

최종보고서(일반과제용)										보안등급	
										일반[✓], 보안[]	
중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명		국토교통기술촉진연구사업			
전문기관명	국토교통과학기술진흥원					내역사업명		국토교통기술혁신연구 (사회이슈해결 유형)			
공고번호	공고-제2019-2호				연구개발과제번호		21CTAP-C152144-03				
국가과학기술 표준분류	1순위 시설물점검/진단기술 EI1101		80%	2순위 설계 표준화기술 EI0301		10%	3순위 설계 정보화기술 EI0302		10%		
연구주제	(대분류) 걱정없는 안심사회			(중분류) 생활안전, 재난재해, 주거			(소분류) 불량주택 및 시설물				
연구개발과제명	국문	시설물 점검 및 진단 장비 검·인증을 위한 성능평가 기술개발									
	영문	Performance Evaluation Method for the Verification and Certification of Facility Inspection and Diagnosis Equipment									
주관연구개발기관	기관명	국토안전관리원				사업자등록번호		138-82-01426			
	주소	(우) 52856 경남 진주시 예나로128번길 24				법인등록번호		134146-0000051			
주관연구책임자	성명	김영민				직위		수석연구원			
	연락처	직장전화	055-771-4731				휴대전화		010-2273-8966		
		전자우편	youngminkim@kalis.or.kr				국가연구자번호		1011 5503		
연구개발기간	전체	2019. 4. 19. - 2021. 12. 31. (2년 9개월)									
	1년차	2019. 4. 19. - 2019. 12. 31.(9개월)									
	2년차	2020. 1. 1 - 2020. 12. 31.(1년)									
	3년차	2021. 1. 1 - 2021. 12. 31.(1년)									
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	600,000			-	-	-	-	600,000		600,000	-
1년차	134,000			-	-	-	-	134,000		134,000	-
2년차	135,000			-	-	-	-	135,000		135,000	-
3년차	331,000			-	-	-	-	331,000		331,000	-
공동연구개발기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화		전자우편		비고			
								역할		기관유형	
공동연구개발기관	인하대학교 산학협력단	김정렬	교수	032-860-7586		jungkim@inha.ac.kr					
	대한건설 정책연구원	홍성호	연구위원	02-3284-2600		hsh3824@icon.re.kr					
위탁연구개발기관											
연구개발기관 외 기관											
연구개발담당자 실무담당자	성명	조아영				직위		연구원			
	연락처	직장전화	055-771-4728				휴대전화		010-6402-2966		
		전자우편	jay0109@kalis.or.kr				국가연구자번호		1262 7516		

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022년 3월 18일

연구책임자 : 김 영 민

주관연구개발기관의 장 : 국토안전관리원 김 일 환

공동연구개발기관의 장 : 인하대학교 산학협력단 유 창 경

공동연구개발기관의 장 : 대한건설정책연구원 유 병 권

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	4
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	9
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	162
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	174
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	174
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	174
7. 참고 문헌	174

별첨자료(성과 증빙자료 등)

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

- (최종연구목표)
 - 시설물 성능 확보·관리를 위한 점검 및 진단 장비 성능평가* 기술 개발
 - *성능평가 : 진단장비의 성능 검증 체계 및 장비의 정량화 기준, 기법
- (최종연구성과)
 - 시설물 점검 및 진단장비 성능평가를 위한 성능평가 체계 개발 및 장비별 정량적 기준 개발
 - 지속적인 성능관리를 위한 제도화 추진 및 선진화 전략 수립
- (세부목표)
 - 진단장비 성능평가 체계 개발 및 Testbed 시범운영, 정책지원
 - 성능평가를 위한 진단장비별 정량화 기준 개발
 - 성능평가 제도화 추진 및 고도화 전략 수립

2) 연구개발과제의 연차별 목표



<연차 및 기관별 연구내용, 최종성과>

○ 최종성과물의 기술성숙도 설정근거

구분		연구착수	연구종료	단계별 설명
기초연구 단계	TRL 1	☐	☐	 TRL 1 이론적 연구단계 TRL 2 기술적 개념정립 단계 TRL 3 실험적 증명 단계 TRL 4 실험실 성능평가 단계 TRL 5 유사환경 시험 단계 TRL 6 유사환경 기술시험 단계 TRL 7 실제환경 시작품 데모 단계 TRL 8 시제품 설치 및 성능시험 단계 TRL 9 현장적용/사업화 단계
	TRL 2	☒	☐	
실험 단계	TRL 3	☐	☐	
	TRL 4	☐	☐	
시작품 단계	TRL 5	☐	☐	
	TRL 6	☐	☒	
실용화 단계	TRL 7	☐	☐	
	TRL 8	☐	☐	
사업화 단계	TRL 9	☐	☐	

최종성과물	기술성숙도(TRL)		설정근거
	연구시작시	연구종료시	
시설물 점검 및 진단장비 검·인증을 위한 성능평가 기술	TRL 2	TRL 6	-(연구시작시) 본 연구는 시설물의 안전 및 성능 확보·관리를 위해 점검 및 진단장비 성능평가 기술개발과 성능평가 체계 마련 및 고도화 전략 수립이 최종 목표임. 점검 및 진단장비에 대한 성능평가기준이 부재한 실정이며, 안전점검시 활용 장비 분류, 성능 기준 검토, 첨단기술 활용에 따른 검증방안 제시부터 연구수행 예정으로 기술적 개념정립 단계인 TRL 2단계가 적정하다고 판단됨 -(연구종료시) 진단 및 유지관리 시장에 활용되는 진단장비 및 첨단장비에 대한 성능평가를 위한 기준 제시 및 기준에 따른 시편제작, 실제 시설물의 Testbed 시범 운영 등 유사환경 기술 시범단계인 TRL6 단계가 적정하다고 판단됨

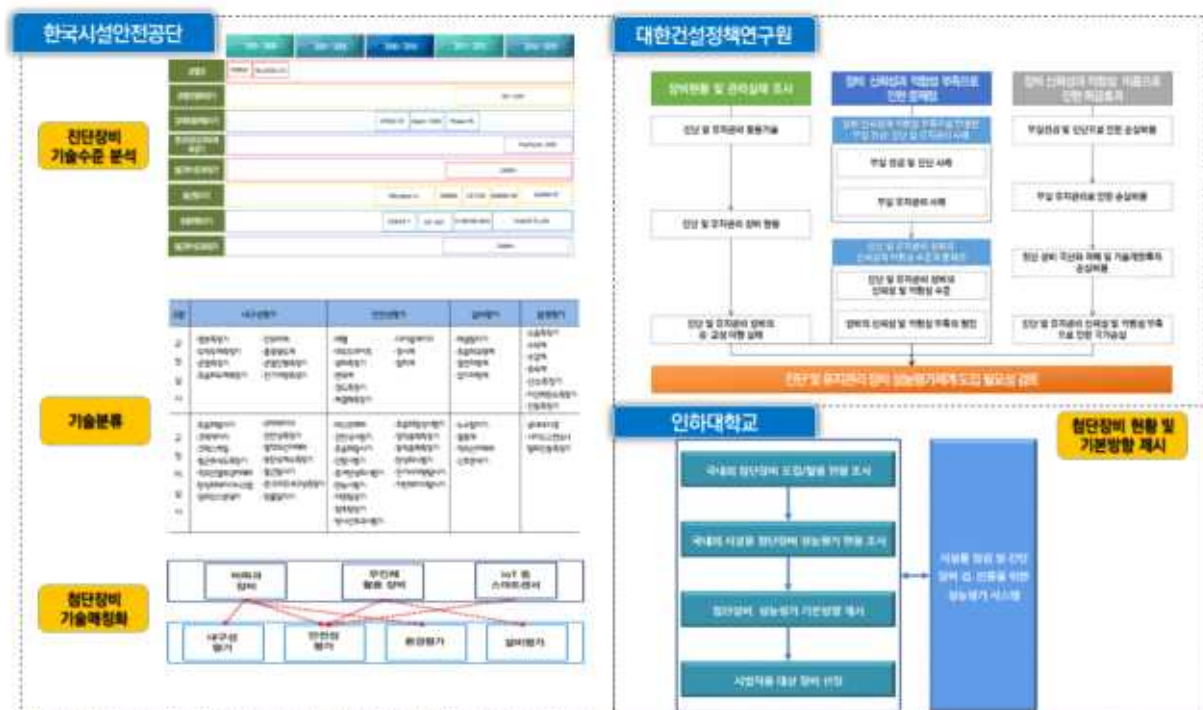
○ 1차년도(2019)

① 개발 목표

- 주관연구기관(국토안전관리원): 진단장비 기술수준 분석 및 정책지원
- 공동연구기관(인하대학교): 진단장비 활용 현황 및 성능평가 기본방향 제시
- 공동연구기관(대한건설정책연구원): 진단장비 성능평가 제도화 Framework 구축

