등으로 사용이 가능한 친환경재료로서, 국내를 비롯해 해외 선진국에서는 이미 오래전부터 산업전반에 걸쳐 활발히 사용하고 있다. 이에 본 연구에서는 페로니켈 슬래그 미분말을 시멘트와 적정량 치환하여 배합설계한 후, 압축강도 시험을 통해 페로니켈 슬래그 미분말을 활용한 친환경 콘크리트의 강도발현 특성을 파악하여 최적 배합비도출 과정에서의 기초자료로 활용하고자 하였다.

표 1. 페로니켈슬래그(FNS) 혼입율에 따른 배합비율 결정

| 구분 | F _{flex} (kgf/cm ²) | G _{max} (mm) | W/C (%) | S/a (%) | 단위량(kg/m ³) | | | | | |
|---------|---|--------------------------|------------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| | | | | | W | C | FNS | S | G | AD |
| OPC | 21 | 25 | 55 | 50.1 | 168 | 307 | - | 910 | 925 | 2 |
| FNS 5% | | | | | 168 | 292 | 15 | 910 | 925 | 1.84 |
| FNS 10% | | | | | 168 | 276 | 31 | 910 | 925 | 1.84 |
| FNS 20% | | | | | 168 | 246 | 61 | 910 | 925 | 1.84 |
| FNS 30% | | | | | 168 | 215 | 92 | 910 | 925 | 1.84 |



그림 1. 배합비에 따른 압축강도 실험 결과

핵심용어 : 페로니켈, 페로니켈 슬래그, 압축강도, 친환경 콘크리트

* 학생회원 · 경희대학교 사회기반시스템공학과 석사과정 (E-mail : sys5404@naver.com)
 ** 정회원 · 경희대학교 사회기반시스템공학과 교수 · 공학박사 (E-mail : skrhee@khu.ac.kr)
 *** 정회원 · 인덕대학교 건설안전공학과 조교수 · 공학박사 (E-mail : yummy0220@induk.ac.kr)
 **** 정회원 · (주)동성엔지니어링 전무 · 공학박사 (E-mail : aachenshin63@naver.com)
 ***** 정회원 · 리키테크 주식회사 본부장 · 공학석사 (E-mail : gate44@naver.com)

실리카폼 및 폴리머 혼입에 따른 회전 커터날 방법에 의한 마모저항성 분석

김종범* · 한승연** · 송창석*** · 윤경구****

국내 고속도로에 시공되는 콘크리트포장 형식은 무근 줄눈 콘크리트포장이 주를 이루고 있다. 이러한 콘크리트포장의 문제점은 시공 후 조기 파손, 균일하지 않은 품질로 인한 사용재료의 파손, 노후된 콘크리트포장의 보수 방법 선택 부족 등이 있다. 이러한 단점들을 보완하고자 연구된 2층 콘크리트포장공법은 두껍게 시공하는 하부층은 경제적 측면에서 우수하여 시공비를 절감할 수 있고, 상부층의 고성능화를 통하여 콘크리트를 포장하였다. 2층 콘크리트포장 연구를 진행하며 하부층에 사용되는 콘크리트 재료를 고성능화 할 수 있는 방법에 대하여 고민하였고, 이를 통해 본 연구에서는 기포를 이용하여 실리카폼과 폴리머 분말을 분산시킨 후 스프레이를 통해 재료를 생산하는 셀룰러 스프레이 공법을 이용한 2층 콘크리트포장에 관한 연구를 수행하였다. 또한, ASTM C 994 (회전 커터날 방법)를 이용하여 마모저항성을 분석하고자 한다.

