

■ 국토교통 연구개발사업 관리지침[별지 5 서식]

연차실적·계획서(협약용)

[국토교통기술사업화지원사업]

과제 번호							
보안 등급	일반[√], 보안[]						
과제 성격	기초[], 응용[], 개발[√]						
주관(총괄) 과제명	영상 및 레이더 스캔을 이용한 터널균열 및 사면변형 측정 기술 개발						
과제명	국문	영상 및 레이더 스캔을 이용한 터널균열 및 사면변형 측정 기술 개발					
	영문	Development of Tunnel Crack and Slope Deformation Measurement Technology using Image and Radar Scan					
주관연구기관	기관명	주식회사 엠텍	사업자등록번호	113-86-36924			
	성명	엄수광	직급(직위)	부장			
(총괄)연구책임자	전화번호	02-3401-0333	전자우편	mtecrnd@daum.net			
	휴대전화번호	010-9145-0611	과학기술인등록번호	10860400			
	책임급	(7명)	박사후연구원	()명			
참여연구원	연구원	(9명)	학생	박사 (2)명, 석사 (5)명, 학사 (2)명			
	총 연구기간	2018. 4. 1 - 2020. 12. 31(33개월)					
해당 연도 연구기간	2020. 1. 1 - 2020. 12. 31(12개월)						
연구비 현황(단위: 천원)							
연도 (단계)	정부 출연금 (A)	민간부담금			정부 외 출연금 (E)	상대국 부담금 (F)	합계 (G=A+D+E+F)
		현금 (B)	현물 (C)	소계 (D=B+C)			
1차 연도	210,000	20,000	180,000	200,000			410,000
2차 연도	330,000	22,000	198,000	220,000			550,000
3차 연도	800,000	53,400	480,600	534,000			1,334,000
합계	1,340,000	95,400	858,600	954,000			2,294,000
참여기관 (공동연구기관, 위탁연구기관, 참여기업)	기관명	책임자 성명		직급 (직위)	전화번호	전자우편	과학기술인 등록번호
	경북대학교 산학협력단	이수현		조교수	054- 530-1481	finksnow@ knu.ac.kr	10204885
참여기업	참여기관 중 중소기업 ()개, 중견기업 ()개, 대기업 ()개						
국제공동연구	상대국연구기관수			상대국연구비		상대국연구책임자수	
실무담당자	성명	서정림		직급(직위)	차장		
	전화번호	02-3401-0333		전자우편	mtecrnd@daum.net		
	휴대전화번호	010-3593-1235					

관련 법령 및 규정과 모든 지시 사항을 준수하면서 이 국가연구개발사업을 성실히 수행하고자 아래와 같이 연차실적·계획서를 제출합니다. 아울러 이 연차실적·계획서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 선정 취소, 협약 해약 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2019년 12월 27일

주관연구책임자: 엄 수 광

주관연구기관의 장: 심 동 일

국토교통과학기술진흥원장 귀하



〈연구분야 및 분류〉

코드 구분	중심 분야		관련 분야1		관련 분야2	
	코드	비중	코드	비중	코드	비중
국가과학기술표준분류	EI1101	100%		%		%

〈 성과요약서·국문요약문 〉

연구개발 목표	- 터널 및 사면은 구조적 결함 발생 시 발견 및 대처가 어렵고, 보수를 위해 대규모의 통제가 필요하여 국민편의에 악영향을 초래한다. - 그러므로 사전 모니터링을 통한 선제적 조치가 필요하며, 이를 위한 손상측정 기술의 개발은 필수적이다. - 이에 자체보유 중인 구조물 손상관리 시스템을 기반으로, 영상 및 레이더 스캔을 이용한 터널균열 및 사면변형 측정 기술개발을 목표로 한다.				
연구개발 내용	○ 자체 보유한 손상탐지 기술을 이용한 터널 내부 사진 데이터 확보 - MMS 레이저 실측으로 터널의 단면도, 비상공간과 조명기구 등의 위치 파악 - 4k 비디오카메라를 이용한 터널 내부 영상촬영 후 화상화면으로 변환 - 자체 개발한 StitchImage 프로그램을 사용한 왜곡 보정 및 화상 접합 - 자체 개발한 CrackDraw21 프로그램을 사용한 손상 검출 및 3D 표현 ○ 최근 진행된 유사연구의 알고리즘 분석 - 최근 개발된 인공지능 크랙 탐지 프로그램 분석 및 자문 - 데이터 세트 재분류 학습을 통해 구조물의 화면 상 크랙의 유무 확인됨 ○ 카메라 자동촬영 제어시스템의 기초실험 - 광센서 및 마그네틱 센서를 활용한 카메라 셔터의 자동 작동 - 라즈베리파이 및 아두이노를 활용한 코딩 ○ 표적추적시스템의 기초실험 - 진동대, 서버모터, 카트 등을 이용하여 움직이는 마커 및 균열패턴의 인식 실험 수행				
연구개발성과	○ 딥러닝을 위한 터널 내부의 사진 획득 ○ 이미 개발된 균열 인식 알고리즘에 대한 자료획득과 문제점 확인 ○ 어두운 터널 내부에서 리니어 모터(Linear Motor)에서 움직이는 카메라의 자동셔터를 위한 제어시스템 (광센서나 초음파 센서 등 이용) ○ 주행하는 차량에서 터널 내부를 촬영하기 위한 표적추적시스템으로 진동대를 통한 예비실험을 수행하였고, 리니어 모터의 제작을 위한 성능조건 데이터 획득				
활용계획 및 기대효과	○ 기술적 측면 - LCC 분석연구 자료로 활용 가능 - 사일로(Silo)의 균열검사 등 다른 분야 적용 가능성 - 데이터의 3D 입체화 가능 ○ 경제적·산업적 측면 - 저비용/고효율의 터널 내부에서의 작업환경 구축 - 자동화 시스템을 이용한 현장작업의 시간 단축 ○ 사회적 측면 - 터널 안전성 검사 시 도로 통제 최소화 - 효율적이고 체계적인 구조물의 관리시스템 구축				
핵심어(5개 이내)	터널스캐닝	딥러닝	영상분석	제어시스템	표적추적시스템

〈 Summary 〉

Purpose	- Tunnels and slopes are difficult to find and cope with structural defects, and large-scale control is required to repair them, which has an adverse effect on national convenience. - Therefore, it is necessary to take preemptive action through proactive monitoring, and development of damage measurement technology is essential. - Based on the own structure damage management system, we are going to develop the measurement technology of tunnel crack and slope deformation using image analysis and radar scan.				
Contents	○ Photo data for deep learning were obtained by using own damage detection technology - The information on a cross section of tunnel, emergency spaces and lighting fixtures was grasped by MMS laser - After the tunnel video images were taken using video camera, they were converted into the pictures. - Distortion correction and image fusion were performed using a self- developed StitchImage program - Damage detection and 3D displays were accomplished using a self-developed CrackDraw21 software. ○ Algorithm analysis of a recent similar study ○ Basic experiment of camera automatic shooting control system - Coding using Raspberry Pi and Arduino ○ Basic experiment of target tracking system - The recognition experiment of moving marker and crack pattern was carried out using shaking table, servo motor, and cart.				
Development results	○ Acquisition of tunnel photo for deep learning ○ Acquisition of data on the developed crack recognition algorithm ○ Automatic shutter control system for camera installed on linear motor inside dark tunnel ○ Experiments using a shaking table were performed in advance of the target tracking system. And the performance condition data for the fabrication of linear motor were obtained.				
Expected Contribution	○ Technical aspects - Available as LCC analysis data - Applicability to other fields such as crack inspection of silos ○ Economic and industrial aspects - Build work environment inside tunnel with low cost and high efficiency - Time-saving of field work using automation system ○ Social aspects - Minimize road closure in tunnel stability tests - Efficient and systematic structural management system construction				
Keywords	Tunnel scanning	Deep learning	Image analysis	Control system	Target tracking system

목 차

I .개요

1. 사업화 추진 배경	1
2. 사업화 대상기술 요약	1

II .실적

1. 사업화 최종 목표	5
2. 연도별 사업화 목표 및 결과	5
3. 성과점검기준표(2차년도)	32
4. 구매 금액이 3천만원 이상인 연구시설장비 구축 현황	38
5. 사업화로 인한 기대효과	38
6. 연구개발비 집행 실적	38
7. 중요 연구변경 사항	38

II . 계획

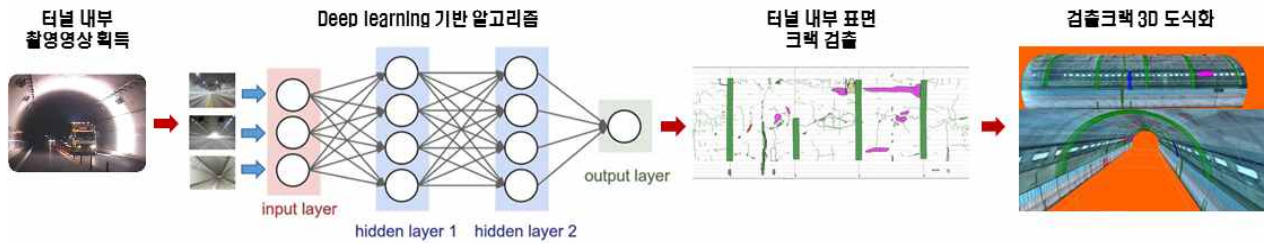
1. 국내외 사업화 환경변화 분석	39
2. 3차년도 연구내용 요약	40
2-1. 2차년도 대비 3차년도 계획	40
2-2. 연차별 사업화 목표 및 내용 변경	41
3. 성과점검기준표(3차년도)	46
4. 사업화 추진 전략·방법 및 체계	48
4-1. 연구수행 체계도	48
4-2. 위탁, 외부, 국제공동연구 현황(해당없음)	48
5. 기술료 납부 계획	48

6. 연구기관 현황	49
6-1. 주관연구책임자	49
6-2. 공동, 위탁연구책임자	51
6-3. 참여연구원 현황	53
6-4. 연구시설, 장비 보유 현황	56
6-5. 기관(기업) 정보	58
7. 연구개발비	60
7-1. 연구개발비 총괄표	60
7-2. 3차년도 연구개발비 비목별 세부 내용	61
8. 보안등급의 분류 및 결정 사유	70
9. 연구실 안전조치 이행계획	71

○ 사업화 대상 기술의 개념도

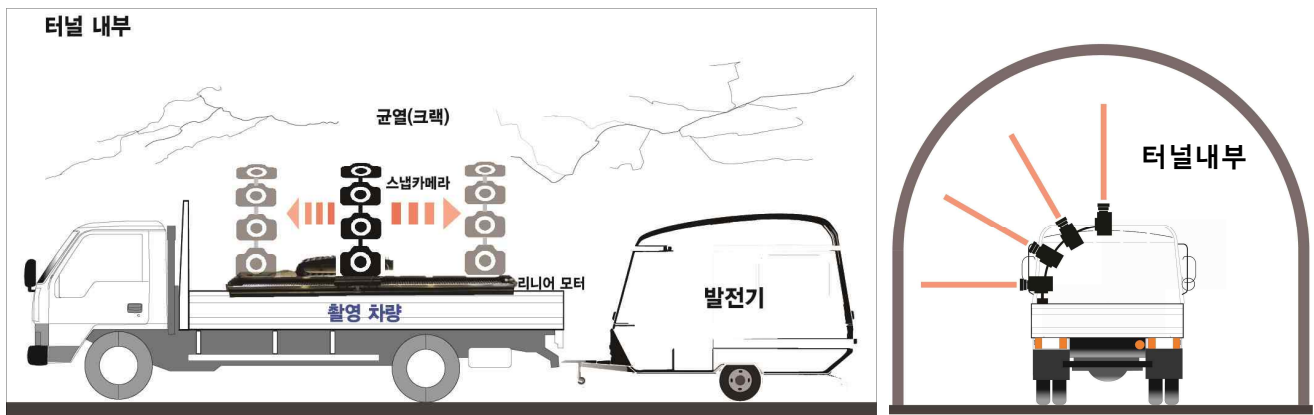
○ 손상진단 알고리즘을 적용한 터널스캐닝 프로그램 개발

- * 자체 보유한 터널스캐닝기술에 균열판단 알고리즘을 개선하여, 터널 내부 촬영영상으로부터 표면균열을 자동검출하고, 터널 내부와 검출된 균열을 3D로 표현



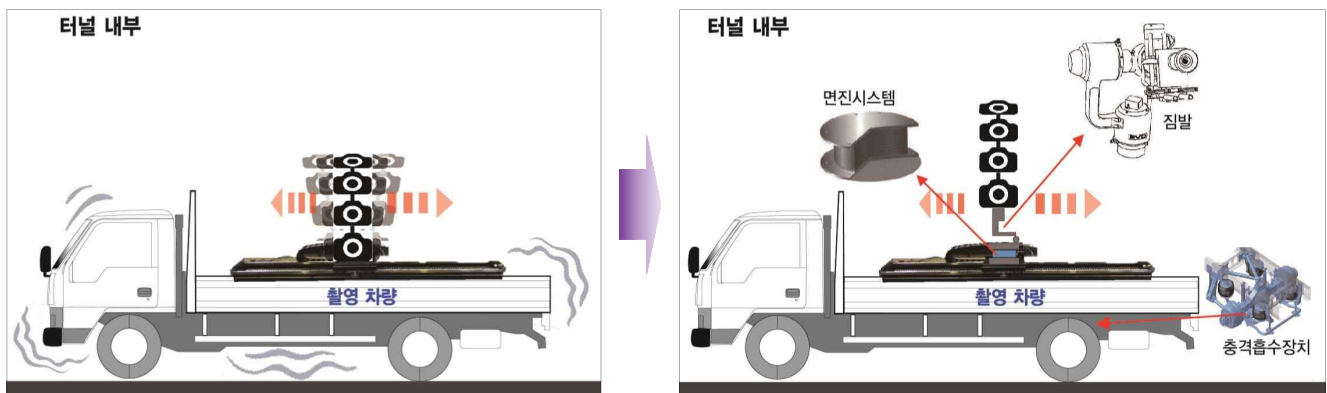
○ 서보모터 활용하여 촬영표적 추적기술 개발

- * 어두운 터널 내부에서는 카메라의 셔터속도와 영상장비의 움직임에 따라 영상 품질 저하의 우려가 있음.
- * 서보모터를 활용하여 촬영표적을 추적하도록 하며, 이를 통해 셔터속도 및 영상장비 이동에 따른 제약을 보정할 계획임. 다수의 스넵 카메라로 각자 할당된 촬영 표적을 추적하며 고품질의 영상을 획득할 수 있음



○ 주행 및 기계적 진동저감기술 개발

- * 면진시스템이나 짐발(Gimbal) 원리로 촬영차량의 주행 중 진동 및 각종 장비의 기계적 진동을 저감
- * 이를 통하여 획득 영상의 질을 향상할 수 있으며, 고화질의 영상으로 손상검출률을 높임



○ 국내외 유사기술과 수준 비교

구분	해당 기술	유사기술 1	유사기술 2
방법	레이더 기술을 활용한 터널 점검방법 개발	터널 스캐닝 시스템	육안조사
점검방법	스냅 카메라 촬영 후 사무실에서 CrackDraw21로 균열조사 작업	비디오카메라 촬영 후 사무실에서 포토샵 및 CAD 작업 후 균열조사 작업	고소작업차량에서 점검자가 육안으로 점검한 내용을 사전 출력한 도면에 수기표시 후 사무실에서 CAD 작업
균열추출범위	0.1 mm 이상	0.2 mm 이상	0.1 mm 이상
균열 추출 위치	정확		
적용 카메라	스냅 카메라	동영상 카메라	
촬영속도	30 km 이상	10 km 이하	2 km 이하
내업처리 프로그램	CrackDraw21, StitchImage	포토샵, CAD 등	CAD
터널데이터 3D 구현	가능	불가능	불가능
손상이력관리	가능	불가능	불가능
전개도 작성	MMS 시스템(레이더) 실측	CAD 도면	CAD 도면
결과물 제출	손상관리 프로그램(전용), CAD 파일, 인쇄물	CAD 파일, 인쇄물	CAD 파일, 인쇄물
내업처리시간	5~7 일/km (3인 기준)	10 일/km (5인 기준)	20 일/km (10인 이상)
수행 비용	900 만 원/km	1200 만 원/km	2000 만 원/km

○ 사업화 대상 기술의 우수성에 대한 상세 설명 및 근거

- 현재 사용 중인 터널 스캐닝 시스템의 기술은 0.1 mm ~ 0.2 mm의 균열에 대해서는 신뢰할 수 없는 데이터를 제공하고 있는 것으로 조사되었고, 이것은 차량 이동 중 동영상 촬영에 의한 기술의 제한적 문제라고 볼 수 있다. 이에 비해 본 시스템의 기술은 동영상 대신 스냅 카메라를 이용한 촬영기술, 레이더 데이터 매핑 프로그램 기술, 손상 이력 관리 프로그램 기술이 융합된 기술이라고 볼 수 있다. 이 기술을 적용하면 화상의 해상도가 동영상 카메라로 획득한 화상의 해상도에 비해 훨씬 뛰어나기 때문에 기존기술의 제한적 문제였던 0.1 mm ~ 0.2 mm의 미세균열 검출에 신뢰성 있는 데이터를 제공할 수 있을 것으로 기대하고 있다.
- 본 시스템의 가장 큰 장점인 손상 이력 관리는 기존기술에서는 대응되지 못했던 기술로써 손상 이력 관리 프로그램 기술에 의해 손쉽게 가능하게 된다. 동일 터널을 스캐닝하는 경우 크랙의 보수 이력, 새로운 균열, 균열의 성장 등을 한눈에 파악할 수 있게 되고, 3D 구현에 따라 균열의 위치는 물론 터널의 상태를 손쉽게 알 수 있다.
- 또한, 레이더를 사용하여 실측한 결과물을 레이더 매핑 기술을 활용하여 전개도 작성에 이용하는 것은, 시공 오차와 내공 오차를 최소화하여 균열폭과 손상 위치 등의 오차를 줄일 수 있다.
- 기존시스템인 동영상 카메라를 사용하는 방법을 스냅 카메라를 사용하는 방법으로 대체하고, 근접센서 및 차량의 이동속도와 리니어 모터의 속도 동기화를 이용한 표적 추적기술을 접목하고, 주행 및 기계적 진동 저감 기술개발을 통해 영상장비의 진동을 감소시키면 보다 선명한 영상을 확보할 수 있어 기존시스템에서는 측정 불가능하던 0.1 mm의 균열 추출이 가능하다.
- 이에 추가하여 딥러닝 기반 손상 검출알고리즘 개발을 통하여 영상 이미지로부터 자동으로 균열 검출이 가능하게 개선하여 현재 작업자가 수동으로 균열을 검출하여 작업자의 주관에 따라 균열을 판단하여 발생하는 오류를 최소화하여 손상 검출의 정확성을 높일 수 있다.

- 이 연구를 통하여 개발될 영상과 레이더 스캔을 이용한 터널 스캐닝 시스템은 기존에 개발된 시스템을 도로 터널 1km를 기준으로 비교하면 다음과 같다. 비교표에서 나타나듯이 본 시스템은 영상의 품질을 확보하여 균열 및 손상 검출의 신뢰성을 확보하고, 처리 시간 단축, 비용 절감이 가능하다. 또한, 손상관리 프로그램을 제공하여 기존시스템에서 불가능하였던 손상 이력 관리 및 3D 구현 기능으로 관리자가 손쉽게 구조물 관리가 가능할 것으로 보인다.

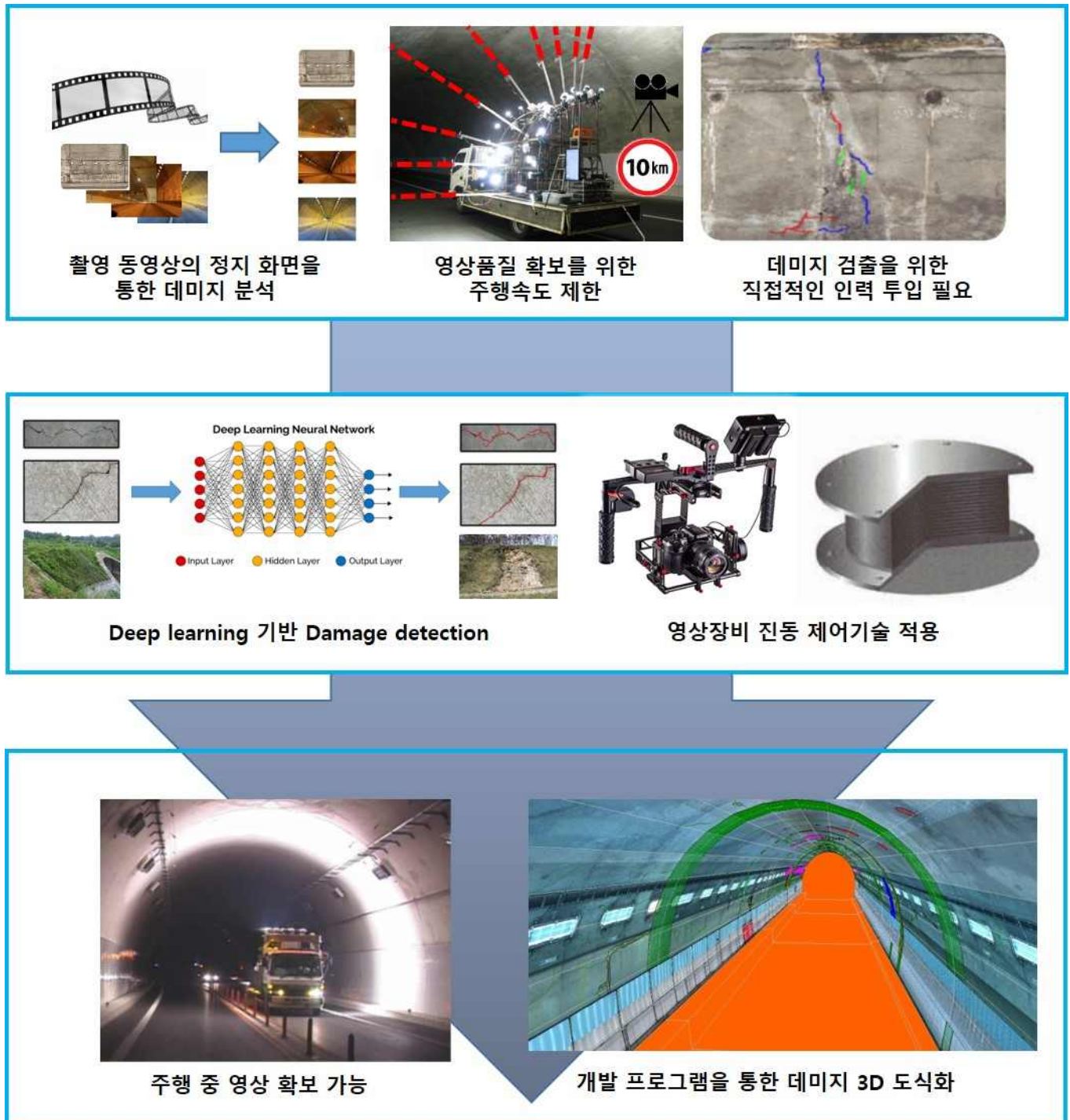
구분	영상 및 레이더 스캔을 이용한 터널 스캐닝 시스템	기존기술
균열추출범위	0.1 mm 이상	0.2 mm 이상
균열 추출 위치	정확	비교적 정확
터널데이터 3D 구현	가능	불가능
손상 이력 관리	가능	불가능
결과물 제출	손상관리 프로그램(전용), CAD 파일, 인쇄물	CAD 파일, 인쇄물
내업처리시간	5~7 일/km (3인 기준)	10 일/km (5인 기준)
수행 비용	900 만 원/km	1200 만 원/km

II. 실적

1. 사업화 최종 목표

- 영상 및 레이더 스캔을 이용한 터널균열 및 사면변형 측정 기술 개발
 - 딥러닝(Deep learning) 기반 손상진단 알고리즘 적용한 손상관리 프로그램 개발
 - 주행 및 기계적 진동저감기술 개발
 - 서보모터를 활용한 촬영 표적 추적기술 개발

2. 연도별 사업화 목표 및 결과

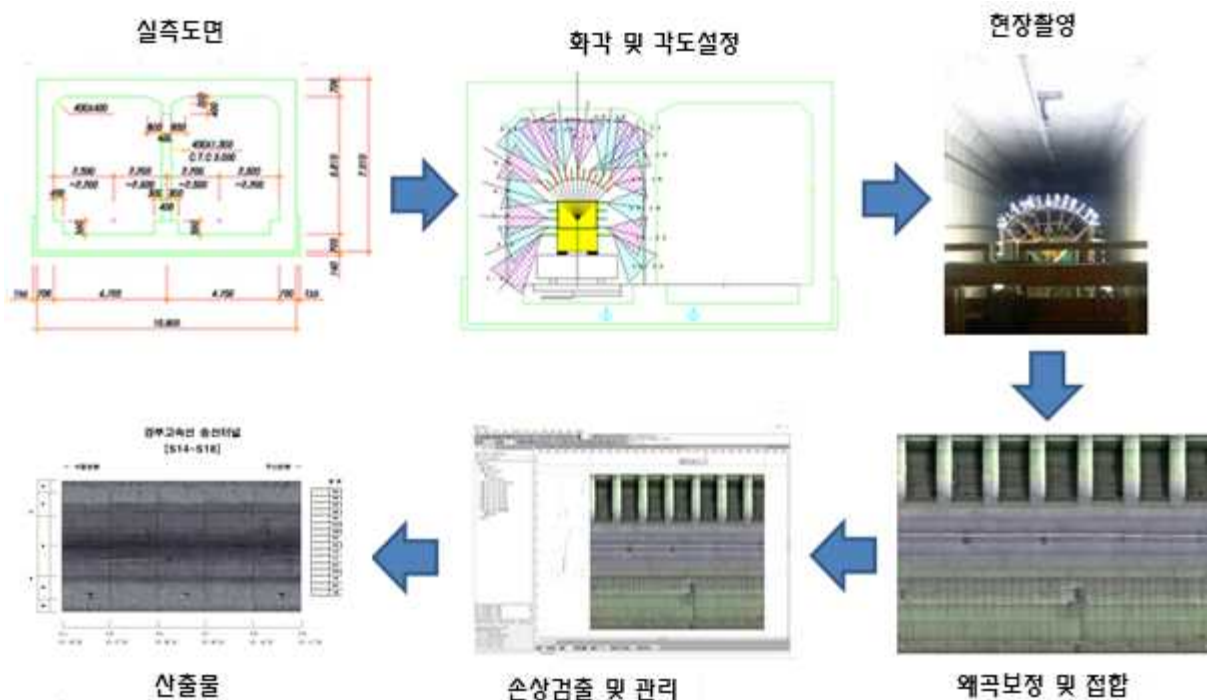


구분(연도)	사업화 목표	사업화 전략 및 방법	성과물
1차 연도 (2018)	- 자체보유 손상관리 기술 분석 - 터널 내부 및 사면 입력 데이터베이스 확보	- 자체보유한 CrackDraw21, LiDAR3D 프로그램의 적용기술분석 및 개선방향 검토 - 딥러닝 기반 손상탐지 알고리즘에 적용할 터널 및 사면 촬영 입력데이터 확보	- 자체보유 프로그램 적용기술 분석보고서 - 터널의 내부를 촬영한 영상데이터
	국내외 손상탐지 및 진단 알고리즘 분석	- 국내외 기존 손상탐지 기술을 분석하여 차년도에 수행할 딥러닝 기반 손상탐지 알고리즘 개발 연구에 활용 - 터널 내부에서 차량 이동 중에 자동촬영을 위한 카메라 시스템 구축	- 손상탐지기술 분석 및 자문 - 카메라 영상촬영 제어시스템 - 카메라 설치를 위한 리니어 모터 자료
2차 연도 (2019)	- 터널 내부 및 사면 입력 데이터베이스 확보 (계속) - 개발된 알고리즘 성능 시험	- 현 시스템을 이용하여 터널 내부 및 사면 영상데이터 계속해서 확보 - 개발된 영상촬영시스템을 활용한 터널 내부 및 사면 데이터 확보 - 현 시스템과 개발된 시스템의 비교분석을 통한 개선점 파악 - 화상처리(왜곡보정 및 접합) 프로그램 개발	터널 내부 손상 영상 (송선터널, 화실터널, 현동터널, 송정터널, 능내터널 등)
	- 딥러닝 기반 알고리즘 개발 - 알고리즘 목표 성능 설정 - 서보모터를 활용한 촬영 표적 추적기술 개발	- 손상탐지를 위한 딥러닝 알고리즘을 이용하여 다량의 터널 내부 영상을 통한 90% 이상의 균열 감지 - 손상탐지, 손상계측에서부터 결과보고에 이르는 자동화 과정 - 터널 내부에서의 촬영 시 차량 이동과 카메라의 움직임으로 발생할 수 있는 저화질의 영상을 카메라 셔터 제어시스템과 리니어 모터를 이용한 표적 추적 기술로 고화질의 영상을 획득함 - 터널 및 사면과 유사한 환경의 실험실 환경에서의 촬영 및 기술 검토 - 리니어 모터를 이용하여 차량의 이동속도와 카메라 이동속도의 동기화 - 진동제어 요소기술 실험 수행	- 매트랩을 이용한 손상탐지 알고리즘 - 영상촬영 시스템 구축 (광센서, 근접센서 이용한 카메라 셔터 제어시스템, 리니어 모터 포함)
3차 연도 (2020)	터널 스캐닝과 결과보고를 위한 프로그램 개발	자체보유 터널 스캐닝 기술에 균열계측 알고리즘을 개선하여, 터널 내부촬영 영상으로부터 표면균열을 자동검출하고, 실제 터널 내부 형상과 검출된 균열을 3D로 표현하는 기술	손상탐지에서 결과보고에 이르는 자동화 프로그램
	주행 및 기계적 진동저감기술 적용	면진 시스템과 짐발 원리로 차량과 노면에서 발생하는 진동을 제어하여, 고화질의 영상 획득의 기회를 확보하고 손상 검출률을 높이고자 함	영상촬영시스템을 탑재한 터널균열 촬영 차량