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(국토안전관리원):
 - 진단장비(기존진단장비) 기술수준 분석
 - 진단장비 성능평가 기준별 기술분류 및 매칭화
 - 국토교통부 등 유관기관 제도화 정책 지원
- 공동연구기관(인하대학교):
 - 첨단장비 활용 현황 및 기술 시사점 도출
 - 첨단장비 성능평가 기준 조사 및 시사점 도출
 - 첨단장비 성능평가 기준 기본방향 제시
- 공동연구기관(대한건설정책연구원):
 - 진단장비 성능평가 도입 필요성 검토
 - 진단장비 평가 부재로 인한 문제점/파급효과 분석
 - 진단장비 성능평가 도입 방안 및 기본방향 제시



<1차년도 연구내용>

○ 2차년도(2020)

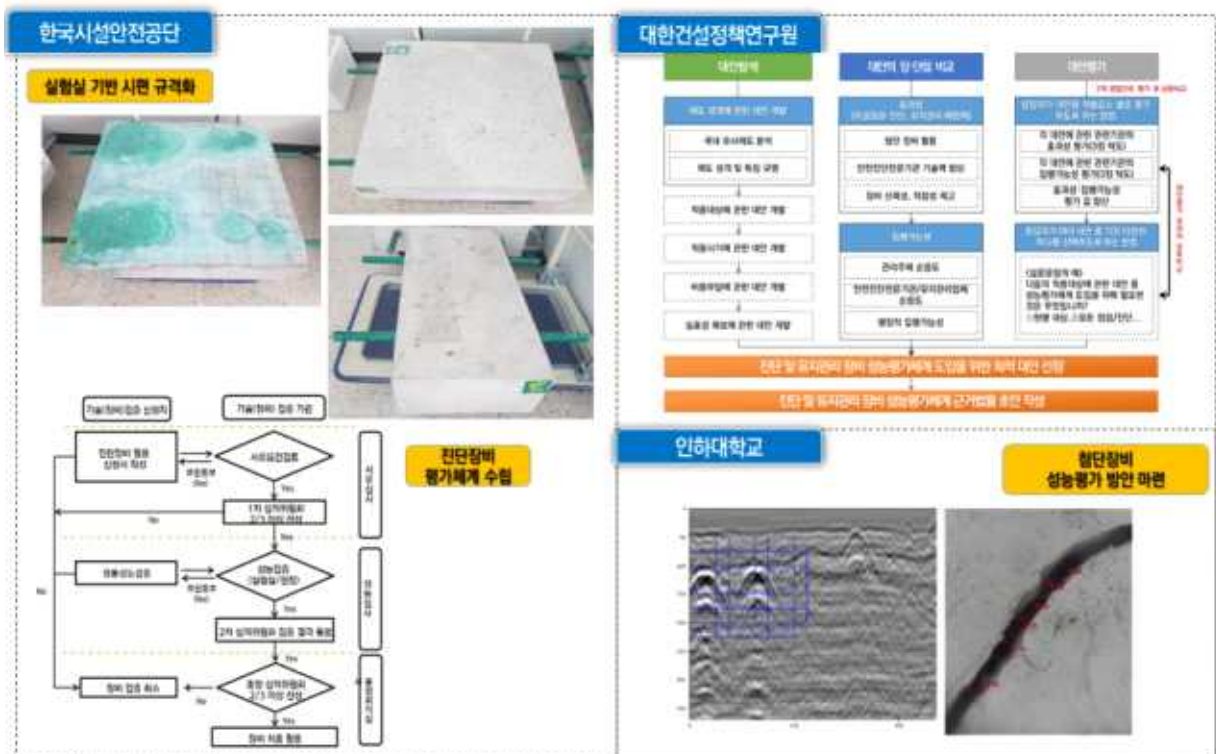
① 개발 목표

- 주관연구기관(국토안전관리원): 실험실 기반 진단장비 기준 제시 및 성능평가 체계(안) 수립
- 공동연구기관(인하대학교): 실험실 기반 첨단기술 성능평가 기준 제시
- 공동연구기관(대한건설정책연구원): 진단장비 성능평가 제도(안) 및 실시방안 수립

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(국토안전관리원):
 - 실험실 기반 진단장비 성능평가 기준 및 시편 최적화 실험(기존장비), 규격화 제시
 - 진단장비 성능평가 체계(안) 제시
 - 국토교통부 등 유관기관 제도화 정책 지원
- 공동연구기관(인하대학교)
 - 첨단장비 국내외 표준화 및 성능평가 기준조사
 - 실험실 기반 첨단기술 성능평가 기준(안) 제시
 - 실험실 기반 첨단기술 성능평가 시편 규격화 방안 제시
- 공동연구기관(대한건설정책연구원)
 - 성능평가 운영인력 및 비용 추정, 파급효과 등 시장성 분석
 - 시설물안전법 등 타 법령간 관계 분석
 - 관련법령의 제·개정(안) 작성

(예시: 시설물 안전법 시행령 및 시행규칙 검토 및 개정(안) 제시 : 점검 및 진단장비는 전문기관의 검인증을 받은 소요성능을 갖춘 장비로 규정하는 등)



<2차년도 연구내용>

○ 3차년도(2021)

① 개발 목표

- 주관연구기관(국토안전관리원): 진단장비 정량화 기준(안) 제시 및 진단장비 성능평가체계 Testbed 시범운영
- 공동연구기관(인하대학교): 현장기반 첨단기술 성능평가 방안 제시
- 공동연구기관(대한건설정책연구원): 진단장비 성능체계 선진화 로드맵 작성

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(국토안전관리원):
 - 진단장비(기존장비, 첨단장비) 성능평가 정량화 기준(안) 제시
 - 진단장비 성능평가 체계 수립 및 Testbed 시범운영
 - 국토교통부 등 유관기관 제도화 정책 지원
- 공동연구기관(인하대학교):
 - 현장 기반 첨단장비 성능평가 정량화 방안 제시
 - 현장검증을 통한 첨단장비 성능평가 방안 Feedback
- 공동연구기관(대한건설정책연구원):
 - 진단장비 관련 성능평가 환경변화 및 GAP 분석 실시
 - 해외 인프라 점검 및 진단 장비 성능평가 기술수준 및 동향분석
 - 진단장비 성능평가 수요분석 및 예측
 - 해외 기술 대비 경쟁력 확보방안 등 단계별 성능평가 체계 선진화 방안 수립



<3차년도 연구내용>

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

○ 정량적 연구성과 목표(전체)

구분	년도	세부 연구목표	세부 연구개발 내용	평가목표 및 착안점	가중치 (연구비)	추진일정			
						1분기 (1/4)	2분기 (2/4)	3분기 (3/4)	4분기 (4/4)
1차년도	2019	진단장비 검·인증을 위한 성능평가 체계	진단장비 기술분류 및 성능분석	기술분류 및 성능분석의 적정성	5 (40)				
		첨단장비 성능평가 기법 개발	첨단장비 동향조사 및 성능평가 방향	국내외동향조사 결과, 성능평가 방향의 적정성	5 (30)				
		진단장비 성능평가 체계 제도화	성능평가체계 도입 방안 제시	성능평가체계 도입 방안에 대한 현실성	10 (64)				
2차년도	2020	진단장비 검·인증을 위한 성능평가 체계	실험실 기반 성능평가 체계 개발	실험실 기반 진단장비의 성능평가체계의 구체성	10 (45)				
		첨단장비 성능평가 기법 개발	첨단장비의 실험실 기반 성능평가 기법 개발	첨단장비의 실험실 기반 성능평가 기법 구체성	10 (50)				
		진단장비 성능평가 체계 제도화	성능평가체계 제도(안) 제시	법령 제·개정(안)의 적정성	5 (40)				
3차년도	2021	진단장비 검·인증을 위한 성능평가 체계	진단장비 (현장기반 포함) 성능평가 체계 개발	진단장비 성능평가 체계의 현실성	30 (175)				
		첨단장비 성능평가 기법 개발	첨단장비의 현장기반 성능평가 기법 개발	첨단장비 현장기반 성능평가 기법 적정성	20 (110)				
		진단장비 성능평가 체계 제도화	성능평가체계 고도화 로드맵	고도화 로드맵의 구체성	5 (46)				

○ 진단장비 성능평가 체계 개발

1) 진단장비의 기술수준 분석

(1) 국내·외 현황

- (기술첨단화) 4차 산업혁명 및 정부정책에 따른 무인체, 비파괴 기술, 센서의 발전에 따라 점검 및 진단 등 유지관리 시장에 첨단장비 도입 예상
- 첨단장비의 유지관리 시장 도입 증가가 예상되나 검·인증체계 부재
- “제4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획(2018~2022)” 세부추진과제 “첨단 기술 테스트베드 및 성능검증 체계 구축” 제시

<표 1.1 제4차 기본계획의 추진전략 중 세부추진과제>

추진전략	세부 추진과제
4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 안전 및 유지관리 고도화	2-1 시설물 안전 및 유지관리 기술혁신 생태계 조성 2-2 시설물 정보공유 플랫폼 구축 2-3 시설물 안전 및 유지관리 차세대 핵심기술 확보 2-4 첨단 기술 테스트베드 및 성능검증 체계 구축