표 1. 콘크리트 배합표

| 구 분 | G _{max} (mm) | W/B (%) | S/a (%) | 단위중량 (kg/m ³) | | | | | |
|----------|--------------------------|------------|------------|---------------------------|-----|-----|------|----|----|
| | | | | W | C | S | G | SF | PP |
| OPC | 25 | 42 | 40 | 139 | 330 | 759 | 1182 | - | - |
| SF3 PP3 | 25 | 42 | 40 | 139 | 330 | 759 | 1182 | 10 | 10 |
| SF7 PP3 | 25 | 42 | 40 | 139 | 330 | 759 | 1182 | 23 | 10 |
| SF11 PP3 | 25 | 42 | 40 | 139 | 330 | 759 | 1182 | 36 | 10 |



그림 1. ASTM C 994 시험기 및 시편

그림 2. 회전 커터 날

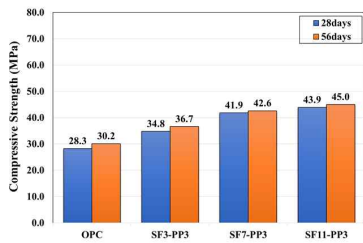


그림 3. 압축강도 측정 결과

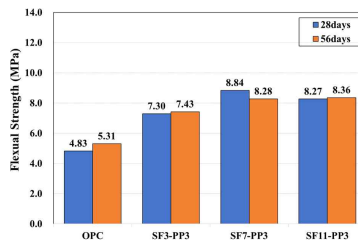


그림 4. 휨강도 측정 결과

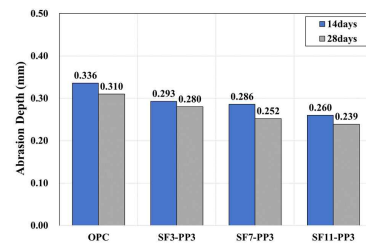


그림 5. 마모저항성 시험 결과

핵심용어 : 2층 콘크리트포장, 실리카폼, 폴리머, 마모저항성

* 학생회원 · 강원대학교 대학원 건축도목환경공학부 석사과정 (E-mail : jbkim379@naver.com)
 ** 정 회 원 · 강원대학교 대학원 건축도목환경공학부 · 강원종합기술연구원 연구교수 (E-mail : syhan8704@kangwon.ac.kr)
 *** 학생회원 · 강원대학교 대학원 건축도목환경공학부 석사과정 (E-mail : changsuk22c@naver.com)
 **** 정 회 원 · 강원대학교 대학원 건축도목환경공학부 교수 (E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr)

2020년도 한국도로학회 학술대회 협찬사

금호건설 

 남광토건

DAELIM

 두산건설


국토교통부
도로미세먼지연구단

 saman
(주)삼안

 쌍용건설

 (주)에스엔건설
SN Construction

 SK 건설

APM Since 1994
Measuring the Environment
(주)에이피엠엔지니어링

 YOON SUNG

 WEATHER

POSCO
포스코건설

 (주)한국도시녹화
Korea Urban Forestation Co., Ltd.

 **Halla**
주|한리

 Let's
KCL

도시의 표정을 디자인하다

건설은 패션이다!



[힘껏 달려온 200년 함께 달려갈 200년]