1) 딥러닝 기반 손상탐지 알고리즘 개발에 Input Data로 활용할 터널 및 사면 촬영 DB 확보(계속)

□ 연구수행 방법

- √ 대상지 : 고속철도터널(송선터널, 화실터널, 현동터널, 송정터널), 도로터널(능내터널)
- √ Input Data로 활용할 터널 및 사면 촬영 DB 확보
 - 터널 내부 사전 현장 조사
 - MMS 시스템을 활용하여 터널의 실측 도면 취득
 - 실측 도면을 기반으로 터널 구조에 맞게 카메라 배치
 - 왜곡 발생이 최소인 위치에 카메라 각도, 셔터속도, 노출 등을 설정하여 촬영
 - 왜곡 보정 및 자동접합 프로그램을 사용하여 카메라별 왜곡 보정 및 전체 카메라 자동 접합
 - CrackDraw21의 “균열자” 기능을 활용하여 점검자가 균열 크기를 비교하면서 균열 검출
 - Input Data로 활용할 데이터베이스 구축



√ 영상 비교 실험

- 비디오카메라/스냅 카메라 촬영 영상 비교 : 비디오카메라와 스냅 카메라를 동일 지점을 동시에 촬영
- 속도 변화에 따른 영상 비교 : 5 km/h, 10 km/h, 20 km/h, 30 km/h를 속도를 변화시켜 비디오카메라와 스냅 카메라를 동시에 촬영

□ 실험 결과

- √ Input Data로 활용할 터널 및 사면 촬영 DB 확보
 - 화상접합 : 90% 이상 자동 수행
 - 왜곡보정 : 1차년도에 자체 개발한 왜곡 보정 프로그램의 자동 왜곡 보정률이 60~70%였으나 2차년도에 자체 개발한 프로그램을 사용하여 90% 이상 자동 왜곡 보정이 가능해졌음. 이에 많은 시간과 인력 투입이 불가피했던 내업시간이 1차년도에 대비하여 때 1/5 이상 단축되었음.

√ 영상 비교 실험

- 비디오카메라와 스냅 카메라를 동일 지점을 동시에 촬영했을 경우 스냅 카메라의 경우가 더 선명하게

촬영되었음

- 20 km/h 이상의 속도로 촬영한 결과 영상의 화질이 현저하게 떨어졌으며, 5 km/h와 10 km/h의 속도로 이동했을 경우 동일하게 선명한 영상을 획득하였음
- 또한, 선명한 영상으로 왜곡 보정을 한 경우 왜곡 보정률이 더욱 상승하였음
- 따라서, 스냅 카메라를 사용하여 10 km/h의 속도로 촬영하는 것이 외업시간 및 내업시간이 단축될 것으로 판단됨

2) 딥러닝 기반 손상탐지 알고리즘 개발에 Input Data로 활용할 터널 촬영 DB 현장검증

□ 연구수행 방법

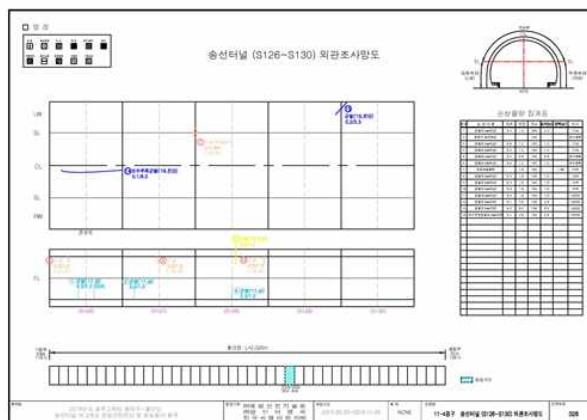
√ 대상지 : 송선터널

√ 방법

- 터널 스캐닝 시스템으로 촬영한 영상에서 획득한 터널의 균열 및 손상을 검출하여 외관망도 작성
- 적용 카메라 : 스냅 카메라, 속도 : 10 km/h
- 동일 터널을 안전진단 업체에 의뢰하여 육안조사를 시행하여 균열 및 손상을 검출하여 외관망도 작성
- 터널 스캐닝 시스템에서 획득한 손상데이터와 안전진단 업체에서 시행한 손상데이터를 비교/분석

□ 실험 결과

- √ 터널 스캐닝 시스템에서 획득한 영상으로 검출한 손상(박리, 박락, 보수, 철근 노출 등)의 데이터 및 0.2 mm 이상의 균열은 육안조사 결과와 비교했을 때 5% 미만의 오차가 발생함
- √ 0.1 mm 이하의 균열은 육안조사와 20% 정도의 오차가 발생 됨을 확인
- √ 위의 실험으로 균열 위치 및 손상 물량 산출은 터널 스캐닝 시스템이 육안조사보다 정확성이 높음을 확인함
- √ 단, 터널 스캐닝 시스템을 사용하여 균열 및 손상을 검출할 경우 0.1 mm 이하의 균열 검출률을 90% 이상으로 올려야 신뢰성이 확보될 것으로 보임
- √ 따라서, 0.1 mm 이하의 균열 검출률을 90% 이상으로 올리기 위하여 3차년도에도 지속해서 조명테스트, 카메라선정, 진동 저감 기술개발 등의 연구가 더 필요할 것으로 판단됨



▲ 터널 스캐닝을 이용한 외관망도 결과물

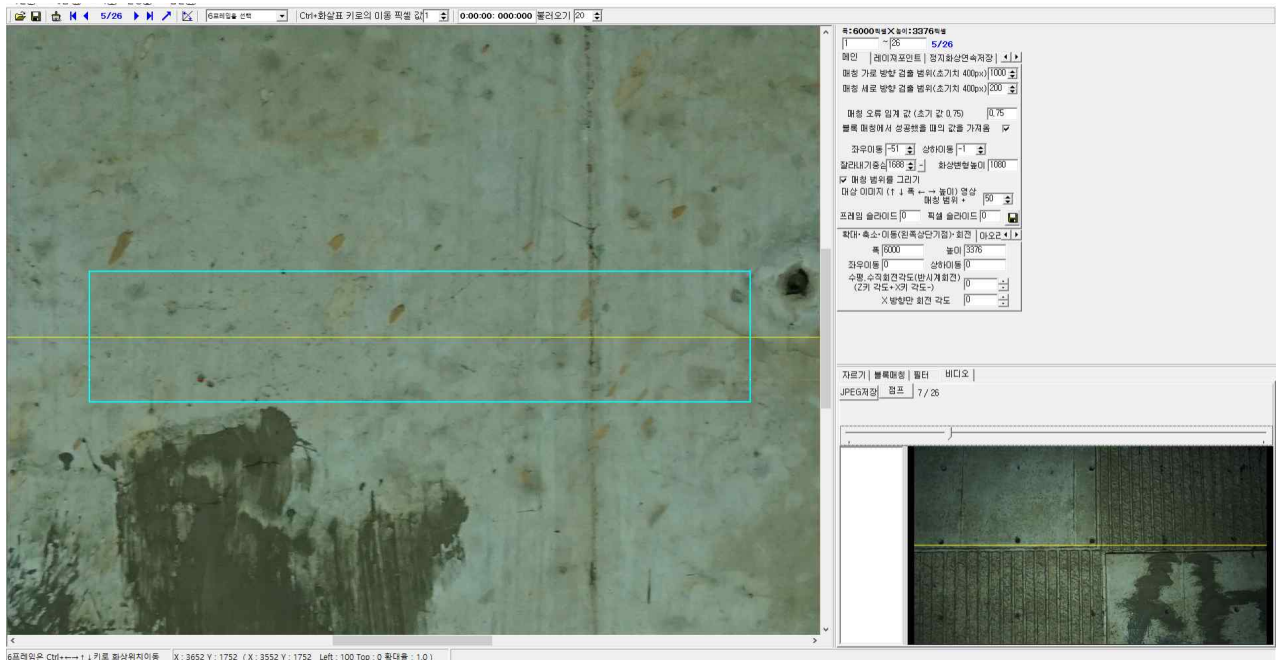


▲ 육안조사 외관망도 결과물

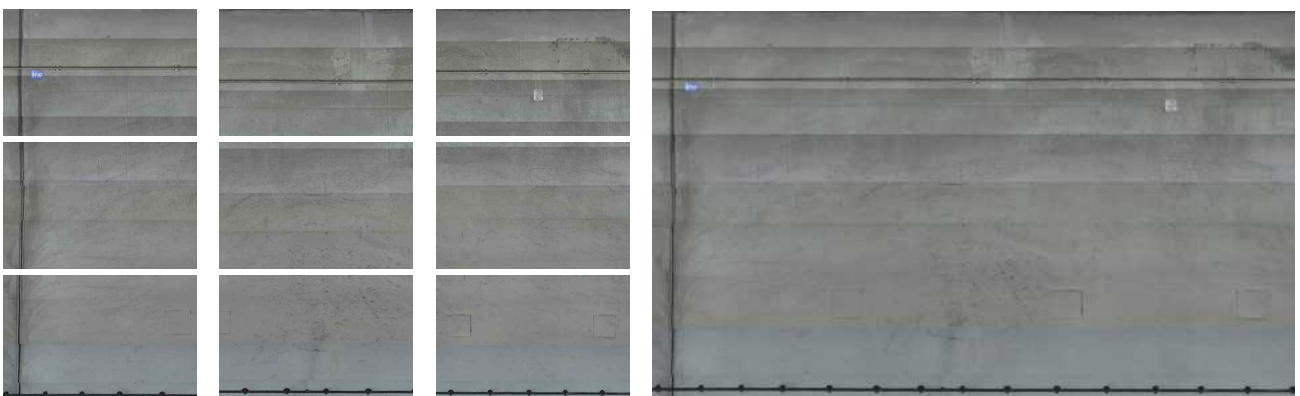
3) 화상처리(왜곡 보정 및 접합) 프로그램 자체 개발

□ 기술개발 개요

- √ 달리는 차량에 여러 대의 카메라를 사용하여 동시에 터널 및 사면을 촬영하는 시스템을 운용하면서 카메라의 설치 각도 및 차량의 속도, 조명의 밝기 등에 따라 이미지 한 장 한 장에 대한 왜곡이 생기게 된다.
- √ 또한, 여러 대의 카메라에서 촬영된 사진을 터널의 한 면을 한 장의 이미지로 접합해야 한다.
- √ 이를 사람이 수동으로 왜곡 보정 및 접합을 하게 되면 많은 시간이 소요되고 처리 인원에 따른 비용이 발생하게 된다.
- √ 본 프로그램은 카메라의 설치 위치, 차량의 속도, 조명의 밝기 등을 고려하여 각각의 파라미터를 설정하여 자동으로 왜곡을 보정하고, 왜곡이 보정된 각각의 이미지를 한 장의 이미지로 접합하는 프로그램이다.
- √ 본 프로그램의 개발은 현장 촬영의 한계(영상촬영 시 불가피하게 발생하는 왜곡 및 일정하지 않은 차량 속도, 조명 밝기 등)에서 발생하는 왜곡을 극복하고, 이미지 자동접합을 하는 데 있어서 내업 시간 및 처리 인원 단축 등에 있어서 없어서는 안 되는 단계이다.
- √ 본 프로그램은 기존에 보유하고 있던 프로그램을 개선하여 자동 왜곡 보정률 90% 이상 및 자동접합률 95% 이상을 확보하였다.



▲ 자체개발 왜곡 보정 및 자동접합 프로그램(StichImage)



▲ 1번 카메라

▲ 2번 카메라

▲ 3번 카메라

▲ 왜곡 보정 및 접합 이미지

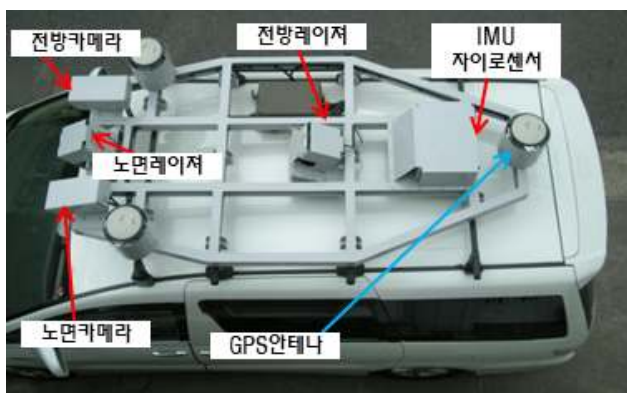
4) MMS(레이더) 시스템 적용 방안 연구

□ 연구 내용

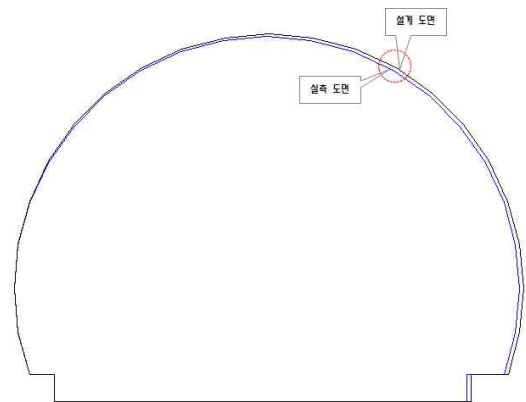
- √ 발주처에서 제공하는 설계도면은 시공 오차 및 내공 변위 등의 이유로 실제 터널과 많은 차이가 있음
- √ 이러한 오차를 개선하고자 MMS 시스템을 적용하여 시설물의 실측 데이터를 취득
- √ MMS 시스템을 사용하여 획득한 스캔 데이터는 X,Y,Z의 포인터로 구성되어 있으며, 터널의 경우 단면도를 추출하는 프로그램을 사용하여 터널 스캐닝에서 사용할 수 있는 도면을 작성
- √ MMS 시스템을 사용하면 시설물의 형상파악이 가능하여 터널뿐만 아니라 사면, 도로, 댐, 발전소 등 다양한 시설물에 응용하여 유지관리 점검이 가능

□ 연구 결과

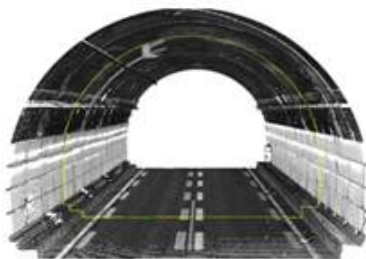
- √ 본 연구에서 아래 사진과 같이 차량에 MMS 시스템을 장착하여 도로터널 스캐닝에 적용하였으며, 발주처에서 제공하는 설계도면과의 차이를 확인하였음
- √ 설계도면과 실측 도면의 차이는 0.1 mm 이상의 균열을 찾아야 하는 시스템에서 균열이나 손상의 위치에 큰 영향을 미칠 수 있어 신뢰성에 영향을 줄 수 있음
- √ 단, MMS 시스템을 사용하여 획득한 스캔 데이터는 수많은 X,Y,Z의 포인터로 구성되어 있어서 터널의 경우, 특정 단면도를 사용해야 하는 우리 시스템에서 현재 개발되어있는 프로그램에서는 여러 가지 프로그램을 사용해야 단면도 추출이 가능함
- √ 또한, 사면변형에 적용하면서 MMS 시스템에서 획득한 포인터 데이터를 전회와 비교할 수 있는 포인터 매핑 프로그램이 필요함
- √ 따라서, 현재 본 시스템에서 사용할 수 있는 단면도 생성 프로그램을 개발하기 위하여 현재 MMS 시스템에서 획득한 스캔 데이터를 분석 중이며, 차년도에 이어서 보완 개발해야 할 것으로 판단됨



▲ MMS 시스템 차량



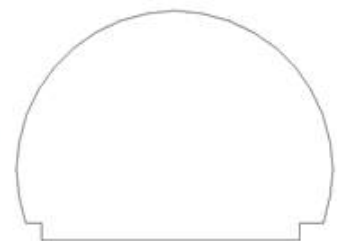
▲ 설계도면 및 실측도면 형상비교



MMS 스캔 데이터



▲ MMS 스캔데이터 활용

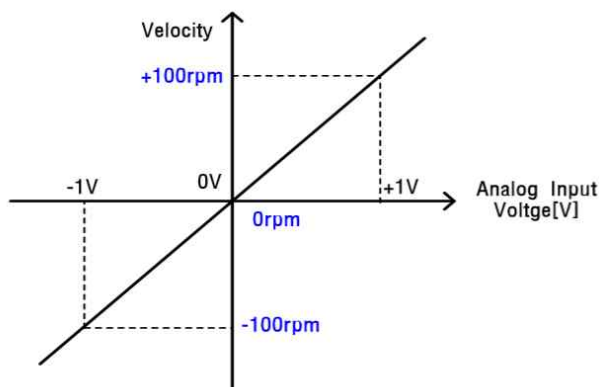
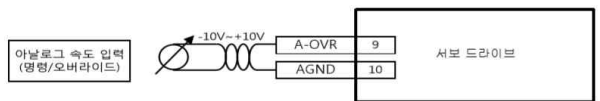


단면도 추출

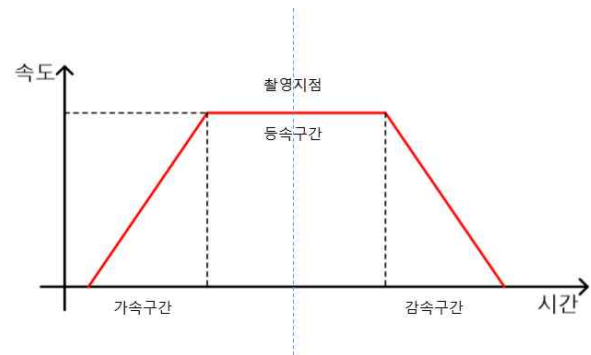
5) 실대형 리니어 모터 제작 및 이를 이용한 카메라 각도 및 셔터제어 장치 프로그램 개발

□ 제작 내용

- √ 1차년도 실험에서 모터의 회전방향과 진동대의 진행 방향이 같을 때 진동대가 움직이지 않을 때보다 촬영한 표적보다 선명한 패턴을 확인할 수가 있었다.
- √ 이를 바탕으로 2차년도에서는 실제 차량에 탑재하여 터널에서 사용할 수 있도록 실대형 리니어 모터를 제작하였다.
- √ 리니어 모터 제작 시 차량 속도와의 동기화를 고려하여 외부에서 리니어 모터의 속도를 제어할 수 있도록 제작하였다.
- √ 또한, 리니어 모터가 좌우로 반복 이동하면서 리니어 모터의 등속구간에서 촬영이 이루어져야 하므로, 등속구간의 유지시간을 고려하였다.
- √ 이때, 리니어 모터 위에 카메라를 장착하고, 리니어 모터에 근접센서를 설치하여 차량의 이동방향과 리니어 모터의 이동방향이 반대이고, 리니어 모터가 등속구간에 도달했을 때 촬영하는 장치와 카메라 각도 설정 프로그램을 개발하였다.



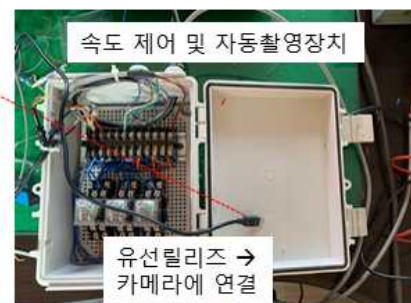
▲ 리니어 모터의 속도제어용 외부 입력(전압)



▲ 촬영을 위한 등속구간 유지

□ 제작 결과

- √ 현장실험결과, 리니어 모터를 사용하지 않고 획득한 기존 영상보다 선명한 화질의 영상을 획득
- √ 단, 리니어 모터 자체의 진동 및 차량, 발전기 등의 진동을 줄이면 보다 선명한 화질의 영상 획득할 것으로 보여 3차년도에는 진동 저감 기술개발이 시급할 것으로 판단됨

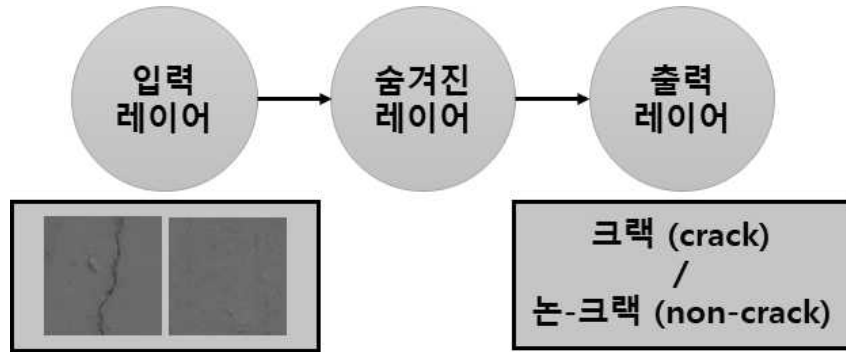


▲ 속도제어 및 자동촬영장치

1) 딥러닝 기반 크랙 판단 90% 이상 검출기술 개발 및 특허전략 수립

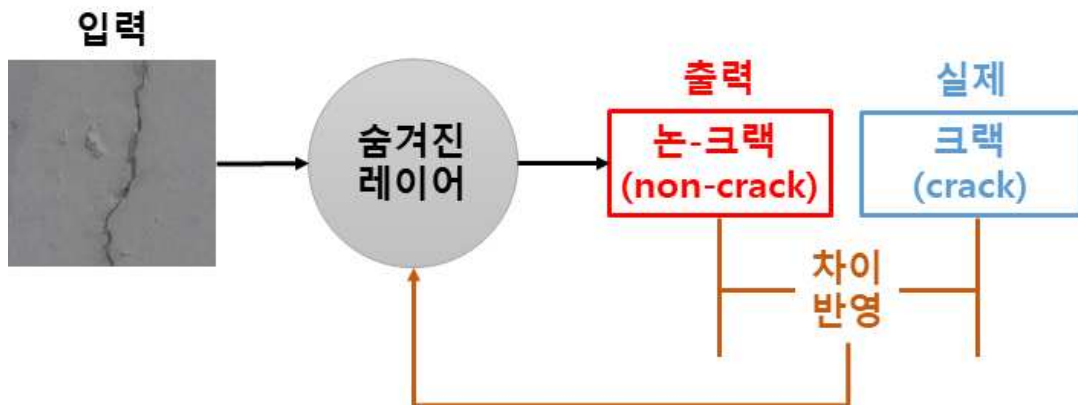
□ 기술개발 개요

- √ 딥러닝(Deep Learning)에 적용되는 신경망은 아래 그림과 같음
- √ 입력 : 크랙(crack) 또는 논-크랙(non-crack) 이미지를 입력
- √ 출력 : 숨겨진 레이어를 통해 출력 레이어에서 크랙(crack) 또는 논-크랙(non-crack) 판단



▲ 신경망 구조

- √ 숨겨진 레이어는 가중치를 가지고 있으며 가중치를 통해 입력받은 이미지들의 크랙 또는 논-크랙 여부를 결정함
- √ 가중치는 학습을 통해 수정될 수 있으며, 입력되는 학습 데이터가 많을수록 더욱 정교한 가중치를 구할 수 있음
- √ 그림에서는 학습 과정을 도식화하였으며, 이미지를 입력받으면 숨겨진 레이어를 통해 크랙 또는 논-크랙 정보가 출력됨
- √ 출력된 정보가 실제 정보와 다르게 되면 그 차이를 숨겨진 레이어의 가중치에 반영하여 학습이 진행된다.