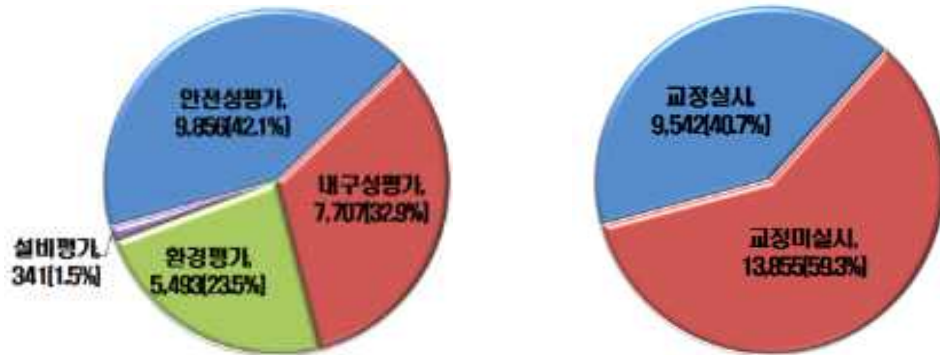
- (안전점검 장비 성능관리 기준 부재) 시설물안전법, 시행령, 지침 등에는 안전진단전문기관 등록, 안전점검 실시 경우의 장비, 장비 소요성능에 대하여 언급하고 있으나 세부 기준 부재
- (안전점검 장비 사각지대 발생) 지침 제8조 7항에 따르면 안전점검등에 사용하는 장비는 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의하여 검·교정을 실시하며, 이외의 장비는 성능관리 기준 미흡
- 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」 대상 검·교정 진단장비는 43% 수준(64종 중 28종 교정실시)
 - * 공단에서 내구성평가, 안전성평가, 설비평가, 환경평가로 구분하여 64종의 진단장비 제시(출처: 한국시설안전공단 시설물점검진단 장비 및 활용매뉴얼)
 - * 국가표준기본법 범위 : 길이 및 관련량, 질량 및 관련량, 시간 및 주파수, 전기·자기/전자파, 온도 및 습도, 음향 및 진동, 광량, 전리방사선, 물질량 등 측정
 - * 계량에 관한 법률 범위 : 국가표준기본법에 따른 기본단위 · 유도단위 또는 특수단위를 사용하여 계량하는 기계 · 기구

<진단기술별 교정실시, 미실시 분류 현황>

구분	내구성평가		안전성평가		설비평가	환경평가
고정설시	-영분측정기 -도막두께측정기 -균열측정기 -초음파두께측정기	-전위계 -흡광광도계 -균열진행측정기 -전기저항측정기	-라벨 -데오드라이트 -광학측정기 -변위계 -경도측정기 -해결력측정기	-다이어얼계 -경사계 -침하계	-매선탐지기 -초음파유량계 -열전저항계 -접지저항계	-소음측정기 -수위계 -수압계 -유속계 -산소측정기 -이산화탄소측정기 -진동측정기
고정미시	-초음파탐상기 -크랙계 -크랙스케일 -철근부식도측정기 -적외선열화상카메라 -탄성파레이더시스템 -임피던스분석기	-GPR레이더 -건전성측정기 -열적외선카메라 -동탄성계수측정기 -철근탐상기 -콘크리트내구성측정기 -탄화탄소기	-테스트해머 -건전성시험기 -초음파탐상기 -인발시험기 -중거탄성파시험기 -만능시험기 -자분탐상기 -침투탐상기 -방사선투과시험기	-초음파접합시험기 -정적응력측정기 -동적응력측정기 -탄성파시험기 -전기비저항탐상기 -지반레이더탐상기	-누수탐지기 -열류계 -적외선카메라 -신호분석기	-공내배사경 -사이드스캔소나 -벌파진동측정기

○ (업계 진단장비 현황) 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의해 검·교정 실시되는 장비는 40.7%이며, 59.3%는 미실시로 성능관리 부재

- 강재비파괴시험장비, 균열폭측정측정기 외 20종 총 23,397EA 업계에서 활용중(출처: FMS, '18.5.)



<점검 및 진단장비 분류 및 검·교정 실시 현황>

○ (첨단장비 도입시 문제점 가중) 점검 및 진단 등 유지관리 시장에 첨단장비 도입 및 활용 증가에 따라 시설물에 대한 성능관리 문제점 가중 예상



(a) 점검 로봇



(b) GPR 탐사



(c) 드론

<첨단장비를 활용한 시설물 안전 점검 및 진단 사례>

점검 및 진단장비 문제점과 대책	
문제점	필요 대책
① 4차산업혁명 등 기술발전에 따라 시설물 안전 및 유지관리 시장의 첨단장비 활용증가 예상되나, <u>검·인증 체계 부재</u>	- 시설물 점검 및 진단 등 안전과 유지관리를 위한 첨단장비 검·인증 기술개발, 성능평가 체계 마련 및 고도화 필요
② 시설물안전법에서 <u>안전진단전문기관</u> 등록, <u>안전점검 및 정밀안전진단을 실시할 경우의 장비, 소요성능에 대하여 언급하고 있으나 기준 부재</u>	
③ 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 <u>검교정을 실시하고 있으나, 사각지대 발생</u>	

(2) 진단장비 기술수준 분석을 위한 활용 장비 DB 화

- 시설물통합정보시스템(FMS)을 활용하여 안전진단분야 장비 분석 실시하였으며, 강재초음파탐사기 외 21종 23,397EA 활용 중

(3) 시대별 장비 모델 분석을 위한 장비별 이슈현황 조사

- 기술수준 분석 등을 위해 진단장비별 활용 시기 및 장비별 모델 업데이트 시기 조사
- 정밀성, 활용성 등 장비별 개발요소 조사 및 검토

	1995~2000	2001~2005	2006~2010	2011~2015	2016~2019
균열경	PSM40	No.2028 * 01			
탄성파탐사기		TERRALOC MK6/48		NL Pxe-8133	
강재초음파탐사기			EPOCH XT Epoch 1000i	Phasor XS	EPOCH-6LT
철근탐사기			PRO MOD 5+	SSMINI SSMINI HR	CS1700 CS2500 SSMINI XT
초음파탐사기			PUNDIT7 UK 1401	PULSAR-2.2	PUNDIT PL 200
디지털내공변위계				EM30B	EM30C
정적변형측정기				UCAM 60B	UCAM 60C-AC-M14
자분탐상기			MY-2		MP-A2D
금속관로탐사기			RD4000X(PDL)/T10		RDB000PDLB/TX10B
금속경도측정기				HARTIP 3000	
지반레이더탐사기				Pro EX	
반발경도측정기			NR10	SD 7000	SD 7000P
균열진행측정기					SD-150P

[진단장비 연도별 활용 및 모델 현황-1]

	1995~2000	2001~2005	2006~2010	2011~2015	2016~2019
콘크리트건전성 측정기			CTS-02		
적외선열화상카메라			P640 T365		T640
초음파 강재두께측정기			MG2 DL	DMS GO	3B DL PLUS
동적변형측정기			EDS-400A		NTB-500A
강재도막두께측정기				PosiTector 6000 FN33	
천지투시경				XL Vu DCA6130	Mentor Visual IQ
콘크리트초음파 도모그래프				A1040 MIRA	
철근부식도측정기				CANIN+	
상관식누수탐사기				SoundSens i-8p	
공내촬영시스템				SB-CTL3520-12	
관거용CCTV				30BJ	
도로지반탐사기					3D Multi Channel GPR
전자식누수탐지					Aquaphon A200
콘크리트초음파 이미지스캐너					PUNDIT 250 Array

[진단장비 연도별 활용 및 모델 현황-2]

2) 시설물안전법 등 제도화 지원

(1) 진단장비 활용 및 첨단기술 활용 사각지대 발굴

- 시설물안전법 시행령 제17조(안전점검 및 정밀안전진단 실시할 경우 장비), 시행령 제23조(안전진단전문 기관 등록 진단장비), 시행규칙 별표5(진단장비 측정 장비) 관련하여 진단장비 관련하여 제시하고 있지만 세부 성능기준 부재
- 시설물안전법 시행령 별표 10(하도급이 가능한 전문기술)에 따른 첨단기술(무인체, 인공지능, 영상분석 등) 활용 불가

(2) 진단장비 성능기준 및 첨단기술 활용 제도화 제안

- 진단장비(기존) 및 첨단기술 활용을 위한 시행령 별표10 개정(안) 및 관계부처 수용

<시행령 별표10 개정(안) 제안>

구분	현행	개정안
시설물 안전법 시행령	■ 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 [별표 10] 하도급 가능한 전문기술(제22조제1항 관련) < 생 략 > 11. 강재 시료채취 및 시험 12. 전기 및 기계설비(부속시설을 포함한다)에 대한 조사·시험(건축물은 제외한다) 13. 토양부식환경 조사·시험 < 신 설 >	■ 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 [별표 10] 하도급 가능한 전문기술(제22조제1항 관련) < 생 략 > 11. 강재 시료채취 및 시험 12. 전기 및 기계설비(부속시설을 포함한다)에 대한 조사·시험(건축물은 제외한다) 13. 토양부식환경 조사·시험 14. 「건설기술 진흥법」 제14조에 따라 지정·고시된 신기술 또는 점검로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석