70년 남광토건, 70년 극동건설, 60년 금광기업이 하나로 모여
대한민국을 대표하는 건설전문그룹으로 새롭게 도약합니다

200년 건설역사에 담겨있는 풍부한 노하우와 높은 기술력을
서로 공유하며 대한민국 건설역사를 새롭게 건설하겠습니다

남광토건·극동건설·금광기업이 보여드릴 200년
건설전문그룹의 도전을 다시 한번 지켜봐 주십시오

70 + 70 + 60
SINCE 1947 SINCE 1947 SINCE 1957

 남광토건

 KUKDONG

 금광기업

남들은 보수적이라고 합니다
원칙을 지키고 약속을
맨 앞에 두는 것이 보수라면
대림은 보수적입니다

남들은 고지식하다고 합니다
편법을 모르고 정도만을
걷는 것이 고지식이라면
대림은 고지식합니다

원칙 약속 기본
그 안에 혁신의 길이 있습니다

기본이 혁신이다

DAELIM

도로미세먼지연구단은—— 깨끗한 공기, 안전한 도심속 도로환경을 연구합니다

도로변 유동인구가 많은
지역을 연구합니다



BUS
ZONE

등하교길 도로변
안전한 공기질을
연구합니다



SCHOOL
ZONE



첨단모니터링
기술

도로변 미세먼지의 정보를
실시간 안내합니다



건설공사
현장

비산먼지를 저감하는
안전하고 깨끗한
환경을 연구합니다

기술로 불가능을 넘는다

쌍용건설은 도로와 철도, 지하철, 항만, 공항, 댐 등 대규모 기반시설과 산업시설, 플랜트 등을 건설하며 대한민국 국가 산업 및 경제 발전에 기여해 왔습니다. 특히 서울, 부산, 대구, 인천 등 주요 지하철 공사를 통해 총연장 31km 이상의 실적을 보유한 지하철 시공실적 최상위 기업입니다.

대한민국 건설문화를 선도하는 - 쌍용건설



서울지하철 9호선 923 고속터미널역

기존 3호선으로부터 불과 15cm 아래에 TRcM 공법(Tubular Roof Construction Method)과 CAM 공법(Cellular Arch Method)을 세계 최초로 동시에 병용한 프로젝트



2009 영국토목학회(ICE)
'브루넬 메달' 수상

• 2009 올해의 토목구조물 대상 수상 • 2009 대한민국 토목·건축 기술대상 수상 • 2009 굿디자인(GD) 선정



대한민국 해외건설 역사상 최대 규모 건축 프로젝트

마리나 베이 샌즈 호텔 (싱가포르)



세계 최초 육상-해상 연결 송전선로

345kV 영흥 송전선로 (경기 안산, 화성, 시흥)