▲ 신경망 학습 과정 예시

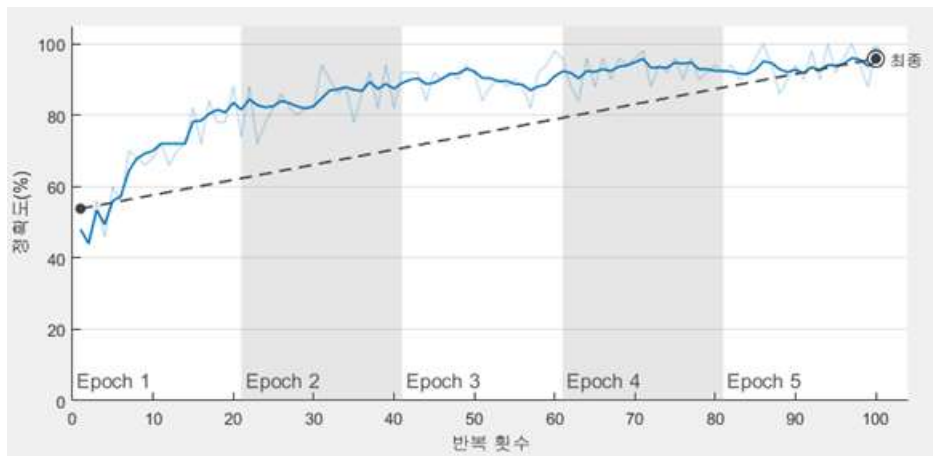
□ 크랙 검출 훈련 진행 과정

- √ 크랙 이미지 500장, 논-크랙 이미지 500장으로 구성된 훈련 데이터를 입력받아 신경망 학습
- √ 학습 완료된 신경망으로 크랙 이미지 250장, 논-크랙 이미지 250장으로 구성된 검증 데이터를 크랙 또는 논-크랙으로 출력하여 실제 정보와 비교한 뒤 정확도 검증
- √ 이미지 해상도 : 4160×3120 해상도의 이미지를 256×256 해상도로 잘라내어 크랙 부분 분류



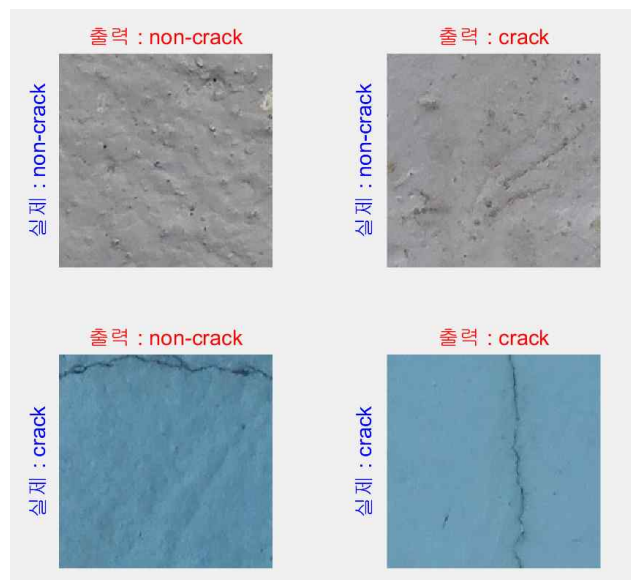
▲ 데이터 구성

- √ 아래 그림은 훈련 데이터를 입력받아 학습이 진행되는 과정임
- √ 데이터 구성 : 학습 결과로부터 검증 데이터를 크랙 또는 논-크랙으로 분류
- √ 정확도는 95.8%로 목표치인 90% 이상을 확보



▲ 훈련 진행 과정

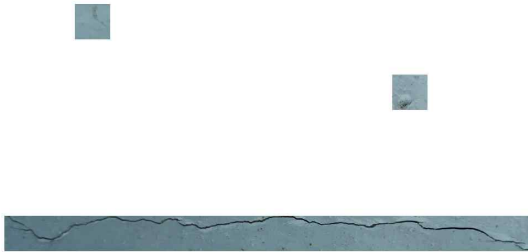
- √ 매트랩 이미지 나열 : 세로축은 실제 정보를 의미하며 가로축은 출력 정보를 의미. 카메라로 촬영한 이미지로부터 크랙을 분류하여 크랙 부분만 재출력함



▲ 이미지 나열



벽면의 크랙(약 0.3 mm)을
촬영하여 딥러닝 기반
크랙 판단 프로그램에 입력

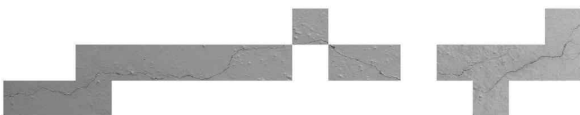


크랙으로 판단된
부분만 재출력

→ 크랙이 아닌 진한 얼룩을
크랙으로 판단하는 오류 발생



벽면의 크랙(약 0.1 mm)을
촬영하여 딥러닝 기반
크랙 판단 프로그램에 입력



크랙으로 판단된
부분만 재출력

→ 0.1 mm 이하의 매우 얇은
크랙은 검출 안 됨

▲ 테스트 이미지 크랙 분류 결과

2) 자동제어를 이용한 카메라 촬영시스템 구축

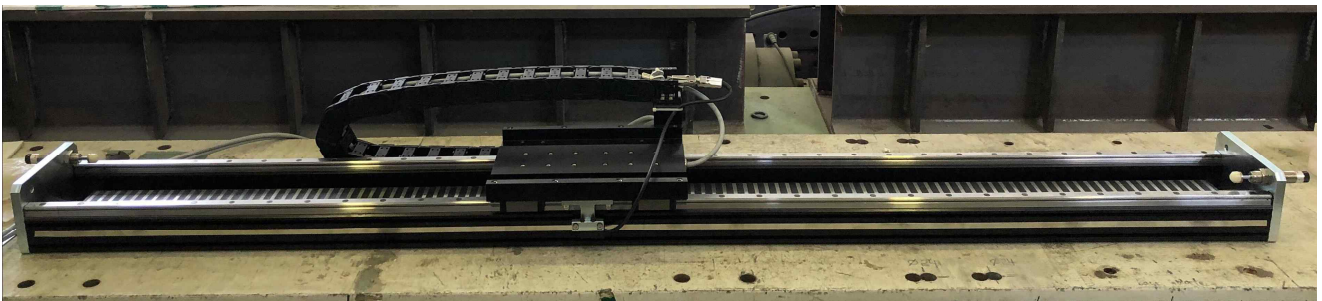
2-1) 광센서를 이용한 자동제어 카메라 촬영시스템 구축

□ 실험개요

- √ 아두이노를 이용하여 일정 광센서 조도 입력 시 카메라 셔터가 작동하여 촬영하도록 명령
- √ 차량 속도를 약 5 km/h, 7 km/h, 10 km/h로 가정하여 차량 이동과 유사환경을 고려한 회전팬을 제작하여 회전팬의 rpm을 계산함
- √ 제작한 1.5 m 길이의 리니어 모터에서 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.7 m/s의 등속운동 구간이 중앙부에서 발생하도록 설정하여 이 구간에서 촬영이 이루어지도록 하는 시스템 검증
- √ 광센서의 민감도 및 릴레이 모듈의 신호 출력시간 차이를 판단

□ 실험장비

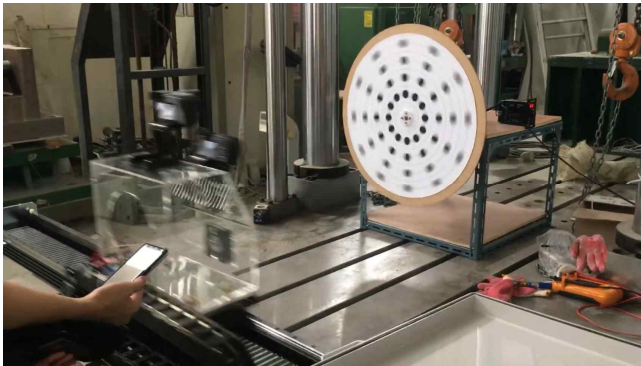
실험장비	사양 및 목적	실험장비	사양 및 목적
 아두이노 보드	- Microcontroller : ATmega 328 - Operating Voltage : 5 V - 촬영시스템 입력 및 출력	 리니어 모터	- 모델 LF-N-75-2-5000 - 길이 : 1.5 M - 추력 : 300 N - 가속, 감속, 등속 구간 조절 가능
 광센서	- Operating Voltage : 5 V - 아두이노 입력된 조도값에 따라 신호 출력	 카메라	- 모델명 : Sony a6000 - 약 2,430만 화소 - 179개 위상차 검출 AF - 촬영 기기
 4채널 릴레이 모듈	- Operating Voltage : 5 V - 크기 : 26.5*34*17.2 mm - 핀 구성 : 6핀 제어 - 카메라 초점 조절 및 촬영 제어	 유선 릴리즈	- 모델명 : RS-909N S2 - 소니 카메라 호환품 - 선 길이 : 88 cm - 카메라 자동촬영을 위한 장비



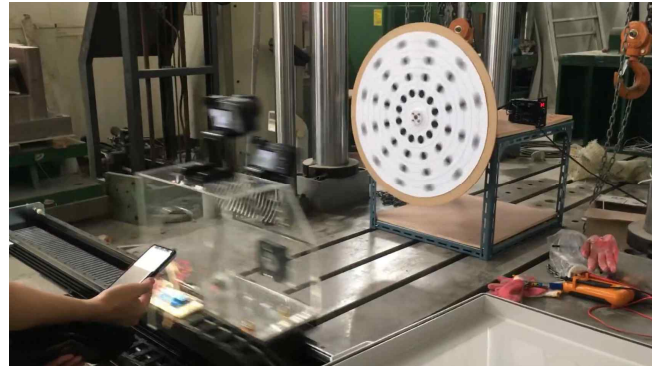
▲ 1.5m 길이의 리니어 모터 LF-N-75-2-5000 제작

□ 실험내용

- √ 아두이노, 릴레이 모듈 및 광센서를 활용하여 자동제어 촬영시스템 구축
- √ 리니어 모터 단방향 이동 및 일정 조도값을 입력받을 시 자동 촬영되도록 아두이노 코딩
- √ 리니어 모터 속도 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.7 m/s,의 등속 구간에서 촬영, 대상은 원형(●) 마커

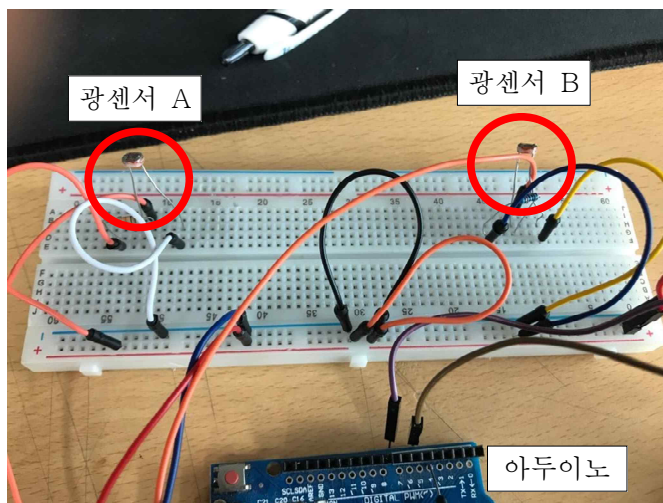


(a) 광센서 OFF



(b) 광센서 ON → 촬영

▲ 광센서를 이용한 카메라 자동제어 시스템



(a) 아두이노와 광센서 촬영시스템

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);          // 시작 명령
  pinMode(cds1, INPUT);        // 광센서1 입력
  pinMode(cds2, INPUT);        // 광센서2 입력
  pinMode(camera1, OUTPUT);     // 카메라1 출력
  pinMode(camera2, OUTPUT);     // 카메라2 출력
  pinMode(camera3, OUTPUT);     // 카메라3 출력
}

void loop()
{
  // 반복 시작
  int val1 = analogRead(cds1);  // 광센서1의 조도값 val1
  int val2 = analogRead(cds2);  // 광센서2의 조도값 val2
  Serial.println(i);            // 변수 i 값을 모니터(or플로터)에 표시

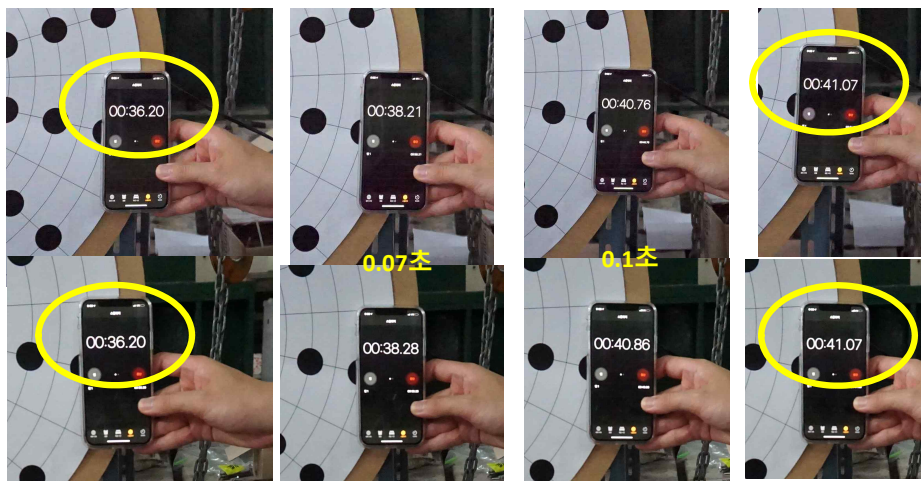
  if (val1 < 70)                // 광센서1 조도값 70 이하 일 경우 (빛을 비추 경우)
  {
    i = i + 1;                  // 변수 i 값에 변수 i 값 + 1 을 삽입
    delay(200);                 // 딜레이 시간을 통한 i 값 더해지는데를 조절
    Serial.println(i);          // i 값 출력
  }

  if (i % 2 == 1)               // 변수 i 값을 모니터(or플로터)에 표시
  {
    Serial.println(i);
    digitalWrite(camera1, HIGH); // 카메라1 촬영 알고리즘 시작
    digitalWrite(camera2, HIGH);
    digitalWrite(camera3, HIGH);
    delay(50);                  // 딜레이 1초
    digitalWrite(camera1, LOW);  // 카메라1 촬영 알고리즘 종료
    digitalWrite(camera2, LOW);
    digitalWrite(camera3, LOW);
  }
}
```

(b) 아두이노와 광센서 시스템 코드

▲ 아두이노와 광센서를 이용한 촬영시스템

- √ 4채널 릴레이 모듈을 이용하여 카메라 2대에 동시에 촬영 신호를 보내어 타이머 촬영
- √ 릴레이 모듈의 신호전달 과정에서 최대 0.1초의 촬영 지연 발생



▲ 릴레이 모듈의 촬영 신호 전달 지연 확인 실험

□ 실험결과

- √ 광센서를 이용하여 조도값을 받아 유선 릴리즈와 연결 시 촬영이 가능한 것을 확인
- √ 조도값을 조절할 수 있으나 아두이노 광센서가 주변 밝기에 따라 조도 차가 달라지기 때문에 실험 환경에 따라 코딩을 수정하여야 하며 정확한 조절이 불가능
- √ 리니어 모터 속도 1.5 m/s의 경우 광센서가 조도 차를 어느 정도 인식하지만 2.0 m/s, 2.7 m/s 속도의 경우 광센서 인식이 현저히 떨어져 촬영이 제대로 이루어지지 않음
- √ 위 결과를 바탕으로 실제 터널 촬영 시 불안정할 것으로 판단

리니어 모터 속도	단방향 이동 회차별 촬영 여부								
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
1.5 m/s	○	○	○	×	○	○	○	×	×
2.0 m/s	○	×	×	○	○	×	×	×	○
2.7 m/s	×	×	×	×	×	○	×	○	×

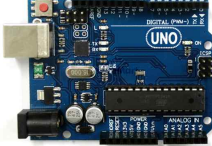
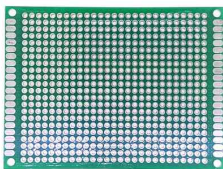
▲ 아두이노와 광센서를 이용한 촬영시스템의 리니어 모터 속도당 촬영 여부

2-2) 근접센서를 이용한 자동제어 카메라 촬영시스템 재구축

□ 실험개요

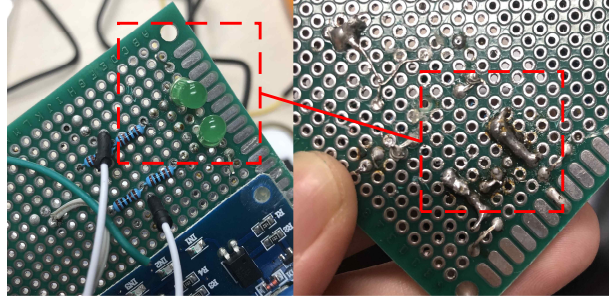
- √ 리니어 모터에 근접센서를 부착하여 이동자(금속물체) 접근 시 신호 출력을 통한 카메라 촬영 명령
- √ 리니어 모터 속도 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.7 m/s 에서의 등속운동 구간에 맞추어 촬영하는 시스템 재검증

□ 실험장비

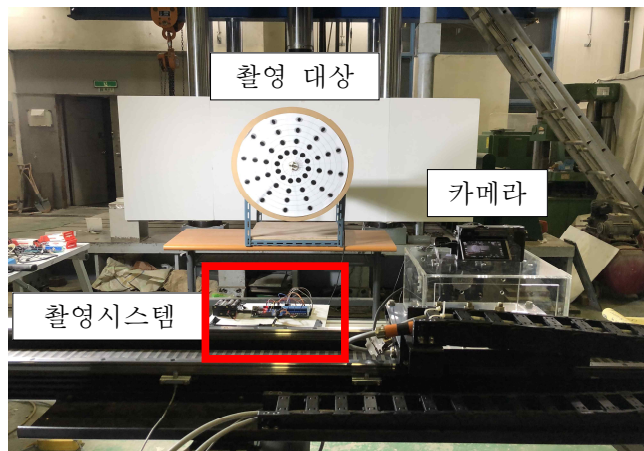
실험장비	사양 및 목적	실험장비	사양 및 목적
 아두이노 보드	- Microcontroller : ATmega 328 - Operating Voltage : 5 V - 촬영시스템 입력 및 출력	 근접센서	- wire 2선 형태 - 4 mm 거리의 물체 탐지 - 리니어 모터의 이동자를 감지하여 신호 출력
 4채널 릴레이 모듈	- Operating Voltage : 5V - 크기 : 26.5*34*17.2 mm - 핀 구성 : 6핀 제어 - 카메라 초점 조절 및 촬영 제어	 카메라	- 모델명 : 소니 a6000 - 약 2,430만 화소 - 179개 위상차 검출 AF - 촬영 기기
 PCB 만능기판	- 크기 : 12*18cm (45x66홀) - 프로토타입 제작용 기판	 유선 릴리즈	- 모델명 : RS-909N S2 - 소니 카메라 호환품 - 선 길이 : 88 cm - 카메라 자동촬영을 위한 장비
 전기인두기	- 권총형 전기인두기 - 세라믹 히터 부착 - PCB 기판 납땜용 기기	 리니어 모터	- 종자속 리니어 모터 - 길이 : 1.5 m - 추력 : 300 N - 가속, 감속, 등속 구간 조절

□ 실험내용

- √ 현장 사용 : PCB 기판과 모듈의 일체화를 위해 인두기를 이용하여 납땜, 시스템의 안정성 향상
- √ 리니어 모터 속도 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.7 m/s,의 등속 구간에서 촬영, 대상은 원형(●) 마커
- √ 기존 광센서 촬영시스템과 달리 모든 속도에서 촬영할 수 있는지, 등속 구간에서 촬영할 시 마커의 선명한 정도를 판단
- √ 근접센서 2개를 이용하여 차량 방향과 카메라 이동방향이 반대일 때만 촬영하도록 코딩 후 확인

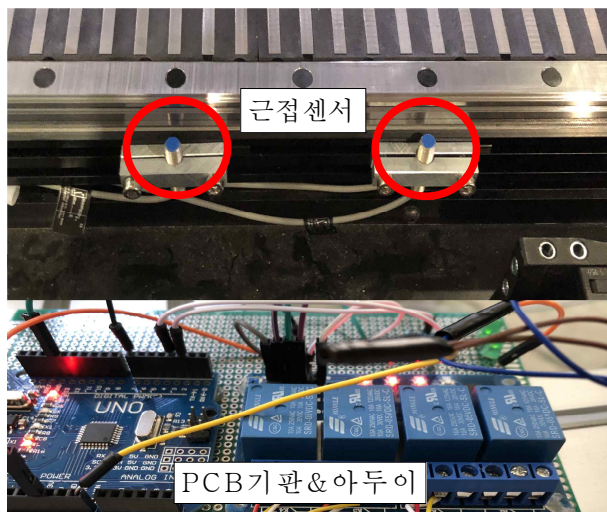


▲ 촬영시스템 모듈과 PCB 기판의 일체화



▲ 근접센서를 이용한 회전판 촬영 전경

- √ 아두이노, 릴레이 모듈 및 리니어 모터 근접센서를 활용한 자동제어 촬영시스템 재구축
- √ 근접센서에 리니어 모터의 이동자 접근 시 신호를 출력하도록 아두이노 코딩



(a) 근접센서를 이용한 촬영시스템

```
int c=0;           // 촬영변수 c값 설정
int s1=0;          // 1번 근접센서 초기값 설정
int s2=0;          // 2번 근접센서 초기값 설정
int ss=0;          // 촬영 시스템 구축

void setup() {     // 촬영 시스템 구축
  pinMode(2, INPUT); // 아두이노에 1번 근접센서 신호 입력
  pinMode(3, INPUT); // 아두이노에 2번 근접센서 신호 입력
  pinMode(7, OUTPUT); // 릴레이모듈 신호 출력
  Serial.begin(9600); // 초기 릴레이 모듈 비활성화
  digitalWrite(7,HIGH);
}

void loop() {      // 조건 반복문 시작
  s1=digitalRead(2); // 1번 근접센서 값 입력
  s2=digitalRead(3); // 2번 근접센서 값 입력