<관계부처(국토교통부) 제안 개정(안) 수용 결과>

구분	내용		
관계 부처 수용 결과	【시설안전공단】 [별표10] 하도급 가능한 전문기술 1.~ 13. (생략) 14. 「건설기술 진흥법」 제14조에 따라 지정·고시된 신기술 또는 점검로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석	○ 드론, 점검로봇 등의 첨단기술을 활용한 외관 조사의 실시 및 터널스캐너 등 영상분석에 관한 하도급 항목을 추가하여 4차산업혁명 관련 기술 활용을 통해 기술·안전산업 육성, 일자리 창출, 민간기업 성장동력 마련 등의 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료됨	<수용> ○ 안전점검 분야의 최신기술이 활성화를 위해 외관조사 및 영상분석 등도 하도급 필요

3) 진단장비 성능평가 기준별 기술분류 및 매칭화

(1) 진단장비 별 기술분류 및 장비 현행화 실시

○ 진단장비를 내구성평가, 안전성평가, 설비평가, 환경평가 4가지로 분류해 하였으며 분류 및 장비 현행화

<진단장비 분류표-1>

사용목적	사용대상	조사항목	조사기법	장비 종류
내구성평가	콘크리트	균열	·초음파법 ·균열폭측정법	·초음파탐사기 ·크랙게이지 ·크랙스케일 ·디지털균열측정기 ·균열진행측정기 ·적외선열화상카메라
		내부결함	·음파법 ·초음파법 ·GPR 레이더	·초음파탐사기 ·탄성파레이더시스템 ·테스트해머 ·GPR 레이더
		들뜸/박리/ 박락	·타움법 ·적외선법 ·코어샘플링	·콘크리트건전성측정기 ·테스트해머 ·열적외선카메라 ·코어채취기
		염화물/염해	·이온선택전극법 ·흡광광도법 ·이온크로마토그래피법 ·EPMA법	·디지털염분측정기 ·전위차계 ·흡광광도계 ·이온크로마토그래피 ·EPMA
		탄산화	·페놀프탈레인법 ·열분석법 ·EPMA법 ·X선법	·페놀프탈레인 용액 ·DT-TGA ·EPMA ·XRD, XRF
		동해	·코어샘플링 외	·코어채취기 ·동탄성계수측정기
		철근 탐사 및 부식	·철근탐사법 ·전위측정법 ·분극저항법	·철근탐사기 ·철근부식도측정기 ·전기저항측정기
		화학적 침식	·화학분석법	·EPMA ·SEM ·XRD ·XRF
		기타	·기타	·콘크리트 내구성 측정기

<진단장비 분류표-2>

사용목적	사용대상	조사항목	조사기법	장비 종류
내구성평가	강재	도장손상/ 부식	·자연전위 측정법 ·분극시험법 ·피복두께 측정법 ·임피던스분광법 ·초음파탐상법 ·도막두께 및 결함 측정법	·자연전위 측정기 ·분극시험기 ·초음파두께 측정기 ·임피던스분광기 ·초음파탐상기 ·도막두께 측정기 ·핀홀탐지기
안전성평가	콘크리트	강도	·타격법 ·초음파속도법 ·국부파괴법(인발법) ·충격탄성파법 ·코어강도법	·테스트해머 ·콘크리트 건전성 시험기 ·초음파탐상기 ·인발시험기 ·충격탄성파시험기 ·만능시험기
	강재	피로균열	·비파괴검사	·자분탐상기 ·침투탐상기
		연결부 이완	·토크 측정	·체결력 측정기
		용접 이음	·용접부 표면 검사 ·방사선 투과시험 ·초음파탐상시험 ·침투탐상시험	·자분탐상기 ·침투탐상기 ·방사선 투과시험기 ·초음파탐상시험기
	계측 (콘크리트/ 강재)	변위/변형/ 피로	·광학법 ·간이계측법 ·전기, 전자법 ·계측법 ·기타	·다이얼게이지 ·GPS, 레벨, 광파기 ·변위계, 경사계 ·정, 동적응력 측정기
	지반 및 사면	물리탐사	·물리탐사법	·탄성파시험기 ·전기비저항탐사기 ·지반레이더탐사기 ·지반레이더 ·지진계
		침하량 및 변위	·물리탐사법	·침하계

<진단장비 분류표-3>

사용목적	사용대상	조사항목	조사기법	장비 종류
설비평가	관로	위치	·위치탐사법	·매설탐지기 ·하수관CCTV
		누수	·누수탐사법	·누수탐지기
		유량	·초음파측정법	·초음파유량계
	기계, 전기	절연전 항/ 접지저항	·절연저항측정법 ·접지저항측정법	·절연저항계 ·접지저항계
		이상발열	·발열측정법	·열류계 ·적외선카메라
		신호/모터/ 진동분석	·신호/진동분석법	·신호분석기 ·FFT분석기 ·모터회로분석기 ·모터전류신호분석기
환경평가	대기	가스	·가스측정법	·산소농도측정기 ·유독가스측정기
	소음	소음	·소음측정법	·소음측정기
	수위/유속/ 수중탐사	수위/수압/ 유속/ 수중탐사	·수위측정 ·수압측정 ·유속측정 ·수중탐사	·수위계 ·수압계 ·유속계 ·공내내시경 ·사이드스캔 소나
	진동	진동	·진동측정법	·진동측정기 ·발파진동측정기

(2) 첨단기술 분류별 매칭화 실시

- 공동연구기관에서 조사한 시설물 안전진단분야 첨단기술 현황을 기존 내구성, 안전성, 설비, 환경 평가로 분류 실시

<첨단기술 분류 매칭화>

사용목적	사용대상	조사항목	조사기법	기술/장비 사례
내구성 평가	콘크리트	균열	영상촬영법	고해상도라인카메라장착차량
				인공지능(AI)영상분석
				스마트폰용 크랙게이지
				영상기반크랙Mapping(2D,3D)
				영상기반3D모델링
				화상계측기(Video Gage)
				안전진단용 드론
				수중 드론
				CCTV로봇
		돌뚫/박리/ 박락	타음법	드론이용 타음 검사
		표면온도	영상촬영법	인공지능(AI)영상분석
안전성 평가	강재	도장손상/부식	영상촬영법	적외선 열화상카메라(P640)
		피로균열	영상촬영법	인공지능(AI)영상분석
		변위/변형/ 피로	영상촬영법	무인이동체활용영상촬영
				고해상도라인카메라장착차량
				화상계측기(Video Gage)
			광학법	레이저 변위계
설비평가	관로	누수	음향/음파법	3D Laser Scanner
				상관식 누수탐사기
				청음식 누수탐지기

4) 실험실 기반 진단장비 성능평가 기준제시

○ 철근콘크리트의 철근탐사

- 구조물 안전성 평가 결과에 영향을 크게 미치는 인자
- 대상 구조물의 정확한 철근 정보를 파악하는 것은 매우 중요함
- 이에 따라 철근량 및 그 공간적 분포특성을 파악하기 위한 다양한 매뉴얼이 제시되어 일상적인 시설물 안전 및 진단에 활용되고 있음
 - KSF2734: 2004 전자기 유도법에 의한 철근 탐사 시험 방법
 - KSF 2735: 2004 전자파 레이더법에 의한 철근탐사 시험방법
 - 국토안전관리원('06.12): 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼,
 - 국토안전관리원('06.12): 진단장비 활용·관리 매뉴얼
- 철근탐사장비의 사용법에 있어서는 제작사의 매뉴얼에 의하여 비교적 쉽게 사용 가능
 - ※ 탐사 결과의 판독시 장비마다 제공하는 탐사 가능 범위 및 오차가 실제와는 다른 경우가 많음
 - ※ 분석 방법에 따라 또는 판독자에 따라 많은 오차 가능성을 포함하고 있음
- 이에 따라 해당 장비를 이용하여 획득한 결과물을 정량화 하고 그 성능을 평가할 필요가 있음
- 철근탐사장비의 종류
 - 탐사방식은 보편적으로 전자기유도(자기감응) 방식인 FerroScan과 Profometer 등과 전자파레이더 방식인 RC Radar, IRON-Seeker 등이 있음



a) Profometer 4



b) Ferroscan

<전자기 유도방식 철근탐사 시험기 예>



a) RC Radar



b) Iron Seeker

<전자파 레이더방식 철근탐사 시험기 예>

○ 철근탐사기 성능평가기준

- 세부지침에 따르면 일반적으로 전자기유도 및 전자파레이더 방식에 의한 장비를 적용하여 과업을 수행할 경우 철근 콘크리트 구조물에 배근된 철근의 위치, 지름, 콘크리트 피복 두께의 탐사에 적용함
- 콘크리트 강도, 품질 및 내구성 조사에 앞서 철근의 위치를 탐사하는 예비시험 방법으로 적용가능
- 이에 따라 시설물 점검·진단 과업 적용시 활용성 및 사용성능에 대한 평가가 필요함
- 현장활용성 평가: 최대 탐사심도, 최소 탐사조건, 사용온도, 복잡구조, 이물질
(* 진단장비 활용관리 매뉴얼(국토안전관리원 2006.12-)의 철근탐사장비 특성 반영)