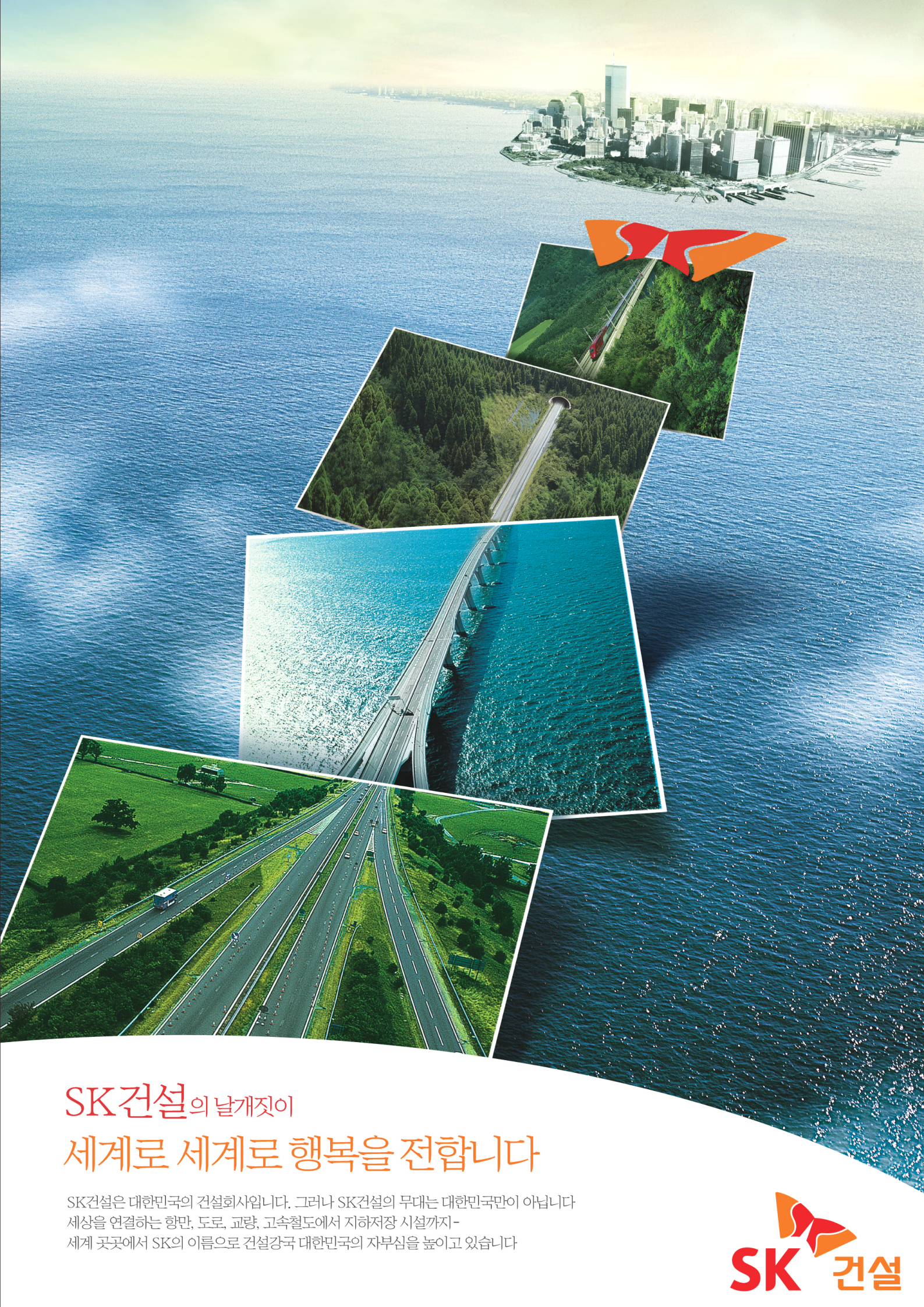
건설시공부문 최초 금탑산업훈장 수훈

부산항 신선대 컨테이너 터미널 (부산 남구)



세계 최대 규모 담수화 플랜트

주베일 담수화 플랜트 (사우디 아라비아)



SK건설의 날개짓이 세계로 세계로 행복을 전합니다

SK건설은 대한민국의 건설회사입니다. 그러나 SK건설의 무대는 대한민국만이 아닙니다
세상을 연결하는 항만, 도로, 교량, 고속철도에서 지하저장 시설까지-
세계 곳곳에서 SK의 이름으로 건설강국 대한민국의 자부심을 높이고 있습니다



도로변 대기오염물질 측정 솔루션

입자상 물질



PMM-304

SPMS

OPS

- PM10, PM2.5, PM1 실시간 측정
- 배출가스 나노 입자 입경분포 측정
- 비산먼지, 입자의 형성 및 성장 연구
- 엔진 연소 및 배기가스 측정

가스상 물질



Serinus Series

GC955 Series

PTR-TOF-MS

- SO₂, NO/NO₂/NO_x, NH₃, CO, O₃
- BTEX, VOCs 실시간 측정
- 도로변 광화학반응 연구
- 건설/도로포장 자재 유해물질 연구

블랙카본(Black Carbon)



AE33

AE51

AE43

MA200

- Black Carbon 실시간 측정
- 설치형, 이동형, 휴대형
- GPS연동 위치 기록 및 맵핑 활용

**불완전 연소 과정에서 발생하는
WHO 지정 1급 발암물질**

Application



- 1차 배출 오염물질, 2차 생성 전구물질 연구
- 이동측정시스템을 이용한 대기오염현황 파악
- 도로변 대기오염 측정시스템
- 도로 재비산먼지, 질소산화물 저감 연구 검증
- 노후경유차, 교통량 등에 의한 대기오염 연구





윤성아스콘, (주)성윤, (주)윤성알엠씨, (주)윤성산업개발

YOONSUNG BUSINESS | 아스콘 | 레미콘 | 골재 | 건설폐기물 |



푸른 내일을 지키는 환경친화기업



아름다운 환경과 건강한 생활을 위한 앞선 기술력으로
최고의 품질을 공급하고 있습니다.