  if (s1==1)       // 첫번째 if문 시작, 1번 근접센서 반응
  {
    digitalWrite(7,HIGH); // 릴레이 모듈 비활성화
    c=1;                // 촬영변수 c값 =1 변화
  }
  if ((c==1)&&(s2==1)) // 두번째 if문 시작 및 조건 변수 c=1, 2번측 근접센서 반응
  {
    digitalWrite(7,LOW); // 릴레이모듈을 활성화, 촬영
    c=0;                  // 촬영변수 c값 =0 변화
  }
  if (s1==1)       // 세번째 if문 시작, 1번 근접센서 반응
  {
    digitalWrite(7,HIGH); // 릴레이모듈 비활성화
  }
  // 반복조건문 종료
}
```

(b) 근접센서 시스템 코드 (아두이노)

▲ 아두이노와 근접센서 시스템 및 코드

□ 실험결과

- √ 근접센서의 경우 리니어 모터에 탈부착이 간편하기에 필요에 따라 위치를 간편하게 바꿀 수 있음. 이는 등속 구간 내에서도 가장 안정적인 부분을 계산하여 추후 촬영 위치 조정에 용이
- √ PCB 기판 납땜의 효과로 2.7 m/s의 속도에서도 시스템에 손상은 없음
- √ 광센서를 이용한 촬영시스템과 달리 촬영 누락 없이 모든 속도에서 촬영되는 것을 확인
- √ 차량 이동방향과 반대 방향으로 같은 속도로 카메라가 이동할 때 자동제어 촬영시스템을 통해 선명한 사진 확보가 가능

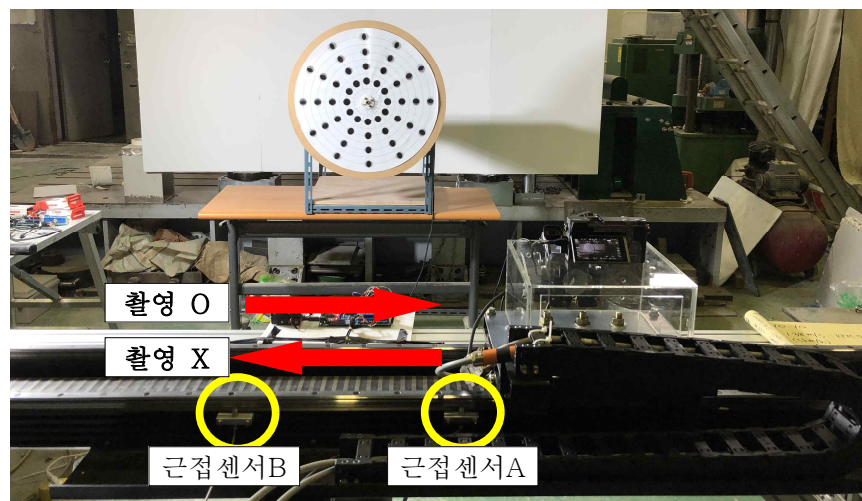
리니어 모터 속도	단방향 이동 회차별 촬영 여부								
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
1.5 m/s	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.0 m/s	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2.7 m/s	○	○	○	○	○	○	○	○	○

▲ 근접센서를 이용한 촬영시스템의 리니어 모터 속도당 촬영 여부

- √ 리니어 모터가 좌우로 반복운동하기 때문에 차량의 이동방향과 같아질 때가 있음
- √ 차량 이동방향과 카메라의 이동방향이 같아질 때 촬영되는 사진은 크랙 판단에 의미가 없음
- √ 따라서 추후 사진 분류 작업과 불필요한 메모리를 줄이기 위하여 근접센서 2개를 이용하여 차량방향과 반대일 때만 촬영하도록 코딩함

<pre> void loop() { // 조건 반복문 시작 s1=digitalRead(2); // A 근접센서 값 입력 s2=digitalRead(3); // B 근접센서 값 입력 if (s1==1) // A 근접센서 반응 { digitalWrite(7,HIGH); // 릴레이 모듈 비활성화 c=1; // 촬영변수 C값 =1 변화 } </pre>	<pre> if ((c==1)&&(s2==1)) // 조건 변수 c=1, B 근접센서 반응 { digitalWrite(7,LOW); // 릴레이 모듈 활성화, 촬영 c=0; // 촬영변수 C값 c=0 변화 } if (s1==1) // A 근접센서 반응 { digitalWrite(7,HIGH); // 릴레이모듈 비활성화 } } // 반복조건문 종료 </pre>
---	---

▲ 근접센서 A→B 방향 촬영동작 코딩



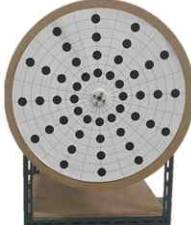
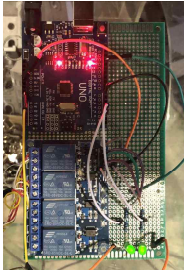
▲ 차량방향과 카메라 이동방향에 따른 촬영 개념도

3) 터널 유사환경에서의 센싱기술 현장검증

□ 실험개요

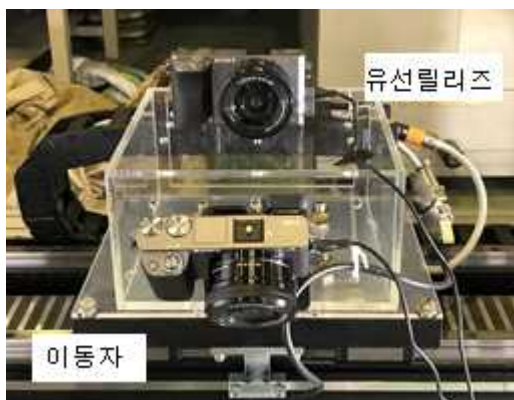
- √ 근접센서를 이용하여 구축한 자동제어를 이용한 카메라 촬영시스템을 터널 유사환경에서의 검증
- √ 달리는 차량을 대체하여 차량 속도에 맞는 rpm으로 모터를 회전시켜 패턴을 촬영

□ 실험장비

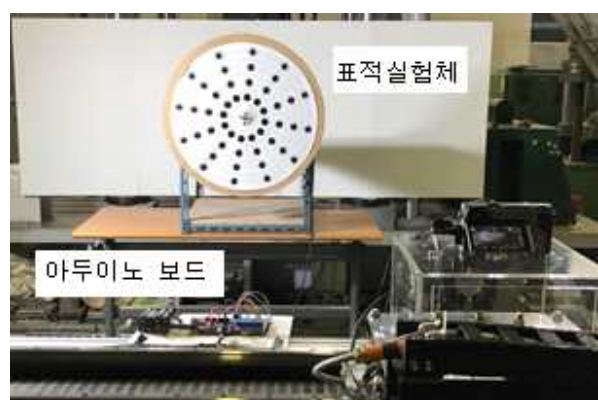
실험장비	사양 및 목적	실험장비	사양 및 목적
 리니어 모터 LF-N-125	TYPE : LF-125 - 정격추력 : 250N 최대추력 : 750N 정격속도 : 3m/s 가속도 : 15m/m ²	 아크릴 지그	230x310x310mm 두께 : 5T - 터널스캐닝 시 내부를 다각도로 촬영하기 위한 카메라 고정용 아크릴 지 그
 알루미늄 프로파일 거치 대	- 프로파일 8080 - 길이 : 2300mm 폭 : 700mm 높이 720mm	 카메라	- 모델명: SONY α6000 - 2,430만 화소 Exmor APS HD COMS 센서 - 최고 셔터속도 : 1/4000 초 최고 ISO 25,600
	서보모터를 이용한 표 적회전실험체		촬영시스템 모듈과 일체화된 PCB 기판

□ 실험내용

- √ 근접센서를 이용한 촬영기술을 이용하여 표적 추적기술을 실험을 통해 입증
- √ 차량을 대체할 수 있는 회전팬을 제작하여 패턴을 부착하고 리니어 모터의 속도, 회전속도 등에 따라 촬영
- √ 차량속도(5 km/h, 10 km/h)에 따라 회전팬의 초당 회전수(71.3rpm, 139.38rpm)를 결정함
- √ 리니어 모터 속도를 차량속도와 같게 1.38 m/s, 2.7 m/s로 동작하여 회전팬 촬영



▲ 아크릴 지그와 결속된 카메라



▲ 아두이노와 근접센서를 이용한 자동촬영

No.	중심에서의 거리 [원둘레] (mm)	초당 회전수 (Cycle/sec)		회전속도 (m/s)	
		5 km/h 시	10 km/h 시	5 km/h 시	10 km/h 시
①	95 [596.6]	71.3 rpm	139.38 rpm	0.71	1.39
②	140 [879.2]			1.04	2.04
③	185 [1161.8]			1.38	2.69
④	230 [1444.4]			1.72	3.36



③번 점의 회전속도에 맞춰 리니어 모터 동작

▲ 회전판의 마커 위치별 초당 회전수 및 회전속도

□ 실험결과

- √ 모터의 회전방향과 리니어 모터의 진행방향이 같을 때 표적이 선명하게 촬영됨
- √ 표적 중심으로부터 거리에 따른 회전속도를 계산하였을 때, ③번 점의 회전속도 1.38m/s, 2.69m/s에 맞게 리니어 모터의 이동속도 입력
- √ 따라서 ③번 점의 회전방향과 리니어 모터의 진행방향에 따른 선명도를 비교
- √ 하지만, 회전판의 상·하부의 속도는 같지만 방향이 반대이므로 다음과 같은 선명도의 차이가 발생함

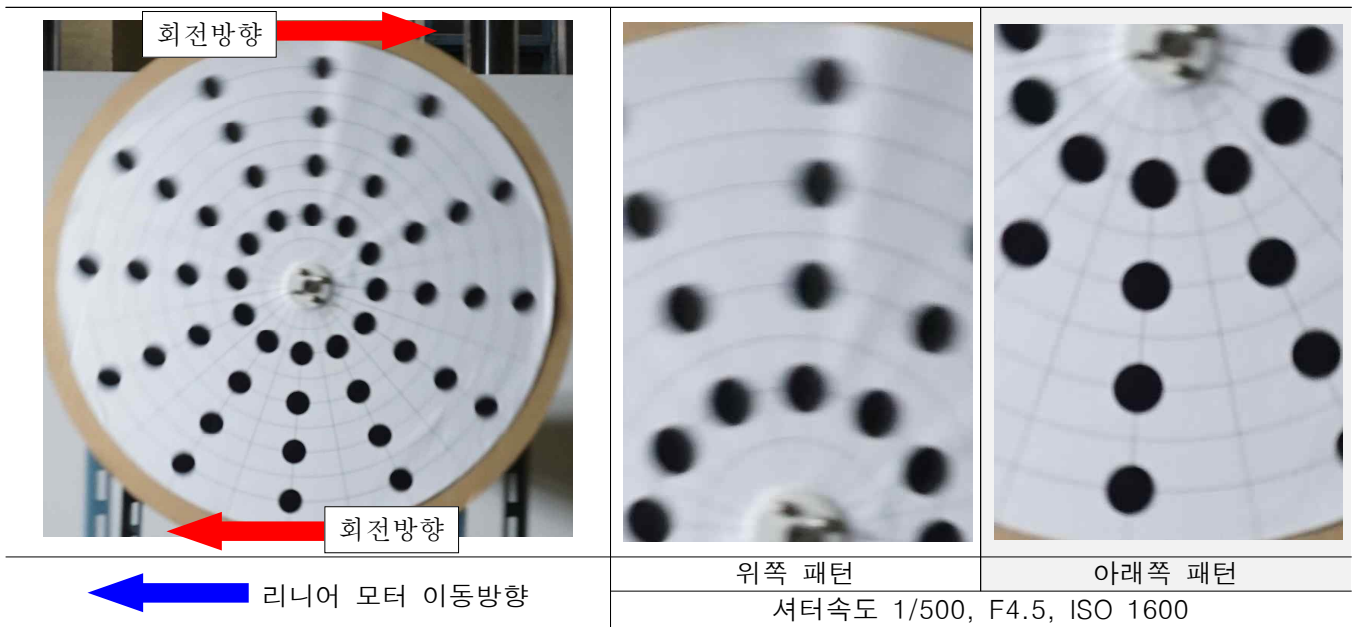
선명도 하(下)	선명도 고(高)
리니어 모터와 회전방향이 반대일 때	리니어 모터와 회전방향이 같을 때

- √ 따라서 추후 터널 현장 촬영에서는 차량의 이동속도와 카메라의 이동속도가 같고, 이동방향이 반대일 경우에 더욱 선명한 사진을 촬영할 수 있음을 실험을 통해 검증하였음

- √ 리니어 모터 1.38 m/s, 초당 회전수 71.3 RPM (차량속도 5 km/h로 가정)



√ 리니어 모터 2.7 m/s, 초당 회전수 139.38 RPM (차량속도 10 km/h로 가정)



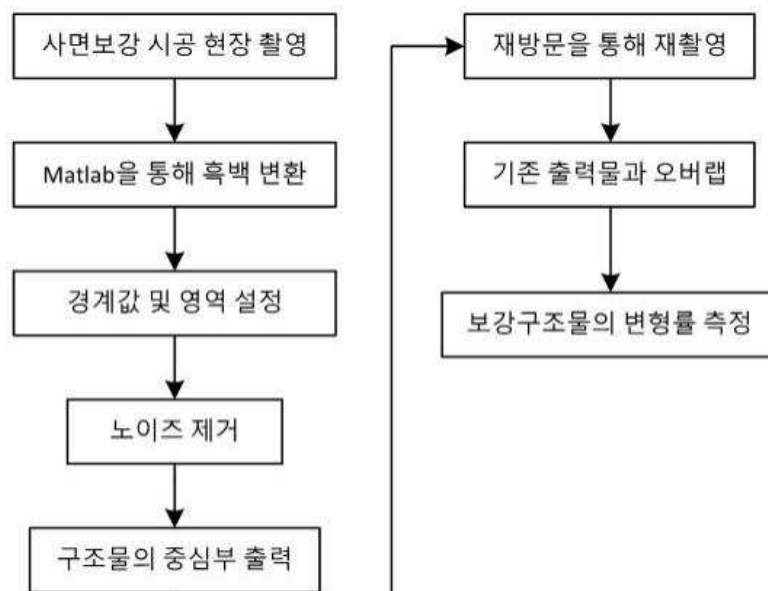
4) 사면 유사환경에서의 센싱기술 현장검증

□ 실험결과

√ 매트랩 이미지 센싱 코드를 활용하여 사면보강물의 변형률 확인

□ 센싱기술 내용

- √ 실제 사면보강이 이루어진 시공현장을 촬영하고 분석하여, 매트랩의 이미지 센싱 코드를 활용하여 보강 구조물의 중심부를 출력함
- √ 추후 재방문하여 같은 장소에서 사진을 촬영하고, 분석하여 매트랩의 이미지 센싱 코드를 활용하여 사면보강 구조물의 변형률을 측정함



▲ 사면보강 구조물의 변형률 측정 알고리즘

□ 이미지 센싱 결과

√ 매트랩 이미지 센싱 코드를 이용한 사면보강물의 중심부 출력 과정은 다음 그림과 같음



(a) 원본 이미지



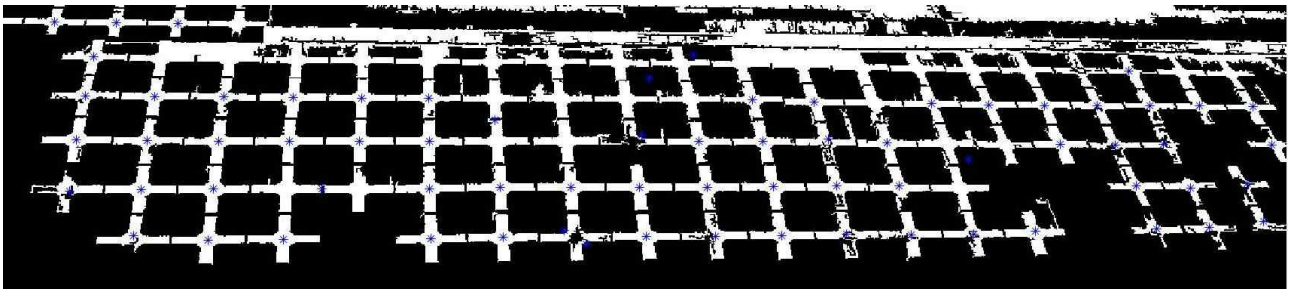
(b) 흑백 이미지 변환



(c) 경계값 및 영역 설정



(d) 노이즈 제거



(e) 사면보강 구조물의 중심부 출력 ( 모양 중심부)

▲ 매트랩 이미지 센싱 코드를 이용한 사면보강 구조물의 중심 출력

- √ 매트랩 이미지 센싱 코드를 통해 사면보강 구조물의 중심부(+)를 출력할 수 있음을 확인함
- √ 단, 현재 정면에서 촬영한 경우만 정밀한 측정이 가능하며, 측면에서 촬영할 경우 오차가 있음
- √ 추후 재방문을 및 다양한 딥러닝 코딩을 통해 기존의 중심부 출력물과 Overlap을 통해 변형률을 측정

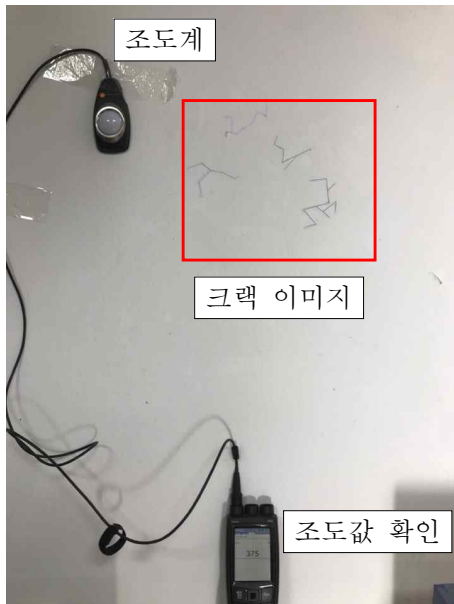
5) 조명도에 따른 영상 노이즈 및 크랙검출 실험

□ 실험개요

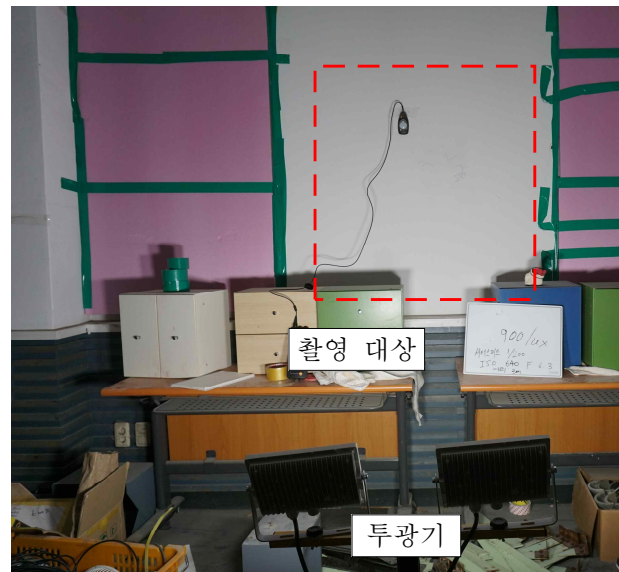
- √ 서보모터 활용 촬영 표적 추적기술의 영상노이즈를 평가하기 위해 조명의 밝기에 따른 영상촬영
- √ 조도계를 활용하여 조명도에 따른 크랙 사진 촬영
- √ 매트랩 이미지 센싱 코드를 활용하여 영상 노이즈 확인 및 크랙 검출 여부 확인

□ 실험내용

- √ 조명도에 따른 크랙 사진을 촬영하고 분석하여 최적의 조도 확인 및 이미지 노이즈, 크랙 검출
- √ 크랙의 경우 0.01, 0.06, 0.11, 0.15 mm 두께로 4개의 크랙 이미지를 CAD를 이용하여 제작



(a) 조도계 및 크랙 이미지 설치



(b) 실험 전경

▲ 조명도에 따른 크랙 이미지 촬영

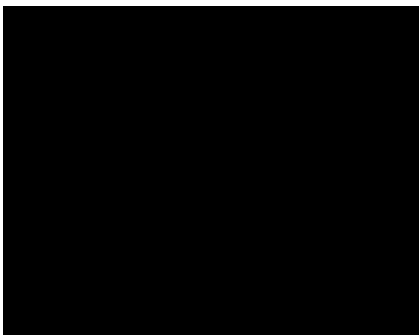
- √ 조명도의 정확성을 위해 조명이 없을 시 0 lux 값이 나오게끔 실험실의 환경조성
- √ 카메라의 선명함을 위해 셔터속도 1/200, ISO 640, F 6.3으로 설정
- √ 터널의 평균 폭은 약 12 m로, 카메라 지그의 높이와 상행·하행을 나누어 촬영할 경우를 고려하여, 촬영 거리는 3 m로 설정
- √ 조명도의 경우 100 lux에서 1,000 lux까지 100 lux마다 사진을 촬영
- √ 투광기의 위치를 조정하며 조명도 값을 변경
- √ 각 조명도별 사진을 매트랩에서 노이즈 및 크랙 검출

□ 실험결과

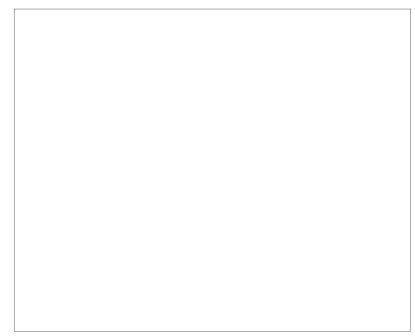
- √ 크랙 이미지 및 노이즈 검출 여부는 아래의 표와 같고 검출된 이미지는 다음 그림과 같음
- √ 조도 100 lux ~ 300 lux 에서는 3 m 거리의 크랙에 비치는 빛의 양이 너무 적어서 크랙검출을 했을 때 검은 화면만 검출됨
- √ 조도 900 lux ~ 1000 lux에서는 크랙에 비치는 빛의 양이 너무 많아 전체화면이 흰색으로 검출
- √ 따라서, 크랙 부분의 조도를 400 lux ~ 800 lux로 유지하도록 조명장치를 설계해야 할 것으로 판단

결과	조명도 값 (lux)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000
크랙	-	-	-	○	○	○	○	○	-	-
노이즈 (多,小)	-	-	-	○(多)	○(多)	○(小)	○(小)	○(小)	-	-
미검출 (흑백)	○(흑)	○(흑)	○(흑)	-	-	-	-	-	○(백)	○(백)

▲ 조명도별 노이즈와 크랙 검출 여부



적은 조명으로 인한 흑색 이미지



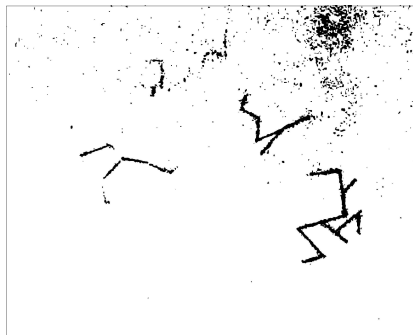
과한 조명으로 인한 백색 이미지

(a) 100 lux 미검출 (흑) 이미지

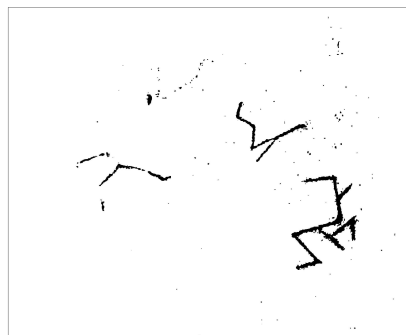
(b) 600 lux 검출된 이미지

(c) 1,000 lux 미검출 (백) 이미지

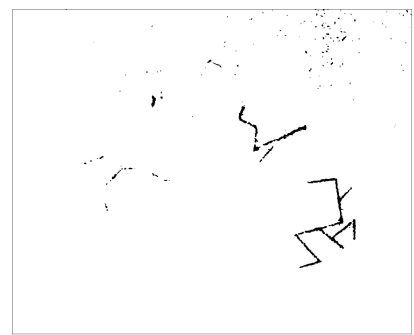
▲ 조도에 따른 노이즈와 크랙 검출 이미지



(a) 400 lux 이미지
노이즈 (多), 크랙 선명함



(b) 600 lux 이미지
노이즈 (小), 크랙 선명함



(c) 700 lux 이미지
노이즈 (小), 크랙 희미함

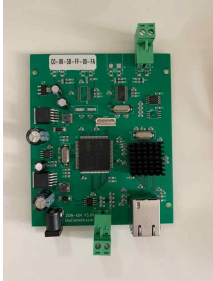
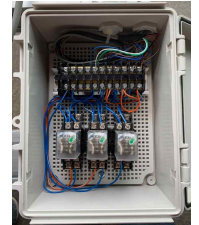
▲ 조명에 따른 노이즈 비교

6) 리니어 모터를 이용한 차량 이동속도와 카메라 이동속도 동기화

□ 실험개요

- √ 차량의 속도센서에서 속도를 전압으로 획득
- √ 차량의 속도 센서에서 출력되는 전압을 리니어 모터에서 입력받는 전압의 양으로 변환하여 속도조절
- √ 실내 테스트 후 실제 터널 적용 테스트

□ 실험장비

실험장비	사양 및 목적	실험장비	사양 및 목적
	전압발생기 실내 테스트용		- 전압 수집용 AD 보드
	- 전압 체크용 테스터기		- 모델명: SONY α6000 - 2,430만 화소 Exmor APS HD COMS 센서 - 최고 셔터속도 : 1/4000초 - 최고 ISO 25,600
	- 전압 컨트롤 및 자동촬영용 PCB 기판		- 종자속 리니어 모터 - 길이 : 1.5 m - 추력 : 300 N - 가속,감속,등속 구간 조절

□ 실험내용

- √ 전압 발생기를 사용하여 전압을 가변하여 AD보드로 아날로그 신호수집
- √ 수집된 아날로그 신호를 리니어 모터에 변환하여 리니어 모터 속도 조절 확인
- √ 전압 수집 및 전압 발생 PCB 기판을 제작하여 지연 시간이 있는지 확인
- √ 실제 차량 속도에서 전압을 수집하여 리니어 모터 속도 동기화 확인 및 촬영



▲ 가변 전압 발생기를 사용한 실내 테스트



▲ 차량 속도 동기화 적용 실외 테스트

□ 실험결과

- √ 차량의 속도센서로부터 아날로그 신호가 발생함을 확인
- √ 리니어 모터는 -10V~+10V의 아날로그 신호를 입력받아 1V 입력당 100rpm 가속됨을 실내 테스트로 확인
- √ 차량의 속도 센서의 아날로그 출력량과 리니어 모터의 입력량이 다르므로, 리니어 모터의 입력량에 맞게 아날로그 신호를 변환하여 리니어 모터 속도제어 확인
- √ 단, 현재 사용 중인 리니어 모터 구조상 차량의 속도에 맞춰 리니어 모터 속도를 실시간으로 제어하는 것

은 불가능함을 확인.

√ 최대한 실시간으로 제어하기 위하여 PCB 기판을 제작하여 리니어 모터 속도 제어함

√ 터널 현장 촬영에서 차량의 이동속도와 리니어 모터의 이동속도가 같으면 좀 더 선명한 사진을 획득하였음



▲ 차량 속도 10 km/h & 리니어 모터 20 km/h 적용



▲ 차량 속도 10 km/h & 리니어 모터 10 km/h 적용

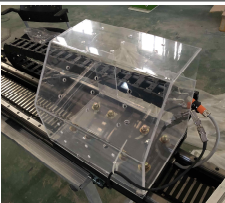
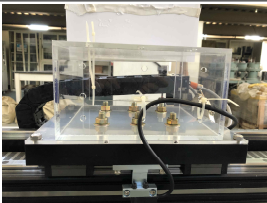
7) 진동제어 요소기술 실험

□ 실험개요

√ 리니어 모터 가동 시 발생하는 진동을 저감시키기 위해 다양한 변수를 두어 실험 진행

√ 진동 저감을 위한 프로파일 레벨풋, 촬영시스템 지그 등을 이용하여 영상분석을 이용하여 수평, 수직 변위측정 및 비교

□ 실험장비

실험장비	사양 및 목적	실험장비	사양 및 목적
 프로파일 거치대	- DNF 8080 프로파일 - 크기 : 2300 mm*700 mm - 높이 : 720 mm - 리니어 모터 거치대	 리니어 모터	- 종자속 리니어 모터 - 길이 : 1.5 m - 추력 : 300 N - 가속,감속,등속 구간 조절
 프로파일 레벨풋	- NS 시리즈 레벨풋 - 허용하중 : 1000(4EA/kg) - 하부방진패드 - 프로파일 고정 및 실험변수	 카메라	- 모델명 : 소니 a6000 - 약 2,430만 화소 - 179개 위상차 검출 AF - 촬영 기기
 아크릴 지그 1번	- 아크릴 두께 : 6T - 바닥판 225 mm*315 mm - 높이 130 mm ~ 300 mm - 오각형 형태 카메라 지그	 아크릴 지그 2번	- 아크릴 두께 : 6T - 바닥판 180 mm*223 mm - 높이 130 mm - 사각형 형태 카메라 지그

□ 영상분석을 이용한 변위측정

√ 프로파일 거치대, 리니어 모터, 및 아크릴 지그를 이용하여 카메라 영상 촬영

√ 아크릴 지그 위의 카메라를 내부 카메라, 프로파일 지그 외부 촬영 카메라를 외부 카메라로 지정

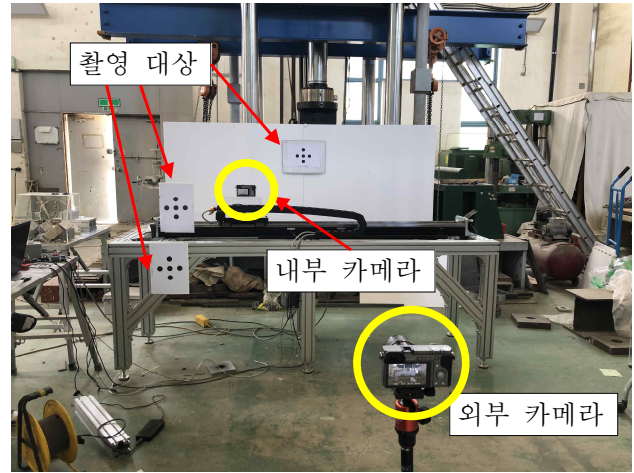
√ 외부 카메라의 경우 프로파일 거치대 및 리니어 모터 변위를 측정하기 위해 설치

√ 리니어 모터 속도 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.7 m/s에서 영상촬영, 대상은 원형(●) 마커

√ 요소별 변수를 두고 매트랩을 이용하여 촬영 영상의 원형마커 변위측정



(a) 리니어 모터 고정 방법



(b) 촬영 전경

▲ 진동저감 요소기술 실험변수 및 촬영 전경

√ 실험변수는 레벨풋의 유무, 리니어 모터 하단부 고정, 비고정 아크릴 지그 1번 2번으로 산정

실험변수	변수 적용 여부			
	①번 실험체	②번 실험체	③번 실험체	④번 실험체
레벨풋	×	○	○	○
리니어 모터 하단부 고정	×	×	○	○
아크릴 지그 1번	○	○	○	×
아크릴 지그 2번	×	×	×	○

▲ 각 실험체 변수

□ 영상분석결과

√ 변위측정을 위해 알루미늄 프로파일, 리니어 모터, 아크릴 지그에 패턴을 부착

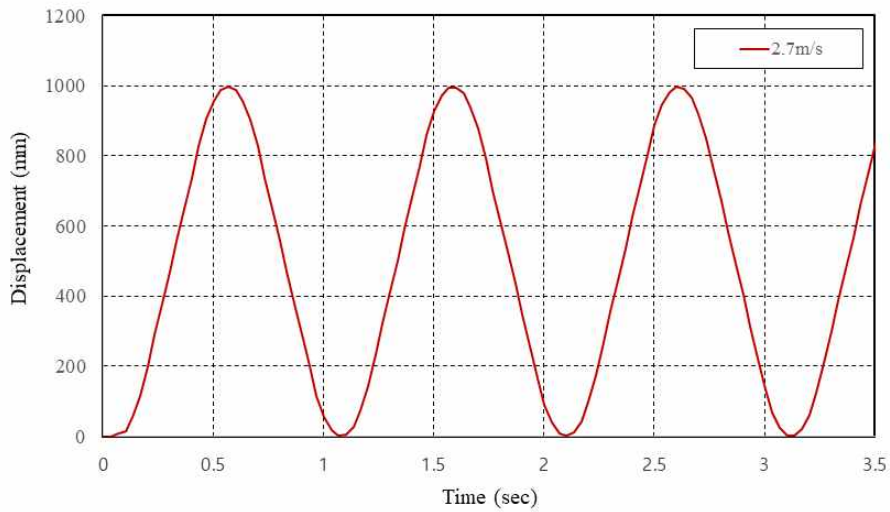
√ 매트랩 영상분석을 통해 X방향(수평), Y방향(수직) 변위를 분석함



▲ 변위측정을 위한 마커부착 위치

√ 내부 카메라로 촬영된 수평변위 : 0 mm~1000 mm로 내부 카메라가 이동하는 것을 알 수 있음

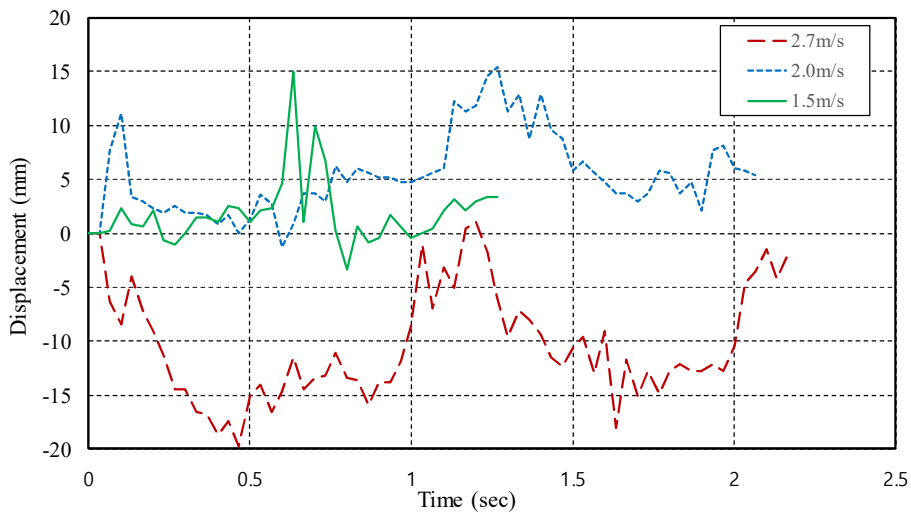
√ 프로파일, 리니어 모터의 경우 변위가 거의 발생하지 않았음



▲ 내부 카메라의 수평변위 분석결과

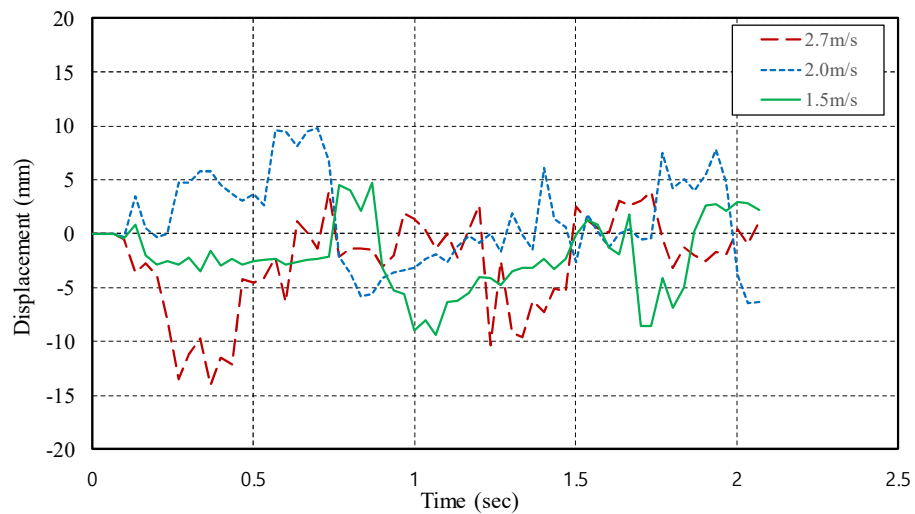
√ 내부 카메라로 촬영된 마커의 수직변위를 분석

① 1번 실험체 : 레벨풋 ×, 리니어 모터 고정 ×, 아크릴 지그 1번



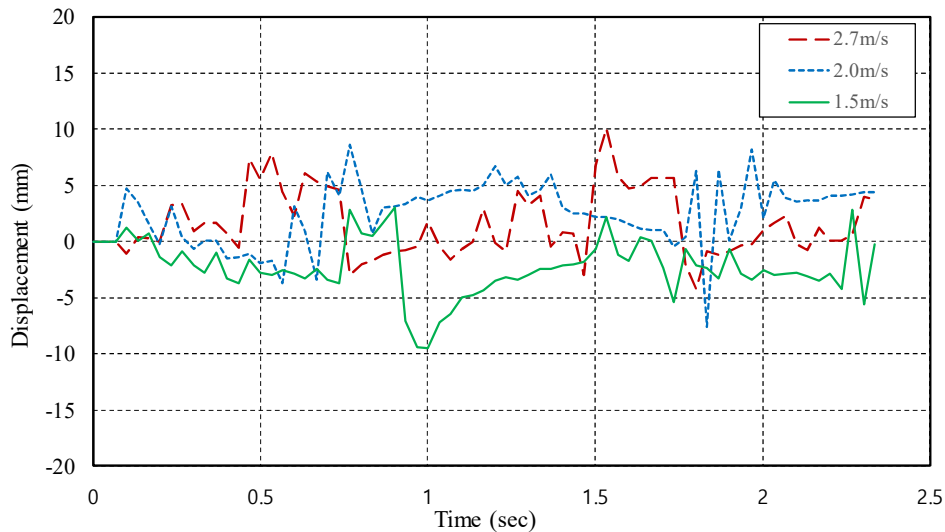
▲ 1번 실험체 원형마커 변위의 매트랩 분석

② 2번 실험체 : 레벨풋 ○, 리니어 모터 고정 ×, 아크릴 지그 1번



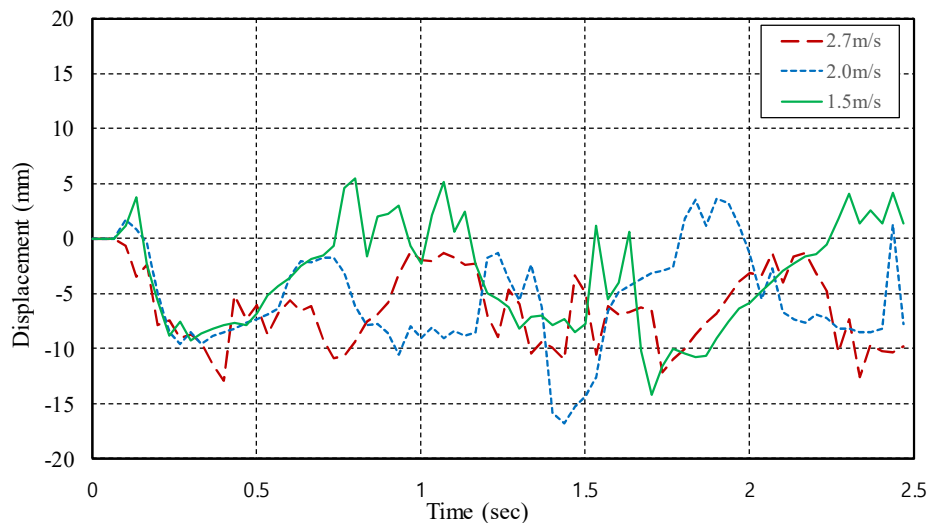
▲ 2번 실험체 원형마커 변위의 매트랩 분석

③ 3번 실험체 : 레벨풋 ○, 리니어 모터 고정 ○, 아크릴 지그 1번



▲ 3번 실험체 원형마커 변위의 매트랩 분석

④ 4번 실험체 : 레벨풋 ○, 리니어 모터 고정 ○, 아크릴 지그 2번

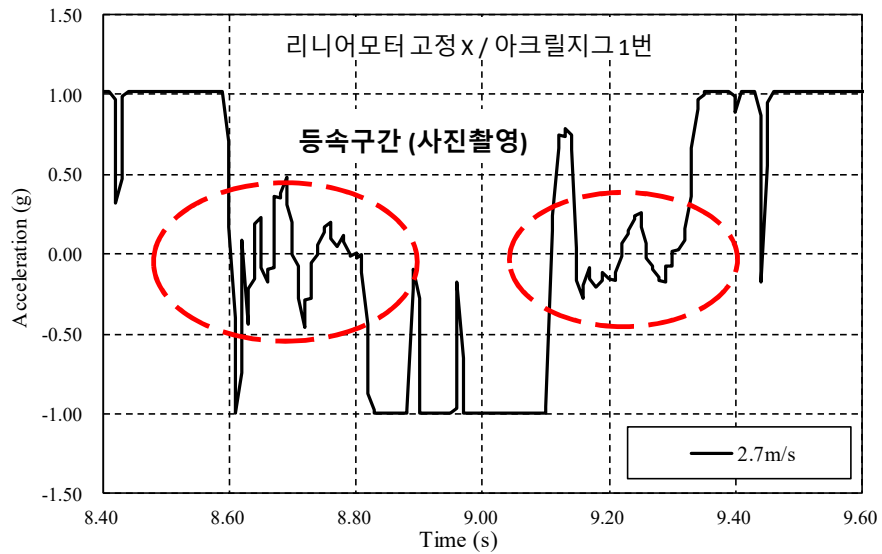


▲ 4번 실험체 원형마커 변위의 매트랩 분석

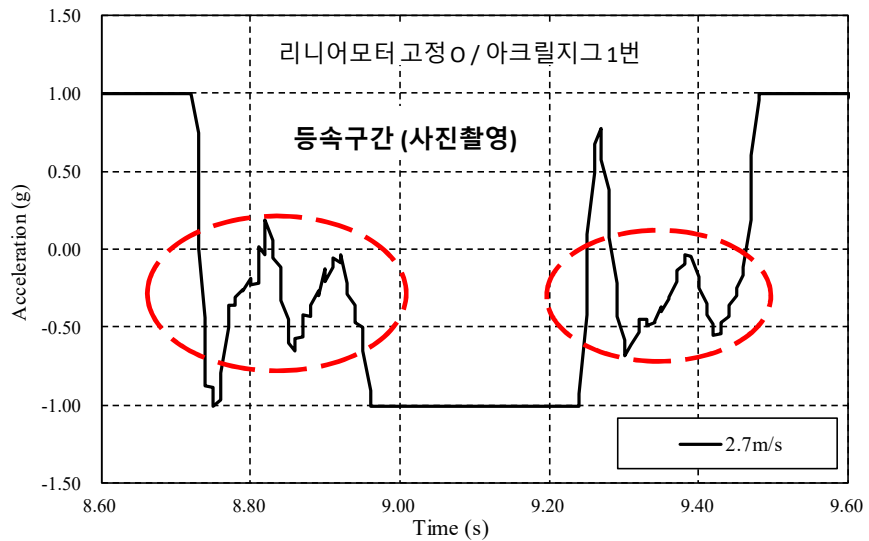
- 매트랩 분석결과 레벨풋의 유무, 리니어 모터 고정 여부에 따라 변위가 감소하는 것을 확인
- 아크릴의 높이에 따른 진동감소 효과는 크게 없는 것으로 판단되어 추후 연구에서는 아크릴이 아닌 다른 재료로 지그를 제작해야 할 것으로 판단
- 리니어 모터 하단부를 고정할수록 프로파일로 진동이 전달되는 것으로 판단되어 현 사용되는 레벨풋 보다 고성능의 방진패드가 부착된 레벨풋을 사용함을 고려
- 차후 실제 터널에서 촬영 시 차량 진동 및 기타 진동 저감을 위한 방법이 추가로 필요

□ 가속도계를 이용한 진동측정결과

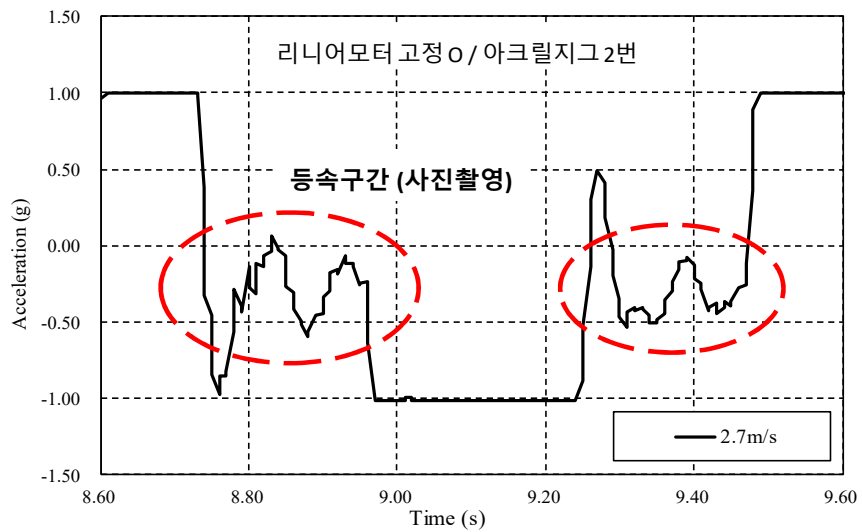
- √ 카메라가 설치되는 아크릴 지그 위에서의 진동을 정확하게 측정하기 위해 가속도계를 부착
- √ 레벨풋은 동일하게 설치한 상황에서 리니어 모터와 알루미늄 프로파일 고정여부, 아크릴 지그의 높이에 따른 진동의 차이를 분석함
- √ 리니어 모터와 알루미늄 프로파일을 고정했을 때 등속구간에서 진동의 빈도가 감소하였음
- √ 가속도의 크기는 큰 차이가 없는데 이는 아크릴 지그에서 발생하는 진동이 같기 때문으로 판단됨
- √ 따라서 추후 실험에서는 카메라 부착 지그의 형상 및 재료특성을 달리 제작 예정임



▲ 리니어 모터 고정 X & 높은 아크릴 지그



▲ 리니어 모터 고정 O & 높은 아크릴 지그



▲ 리니어 모터 고정 O & 낮은 아크릴 지그

○ 제안 당시 기술 수준 및 현재의 기술개발 성숙도

- 2차년도에는 상용제품과 유사한 시제품을 개발하여 터널 및 사면 유사환경에서의 실험을 통하여 평가하였으며 3차년도에는 2차년도에 개발한 시제품을 수정·보완한 상용제품 모델을 개발하여 시험평가하고 신뢰성을 검증하여 TRL 8단계를 달성하는 것을 목표로 하고 있음.

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	단계별 설명
기초연구 단계	TRL 1	해당 없음	해당 없음	해당 없음	해당 없음	【기초실험】 기본원리발견
	TRL 2					【개념정립】 기술개념과 적용분야의 확립
실험 단계	TRL 3					【기본성능검증】 분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	TRL 4					【부품/시스템 성능검증】 연구실 환경에서의 Working Model 개발
시작품 단계	TRL 5					【장치/시스템 시제품 제작】 유사 환경에서의 Working Model 검증
	TRL 6	□	□	□	□	【시제품 성능평가】 유사 환경에서의 프로토타입 개발
실용화 단계	TRL 7	■	□	□	□	【시제품 신뢰성평가】 실제 환경에서 시제품 데모
	TRL 8	□	■	■	□	【시제품 인증】 상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증
양산 단계		□	□	□	□	【사업화】 상용제품생산(R&D 지원대상 아님, 선택 불가)

3. 성과점검기준표 및 성과입력 현황

○ 1차년도 성과점검기준표

구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		1차년도 질적 성과						해당 기관	예산 (백만)	1차년도 양적 목표		
					성과지표	목표치	달성치	측정방 법	검증방 법	가 중 치			목표치	가 중 치	달성치