<철근탐사장비 특성 및 현장적용 비교>

구분	전자기 유도방식		전자파 레이더방식	
	FERROSCAN	RROFOMETER-4	RC-Radar	IRON SEEKER
선정	배근도 작성 및 동절기 이용	각 장비의 탐사결과 검증	철근탐사 기준 장비	깊은 심도 철근탐사에 이용
탐사 심도	100mm 이내	100mm 정도	100mm 내외	200mm 정도
탐사 조건	측정면적 800×800mm 이상	측정면 폭 200mm, 측정방향 길이 300mm 이상	안테나 폭 이상 측정방향 길이 600mm 이상	안테나 폭 이상 측정방향 길이 600mm 이상
사용 온도	-5 ~ 30℃	-5 ~ 40℃	5 ~ 30℃	15 ~ 30℃
복잡 구조	미약	양호 (사용자 숙련의 경우)	보통	보통
이물질	불가	불가	보통	보통

- 사용성능 평가: 철근 깊이 및 콘크리트 피복두께 측정, 철근 직경, 철근배근 간격
(* 철근 콘크리트 구조물 내력 평가: 철근의 위치, 지름, 콘크리트 피복 두께
콘크리트 타설 후 배근의 적절성여부 판단: 탐사한 철근 위치, 지름, 콘크리트 피복 두께)

○ 비파괴시험에 의한 초음파 균열탐사

- 콘크리트 구조물에 발생된 균열깊이를 측정: 초음파전달속도법에 의한 비파괴시험 방법으로 측정
- 초음파의 발·수신자를 균열 근방에 설치하여 균열을 측정
- 초음파 발·수신자를 설치하는 위치와 탐촉자 직경에 따라 실제의 pulse 전달거리와 전달속도가 다르므로 균열깊이 추정시에는 주의가 필요
- 균열깊이 측정의 제약조건(진단장비 활용·관리 매뉴얼, 국토안전관리원('06.12))
- 균열깊이가 1,000mm이상이 되면 수신하는 초음파전달속도가 현저하게 쇠퇴하기 때문에 일반적인 초음파 측정기로는 측정이 곤란함
- 표층부 철근의 배근깊이가 100mm이하가 되면 철근 배근깊이 이상인 표면균열의 깊이를 측정하는 것이 곤란함
- 콘크리트의 품질불량 및 콘크리트 내부에 곰보나 공동(구멍) 등 다짐불량의 가능성이 있으면 정확한 측정이 곤란함
- 균열 내부에 물, 이물질이 있는 대상이나, 미세균열이 밀집되어 있는 경우에는 측정이 곤란함
- 발생된 균열이 개폐되는 경향을 나타내고 있으면 측정이 곤란함

- 측정 대상과 측정 정밀도

평탄한 측정면에 직각한 균열깊이 : 200mm이하의 경우 $\pm 5\%$

평탄한 측정면에 직각한 균열깊이 : 1,000mm이하의 경우 $\pm 3\%$

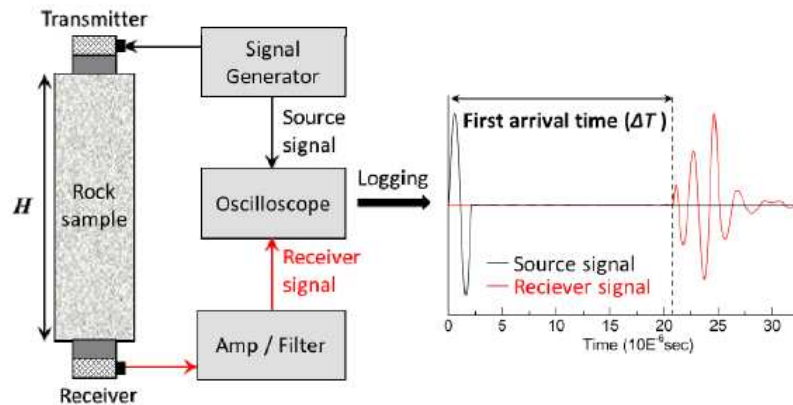
경사균열의 균열깊이 길이 : $\pm 15\%$

- 전달시간을 기초로 균열깊이를 추정하는 방법은 일반적으로는 T법, Tc-To법, BS법이 주로 이용됨

- 본 방법이 적용되기 위해서는 다음 조건을 만족되어야 함

- 전파시간의 정확한 측정

- 균열깊이를 추정할 때 가정한 전파경로를 따라 초음파를 포착



<초음파 탐사 측정 원리 개념도>

○ 3차원 디지털 가상시편을 이용한 비파괴 시험방법 검증

- 산업용 X-ray CT시스템(X-EYE PCT-G3)를 이용하여 시편에 대한 고해상도 3차원 영상정보를 획득함

- 디지털 가상시편 획득 원리

- X-ray 튜브로부터 투과된 에너지는 Beer-Lambert법칙에 의해 재료의 밀도에 따라 감쇄현상이 발생

- 시편을 360도 회전하며 투과된 연속적인 감쇄 에너지 정보는 디텍터를 통해 저장됨

- X-ray 영상에 존재하는 불필요한 노이즈들은 전처리과정을 거쳐 제거할 수 있음

- 2차원 영상을 적층하여 암석의 3차원 영상을 획득할 수 있다.

- 영상 취득조건

- 150 kV의 관전압과 100 mA의 관전류를 이용하여 생성시킨 X-ray 를 대상 시편에 투과시키면서

360도 회전동안 1200 프로젝션을 촬영하여 입체영상을 구현함

- 취득된 영상의 공간해상도는 $41 \mu\text{m}$ (단위 픽셀길이)이며, 통계분석을 위해 3차원 영상 중앙부에서

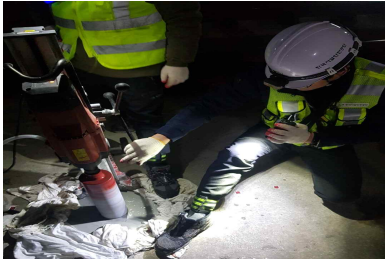
$500 \times 500 \times 500$ 픽셀 크기의 3차원 도메인을 추출함