PURECON

레디믹스트 콘크리트

VIRIDISCON

아스팔트 혼합물

'퓨어콘'과 '비리디스콘'은
윤성 제품의
고유브랜드 입니다

부산시 아스팔트 플랜트 대기배출 측정현황

(2012. 6. 12)

| 배출가스 종류 | O ₂ (%) | CO (ppm) | CO ₂ (%) | NO (ppm) | NO ₂ (ppm) | NO _x (ppm) | SO ₂ (ppm) | H ₂ (ppm) |
|------------|-----------------------|-------------|------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 가열아스콘 | 15.35 | 241.63 | 3.20 | 11.86 | 1.18 | 12.93 | 7.98 | 29.89 |
| 중온아스콘 | 17.43 | 127 | 2.02 | 9 | 1.5 | 10 | 3 | 18 |
| 증감율(%) | 13.56 | -47.56 | -36.87 | -23.20 | 29.07 | -18.85 | -59.53 | -38.24 |

우리가 숨쉬는 공간은
언제나 맑을 수 있도록

최고의 공기를 만나는
도심 속 청정공간

케이웨더 에어 인텔리전스 라운지

Air Intelligence Lounge



공간별 특성에 맞춘 청정공기 솔루션, 시라운지

휴게실, 카페 어느 곳이든 청정공간으로

- 환기청정기

라돈, 이산화탄소, 미세먼지까지 실내 공기 완벽 케어

- 실내공기질 측정기

IoT기반의 실내공기질 측정기(환경부 1등급 인증)와 환기청정기가 연동되며, 스마트기기로 실시간 실내공기질 확인 가능

- 디지털 디스플레이

공기를 눈으로 확인하세요. 실내, 실외 공기 상태 정보를 직관적으로 보여주는 디스플레이

- 수직정원

공기정화 식물과 숯화분이 쾌적한 습도를 유지하며 오염물질을 흡착해 최적의 공기 청정 구역을 조성



상상을 현실로 만드는 스마트 기술

건설의 전과정에

BIM, 가상시공, IoT, Big Data, AI 등
스마트 기술을 접목시켜 건설산업의
패러다임을 바꿔 나가고 있습니다.

편리한 삶을 실현하고 미래를 앞당기는
스마트 컨스트럭션의 무한 가능성을 통해
더 효율적인, 더 완벽한, 더 안전한
건설현장을 만들겠습니다.



포스코건설이 만드는 스마트 컨스트럭션의 미래

4 5D 기반 EPC 통합솔루션

- Big Data 기반 엔지니어링
- 엔지니어링 통합관리 시스템
- 5D 기반 공사관리 시스템

5 영상해석 기반 고품질 시공

- Big Data 기반 시공품질 관리
- 적외선 영상 활용한 고품질 시공
- AI 기반 품질 진단/예측 시스템

6 BIM, AI 기반 Virtual Construction

- BIM/IoT 활용 프로세스 혁신
- BIM/Smart Device 운영환경

1 스마트 더샵

- 무선 IoT 홈네트워크
- AI 음성인식 기반 대화형 스마트홈
- AI 기반 세대 자동제어 솔루션

2 스마트시티

- 도시재생형 스마트시티
- 맞춤형 스마트시티

3 AI 기반 하수처리시설

- 시뮬레이션 활용 설계 솔루션
- IoT 기반 운영솔루션
- AI 기반 수처리 시설 O&M

7 실시간 안전 통제/예방

- IoT 기반 실시간 현장 통제/관리
- 영상해석 기반 상황인지/사전예방
- AI/Big Data 활용 사고 예지/예방

8 Smart기술 기반 시공 자동화

- 드론/IoT 활용 단위 작업 자동화
- Big Data 기반 시공 자동화
- 3D 프린팅/AI 기반 장비 무인화

9 진동/소음 예지보전 솔루션

- AI 기반 시운전 진단기술
- Big Data 기반 O&M 통합 솔루션

경량인공토 시장에 촉촉한 바람이 분다~~



가벼워서 좋다 / 촉촉해서 좋다 / 시공이 편리하고 빨라서 좋다 / 가격이 착해서 좋다

‘K-Soil’ 이어서 더 좋다



제3세대 친환경 경량인공토양 **K-Soil**

FOREVER YOU

+

우 리 에 게

변 하 지 않 는

단 하나의 기준은

바로 당신입니다



내일을 열다 [토목]



꿈을 키우다 [건축]



행복을 만들다 [주택]



가치를 찾다 [플랜트]



세상을 넓히다 [해외]