총괄	A	Deep learning 기반 크랙 판단 알고리즘 적용 레이어 터널스캐닝 프로그램	A-1	알고리즘 적용 레이어 터널스캐닝 프로그램 개발	① 자체보유 터널스캐닝 기술 분석	1건	1건	조사 및 분석	조사보고서	5	주관	200.1	특허: 출원 1건 등록 1건	20	특허: 출원 1건 등록 1건
				비즈니스모델 수립	②	-		보고서	5	논문 등재: 2건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1건			30	논문 등재: 2건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1건	
			A-2	Deep learning 기반 크랙 판단 알고리즘 개발	① Deep learning 기법 분석	1건	1건	조사 및 분석	조사보고서	5	공동	119.9	특허: 출원 1건 등록 1건	50	특허: 출원 1건 등록 1건
				터널스캐닝 선행기술 분석	②	1건	1건	KSP24922007	조사보고서	5			논문 등재: 2건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1건	30	논문 등재: 2건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1건
계										20		410.0	특허: 출원 1건 등록 1건	20	특허: 출원 2건 등록 2건
													논문 등재: 2건	50	논문 등재: 2건
													시제품: 1건		시제품: 1건
													SW: 1건		SW: 1건
													신규고용: 1건	30	신규고용: 1건

○ 2차년도(당해년도) 성과점검기준표

구 분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		2차년도 질적 성과						해당 기관	예산 (백만)	2차년도 양적 목표		
					성과지표	목표치	달성치	측정방 법	검증방 법	가 중 치			목표치	가 중 치	달성치
총 괄	A	Deep learning 기반 크 랙 판단 알고리즘 적용 레 이터 터 널스캐닝 프로그램	A-1	알 고 리 즘 적용 레이 더 터널 스 캐닝 프 로그 램 개발	② 터널 내부촬영 Input DB 확보	1건	1건	계측	조사 보고서	5	주관	396.0	특허: 출원 1건 등록 2건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원	20	특허: 출원 1건 등록 2건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 2건 신규고용: 1명 매출액: 40.9백만원
			A-2	Deep learning 기반 크 랙 판단 알 고 리 즘 개발	① 알고리즘 크랙 검출률	검출률 85% 이상	90% 이상 검출 가능	실험	결과 보고서	5	공동	80.0	특허: 출원 1건 등록 1건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원	20	특허: 출원 1건 등록 1건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원
	C	서보모터 활용 촬 영 표적 추적기술	C-1	서 보 모 터 활용 촬영 표 적 추적 시스템	① 표적 추적 사 템 현장실험	1건	1건	실험	실험 보고서	5	공동	74.0	특허: 출원 1건 등록 1건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원	20	특허: 출원 1건 등록 1건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원
				② 영상 노이즈	DR 100 α/m ² 이상	DR 100 α/m ² 이상	실험	결과 보고서	5	특허: 출원 1건 등록 1건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원			20	특허: 출원 1건 등록 1건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원	
	계										20		550.0	특허: 출원 1건 등록 2건 논문 등재: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 신규고용: 1명 매출액: 100백만원	40

○ 2차년도 필수 성과목표 달성 여부

구분	2차년도 목표치	달성치	성과점검기준표 증빙서류 상 관련 페이지	비고 (미달성 사유)
신규고용인력	1명	1명	pp.175	
매출액	0백만원	45.9백만원	pp.172	
S/W	1건	2건	pp.41	
특허 등록	2건	2건	pp.43, pp.86	(A-1) 알고리즘 적용 레이터 터널스캐닝 프로그램 개발 관련 특허 등록 1건을 목표 달성 (A-2) Deep Learning 기반 크랙판단 알고리즘 관련 특허 등록 1건 SW 개발 1건으로 변경하여 목표 달성 (C-1) 서보모터 활용 촬영 표적 추적시스템 관련 특허를 2019 1월에 출원 후 등록 진행중
연구개발 관련 홍보	0건	1건	pp.168	대하토목학회 전시회개최

○ 성과입력 현황(정량성과)

● 성과정보

구분		성과지표명		성과실적 (건)	성과조회	성과입력	검증률(%)
경제적 성과		사업화/제품화(매출실적)		0	조회	입력	0%(0/0)
		현장적용에 의한 비용절감 또는 수입대체 효과		0	조회	입력	0%(0/0)
공공적 성과		법 제정 및 개선		0	조회	입력	0%(0/0)
		설계기준, 시방서, 지침에 반영		0	조회	입력	0%(0/0)
		설계기준, 시방서, 지침에 제안		0	조회	입력	0%(0/0)
		정책제안		0	조회	입력	0%(0/0)
		정책채택		0	조회	입력	0%(0/0)
기술적 성과	지식재산권	특허	출원	2	조회	입력	50%(1/2)
			등록	2	조회	입력	50%(1/2)
		실용신안	출원	0	조회	입력	0%(0/0)
			등록	0	조회	입력	0%(0/0)
		디자인	출원	0	조회	입력	0%(0/0)
			등록	0	조회	입력	0%(0/0)
		소프트웨어(S/W)		2	조회	입력	100%(2/2)
		기타성과 (상표, 서비스 등)		0	조회	입력	0%(0/0)
	기술인증	신기술 지정 (제품인증, 품질인증 등 포함)		0	조회	입력	0%(0/0)
		표준 채택		0	조회	입력	0%(0/0)
	시제품 제작		시제품 제작		0	조회	입력
학술적 성과		국내외 학술지 게재	일반학술지	0	조회	입력	0%(0/0)
			SCI(E)학술지	0	조회	입력	0%(0/0)
		국내외 학술회의 발표		0	조회	입력	0%(0/0)
		저술		0	조회	입력	0%(0/0)
기타 성과		현장시험 및 검증		5	조회	입력	100%(5/5)
		국내외 장·단기 연수지원 성과		0	조회	입력	0%(0/0)
		인력양성		5	조회	입력	20%(1/5)
		포상		0	조회	입력	0%(0/0)
		산학연간 기술지원		0	조회	입력	0%(0/0)
		연구개발 관련 홍보		3	조회	입력	0%(0/3)

1. 사업화 현황

올해 본 기술을 활용하여 고속철도 4개 터널(현동터널, 화실터널, 송선터널, 송정터널)에 대하여 실적을 확보하였다. 기존 기술인 동영상 활용을 통한 실적 및 신기술 스틸카메라를 촬영해서 처리하는 방법 두 가지 방법을 동시에 진행함으로써 앞으로 개발될 기술의 방향성 및 가능성을 확증하고 많은 문제점을 발견하였다. 이번 고속철도 4개 터널을 촬영하면서 발견된 문제점은 아래와 같다.

- 실질적인 작업시간은 고속철도의 비운행시간(am1:30~am3:30)의 약 2시간 정도
- 스캐닝 장비의 무게는 300kg 이상, 높이 4M 이상으로 최소 작업자 6명 이상 필요
- 대부분 고속철도의 터널길이는 전장 2km 이상(왕복 4km)이며, 작업자가 수동으로 대차를 밀면서 터널 스캐닝 작업 수행
- 일정하지 않은 속도로 촬영하게 되어 고화질의 영상 획득 불가

이러한 문제점을 해결하기 위하여 전자동화로 DC GEARD Motor와 전후진 및 속도를 자동으로 제어 가능한 레일 작업 차량을 연구개발 하였다.

레일 작업차량 제작 시 고려사항은 아래와 같다.

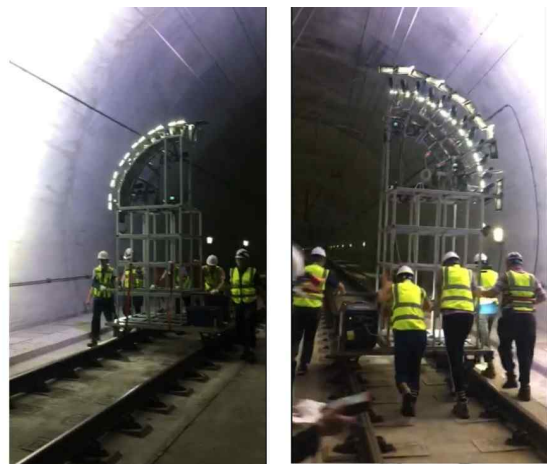
고 려 사 항	내 용
경량(4인이 이동 가능한 무게)	- 4인이 들고 이동 가능하기 위하여 모듈화시킴(3~4등분) - 경량 자재 사용 및 구조설계를 통하여 무게를 최소화
전동(사람의 힘이 필요 없는 전기동력으로 이동)	- 무게를 줄이기 위하여 DC감속 모터를 바퀴와 직접 결속 - 무게를 줄이기 위하여 배터리를 없애고 발전기 교류를 직접 쓰기 위해 SMPS 장착
리프트(1200 x 1200 x 1000 전동 리프트 : 무게로 인해 별도의 개발 필요)	- 동 사이즈 전동리프트의 경우 무게가 200kg에 육박함. 따라서 이동 및 사용이 어려움으로 40kg 미만의 새로운 개발이 필요함
유무선 조지기(엑셀레이터 :정역장치 포함)	- 정역기를 통하여 전,후진이 가능하며, 유무선 엑셀레이터를 적용하여 탑승 시 또는 탑승하지 않고 주변에서도 기동할 수 있도록 함(무선의 경우 변동사항이 있을 수 있음) - 모듈 결속의 경우 별도의 장비 없이 쉽고 빠르게 분해 결합할 수 있도록 설계
간편한 분해/결합 설계	- 모듈 결속의 경우 별도의 장비 없이 쉽고 빠르게 분해 결합 가능하도록 설계

본 레일 작업차량을 사용함으로써, 시속 10km/h 이상으로 동일한 속도로 주행하여 절대적으로 부족한 작업 시간 확보, 고화질의 영상 획득, 작업자의 안전 확보 등이 가능해졌다.

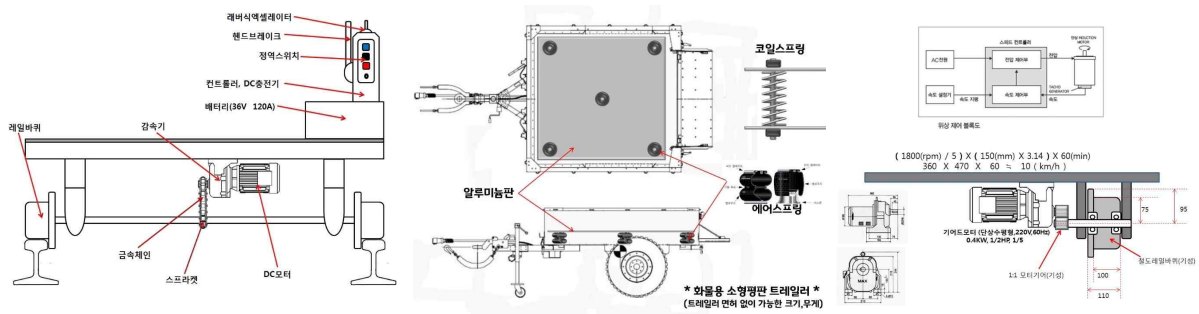
본 성과품은 레일이 설치되어있는 고속철도 및 지하철 터널에서 사용할 수 있으며, 차년도에는 도로터널에서 진동을 저감시키고, 편리하게 사용할 수 있는 대차를 연구개발 예정이다.



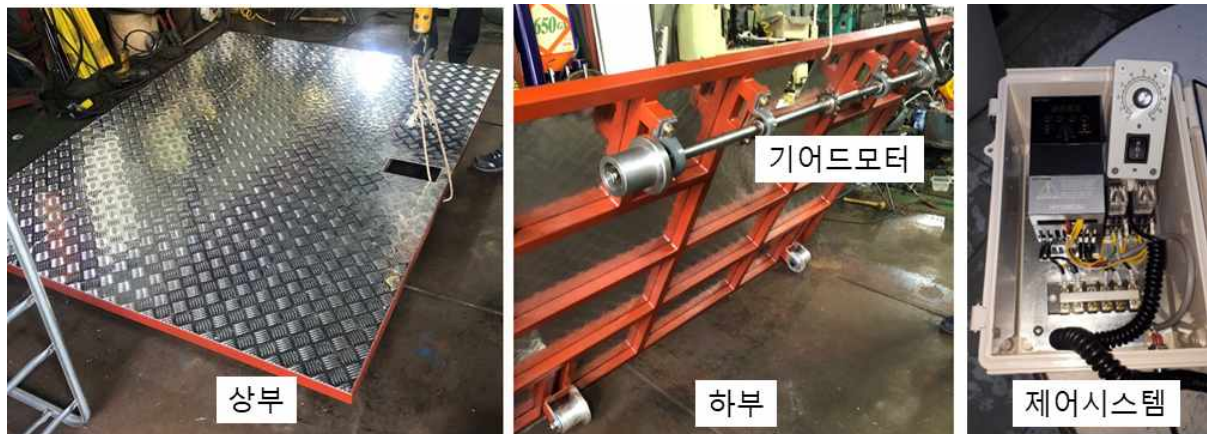
(a) 기존 대차



(b) 기존 촬영 방법



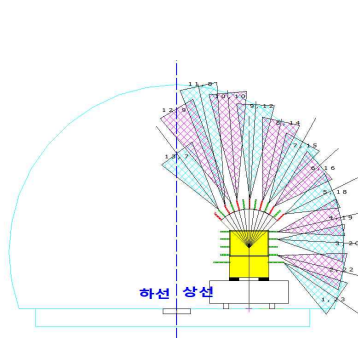
(a) 전동 대차 설계도



(b) 전동 대차

2. 터널스캐닝을 이용한 외관조사망도 작성 매출 달성(49,500,000원(VAT 별도))

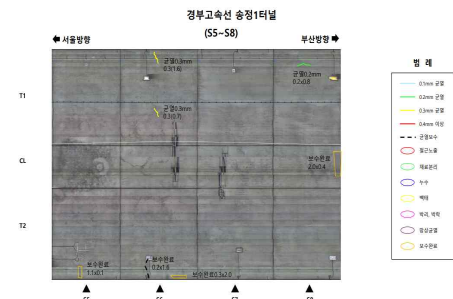
- 스마트 점검장비 활용 조사 및 분석 용역 중 터널 조사 및 분석



(a) 전개도 및 카메라 설치 위치



(b)현장 촬영



(c) 최종 성과품

3. 신규인력양성

이 기술은 영상을 기반으로 하는 기술로서, 현장에서의 터널 촬영은 물론 영상을 편집하거나 영상을 분석하는 전문가 인력이 현실적으로 부족한 상황이다. 이에 전용 프로그램 및 촬영 가능한 전문 인력을 확보하기 위하여, 1차년도 영상분석 인력 1인, 2차년도 촬영 인력 1인 등 2인을 신규채용하는 성과를 달성하였다.

4. 토목학회 전시회 참여(2019.10.17.~2019.10.18.)

대한토목학회는 우리나라 토목/건축분야를 대표하는 최대 학회로, 건설기술과 다양한 학술활동 및, 건설산업에도 빅데이터 활용, 인공지능 등 4차산업혁명 기술이 도입되고 있다.

이러한 기술이 체계적으로 활용될 수 있도록 학회가 가지고 있는 역량을 모아 건설분야 발전을 위한 정책 기능 강화, 노후 사회 인프라시설의 효율적 관리방안 제시, 재해대응 기술력 확보, 미래 건설기술의 발굴 등의 사업을 추진하고 있는 자리인 만큼 각 분야의 전문가들이 모이는 학회 동안 이 기술의 홍보를 위해 전시회를 참가하여 본 기술을 소개하였다.

기존에 세미나 개최, 전시회 참여 등 여러 방면으로 홍보를 해와서 이미 터널스캐닝에 대해서는 많은 사람이 알고 있는 기술이지만, 본 연구의 핵심인 스냅 카메라 촬영방법, MMS를 이용하여 실도면 측정 및 적용, 진동 제어 방법, 경년관리 프로그램 등의 기술을 소개하여 좀 더 정확한 손상검출이 가능하다는 것을 알리는 계기가 되었다.



4. 구매 금액이 3천만원 이상인 연구시설·장비 구축 현황

연구시설·장비명	구축 금액 (천원)	구축일	활용 용도	설치 장소	NTIS 시설 장비 등록 번호
해당없음					

5. 사업화로 인한 기대효과

구 분		(2019)년 (기술개발 전년)	(2020)년 (기술개발 해당년)	(2021)년 (개발종료 후 1년)	(2022)년 (개발종료 후 2년)
신규고용(명)		1	1	0	1
상시고용(명)		8	9	9	10
사업화 기술 (제품, 공법)		시제품 개발	시제품 인증 및 성능 검사	레이더를 이용한 터널스캐닝 시스템	레이더를 이용한 터널스캐닝 시스템
투자계획(백만원)		30	30	30	30
판매 계획 (백만원)	내 수	0	60	1000	3000
	직접수출	0	0	0	0
	간접수출	0	0	0	0
	계	0	60	1000	3000
비용절감(백만원)		0	30	500	1500
수입대체(백만원)		0	0	0	0

6. 연구개발비 집행 실적

비목별 연구비(본 예산)

(단위:원)

엑셀다운로드

	비목	세부비목	최초협약금액			최종협약금액			집행금액			잔액			집행율	상세 보기
			원금	원물	소계	원금	원물	소계	원금	원물	소계	원금	원물	소계		
1	직접비	미지급인건	37,200,000	0	37,200,000	37,200,000	0	37,200,000	0	0	0	37,200,000	0	37,200,000	0 %	
2		지급인건비	95,295,000	14,000,000	109,295,000	95,295,000	14,000,000	109,295,000	79,100,111	12,833,337	91,933,448	16,194,889	1,166,663	17,361,552	84.11 %	
3		학생인건비	65,334,000	0	65,334,000	65,334,000	0	65,334,000	0	0	0	65,334,000	0	65,334,000	0 %	
4		연구장비및	83,664,000	184,000,000	267,664,000	83,664,000	184,000,000	267,664,000	65,348,886	153,333,330	218,682,216	18,315,114	30,666,670	48,981,784	81.7 %	
5		연구과제추	22,700,000	0	22,700,000	22,700,000	0	22,700,000	22,722,192	0	22,722,192	-22,192	0	-22,192	100.1 %	
6		연구활동비	11,250,250	0	11,250,250	11,250,250	0	11,250,250	4,427,525	0	4,427,525	6,822,725	0	6,822,725	39.35 %	
7		연구수당	35,081,750	0	35,081,750	35,081,750	0	35,081,750	0	0	0	35,081,750	0	35,081,750	0 %	
8		위탁연구개	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 %	
9	간접비	간접비	38,675,000	0	38,675,000	38,675,000	0	38,675,000	3,007,200	0	3,007,200	35,667,800	0	35,667,800	7.78 %	
10	실적등록	실적등록오	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 %	
11	총 계	총 계	352,000,000	198,000,000	550,000,000	352,000,000	198,000,000	550,000,000	174,605,914	166,166,667	340,772,581	177,394,086	31,833,333	209,227,419	61.96 %	

**** 집행률 저조(90% 미만) 사유**

- 엠텍 연구수당 지급 안 됨
- 경북대학교 인건비 업로드 안 됨

7. 중요 변경 사항(해당없음)

구 분	당 초	변 경
당해연차		
차년도		

III. 계획

1. 국내외 사업화 환경변화 분석

- 전 세계적으로 구조물이 노후화되는 과정에 있어서 공공시설물인 터널과 도로 등의 유지관리 업무는 필수적이며, 더욱이 태풍, 지진으로 인한 자연재해 등으로 인해 안전에 관한 관심이 더욱더 확대되고 있다.
- 이처럼 본 연구의 사업화는 안전을 최우선으로 하는 터널 유지관리에서는 필수적이다. 국내뿐만 아니라 향후 세계 시장 개척을 목표로 본 연구의 사업화가 진행되고 이 기술의 활용에 따라 세계 시장을 선점할 수 있고, 이는 획기적인 성장을 이룰 수 있는 분야이다.
- 본 기술이 적용될 시장은 대부분 국가에서 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 따라 정해져 있다. 이에 국가 정책에 부합하며 공공성을 반영하여 기존 및 신규시장을 확대 적용하여 사업화할 계획이다.

▼ 국내 일반철도 시설물 노후현황 (2018.1. 기준)

구 분	20년 미만	21~30년	31~40년	41~50년	50년 초과	계
교량(개소) (구성비,%)	1,522 (50)	236 (8)	358 (12)	162 (5)	764 (25)	3,042
터널(개소) (구성비,%)	313 (48)	41 (6)	24 (4)	60 (9)	215 (33)	653
계	1,835 (49.6)	277 (7.4)	382 (10.3)	222 (6.0)	979 (26.4)	3,695

<사회시설의 노후화에 의한 터널 붕괴사고 사례>



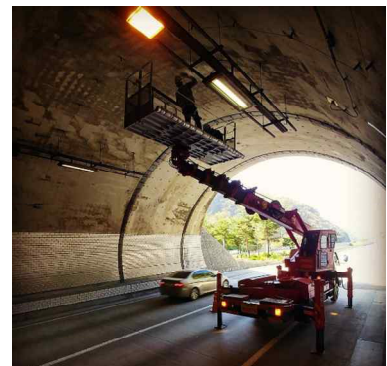
출처: GEOGRAPHY 영국 퀸즈버리터널

▶ 아마나시현 중앙자동차도 사사고터널 천장판 붕괴 현장 및 붕괴사고 이미지



출처: 아사히신문, zakzak신문

<터널 유지관리의 현재 기술 상황>



노후화 된 터널의 유지관리 / 안전관리 중요성 확대 → 많은 인력과 도로 통제로 인한 시간/비용 소요

2. 3차년도 연구내용 요약

2-1. 2차년도 실적 대비 3차년도 계획

(단위: 백만원)

수행기관명 (주관/공동/위탁)	2차년도 실적		3차년도 계획	
	연구내용	소요예산	연구내용	소요예산
주식회사 엠텍 (주관연구기관)	딥러닝 기반 손상탐지 알고리즘 개발에 Input Data로 활용할 터널 및 사면 촬영 DB 확보(계속) (대상지 - 고속철도터널 : 송선터널, 화실터널, 현동터널, 송정터널 - 도로터널 : 능내터널 외)	93.0	터널스캐닝과 결과보고를 위한 프로그램 개발 (자체보유 터널스캐닝기술에 균열계측 알고리즘 개선/터널 내부촬영영상으로부터 표면균열 자동 검출/실제 터널 내부 형상과 균열 3D 검출 프로그램 개발)	104.1
	딥러닝 기반 손상탐지 알고리즘 개발에 Input Data로 활용할 터널 촬영 DB 현장검증(대상지 : 송선터널)	10.0	차량탐재용 터널스캐닝 시스템 현장 적용성 검토를 통한 시작품 제작 및 성능검증	150.0
	화상처리(왜곡보정 및 접합) 프로그램 자체 개발	40.0	MMS(레이더) 시스템 차량 탐재 및 현장 적용성 검토를 통한 시작품 제작 및 성능검증	90.0
	MMS(레이더)시스템 적용 방안 연구	10.0	MMS(레이더) 시스템으로 획득한 포인터 데이터 분석 프로그램 개발	50.0
	- 실대형 리니어 모터 제작 - 리니어 모터를 이용한 카메라 각도 및 셔터제어 프로그램 개발	45.0	화상처리(왜곡보정 및 자동 접합) 프로그램 개선 및 적용성 검증	56.0
경북대학교 (공동연구기관)			터널스캐닝 시스템 현장 적용성 검토를 통한 터널 및 사면 손상 현장검증	90.0
	딥러닝 기반 크랙 판단 85% 이상 검출기술 개발	20.0	딥러닝 기반 크랙 판단 95% 이상 검출기술 개발	40.0
	딥러닝 기반 크랙 판단 기술의 특허 전략 수립	13.0	딥러닝 기반 크랙판단 알고리즘 관련 특허 출원 및 등록	18.0
	아두이노를 이용한 자동 촬영시스템 구축	40.0	자동촬영시스템의 상용제품화 및 신뢰도 입증	45.0
	터널 및 사면 유사환경에서의 센싱기술 검증		터널 및 사면 실제 현장에서의 센싱기술 검증	35.0
	차량이동속도와 리니어 모터 이동속도의 동기화로 카메라 촬영속도 조절기술 개발	45.0	차량 속도와 리니어 모터 이동 속도 동기화 기술을 이용한 터널 내 크랙 검출	70.3
	진동제어 요소기술 실험	14.0	면진시스템을 이용한 차량 수직 진동 제어	53.7
			계측장비 전달 진동 저감 기술의 유사환경에서의 검증	51.3
계		153.0		853.4

2-2. 연차별 사업화 목표 및 내용 변경

기간	당초	변경
1차년도 (‘18.04~’18.12)		공동연구기관(경북대학교): ■ 영상촬영 제어시스템 기초 실험 ■ 표적추적 시스템 기초 실험 ■ 가상 차량 이동과 영상촬영 기초 실험
2차년도 (‘19.01~’19.12)		공동연구기관(경북대학교): ■ 서보모터 활용 촬영 표적 추적기술 개발 – 1차년에 수행한 기초 실험을 바탕으로, 영상촬영 자동제어 시스템을 구축 – 카메라를 설치할 수 있는 프레임 제작 및 카메라 프레임을 움직일 수 있는 linear motor 제작 ■ 진동제어 요소기술 실험
3차년도 (‘20.01~’20.12)	공동연구기관(경북대학교): ■ 서보모터 활용 촬영 표적 추적기술 개발 – 1차년부터 기초실험을 수행하였고, 2차년에 완성하고자 함	

2-3. 3차년도 연구 범위 및 연구 수행 방법

연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
터널스캐닝과 결과보고를 위한 프로그램 개발	- 딥러닝 크랙 판단 알고리즘이 탑재된 손상관리 프로그램 개발 - 화상처리(왜곡보정 및 자동접합) 프로그램 개선 및 적용성 검증	- 자체 보유 터널 스캐닝 기술에 공동연구기관이 개발한 딥러닝 크랙 판단 알고리즘을 적용하여 터널 내부 촬영 영상으로부터 표면균열 자동 검출 프로그램 개발 - 실제 터널 내부 형상과 균열 3D 표현 - 손상 변화 이력 관리 ▲ 딥러닝 크랙판단 알고리즘이 탑재된 손상이력관리 프로그램 - 이미지 왜곡보정 및 자동 접합 프로그램의 자동 왜곡 보정을 개선 - 왜곡보정 및 자동접합 된 화상을 딥러닝 크랙판단 알고리즘이 탑재된 손상이력관리 프로그램에 바로 적용 가능한지 적용성 검증