- 디지털 가상시편 시범적용을 위한 코어채취

- 디지털 가상시편 시범적용을 위해 국내 ○○터널의 바닥부의 건전부와 비건전부에서 아래 그림과

같이 코어(2EA)시편을 채취함

- 비건전부에서의 코어는 균열이 코어 중심축에 가깝게 위치하도록 채취함



(a) 현장 코어 채취

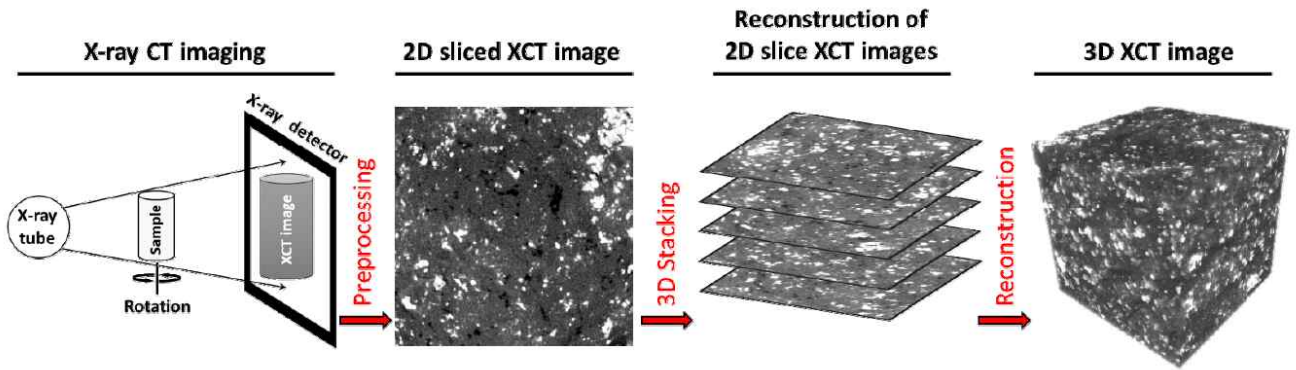


(b) 건전 채취시료



(c) 비건전 채취시료

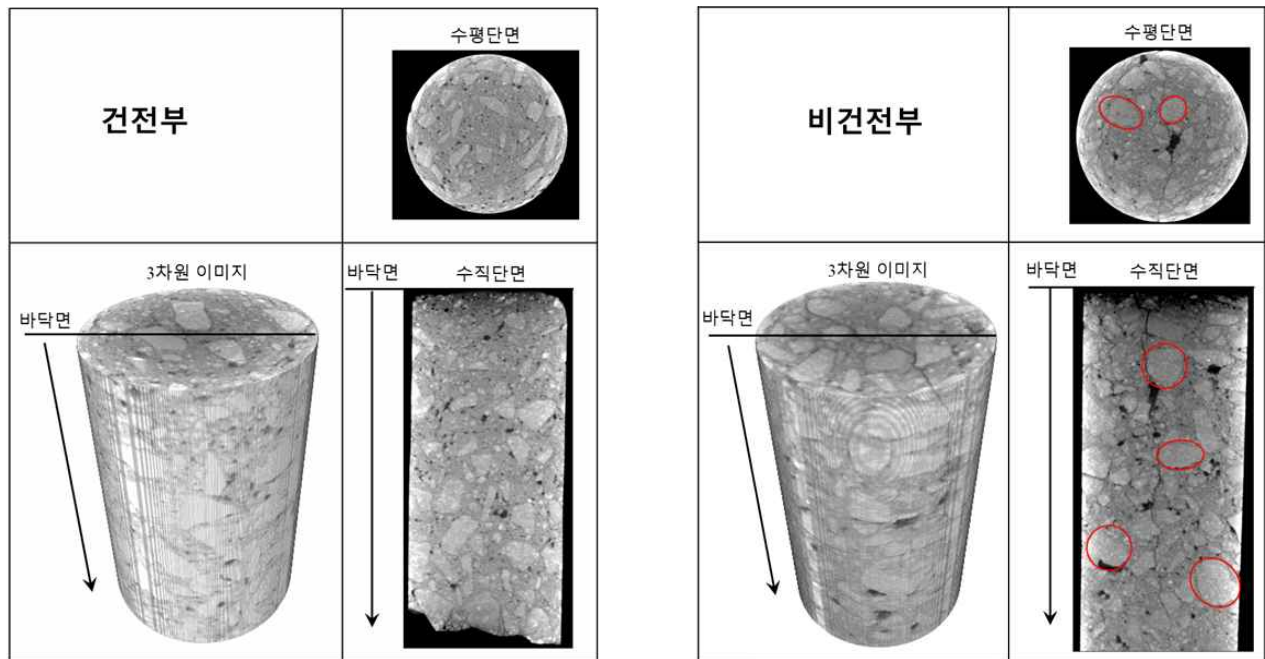
<코어채취 전경 및 건전 및 비건전 시료>



<디지털 가상시편 구축 절차>

- 디지털 가상시편 정성분석

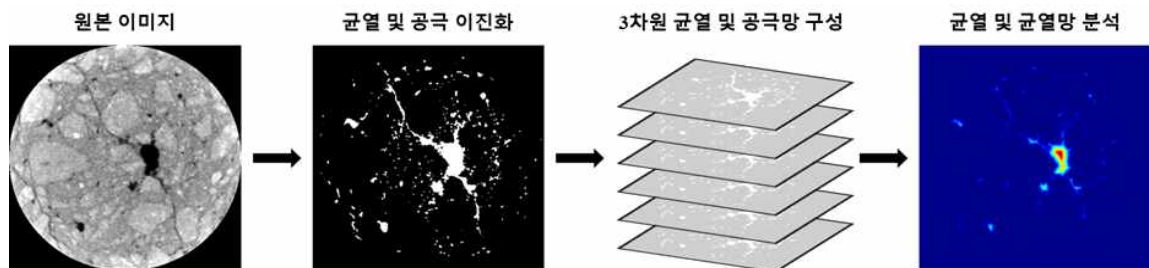
- 아래 그림은 획득한 건전부와 비건전부의 디지털 가상시편 이미지임
- 공간 정보이미지를 정량적으로 분석한 결과 몰탈(시멘트 페이스트) 조직의 경우 두 시편(건전부, 비건전부)은 큰 차이점 없이 유사한 것으로 보이는 반면 비 건전부에서는 상대적으로 굵은 골재의 분포가 더 많은 것으로 밝혀짐
- 또한 굵은 골재 사이로 발달한 내부 균열이 확인 되며, 시편에 나타난 균열은 주로 굵은 골재 사이에 몰탈 시멘트가 채워지지 않아 균열로 이어진 것으로 판단된다.



<건전부 및 비건전부에 대한 주요 2D/3D XCT 디지털영상 비교>

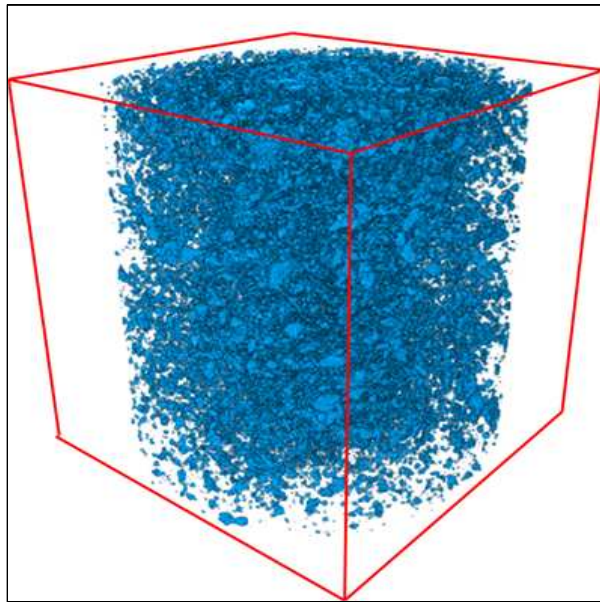
- 디지털 가상시편 정량분석

- 절차로 건전부와 비건전부 코어에 공간정보 정량화 분석을 수행함
- 이를 위해 'Dicom'형식의 16비트 이미지에서 균열·공극의 공간정보를 추출하여 0과 1로 이루어진 균열·공극망에 대한 이진화된 이미지를 획득함
- 이후 해당 과정을 반복하여 3차원 균열·공극망 디지털 이미지로 아래와 같이 데이터베이스를 재구성 함