차량 탑재용 터널스캐닝 시스템 현장 적용성 검토를 통한 시작품 제작 및 성능검증	- 차량 탑재용 터널스캐닝 시스템 시작품 제작 - 도로 터널 촬영 및 성능 검증	- 터널스캐닝 시스템을 현장에 적용하기 위해서는 발전기를 사용하여 전원을 공급해야 하는데 발전기 자체의 진동을 저감하기 위하여 카메라 시스템과 발전기를 분리 - MMS 시스템, 조명장치, 진동저감장치를 탑재한 차량 탑재용(도로터널) 터널스캐닝 시스템 시작품 제작 - 개발된 시작품으로 실제 터널에서 속도를 변화시켜 촬영하여 성능 검증 ▲ 차량탑재용 터널스캐닝 시스템 제작(시작품) ▲ 발전기용 지그
MMS(레이더) 시스템 차량탑재 및 현장 적용성 검토를 통한 시작품 제작 및 성능검증	- 차량탑재용 터널스캐닝 시스템에 MMS(레이더) 탑재 시작품 제작 - MMS(레이더) 시스템으로 획득한 포인트 데이터 분석 프로그램 개발 - 도로 터널 및 사면 촬영 및 성능 검증	- 시설물의 실측 데이터를 취득하기 위하여 터널스캐닝 시스템에 MMS 시스템을 차량 탑재한 시작품 제작 - 시공오차 및 내공오차의 최소화를 위하여 획득한 스캔 데이터로 단면도 생성 및 포인트 매핑 프로그램 개발 - 개발된 시작품으로 실제 터널에서 실측 데이터를 취득하여 도면 생성 후 터널스캐닝 시스템에 적용하여 손상 오차 성능 검증 ▲ 차량 탑재용 MMS 시스템 제작(시작품)

터널스캐닝 시스템 현장 적용성 검토를 통한 터널 및 사면 손상 현장검증	터널 및 사면 손상 현장검증	- 리니어 모터에 스냅 카메라를 사용한 표적 추적 기술 및 MMS 시스템을 탑재한 터널스캐닝 시스템 차량을 사용하여 획득한 영상으로 터널의 균열 및 손상을 검출하여 외관망도 작성 - 동일 터널을 안전진단 업체에 육안조사를 의뢰하여 균열 및 손상 검출 외관망도 작성 의뢰하여 현장 검증 - 사면보강이 이루어진 사면 변형 현장 검증
딥러닝 기반 크랙 판단 95% 이상 검출기술 개발 및 알고리즘 관련 특허 출원 및 등록	- 매트랩 프로그램을 사용하여 입출력 이미지에 따른 크랙판단 프로그램 개발 - 입력레이어와 출력레이어 사이에 숨겨진 레이어를 생성하여 가중치에 따른 크랙을 판단하는 원리를 이용 - 다양한 크랙 사진과 실제 터널 내부와 유사한 밝기의 사진들을 학습	- 터널에서 직접 촬영한 크랙(crack), 논 크랙(non-crack) 이미지를 딥러닝 프로그램에 학습자료로 활용 - 크랙 이미지 1,000장, 논 크랙 이미지 1,000장 이상으로 훈련데이터를 수집 - 학습 완료된 신경망을 이용하여 터널 내부 사진의 크랙을 평가하고 정확도 95% 이상을 목표로 개발 2차년도에 개발된 크랙판단 알고리즘의 경우, 얼룩이나 얇은 줄눈 등을 크랙으로 판단하기 때문에 추가적인 연구가 필요 ▲ 크랙이 아닌 얼룩까지 크랙으로 검출 (정확도 향상 필요)
자동촬영시스템의 상용제품화 및 신뢰도 입증	- 리니어 모터와 아두이노를 이용한 자동 촬영 시스템의 안정화 10 km/h 속도에서 가장 선명하게 촬영할 수 있는 최적 센서 결정 - 리니어모터의 움직임과 차량 진동에도 자동촬영시스템의 결함이 발생하지 않도록 상용제품화 계획	- 아두이노로 개발된 자동촬영시스템을 현장에서 사용할 때 제품 손상이나 오류가 발생하지 않도록 상용제품화하고 안전성 테스트 수행 - 차량 10 km/h 속도에서 리니어 모터의 길이에 따라 감속, 등속, 가속 구간이 약 0.3초이기 때문에 등속구간에서 카메라로 지연 없이 촬영신호를 줄 수 있는 시스템 구현 - 근접센서, 속도센서 등 다양한 센서를 이용하여 자동촬영시스템의 신뢰도를 평가하고 상용제품화 - 터널 내부를 카메라 5대로 동시 촬영할 수 있도록 릴레이 모듈 설계 ▲ 자동촬영시스템 안정화 및 제품화 필요

터널 및 사면 실제 현장에서의 센싱 기술 검증	- 차량을 이용하여 터널 현장에서 자동촬영 시스템 평가 - 촬영부위의 조도 600~800 lux 유지하도록 조명장치 설계 - 사면 센싱기술을 이용하여 다양한 보강 현장의 변형 검출	- 자동촬영시스템(리니어 모터, 아두이노)을 차량에 탑재하여 실제 터널을 10 km/h로 주행하며 사진 촬영 - 다양한 터널 현장을 방문하여 현장상황을 고려한 최적의 사진 촬영조건(셔터속도, F값, ISO), 카메라 지그 높이 등을 결정 - 리니어 모터의 순간 가속도(1g 이상)를 견딜 수 있고 현장 조명장치 및 카메라 5대를 동시에 설치할 수 있는 지그 설계 및 개발 - 콘크리트 블록 및 앵커로 보강된 사면의 현장 사진 및 기존 도면을 수집하고 초기 시공과의 변형률 검출 - 사면의 경우 촬영되는 각도, 거리에 따라 이미지 센싱에 어려움이 있어 정밀도를 높이기 위한 연구수행 ▲ 자동촬영시스템의 차량탑재 및 현장촬영
차량 속도와 리니어 모터 이동 속도 동기화 기술을 이용한 터널 내 크랙 검출	- 리니어 모터 속도 제어(가속, 등속, 감속 구간) - 리니어 모터 및 차량 속도 단계별 크랙 검출률 실험	- 리니어 모터에 3단계(가속, 등속, 감속) 속도를 각각 따로 입력 해야 하는 문제로 전용 PLC를 제작하여 리니어 모터 속도제어 실험 수행 및 현장 적용 - 리니어 모터의 가능 최대 속도와 카메라 촬영(저장) 시간을 확인하여 차량의 속도를 단계별로 변화시켜 최적의 영상 획득 실험 수행 ▲ 구간별 속도제어 기능 제어 기능 고도화

• 면진시스템을 이용한 차량 수직 진동제어 및 진동저감 기술의 유사환경에서의 검증	- 에어 서스펜션 시스템이 탑재된 차량을 이용하여 차량 자체 진동을 저감 - 계측장비 전달 진동을 저감하는 기술을 개발하고 유사환경에서의 검증	- 차량, 리니어 모터, 발전기의 수직·수평 진동의 저감을 위하여 에어서스펜션 및 방진패드 등이 탑재된 차량을 이용하여 실험 수행 - 리니어 모터의 최대 가속도에서 카메라에 전달되는 진동을 저감할 수 있는 지그를 개발하고 유사환경에서의 검증  ▲ 무진동차량과 에어스프링
---	--	--

3. 성과점검기준표

3-1 최종 성과목표 및 성과지표

구 분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		총괄 질적 성과						해당 기관	예산 (백만)	총괄 양적 목표	
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중 치			목표치	가중치
총괄	A	Deep learning 기반 크 랙 판단 알고리즘 적용 레 이다 터 널스캐닝 프로그램	A-2 알고리즘 적용 레이더 터널스캐 닝 프로그 램 개발	①	자체보유 터널스캐닝 기술 분석	1건	조사 및 분석	조사 보고서	1	주관	619	특허 출원: 1 건 등록: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건 매출액: 백만원 신규고용: 3 명 신기술인증: 1 건	5 5 15	
				②	비즈니스 모델 수립	-	자체평 가	보고서	1					
				③	터널 내부촬영 Input DE 확보	1건	계측	조사 보고서	2					
				④	화상자동접 합률	자동접합률 90%이상	실험	결과 보고서	2					
			A-1 Deep learning 기반 크 랙 판단 알고리즘 개발	①	Deep learning 기법 분석	1건	조사 및 분석	조사 보고서	1	공동	153	특허 출원: 3 건 등록: 1 건 논문 등재: 2 건 시제품: 1 건 SW: 1 건 매출액: 백만원 신규고용: 1 명 신기술인증: 1 건	15 5 5	
				②	터널스캐닝 신기술 분석	1건	조사 및 분석	조사 보고서	1					
				③	알고리즘 크랙 검출률	검출률 85% 이상	실험	결과 보고서	1					
				④	크랙 검출률 향상	검출률 95% 이상	실험	결과 보고서	2					
		A-3 개발 터널스캐 닝 프로그 램 검증	①	주행 중 크랙 검출 수준	시속 10~30km 주행 시 폭 0.1 mm	실험	결과 보고서	4	주관/ 공동	478	특허 출원: 1 건 등록: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건 매출액: 백만원 신규고용: 1 명 신기술인증: 1 건	15		
			B	주행 및 가벼워진 진동 저감 기술	B-1 Base isolation 및 Gimbal 적용 계측시 스템	①	계측장비 전달 진동 저감 능력	진동 수준 0.05g 이하	실험	결과 보고서	2	공동	68	특허: 출원 1건 등록: 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액: 백만원 신규고용 1명 신기술인증 1건
		C	서보모터 활용 촬 영 표적 추적기술			C-1 서보모 터 활용 촬영 표적 추적시 스템	①	표적 추적 시스템 현장실험	1건	실험	실험 보고서	2	공동	117.4
				②	영상 노이즈		DR 100 cd/m ² 이상	실험	결과 보고서	1				
	계									20		1,435.4	특허: 출원 6건 등록: 1건 논문 등재: 2건 시제품: 2건 SW: 1건 매출액: 백만원 신규고용: 3명 신기술인증: 2건	100

3-2 3차년도 성과점검기준표

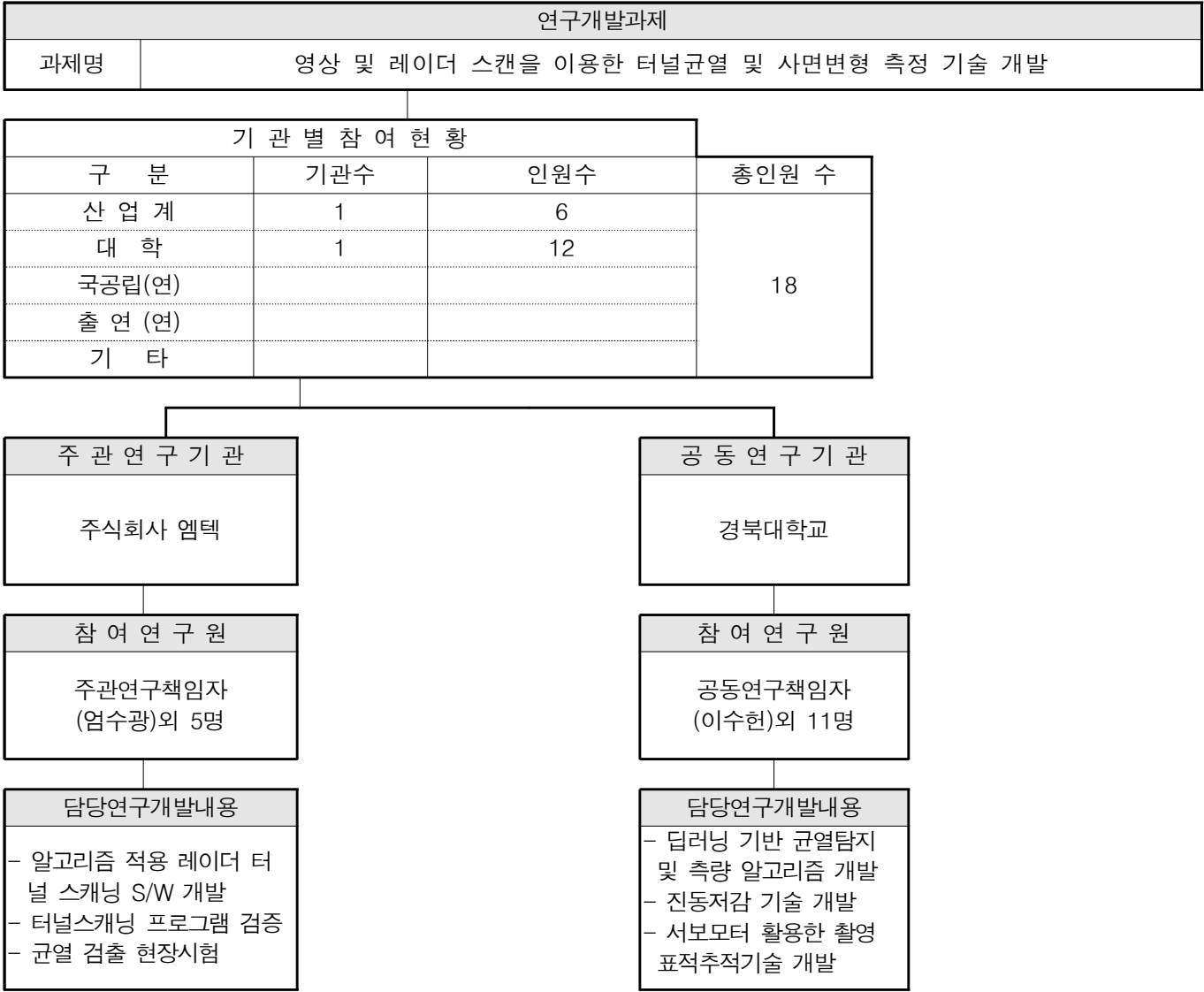
구분	핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		3차년도 질적 성과					해당 기관	예산 (백만)	3차년도 양적 목표	
					질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			목표치	가중치
총괄	A	Deep learning 기반 크랙 판단 알고리즘 적용 레이터 타일스캐닝 프로그램	A-2	①	화상자동점합률	자동점합률 90%이상	실험	결과 보고서	5	주관	206	특허: 출원 1건 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액 백만원 신규고용 1명 신기술인증 1건	10 10
			A-1	②	크랙 검출률 향상	검출률 95% 이상	실험	결과 보고서	5	공동	57.4	특허: 출원 1건 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액 백만원 신규고용 1명 신기술인증 1건	10 10
			A-3	③	주행 중 크랙 검출 수준	시속 10~30km 주행 시 폭 0.1 mm	실험	결과 보고서	5	주관/공동	460	특허: 출원 1건 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액 백만원 신규고용 1명 신기술인증 1건	20
	B	주행 및 기계적 진동 저감 기술	B-1	⑤	계측장비 전달 진동 저감 능력	진동 수준 0.05g 이하	실험	결과 보고서	5	공동	130	특허: 출원 1건 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액 백만원 신규고용 1명 신기술인증 1건	10 10 20
	계								20		853.4	특허: 출원 2건 등록 1건 시제품: 1건 SW: 1건 매출액 백만원 신규고용 1명 신기술인증 2건	100

3-3 필수 성과목표 현황

구분	1차년도	2차년도	3차년도	계
신규고용인력	1명	1명	1명	3명
신기술 인증 (NET, NEP, 우수제품, 녹색인증)			2건	2건

4. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

4-1 연구수행 체계도



4-2. 위탁연구/외부용역/국제공동연구 현황(해당없음)

5. 기술료 납부 계획

기술실시 대상과제명 (세부과제명)	영상 및 레이더 스캔을 이용한 터널균열 및 사면변형 측정 기술 개발			
실시기술명	영상 및 레이더 스캔을 이용한 터널균열 및 사면변형 측정 기술			
연구개발결과물 소유기관	기업유형	대기업(), 중견기업(), 중소기업()		
	기업명	주식회사 엠텍	사업자등록번호	113-86-36924
기술료 납부 방법	일시납부 (), 분할납부 ()			
기술료 납부 계획 (초안)	구분	연/월/일		납부금액(원)
	1 차	2026/12/31		24,000,000
	2 차	2031/12/31		30,000,000
	3 차	2036/12/31		30,000,000
	4 차	2041/12/31		30,000,000
	5 차	2046/12/31		30,000,000
	계			144,000,000

6. 연구기관 현황

6-1. 주관연구책임자

가. 인적 사항

성명	국문	엄 수 광 (嚴修女光)	생년월일(성별)	1977.11.27. (여)
	영문	Eom, Su Kwang	과학기술인등록번호	10860400
직장	기관명	주식회사 엠텍	전화번호	02-3401-0333
	부서	연구개발전담부	팩스번호	02-3401-0334
	직위	부장	휴대전화번호	010-9145-0611
	주소	(05854)서울시 송파구 법원로 114, B동 1012호(문정동, 엠스테이트)	전자우편	mtecrnd@daum.net

나. 학력

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
2008~2012	송실대학교	정보통신공학	석사	신용태

(최종 학위 논문명) 센서네트워크 기반의 교량 모니터링 시스템에 관한 연구

다. 경력

연도	기관명	직위	비고
2001 ~ 2004	(주)맵시소프트	연구원	
2004 ~ 2010	(주)케이엠티엘	과장	
2010 ~ 현재	(주)엠텍	부장	

라. 주요 연구 실적

연구 제목	연구 내용	연구 기간	발표 서적 또는 학술지명 (연호, 권호 포함)	연구 수행 당시의 소속 기관	역할 (연구책임자 또는 연구원)	연구개발비 지급 기관	비고
건축/구조물의 안전관리를 위한 초정밀 서보가속도계 기반 모니터링 시스템 개발	건축/구조물의 안전관리를 위한 초정밀 서보가속도계 기반 모니터링 시스템 개발	2012.7~2014.6	“고정밀 서보가속도계를 위한 SOC 시서물의 동적특성 모니터링 시스템 개발” 한국구물 진단 유지관리 공학회 2013년 가을학술발표회	(주)엠텍	프로그램 개발	(주)풍산(민군기술협력지원단)	
KOR-LTPP 데이터 통합 관리 시스템 개발	데이터 통합 관리 시스템 개발	2011	한국도로학회 학술발표회 논문집	(주)엠텍	프로그램 개발	한국건설기술연구원	

마. 수상 경력

연도	수상명	수상 내용
~		

바. 국내외 학(협)회 활동(해당 시 작성)

연도(부터-까지)	학(협)회명	직책	비고

사. 최근 5년간의 논문 실적(10개 이내로 작성)

순번	논문명	게재지 (권, 쪽)	게재 연도 (발표연도)	역할	비고 (피인용 지수)

아. 특허/프로그램 출원·등록 실적

번호	특허/프로그램명	국가명	출원· 등록일	출원·등록 순번 / 출원·등록자 수	비고
1	구조물 손상 검사장치 및 그 제어방법	대한민국	2019.07.12	3/3	

자. 기술 이전 및 사업화 실적(해당 시 작성)

자-1. 기술 이전 및 사업화 발생 과제 내용

번호	프로그램명 (시행 부처/기관)	과제명	총 개발 기간 (시작-종료일)	총 사업비 (백만원)	실적 구분 (기술 이전, 사업화)
1	국토교통과학기술진흥원	시공 및 철거 중 구조물 붕괴예측을 위한 영상분석 기반 실시간 모니터링 기술 개발	21개월 (2017.04.01. ~2018.12.31)	495	기술이전

자-2. 기술 이전 실적

실적 발생 과제 번호	기술 이전 내용	대상 국명	대상 기관명	이전 일시	금액(백만원)

자-3. 사업화 실적

실적 발생 과제 번호	사업화 내용	사업화 업체명	제품명	금액(백만원)

차. 최근 5년 내에 종료된 국가 R&D 과제의 수행 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구개발비	
시공 및 철거 중 구조물 붕괴예측을 위한 영상분석 기반 실시간 모니터링 기술 개발	국토교통과학기술진흥원	2017. 04. 01.	21	59.2%
국토교통부/국토교통기술촉진 연구사업	협동연구책임자	2018. 12. 31.	175,000	

카. 현재 수행 중인 타 과제 현황

(단위: 천원)

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구개발비	
지진 사전경보 및 긴급 건축물 손상도 평가 시스템 개발	국토교통과학기술진흥원	2018. 04. 01.	33	20.0%
국토교통부/국토교통기술사업화지원사업	협동연구책임자	2020. 12. 31.	480,000	

타. 이 연구개발과제와 동일 또는 유사한 과제를 타 기관에 신청하였을 경우

과제명	신청 대상 기관	신청 연구개발비(원)	연구 기간	역할 (연구책임자 또는 연구원)	비고

6-2. 공동·위탁 연구책임자

가. 인적 사항

성명	국문	이수헌 (李洙憲)	생년월일(성별)	1980.09.01. (남)
	영문	Lee, Swoo-Heon	과학기술인등록번호	10204885
직장	기관명	경북대학교상주캠퍼스	전화번호	054-530-1481
	부서	융복합시스템공학부	팩스번호	054-530-1489
	직위	조교수	휴대전화번호	010-3188-4787
	주소	(37224)경북 상주시 경상대로 2559 경북대학교 9호관 415호	전자우편	finksnow@knu.ac.kr

나. 학력

연도	학교명	전공	학위	지도 교수
1999.03 ~ 2006.02	경북대학교	건축공학	공학사	-
2006.03 ~ 2008.02	경북대학교	건축구조공학	공학석사	신경재
2008.03 ~ 2012.02	경북대학교	구조공학	공학박사	신경재

(최종 학위 논문명) Experimental and Numerical Studies of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Externally Prestressing Steel Rods

다. 주요 연구 실적

연구 제목	연구 내용	연구 기간	발표 서적 또는 학술지명 (연호, 권호 포함)	연구 수행 당시의 소속 기관	역할 (연구책임자 또는 연구원)	연구개발비 지급 기관	비고
Numerical study on the deformation behavior of longitudinal plate-to-high-strength circular hollow-section X-joints under axial load	원형강관과 거셋플레이트 접합부 해석	2019	Applied Sciences (9,19)	경북대학교	제1	한국연구재단	
Behavior of plastic greenhouse under symmetric loading before and after strengthening with tension tie	비닐하우스의 텐션보강	2018	International Journal of Advanced Steel Construction (14,4)	경북대학교	제1	국토교통부	
Post-tensioning steel rod system for flexural strengthening in damaged reinforced concrete (RC) beams	손상입은 철근콘크리트 보의 포스트텐션 보강	2018	Applied Sciences (8,10)	경북대학교	제1	한국연구재단	
Experimental investigation of beam-to-column connection with SHN490 steel under cyclic loading	SHN490 강재의 접합부 성능 실험	2016	International Journal of Steel Structures (16,4)	경북대학교	공동	경북대학교	
Strength equations of longitudinal plate-to-circular hollow section (CHS) joints	원형강관-길이방향 플레이트 접합부의 설계식 제안	2015	International Journal of Steel Structures (15,2)	University of Texas at Arlington	공동	경북대학교	
Flexural strengthening of continuous concrete beams using external prestressed steel bars	강봉을 이용한 철근콘크리트 연속보 휨보강	2015	PCI Journal (60,1)	University of Texas at Arlington	제1	경북대학교	
Flexural characteristic of rubberized hybrid concrete reinforced with steel and synthetic fibers	강섬유, 인조섬유, 폐고무가 포함된 콘크리트의 휨성능 실험	2014	Advances in Civil Engineering Materials (3,1)	University of Texas at Arlington	공동	University of Texas at Arlington	
Shear strengthening of continuous concrete beams using externally prestressed steel bars	강봉을 이용한 철근콘크리트 연속보 전단보강	2014	PCI Journal (59,3)	University of Texas at Arlington	제1	국토교통부	
Non-Iterative Moment Capacity Equation for Reinforced Concrete Beams with External Post-Tensioning	포스트텐셔닝 보강한 철근콘크리트 보의 휨해석식 제안	2014	ACI Structural Journal (111,5)	University of Texas at Arlington	제1	국토교통부	
Time-Dependent Behavior of Synthetic Fiber-Reinforced Concrete Pipes Under Long-Term Sustained Loading	인조섬유가 함유된 콘크리트로 제작된 파이프의 장기거동 측정	2014	Transportation Research Record (2407)	University of Texas at Arlington	공동	University of Texas at Arlington	
Long-Term Flexural Behaviors of GFRP Reinforced Concrete Beams Exposed to Accelerated Aging Exposure Conditions	유리섬유바와 철근으로 배근한 콘크리트 보의 장기 휨성능 측정	2014	Polymers (6,6)	University of Texas at Arlington	공동	University of Texas at Arlington	
Influence of Aggregate Coated with Modified Sulfur on the Properties of Cement Concrete	수정유황으로 코팅한 자갈이 콘크리트의 성능에 미치는 영향분석	2014	Materials (7,6)	University of Texas at Arlington	제1	충북대학교	
External Posttensioning of Reinforced Concrete Beams Using a V-Shaped Steel Rod System	강봉보강한 철근콘크리트 보의 휨해석 알고리즘	2014	Journal of Structural Engineering (140,3)	University of Texas at Arlington	공동	국토교통부	

Flexural Behavior of RC Members Using Externally Bonded Aluminum-Glass Fiber Composite Beams	알루미늄과 유리섬유로 제작된 합성 부재로 보강한 철근콘크리트 보의 휨실험	2014	Polymers (6,3)	University of Texas at Arlington	공동	충북대학교	
--	--	------	----------------	----------------------------------	----	-------	--

라. 현재 수행 중인 타 과제 현황

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)	참여율
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구개발비	
외적 비부착 부재로 보강한 강재(합성)보의 거동	경북대학교	2019. 03. 01	12	20.0
한국연구재단/재도약(신진연구)	연구책임자	2020. 02. 29	30,000,000	
가새로 보강한 골조시스템의 반복가력을 통한 골조의 거동과 보강효과 검증	경북대학교	2019. 04. 01	9	3.1
경상북도교육청/미래과학자양성프로그램	연구책임자	2019. 12. 31	10,000,000	

6-3. 참여연구원 현황

번호	소속 기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구 개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	(주)엠텍	부장	771127	2012	석사	연구책임자	N	60	2
	엄수광	10860400	여			2020.01.01.~2020.12.31.	40	100	
2	(주)엠텍	대표	630618	1987	학사	시스템개발	N	50	2
	심동일	11917038	남			2020.01.01.~2020.12.31.	10	60	
3	(주)엠텍	전무이사	660325	1995	학사	DB구축 및 화상처리	N	47	2
	신은자	11011843	여			2020.01.01.~2020.12.31.	13	60	
4	(주)엠텍	과장	821215	2008	학사	DB구축 및 화상처리	N	0	1
	임가은	11898397	여			2020.01.01.~2020.12.31.	15	15	
5	(주)엠텍	이사	580315	1979	학사	현장검증	Y	0	1
	김인성	12428786	남			2020.01.01.~2020.12.31.	100	100	
6	(주)엠텍	과장	850313		고졸	현장검증	Y	0	1
	심운호	11917035	남			2020.01.01.~2020.12.31.	100	100	

7	경북대학교	조교수	800901	2012	박사 (구조공학)	과제 관리 및 총괄	N	20	2
	이수현	10204885	남			2020.01.01.~ 2020.12.31.	20	40	
8	경북대학교	교수	590110	1991	박사 (Civil Eng.)	실험 및 해석 총괄	N	30	3
	신경재	10111614	남			2020.01.01.~ 2020.12.31.	10	40	
9	경북대학교	교수	691122	2002	박사 (Civil Eng.)	딥러닝, 진동저감기술	N	30	2
	김홍진	10079790	남			2020.01.01.~ 2020.12.31.	10	40	
10	경북대학교	박사과정	910329	2017	석사 (건축구조)	이미지 프로세싱	N	44	3
	이준섭	11392569	남			2020.01.01.~ 2020.02.29.	56	100	
11	경북대학교	박사과정	910329	2017	석사 (건축구조)	이미지 프로세싱	N	24	2
	이준섭	11392569	남			2020.03.01.~ 2020.12.31.	54.38	78.38	
12	경북대학교	박사과정	940705	2018	석사 (건축구조)	특허 등록 및 실험	N	28	3
	신혜민	11556435	여			2020.01.01.~ 2020.02.29.	24	52	
13	경북대학교	박사과정	940705	2018	석사 (건축구조)	특허 등록 및 실험	N	0	1
	신혜민	11556435	여			2020.03.01.~ 2020.12.31.	52	52	
14	경북대학교	석사과정	930521	2018	학사 (건축공학)	실험보조	Y	62.22	3
	권기혁	12392167	남			2020.01.01.~ 2020.02.29.	23.89	86.11	
15	경북대학교	석사과정	930521	2018	학사 (건축공학)	실험보조	Y	19.44	2
	권기혁	12392167	남			2020.03.01.~ 2020.12.31.	80.56	100	
16	경북대학교	석사과정	960625	2019	학사 (건축공학)	이미지 센싱 실험 검증	N	44.44	2
	김구연	11777662	남			2020.01.01.~ 2020.02.29.	55.56	100	
17	경북대학교	석사과정	960625	2019	학사 (건축공학)	이미지 센싱 실험 검증	N	0	1
	김구연	11777662	남			2020.03.01.~ 2020.12.31.	100	100	
18	경북대학교	석사과정	930309	2019	학사 (건축공학)	크랙사진 분류 및 실험보조	N	16.67	2
	지형진	12408062	남			2020.01.01.~ 2020.12.31.	38.89	55.56	
19	경북대학교	석사과정	940121	2019	학사 (플랜트 시스템)	크랙사진분류	N	33.33	2
	노다훈	11731164	남			2020.01.01.~ 2020.02.29.	52.78	86.11	
20	경북대학교	석사과정	940121	2019	학사 (플랜트 시스템)	크랙사진분류	N	0	1
	노다훈	11731164	남			2020.03.01.~ 2020.12.31.	100	100	
21	경북대학교	석사과정 (3월입학예정)	951212	2020	학사 (건축공학 예정)	진동저감 기술개발	N	16.67	2
	오지훈	12473562	남			2020.03.01.~ 2020.12.31.	38.89	55.56	

22	경북대학교	학사과정	951212	2014	고졸	진동저감 기술개발	N	30	2
	오지훈	12473562	남			2020.01.01.~ 2020.02.29.	50	80	
23	경북대학교	학사과정	950303	2013	고졸	진동저감 기술개발	N	0	1
	이용찬	11926248	남			2020.01.01.~ 2020.12.31.	50	50	
24	경북대학교	학사과정	961028	2014	고졸	실험보조	Y	0	1
	오현진	11926251	남			2020.01.01.~ 2020.12.31.	50	50	

가. 여성 참여 인력 비율

(단위: 명, %)

주관연구기관의 총 참여 인력 수	주관연구기관의 여성 참여 인력 수	주관연구기관 소속 연구원 중 여성 참여 인력 비율	비고
6	3	50%	

나. 신규 인력 채용 계획 및 활용방안

- 본 과제에 성공적인 수행을 위하여 현장 실험 및 디버깅, 이미지센싱 프로그램 개발에 필요한 인원을 총원 하였음
- 3차년도에 경우 최종 개발 시스템의 터널 및 사면 현장 실험이 많고 그에 따라 촬영된 사진 원본 분류작업
량이 많아질 것으로 예상되어 자료정리담당의 참여연구원 비율을 늘림

6-4. 연구시설·장비 보유 현황

보유 기관	연구시설·장비명	규격	수량	용도	활용 용도 및 시기
주식회사 엠텍	터널스캐닝 시스템		2	터널스캐닝시스템 (균열측정)	
	CrackDraw-21		6	균열 및 손상조사 S/W	
	Data Logger (TDS-303-30)	30ch	1	정적데이터 수집장치	
	Dynamic Data Logger DS Net	32ch	1	동적데이터 수집장치	
	Dynamic Data Logger Ganterner	8ch	1	동적데이터 수집장치	
	온도기록계 (GL-820)	20ch	2	온도측정용 기록계	
	Crack Viewer	0.01mm	3	휴대형 균열측정장치	
	Crack Eye	0.01mm	2	휴대형 균열폭 측정기	
	정적데이터로거용 프로그램		1	데이터수집 S/W	
	CDP-50 (고감도 변위계)	50mm	3	변위측정	
	Delphi XE		3	SW Compiler	
	SGImage		1	SW Library	
	VideoGrabber SDK		1	SW Library	
	Canon EOS Kis X2		1	스냅 카메라	
	PN8536-H2T		2	비디오 카메라	
	SNC-5200		1	비디오 카메라	
	TMS VLC		1	SW Library	
	SGImage		1	SW Library	
	TChart		1	SW Library	
	도로터널 촬영용 차량		1	터널스캐닝차량	
경북대학교 P/P 구조실습실	만능시험기(UTM)	3000kN	1	흙, 인장 압축실험	3000kN 이하의 흙, 인장 압축실험 시 활용
	만능시험기(UTM)	1000kN	1	흙, 인장 압축실험	1000kN 이하의 흙, 인장 압축실험 시 활용

보유 기관	연구시설·장비명	규격	수량	용도	활용 용도 및 시기
	Actuator	2000kN	1	골조 가력	실험 중 2000kN 이하의 골조 가력 시 활용
	재료시험기	200kN	1	인장시험	재료시험 중 200kN 이하의 인장시험 시 활용
	반력벽 및 바닥	3000kN 6m X 3m X 6m	2	실대형 가력실험	3000kN 이하의 실대형 가력실험 시 반력벽 활용
	TCLP-1MNB (인장 압축형 하중계)	1 MN	1	하중 측정	실험 중 1NM 인장 압축형 하중 측정 시 활용
	KCE-1MNA (센터홀더형 하중계)	1 MN	1	하중 측정	실험 중 1NM 센터홀더형 하중 측정 시 활용
	TCLP-500KNB (인장 압축형 하중계)	500 kN	1	하중 측정	실험 중 500kN 인장 압축형 하중 측정 시 활용
	CLP-10 (고감도 변위계)	10 mm	2	변위 측정	실험 중 10mm 이하의 고감도변위 측정 시 활용
	CLP-25 (고감도 변위계)	25 mm	3	변위 측정	실험 중 25mm 이하의 고감도변위 측정 시 활용
	CLP-50 (고감도 변위계)	50 mm	2	변위 측정	실험 중 50mm 이하의 고감도변위 측정 시 활용
	CLP-100 (고감도 변위계)	100 mm	2	변위 측정	실험 중 100mm 이하의 고감도변위 측정 시 활용
	SDP-100CT (일반용 변위계)	100 mm	3	변위 측정	실험 중 100mm 이하의 변위 측정 시 활용
	DP-1000E (와이어 변위계)	1000 mm	3	대변위 측정	실험 중 1000mm 이하의 대변위 측정 시 활용
	PI-5-100 (파이형 변위계)	± 5 mm	8	균열 변위 측정	실험 중 5mm 이하의 균열변위 측정 시 활용
	KSE-50	20 mm	1	변위 측정	실험 중 20mm 이하의 변위 측정 시 활용
	GL-6000 (전자 저울)	200 kg	1	하중 측정	실험 중 200kg 이하의 하중 측정 시 활용
	MW- II (고정밀도 미량정밀저울)	300 g	1	하중 측정	실험 중 300g 이하의 고정밀 하중 측정 시 활용
	ANY LOGGER (무선 Data Logger)	79×76×31 mm	1	데이터 측정	실험 중 데이터 측정 시 활용 (무선)
	CD4A (Displacement Sensor)	-N CD4-30	1	변위 측정	실험 중 변위 측정 시 활용
		-P CD4-350			
		-LN CD4-85			
		-LP CD4-L25			
	KL2 (Displacement Sensor)	-10 30mm	1	변위 측정	실험 중 변위 측정 시 활용
		-40 85mm			
		-200 350mm			
	TDS-301-01	320×100×420 mm	1	하중 측정	실험 중 하중 측정 시 활용
	TDS-530	320×130×440 mm	1	하중 측정	실험 중 하중 측정 시 활용
	CDP-5	5 mm	1	변위 측정	실험 중 5mm 이하의 변위 측정 시 활용
	CDP-10	10 mm	1	변위 측정	실험 중 10mm 이하의 변위 측정 시 활용
	CDP-25	25 mm	1	변위 측정	실험 중 25mm 이하의 변위 측정 시 활용
	CDP-50	50 mm	1	변위 측정	실험 중 50mm 이하의 변위 측정 시 활용
	CDP-100	100 mm	1	변위 측정	실험 중 100mm 이하의 변위 측정 시 활용
	1232-AJ	450kN	1	하중 측정	실험 중 450kN 이하의 하중

보유 기관	연구시설·장비명	규격	수량	용도	활용 용도 및 시기
					측정 시 활용
경북대학교(상주) 9호관 415호	TDS-540 (데이터로거)	30채널	1	데이터 수집	센서로부터 데이터 취득
	ASW-500 (확장 채널)	50채널	1	데이터 수집	센서로부터 데이터 취득
	SDP-100CT (일반변위계)	100mm	2	변위 측정	100 mm 이하의 변위 측정
	SDP-50CT (일반변위계)	50mm	2	변위 측정	50 mm 이하의 변위 측정
	DP-500E (줄변위계)	500mm	2	변위 측정	500 mm 이하의 변위 측정
	CDP-5 (고감도변위계)	5mm	2	변위 측정	5 mm 이하의 변위 측정
	CDP-25 (고감도변위계)	25mm	2	변위 측정	25 mm 이하의 변위 측정
	CAS WZ-3A (전자저울)	1kgf	1	무게 측정	재하 물체의 무게 측정
	CAS SW-1S (전자저울)	2, 5, 10kgf	3	무게 측정	재하 물체의 무게 측정
	CAS PB (전자저울)	150kgf	1	무게 측정	재하 물체의 무게 측정
	WL-A (가속도계)	±3g	2	가속도 측정	움직이는 물체의 가속도 측정
	SMDS (진동기)	1~14Hz	1	진동기	물체에 진동 유발
	333FDX (소형로드셀)	30kgf	1	하중 측정	가력 하중 측정

6-5. 기관(기업) 정보현황

가. 기관(기업) 현황

	구분		수행 기관명	주식회사 엠텍	경북대학교
①	사업자등록번호			113-86-36924	504-82-09678
②	법인등록번호			110111-4293025	176271-0001921
③	대표자 성명(국적/성별)			심동일(한국/남)	임기병 (대한민국/남)
④	최대 주주(국적)			심동일(한국)	-
⑤	기업(기관) 유형			중소기업	대학
⑥	설립 연월일			2010년 2월 26일	2003년 12월 30일
⑦	주생산 품목			계측,	산학협력사업
⑧	상시 종업원 수			6	90명
⑨	전년도 매출액(백만원)			1,570	182
⑩	매출액 대비 연구개발비 비율			7.26%	83.34%
⑪	부채 비율		2018년	122.5%	89.86%
			2017년	105.6%	68.56%
⑫	유동 비율		2018년	186.37%	161.05%
			2017년	190.58%	173.95%
⑬	자본 잠식 현황	자본 총계(백만원)	2018년	687	85,597
			2017년	648	85,754
		자본금 (백만원)	2018년	250	85,597
			2017년	250	85,754
⑭	이자 보상 비율		2018년	2.427	-
			2017년	1.097	-
⑮	영업 이익 (백만원)		2018년	40	4,464
			2017년	18	-1,722
⑯	기업신용평가 조회 결과 *신용평가기관의 최근 1년이내 평가 결과			B	e-1 (AAA)
⑰	주소			(05854)서울특별시 송파구 법원로 114, B동 1012호(문정동, 엠스테이트)	(41566)대구광역시 북구 대학로 80
⑱	연구기관 별 실무 담당자	성명	임수광		신혜민
		부서/직위	연구개발전담부/부장		박사과정
		사무실 전화	02-3401-0333		053-950-5591
		휴대전화	010-9145-0611		010-6535-8631
		팩스번호	02-3401-0334		053-950-6590
		전자우편	mtocrnd@daum.net		hyemin0705@knu.ac.kr
⑲	연구지원 부서 담당자	성명	서정림		황선주
		부서/직위	관리부/차장		산학협력팀/주무관
		사무실 전화	02-3401-0333		054-530-1553
		휴대전화	010-3593-1235		010-9075-5033
		팩스번호	02-3401-0334		054-530-1559
		전자우편	mtocrnd@daum.net		sjhwang@knu.ac.kr

나. 중소기업 국토교통부소관 연구개발과제 현재 수행 현황

① 수행 기관명

연구 과제명	연구 수행 기관	참여 시작일	참여 기간(개월)
부처명/사업명	참여 유형	참여 종료일	해당 연도 연구개발비
지진 사전경보 및 긴급 건축물 손상도 평가 시스템 개발	국토교통과학기술진흥원	2018. 04. 01	33
국토교통기술사업화지원사업	공동연구책임자	2020. 12. 31	480,000

7. 연구개발비

7-1. 연구개발비 총괄표

1) 연차별 총괄

(단위: 천원)

구분	1차 연도 (2018)		2차 연도 (2019)		3차 연도 (2020)		합계
	금액	%	금액	%	금액	%	
정부출연금	210,000	51.22	330,000	60.0	800,000	60.0	1,340,000
기업부담금	현금	20,000	22,000	4.0	53,400	4.0	95,400
	현물	180,000	198,000	36.0	480,600	36.0	858,600
	소계	200,000	220,000	40.0	534,000	40.0	954,000
정부 외 출연금	0	0	0	0	0	0	0
합계	410,000	100%	550,000	100%	1,334,000	100%	2,294,000

2) 정부출연금, 기업부담금(현금, 현물) 및 정부 외 출연금 배분 내용

(단위: 천원)

구 분			주식회사 엠텍	경북대학교	계
1차년도	정부출연금		110,100	99,900	210,000
	기업 부담금	현금	0	20,000	20,000
		현물	180,000	0	180,000
		소계	180,000	20,000	200,000
	정부 외 출연금		0	0	0
	합계		290,100	119,900	410,000
2차년도	정부출연금		198,000	132,000	330,000
	기업 부담금	현금	0	22,000	22,000
		현물	198,000	0	198,000
		소계	198,000	22,000	220,000
	정부 외 출연금		0	0	0
	합계		396,000	154,000	550,000
3차년도	정부출연금		486,700	313,300	800,000
	기업 부담금	현금	53,400	0	53,400
		현물	480,600	0	480,600
		소계	534,000	0	534,000
	정부 외 출연금		0	0	0
	합계		1,020,700	313,300	1,334,000
총계	정부출연금		848,200	491,800	1,340,000
	기업 부담금	현금	0	95,400	95,400
		현물	858,600	0	858,600
		소계	858,600	95,400	954,000
	정부 외 출연금		0	0	0
	합계		1,706,800	587,200	2,294,000

7-2. 3차년도 연구개발비 비목별 세부 내용

1) 3차년도 비목별 총괄

(단위: 천원)

비목	주식회사 엠텍		경북대학교		합계		구성비 (%)
	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
1. 직접비	530,100	480,600	243,019		773,119	480,600	93.98
1.1 인건비	141,199	19,910	(37,200)		141,199	19,910	12.08
1.2 학생인건비			114,256		114,256		8.56
1.3 연구시설·장비비	255,400	460,690	23,000		278,400	460,690	55.40
1.4 연구활동비	23,301.38		62,884.4		86,185.38		6.46
1.5 연구재료비	81,200		12,379		93,579		7.01
1.6 연구수당	28,999.62		30,500		59,499.62		4.46
1.7 위탁연구개발비							
2. 간접비	10,000		70,281		80,281		6.02
2.1 인력지원비							
2.2 연구지원비							
2.3 성과활용지원비	10,000		70,281		80,281		6.02
합계	540,100	480,600	313,300		853,400	480,600	100%

2) 3차년도 연구개발비 비목별 소요 명세(주관연구기관: 주식회사 엠텍)

가) 차년도 연구개발비 비목별 총괄표

(단위: 천원)

비목	현금	현물	계	구성비 (%)	비고
1. 직접비	530,100	480,600	1,010,700	99.02	
1.1 인건비	141,199	19,910	161,109	15.79	
1.2 학생인건비					
1.3 연구 시설·장비비	255,400	460,690	716,090	69.91	
1.4 연구활동비	23,301.38		23,301.38	2.28	
1.5 연구재료비	81,200		81,200	8.20	
1.6 연구수당	28,999.62		28,999.62	2.84	
1.7 위탁연구개발비					
2. 간접비	10,000		10,000	0.98	
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비					
2.3 성과활용지원비	10,000		10,000	0.98	