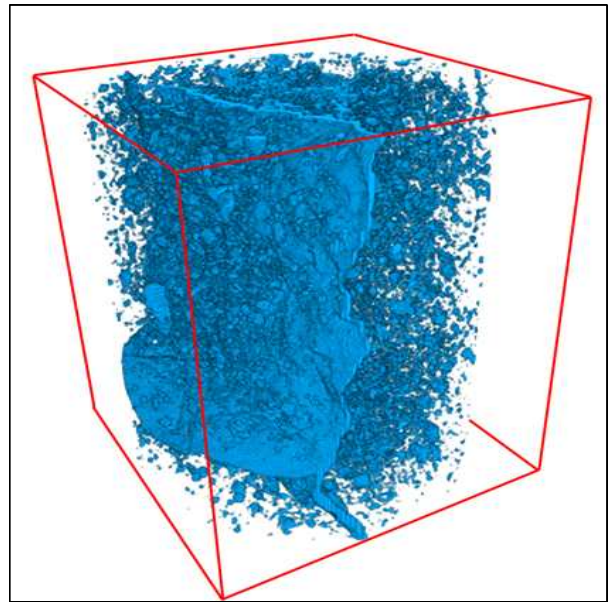


<XCT디지털 영상 기반 균열·공극망 구성 및 분석 절차>

- 아래 그림은 3차원 공간상에 재구성 된 공극 및 균열구조 모델임
- 단면 이미지에서 확인 가능했던 3차원 균열 구조를 보여주고 있음



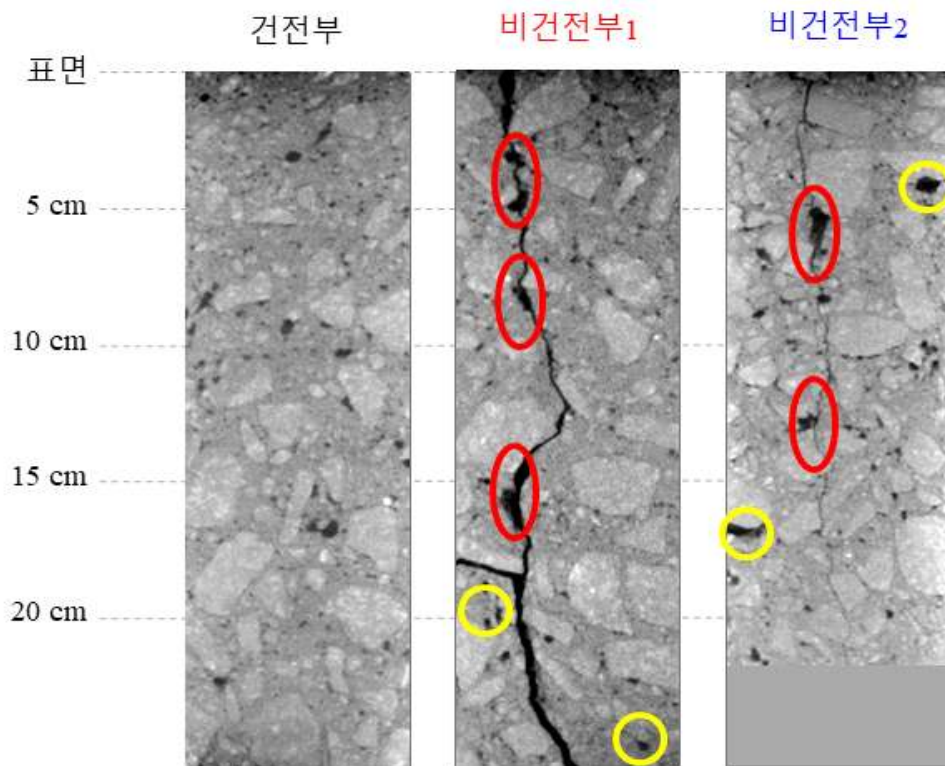
(a) 건전부의 3차원 공극구조



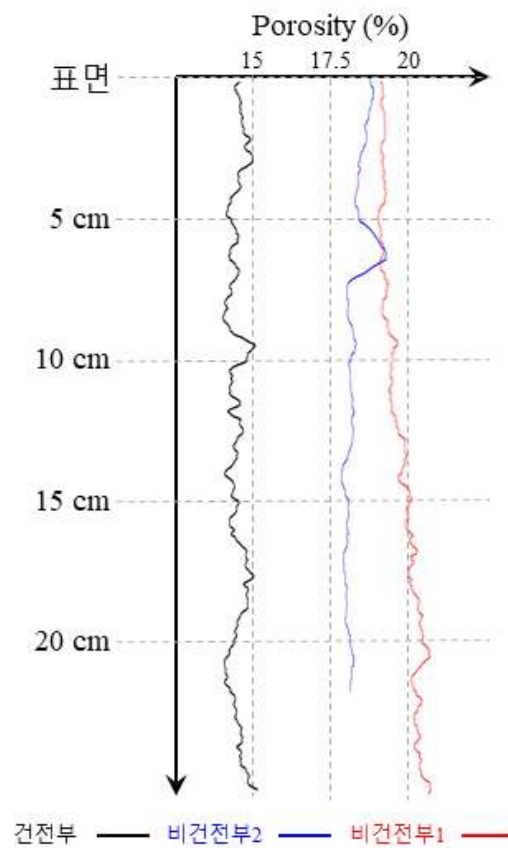
(b) 비건전부의 3차원 공극구조

<건전부 및 비건전부의 3차원 공극구조 모델>

- 아래 그림은 데이터베이스 결과를 바탕으로 건전부와 비건전부에 대한 3차원 균열·공극구조와 깊이에 따른 공극률을 정량화 한 결과를 나타냄
- 본 과업의 바닥 콘크리트 건전부와 비건전부의 몰탈부 조직에 존재하는 공극의 분포도 또한 서로 유사하여 약 14~16%를 보였으며, 두 시료 간에 큰 차이가 없는 것으로 나타남
 - * 일반적인 시멘트 몰탈 조직의 공극률은 약 10~15%정도의 범위를 가짐
- 결과적으로 시멘트 몰탈 조직의 공극률은 일반적인 보통 포틀랜드 시멘트의 공극률의 범위 안에 있는 것으로 나타나 양호한 품질인 것으로 판단됨
- 다만, 비건전부는 상대적으로 높은 굵은 골재 함유량 및 균열분포 등의 차이를 보임
- 결과적으로, 비건전부의 전체 공극률(몰탈, 골재포함)은 약 17.5~20%정도로 건전부 14~15%에 비해 공극분포가 더 큰 것으로 나타남
- 정량분석 결과 비건전부의 잔골재와 몰탈이 굵은 골재 사이공간을 충분히 매우지 못한 상태로 공극과 균열이 발생된 것으로 판단됨
- 이는 동일한 시멘트 몰탈을 사용했음에도 불구하고, 바닥 중앙부가 버림 콘크리트로 시공된 특성 상 콘크리트(굵은 골재 등) 배합, 계량 및 비비기의 관리가 상대적으로 빈약했을 것으로 추정됨



(a) 건전부 및 비건전부의 공극구조 X-ray 촬영 이미지

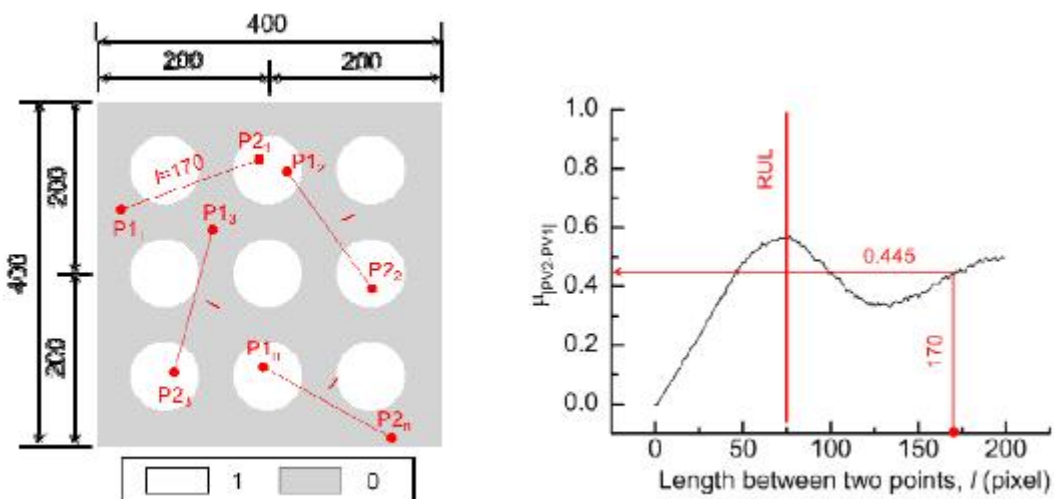


(b) 건전부 및 비건전부의 깊이별 공극함유량 프로파일

<채취시료깊이에 따른 건전부와 비건전부의 공극 정량분석>

- 디지털 가상시편 기반 내부구조 대표크기 평가계수 개발

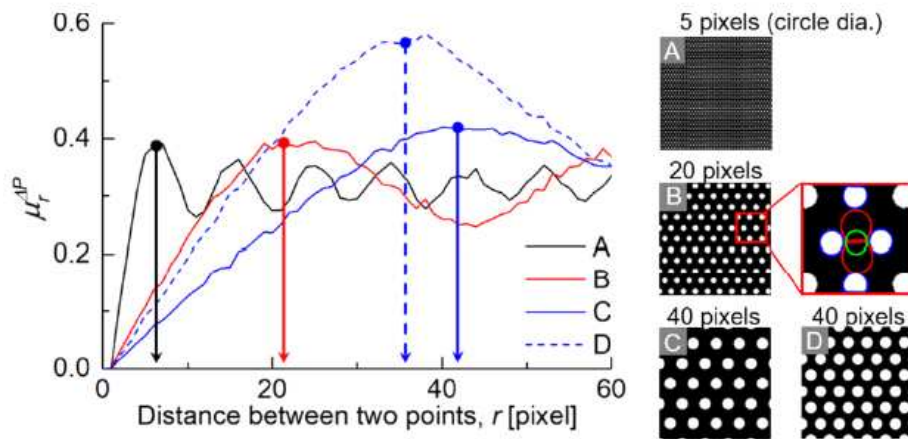
- 기존의 two-point correlation기법은 이상(two-phase)으로 구성된 재료에 적용되는 방법으로, 두 가지 이상의 광물로 구성되어 있는 건설재료의 내부구조를 정량화 하는데 한계성이 존재함
- 또한 16비트 원본이미지에서 이진화이미지를 생성하여 분석에 적용하기 위해서는 16비트 이미지 값을 기준으로 하는 분리(Segmentation)과정이 필수적이지만, 상대적으로 유사한 밀도를 갖고 있는 암석의 광물들을 분리하기 쉽지 않음
- 따라서 본 연구에서는 two-point correlation method를 변형하여 이진화 이미지가 아닌 16비트 3차원 X-ray영상에 적용 가능하고 내부를 대표할 수 있는 크기정보에 대한 통계적 계수를 제안함
- 아래 그림과 같이 배경이 0의 화소값을 갖는 단순격자 형태(400픽셀 × 400픽셀)에 화소값 1을 갖는 직경 80픽셀의 원을 갖는 이진화 도메인을 가정 가능함
- 이 경우 단위 원간의 최단 거리는 40픽셀이 되며, 도메인 내에 길이 L의 선분을 무작위로 배치할 경우, 선분 양 끝점인 P1과 P2는 0 혹은 1의 값을 갖게 되고, P1과 P2에 해당하는 화소값간의 차이값 $|Pv2-Pv1|$ 을 산출함
- L이 작은 값을 가질 경우 P1과 P2가 이진화 도메인에서 동일한 화소값 영역에 위치할 가능성이 커지므로 $|Pv2-Pv1|$ 는 0의 값을 가질 확률이 높아지며, 반대로 L이 커지면 Pv1과 Pv2가 각각 서로 다른 1과 0의 값을 가질 가능성이 커지므로 화소값 차이의 절대값이 1이 될 가능성이 커짐
- 따라서 동일한 선분 길이 L에 대해서 N번의 $|Pv2-Pv1|$ 값을 구한 후 그 평균값(μ)를 산출하면 L이 증가함에 따라 Fig. 3b와 같은 경향을 보임
- L의 평균값은 선형에 가깝게 증가한 후 특정값 이후에는 감소하는 경향을 보이는데, 첫 번째 최대 변곡점에 해당하는 L값을 '불균질성 대표계수(LR)'로 정의함