합계	540,100	480,600	1,020,700	100%	

나) 2차 연도 연구개발비 비목별 세부 소요 명세

나)-1. 직접비

나)-1-1. 인건비

(단위: 천원)

구분		인력 구분	성명	직위	신규 채용 구분	실지 금액 (A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
								현금	현물	계
참 여 연 구 원	내부 인건비	기존 인력	엄수광	부장	X	84,000	40	13,690	19,910	33,600
			심동일	대표	X	90,000	10	9,000		9,000
			신은자	전무	X	84,000	13	10,920		10,920
			임가은	과장	X	37,260	15	5,589		5,589
		소계(나)						39,199	19,910	59,109
		신규 인력	김인성	이사	Y	54,000	100	54,000		54,000
			심운호	과장	Y	48,000	100	48,000		48,000
			소계(다)						102,000	
	외부 인건비	기존 인력								
			소계(라)							
연구 지원인력 인건비 (비영리법인 연구부서)		기존 인력					-			
			소계(마)							
		신규 인력					-			
			소계(바)							
총액(가=나+다+라+마+바)								141,199	19,910	161,109

나)-1-2. 학생인건비(학생인건비 통합 관리 시행 기관인 경우)

구분	월 급여	월 작업량의 총량	총액	비고
박사후연구원				
박사 과정				
석사 과정				
학사 과정				
합계				

나)-1-2. 학생인건비(학생인건비 통합관리 미시행기관인 경우)

성명	과정명	학과/학부명	월 급여	참여 기간(개월)	참여율(%)	합계(단위: 천원)
합계						

나)-1-3. 연구시설·장비비

(단위: 천원)

구분	내용	단가	횟수(수량, 건)	금액		비고
				현금	현물	
연구시설						
연구장비	터널스캐닝 시스템(일반용)	135,000	1		121,500	
	터널스캐닝 시스템(지하철용)	90,000	1		81,000	
	프로그램 컴파일러	4,970	2		9,940	
	TChart Lib	2,700	1		2,700	
	SGImage Lib	2,000	1		2,000	
	VideoGrabber SDK	2,000	1		2,000	
	DB Dac Lib	1,000	1		1,000	
	TMS Lib	1,750	1		1,750	
	Report Lib	1,000	1		1,000	
	DS-NET	37,800	1		37,800	
	도로터널 촬영용 차량	200,000	1		200,000	
	화상처리용 서버	27,000	1	27,000		
	화상처리용 서버 OS	2,050	1	2,050		
	화상처리용 서버 백신	450	1	450		
	MMS 3D 스캐너	27,000	2	54,000		
	3D 포인터 매핑 프로그램	26,000	1	26,000		
	리니어모터(속도제어고성능)	20,000	2	40,000		
	비전센서 스테레오 카메라	1,700	1	1,700		
	미러리스 카메라	1,200	5	6,000		
	딥러닝 분석용 노트북(GX502GW)	3,000	1	3,000		
	촬영시스템용 노트북	2,000	1	2,000		
	광파거리계(OS-103)	10,945	1	10,945		
	영상분석용 노트북	2,700	1	2,700		
	레이저변위계	8,800	3	26,400		
	휴대형 균열폭 측정기	2,000	1	2,000		
	동적측정장비(SIRIUS)	17,930	1	17,930		
	인스파이어2 (사면촬영용드론)	12,300	1	12,300		
	거리측정장치	11,500	1	11,500		
	속도계	1,000	1	1,000		
	가속도계	2,225	1	2,225		
	전압안정기	2,000	1	2,000		
	조도측정기	2,000	1	2,000		
	영상촬영용 캡코더	1,200	1	1,200		
	경사계	1,000	1	1,000		
통합관리비						
	총액			255,400	460,690	

- 필요성 및 용도

구분	품 명	필요성 및 용도	성과점검기준 표 상 연관 지표
연구장비	화상처리용 서버	터널 화상 처리용 서버	(A-3) 개발 터널스캐닝 프로그램 검증
	화상처리용 서버 OS	터널 화상 처리용 서버 OS	
	화상처리용 서버 백신	터널 화상 처리용 서버 백신	
	MMS 3D 스캐너	구조물 실도면 취득	
	3D 포인트 매핑 프로그램	구조물 실도면 취득 및 확인	
	리니어모터(속도제어고성능)	차량 속도 동기화를 위한 고성능 리니어모터	
	비전센서 스트레오 카메라	터널 사면 현장 촬영	
	미러리스 카메라	리니어 모터를 이용한 터널 내부 촬영	
	딥러닝 분석용 노트북	딥러닝 알고리즘 분석용	
	광파거리계(0S-103)	터널 및 사면 현장 측정	
	영상분석용 노트북	현장 크랙촬영 실시간 분석	
	촬영시스템용 노트북	터널 사면 현장 촬영	
	레이저변위계	터널 현장 변위측정	
	휴대형 균열폭 측정기	터널 균열을 실측하여 영상 분석 결과와 비교	
	동적측정장비	유사환경 테스트 데이터 수집	
	인스파이어2	터널 및 사면 현장 촬영	
	거리측정장치	터널 사면 현장 촬영	
	속도계	차량 속도 동기화를 위한 속도계	
	가속도계	진동 저감 연구를 위한 차량 진동 측정용	
	전압안정기	터널 사면 현장 촬영	
	조도측정기	유사환경 테스트 조도 측정	
	영상촬영용 캠코더	터널 사면 현장 촬영	
	경사계	사면 현장 경사 측정	
시작품/ 시제품/ 시험설비 제작	차량탑재용 리니어모터 설치 지그 제작	차량 속도 동기화를 위한 차량탑재용 리니어 모터 지그 제작	(A-3) 개발 터널스캐닝 프로그램 검증
	차량탑재용 MMS 설치 지그 제작	차량탑재용 MMS 시스템 지그 제작	
	리니어모터 속도 동기용 PLC 제작	차량 속도 동기화를 위한 리니어 모터 속도 동기용 PLC 제작	
시작품/ 시제품/ 시험설비 제작	도로터널용 대차제작	진동 저감을 위한 촬영시스템-발전기 분리용 도로터널 대차 제작	터널스캐닝 프로그램 검증
	촬영시스템 리프트 제작	터널 및 사면 촬영시스템 리프트 제작	
	카메라 컨트롤러 제작	스냅카메라 동시 자동촬영용 컨트롤러 제작	
	차량 탑재용 조명 지그 보완 제작	차량탑재용 리니어 모터를 사용하기 위한 조명 보완 제작	

나)-1-4. 연구활동비

(단위: 천원)

구분	내용		금액	비고
연구활동비	국내여비	책임급	6,800	340X20회
		원급	5,750	230X25회
	회의비		2,700	30X90회
	식대		2,300	10X230회
	사무용품비		2,000	500X4회
	도서비		250	50X5회
	인쇄비		501.38	
	전문가활용비		2,000	500X4회
	위탁정산수수료		1,000	
총액			23,301.38	

나)-1-5. 연구재료비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액		비고
				현금	현물	
연구재료비	차량탑재용 MMS 설치 지그 제작	10,000	1	10,000		
	카메라 컨트롤러 제작	3,000	1	3,000		
	차량탑재용 조명 지그 보완 제작	10,000	1	10,000		
	차량탑재용 리니어모터 설치 지그 제작	5,000	1	5,000		
	리니어모터 속도동기용 PLC 제작	3,000	1	3,000		
	지그보완용 기타 소요부품	5,000	1	5,000		
	도로터널 용 대차제작	15,000	1	15,000		
	촬영시스템 리프트 제작	12,000	1	12,000		
	카메라대여	1,500	1	1,500		
	유류비	700	1	700		
	운반비	1,000	1	1,000		
	조명대여	1,000	1	1,000		
	촬영 데이터에 대한 현장 검증 용역	10,000	1	10,000		
	리니어모터 지지용 알루미늄프로파일	1,500	2	3,000		
	현장작업용 천막	1,000	1	1,000		
총액				81,200		

나)-1-6. 연구수당

(단위: 천원)

구분	산정 기준	금액	비고
연구수당	인건비×(18)%=(28,999.620)원	28,999.62	
합계		28,999.62	

나)-2. 간접비

① 영리기관의 경우

(단위: 천원)

구분		성명	직위	신규 채용 구분	실지 금액 (A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
							현금	현물	계
인력 지원 비 (1)	지원인력인건비								
	연구개발능률성과급								
	연구지원전문가 인건비								
	소계(C)								

구분		내용	단가	횟수 (수량, 건)	금액	비고
기타 (2)	연구지원에 관한 경비(D)					
	성과활용지원에 관한 경비(E)	신기술인증	1	1	10,000	
	소계(F=D+E)				10,000	
간접비 총액(G=C+F)					10,000천원(간접비율:0.98%)	

② 비영리기관의 경우

(단위: 천원)

총액	천원(간접비율: %)
----	-------------

3) 3차년도 연구개발비 비목별 소요 명세(공동연구기관: 경북대학교)

가) 차년도 연구개발비 비목별 총괄표

(단위: 천원)

비목	현금	기업부담금 (천원)	계	구성비 (%)	비고
1. 직접비	243,019		243,019	77.57	
1.1 인건비	(37,200)	0	(37,200)	0	
1.2 학생인건비	114,256	0	114,256	36.47	
1.3 연구 시설·장비비	23,000	0	23,000	7.34	
1.4 연구활동비	62,884.4	0	62,884.4	20.07	
1.5 연구재료비	12,379	0	12,379	3.95	
1.6 연구수당	30,500	0	30,500	9.73	
1.7 위탁연구개발비	0	0	0	0	
2. 간접비	70,281	0	70,281	22.43	
2.1 인력지원비	0	0	0	0	
2.2 연구지원비	0	0	0	0	
2.3 성과활용지원비	70,281	0	70,281	22.43	
합계	313,300	0	313,300	100	

나) 2차 연도 연구개발비 비목별 세부 소요 명세

나)-1. 직접비

나)-1-1. 인건비

(단위: 천원)

구분		인력 구분	성명	직위	신규 채용 구분	실지금액 (A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
								현금	현물	계
참 여 연 구 원	내부 인건비	기존 인력	이수현	조교수	N	79,200	20.00	(15,840)		(15,840)
			신경재	교수	N	116,400	10.00	(11,640)		(11,640)
			김홍진	교수	N	116,400	10.00	(11,640)		(11,640)
			이준섭	박사과정	N	5,000	56.00	2,800		2,800
			이준섭	박사과정	N	25,002	54.38	13,596		13,596
			신혜민	박사과정	N	5,000	24.00	1,200		1,200
			신혜민	박사과정	N	25,000	52.00	13,000		13,000
			김구연	석사과정	N	36,000	55.56	2,000		2,000
			김구연	석사과정	N	18,000	100.00	18,000		18,000
			지형진	석사과정	N	21,600	38.89	8,400		8,400
			노다훈	석사과정	N	3,600	52.78	1,900		1,900
			노다훈	석사과정	N	18,000	100.00	18,000		18,000
			오지훈	학사과정	N	2,000	50.00	1,000		1,000
			이용찬	학사과정	N	12,000	50.00	6,000		6,000
			소계(나)							85,896

참여연구원	내부 인건비	신규 인력	오지훈	석사과정	Y	18,000	38.89	7,000		7,000
			권기혁	석사과정	Y	3,600	23.89	860		860
			권기혁	석사과정	Y	18,000	80.56	14,500		14,500
			오현진	학사과정	Y	12,000	50.00	6,000		6,000
	소계(다)							28,360		28,360
	외부 인건비	기존 인력								
			소계(라)					-		-
연구 지원인력 인건비 (비영리법인 연구부서)	기존 인력					-				
		소계(마)								
	신규 인력					-	-		-	
		소계(바)					-		-	
총액(가=나+다+라+마+바)								114,256		114,256

나)-1-2. 학생인건비(학생인건비 통합 관리 시행 기관인 경우)

구분	월 급여	월 작업량의 총량	총액	비고
박사후연구원	3,500	0	0	
박사 과정	2,500	12.2384	30,596	
석사 과정	1,800	39.2556	70,660	
학사 과정	1,000	13.0000	13,000	
합계		64.49	114,256	

나)-1-3. 연구시설·장비비

(단위: 천원)

구분	내용	단가	횟수 (수량, 건)	금액		비고
				현금	현물	
연구시설						
연구장비	무진동 면진장치 시스템	19,500	1	19,500		
	촬영시스템용 노트북	2,000	1	2,000		
	영상촬영용 캠코더	1,500	1	1,500		
통합관리비						
총액				23,000		

- 필요성 및 용도

구분	품 명	필요성 및 용도	성과점검기준표 상 연관 지표
연구장비	무진동 면진장치 시스템	면진장치를 활용한 진동저감	(B-1) 계측장비 전달진동 저감능력
	촬영시스템용 노트북	리니어모터 프로그램 개발	(A-1) 딥러닝기반 크랙판단 알고리즘 개발 (A-3) 개발 터널스캐닝 프로그램 검증
	영상촬영용 캠코더	영상노이즈 평가	(A-3) 개발 터널스캐닝 프로그램 검증

나)-1-4. 연구활동비

(단위: 천원)

구분	내용		단가	내역 (인,횟수 등)	금액	비고
연구 활동비	인쇄 및 복사	흑백인쇄	0.05	15,008	750.4	
		컬러인쇄	0.5	3,228	1,614	크랙촬영본 컬러인쇄
		발표자료제본	10	103	1,030	
	전문가활용비		500	7	3,500	신기술 인증 기술자문
	교육훈련비		600	3	1,800	딥러닝 알고리즘 교육
	세미나개최/학회참가비		2,000	2	4,000	딥러닝 관련 현장실험 세미나 / 신기술 인증 기업 세미나 개최
	기술정보수집비	신기술 정보수집비	600	2	1,200	
		신기술 심사비	4,000	1	4,000	1~2차 심사료
	문헌구입비		300	3	900	
	국내출장여비	책임급	340	18	6,120	340천원*3인*9회
		원급	230	24	5,520	230천원*5인*12회
	사무용품비		600	4	2,400	
	전산소모품		400	4	1,600	
	식대		10	975	9,750	10천원*15인*65회
	회의비		30	480	14,400	30천원*15인*32회
	연구환경 유지를 위한 기기비품 / 유지비용	공기정화기	500	1	500	
		냉난방기	600	1	600	
		책상,의자 파티션 등 연구비품	1,000	2	2,000	
		캐비넷	400	3	1,200	
총액			62,884.4			

나)-1-5. 연구재료비

(단위: 천원)

구분	내역	단가	횟수(수량, 건)	금액		비고
				현금	현물	
연구재료비	아두이노 모듈구입비	150	10	1,500	0	
	카메라 지그제작	300	5	1,500	0	
	알루미늄 프로파일 및 부속	223	5	1,115	0	
	리니어모터 연결부 설계용 볼트	200	5	1,000	0	
	면진볼트 및 매트구입	150	10	1,500	0	
	각종 센서 구입	100	10	1,000	0	
	이동식 저장장치	200	8	1,600	0	
	아크릴 부속 제작	200	5	1,000	0	
	셔터센서	50	8	400	0	
	발전기 연결전선 및 유류/관리	500	3	1,500		
	파워뱅크	263.6	1	263.6		
총액				12,378.6	0	

나)-1-6. 연구수당

(단위: 천원)

구분	산정 기준	금액	비고
연구수당	인건비×(19.89)%=(30,500,000)원	30,500	
합계			

나)-2. 간접비

① 영리기관의 경우

(단위: 천원)

구분		성명	직위	신규 채용 구분	실지 금액 (A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
							현금	현물	계
인력 지원 비 (1)	지원인력인건비								
	연구개발능률성과급								
	연구지원전문가 인건비								
		소계(C)							

구분		내용	단가	횟수 (수량, 건)	금액	비고
기타 (2)	연구지원에 관한 경비(D)					
	성과활용지원에 관한 경비(E)					
		소계(F=D+E)				
간접비 총액(G=C+F)					천원(간접비율: %)	

② 비영리기관의 경우

(단위: 천원)

총액	70,281 천원(간접비율: 28.92%)
----	-------------------------

8. 보안등급의 분류 및 결정 사유

보안등급 분류	보안	일반
		○
결정 사유		

9. 연구실 안전조치 이행계획

가. 연구실 안전조치 이행계획

1. 공동연구기관인 경북대학교 산학협력단은 본 과제 수행에 있어서 「경북대학교 연구실안전관리 규정」을 준수하고 안전한 연구환경 조성을 위하여 적극 협조한다.

2. 연구실 안전관리 총괄

가. 전담 기관명 : 연구실안전관리센터

나. 담당자

소 속		구 분	성 명	연 락 처	업 무
대구캠퍼스	연구실안전관리센터	총괄담당자	이영호	053-950-7662	안전관리 총괄
	연구실안전관리센터	연구실안전환경관리자	박선민	053-950-7663	안전교육, 안전공제보험, 위원회
	연구실안전관리센터	연구실안전환경관리자	허원준	053-950-7665	정기점검, 정밀안전진단, 화학안전
	연구실안전관리센터	생물안전관리자/ 연구실안전환경관리자	김정화	053-950-7664	LMO관리, 안전교육, 의료폐기물, 생물안전
	연구실안전관리센터	연구실안전환경관리자	이경민	053-950-7666	건강검진, 작업환경수시점검, 가스안전
상주캠퍼스	행정지원부	연구실안전환경관리자	이창섭	054-530-1561	상주캠퍼스 안전관리 총괄
	행정지원부	연구실안전환경관리자	고범진	054-530-1597	상주캠퍼스 안전관리
	행정지원부	연구실안전환경관리자	-		2018.2. 전담인력 채용 예정

3. 연구실 안전관리 계획

가. 안전관리규정 연구실 비치 및 준수

1) 본 과제의 연구책임자 및 연구실안전관리담당자는 해당 연구실에 **경북대학교 연구실안전관리 규정** 및 **MSDS, 비상연락망, 연구실사고 매뉴얼** 등을 비치하고, 과제 참여자들에게 이를 숙지하고 준수하도록 교육한다.

2) 연구실 안전점검

구 분	점 검 대 상	점검방법	점검시기	점검기관
일상점검 연안법 제8조	• 과학기술분야 전체 실험실	육안점검	연구활동시 (매일)	연구실책임자 연구실안전관리담당자
정기점검 연안법 제8조	• 과학기술분야 전체 실험실	위탁점검	년 1회	연구실안전관리센터 안전점검 전문기관
정밀안전진단 연안법 제9조	• 과학기술분야 전체 실험실	위탁점검	2년 1회	연구실안전관리센터 안전점검 전문기관

3) 교육 훈련

구 분	교 육 대 상	교육방법	교육시기	교육기관
신규교육 연안법 제18조 시행령 제17조 시행규칙 제9조	• 과학기술분야 신규채용 연구활동종사자(교수, 연구원, 대학(원)생 등)	집합교육	채용시 2시간 이상	연구실안전관리센터 대학·학과·연구실 자체 (대학의 조교수 이상)

정기교육 연안법 제18조 시행령 제17조 시행규칙 제9조	• 과학기술분야 대학생(수료등록생, 시간제등록생 포함), 교수, 연구원(이하 “연구활동종사자”라 함)	온라인 교육 집합교육	영 제9조제1항 연구실 영 제9조제1항 외 연구실 반기별 6시간 이상 반기별 3시간 이상	연구실안전관리센터 대학학과·연구실 자체 (대학의 조교수 이상)
특별안전교육 연안법 제18조 시행령 제17조 시행규칙 제9조	• 연구실사고가 발생하였거나 발생할 우려가 있다고 연구주체의 장이 인정하는 연구실에 근무하는 연구활동종사자	집합교육	총장이 필요하다고 인정할 시	연구실안전관리센터 대학학과·연구실 자체 (대학의 조교수 이상)

가) 온라인 교육 : 경북대학교 연구실안전관리시스템 (<http://safe.knu.ac.kr/>) 활용

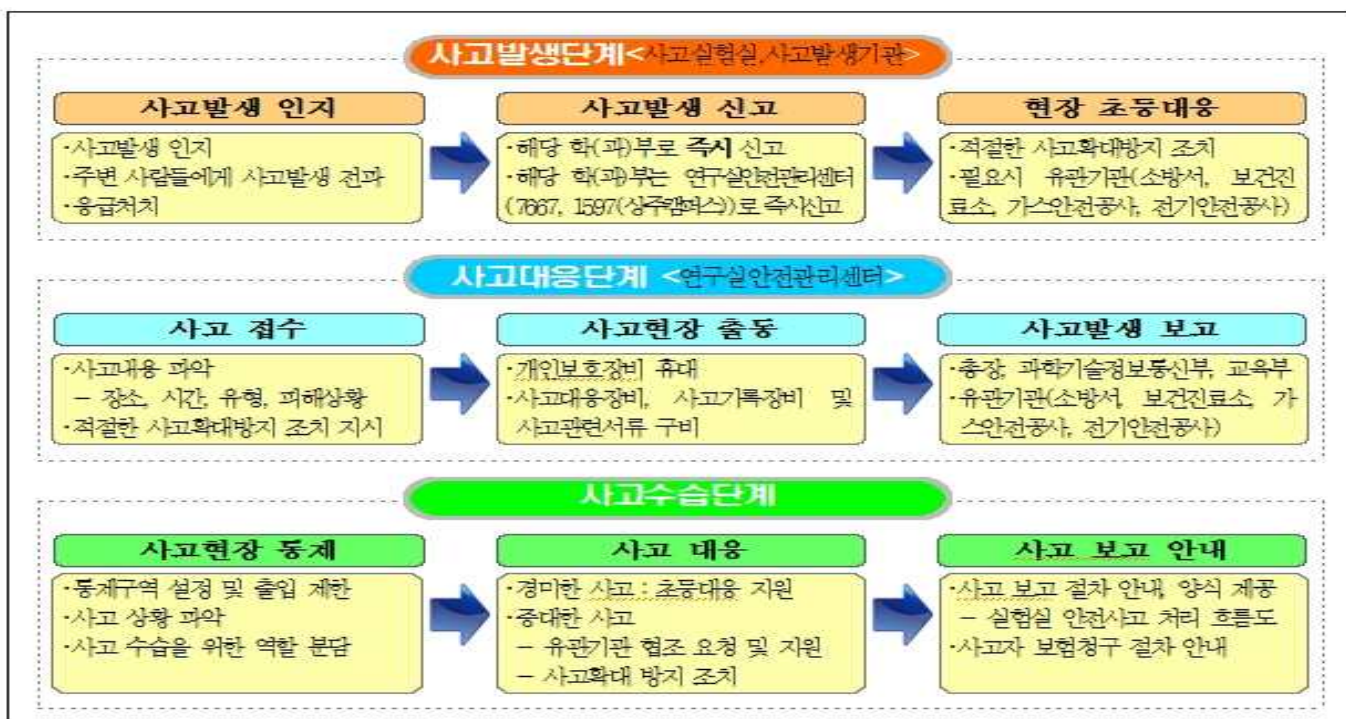
4) 보험가입 현황

구 분	대 상	주요내용	가입시기	관리기관
보험가입 연안법 제14조 시행령 제15조 시행규칙 제8조	• 과학기술분야 대학(원)생, 수료등록생, 시간제등록생, 비급여 연구원 등	• 상해사망 : 1억원 • 후유장애 : 1억원 • 의료비 : 1천만원	년 1회	연구실안전관리센터 안전공제보험기관

5) 건강검진

구 분	대 상	주요내용	시기	관리기관
일반건강검진 연안법 제18조 시행규칙 제10조	• 연구활동종사자	• 모든 연구활동종사자	년 1회	연구실안전관리센터 건강검진전문기관
특수건강검진 연안법 제18조 시행규칙 제10조	• 연구활동종사자	• [산업안전보건법 시행규칙 별표12의3] 특수유해인자 취급 연구활동종사자 • 특수건강검진 결과 질병이 의심되는 연구활동종사자	산업안전보건법 시행규칙 별표12의3 참조 산업안전보건법 시행규칙 별표13의 추가 검사	연구실안전관리센터 건강검진전문기관 건강검진담당자

4. 연구실 안전사고 대응 절차



5. 수행과제 및 연구실별 추가 이행계획

구 분		직 위	성 명	연락처	역할
경북대학교 건설환경에너지공학부	연구실책임자	교수	신경재	010-8802-0246	연구실 성격에 맞는 자체 안전 지침 작성
경북대학교 건설환경에너지공학부	연구실 안전 관리 담당자	석사과정	유철호	010-4134-9119	안전보호장비와 안전표지 설치
경북대학교 건설환경에너지공학부	연구실책임자	교수	김홍진	010-3711-2520	특수위험 연구 실의 별도 소화 설비 설치
경북대학교 건설환경에너지공학부	연구실 안전 관리 담당자	석사과정	김구연	010-3525-2746	실험실에 소화 설비를 설치하 여 사고 확산을 예방
웅복합시스템공학부	연구실책임자	조교수	이수현	010-3188-4787	안전 보호 장 비 및 시설 보완
웅복합시스템공학부	연구실 안전 관리 담당자	학사과정	이용찬	010-5032-4366	자체 안전지침 작성, 비치