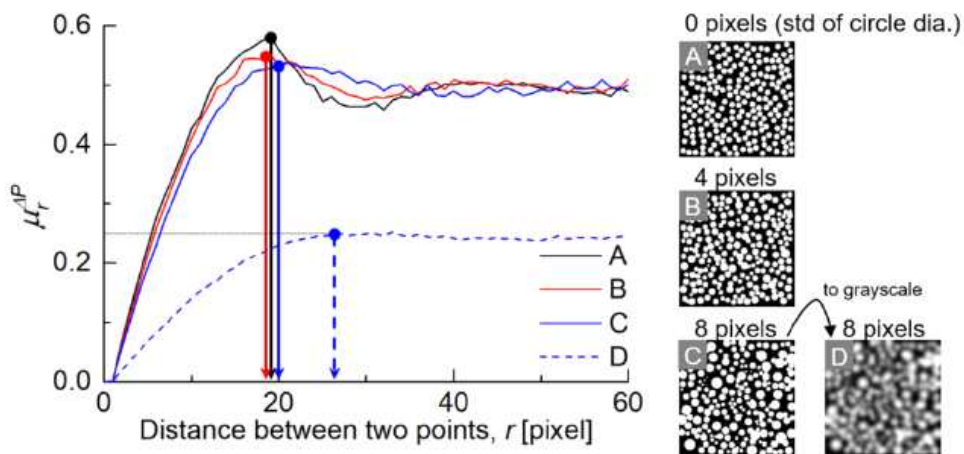
<건설재료 내부 공간의 대표 크기산정 방법>

- 이와 같이 제안된 방법을 다양한 패턴을 가지는 아래 이진화 이미지에 적용할 경우, 산출되는 불균질성 대표계수는 내부에 존재하는 입자의 크기 및 입자간의 거리 정보를 평균적으로 반영하는 하나의 대표적인 값이 됨

- 동일한 크기의 도메인(400픽셀 × 400픽셀)에 체커보드(Checkerboard) 형태를 배치할 경우에는 하나의 정사각형 크기인 50픽셀에 가까운 값을, 원형입자를 배치한 다른 2가지 경우에는 원형 입자의 직경(50픽셀)과 입자간의 간격 정보를 반영한 평균값인 42.8과 38.4가 LR로 계산됨
- 최대 변곡점 이후에 평균값이 감소 후 다시 증가하는 경향을 반복하는 것은, L값이 대표크기의 일정 배수가 될 경우에 해당하며 L값이 커질수록 평균값은 0.5로 수렴함
- 건설재료의 경우 내부 구조의 분포가 불규칙적이며 이진화 이미지로 표현하기 어려운 경우가 대부분임
- 입자직경의 크기를 각각 10, 20, 40, 그리고 80픽셀로 서로 겹치지 않게 무작위로 분포시킨 후 제안된 방법을 적용한 결과 Fig. 5a와 같이 최대 변곡점에 해당하는 L값은 기 설정된 입자의 크기와 유사한 값을 보임



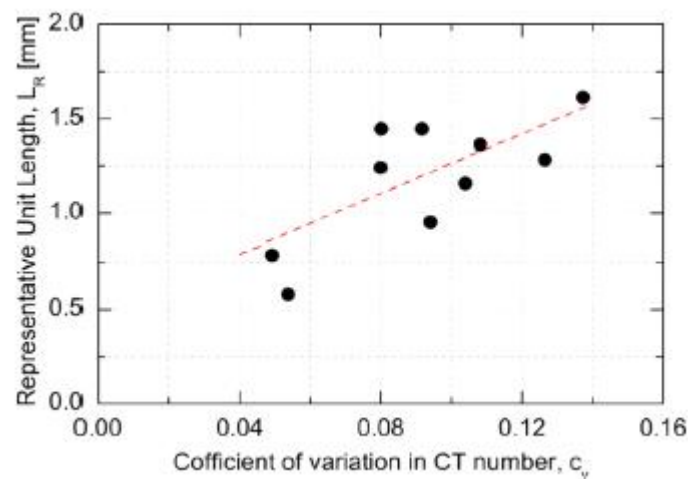
<건설재료 내부 공간의 대표 크기산정 방법 검증>



<건설재료 내부 공간의 대표 크기산정 방법 해상도에 의한 영향 검증>

- X-ray 영상을 통해 가시화가 가능한 암석 내부의 미세구조 최소 크기는 해상도의 최소 5배 정도이며, 따라서 본 연구에서 사용된 X-ray 이미징 기법을 통해 약 200 μm 이상의 크기를 갖는 내부 구성물질의 구분이 가능함
- 3차원 건설재료 영상 전체 CT값의 표준편차 정보는 X-ray 영상을 통해 가시적으로 구분 가능한 구성 물질의 상대적 밀도 차이를 의미함

- 따라서 CT값의 표준편차가 작다는 것은 유사한 밀도를 갖는 내부 구성 물질이 많다는 의미임과 동시에 주어진 해상도로 구분이 가능한 크기가 작다는 의미임
- 즉 CT값의 변동계수(C_v)가 크다는 것은 해당 건설재료 영상 정보에서 서로 구분이 가능한 구성물질의 크기가 더 큰 경향을 보임
- 이는 아래 그림과 같이 C_v 와 L_R 간의 선형적 상관관계를 통해 확인이 가능함
- 이는 영상을 구성하는 픽셀 내 CT값의 평균과 표준편차 정보를 통해 암석 내부 구성물질의 크기에 대한 정보를 유추할 수 있음을 시사한다는 점에서 의미 있다고 판단됨



<추출한 대표크기와 XCT 통계계수와의 상관관계>

- 디지털 가상시편의 활용 및 연구성과 연계방안

- 본 연구에서 도입한 3D X-ray Computed Tomography는 나노~미터스케일에 걸쳐 시편 내부에 존재하는 3차원 공간특성을 디지털 화 가능한 주요 디지털화 기술임
- 재료의 상대적 밀도차이를 평가하기 때문에 재료의 공간적 분포 뿐만 아니라 화학반응으로 인한 공간적 특성 또한 평가 가능함.
- 이에 따라 기존 가정을 통해 이루어졌던 시편 내부의 공간분포에 대한 특성에 대해 직관적 디지털 데이터를 확보 가능하고 정량화 가능하여, 최근 기술선도그룹을 중심으로 활발하게 적용되고 있는 주요 기술임
- 이에 따라 본 연구사업에서 추진하는 시험체와 관련하여, 3D X-ray CT영상촬영을 통해 시편의 현재 공간분포에 대한 평가가 가능하며, 3차원 디지털 공간정보를 획득 가능하기 때문에 해당 구조에 대해 비파괴 장비의 측정 답안으로서 활용 가치가 높아 활용 가능함
- 또한 본 연구에서 개발한 대부공간정보에 대한 대표크기 산정방법에 대한 성과는, 기존 시편의 대표성 확보에 대한 한계를 극복하기 위한 대안으로 활용이 가능함

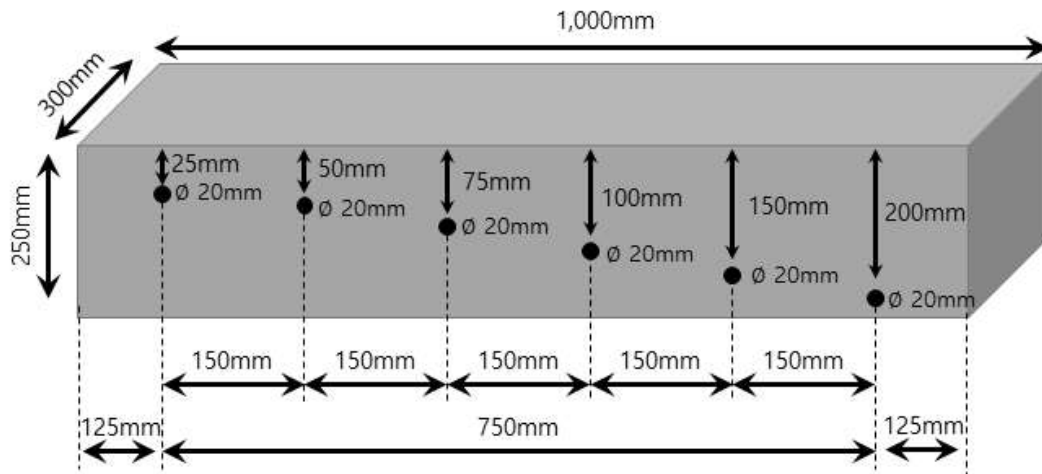
5) 시편 최적화 및 규격화 제시

- 실험실 기반 진단장비 정량화 성능평가 기준제시 내용에 따라 아래 표와 같이 시편의 최적화 및 규격화(안)을 제시함
- 성능평가 대상 시험법은 철근 탐사기와 초음파 탐사기로 선정함
- 철근탐사기 성능평가
 - 평가항목은 철근의 깊이(콘크리트 표면층 두께), 철근 직경, 철근 간격으로 시설물 내부에 존재하는 철근의 공간적 분포를 잘 반영하고 있는지 평가 수행
 - 각 평가 항목에 따라 3가지 표준시편을 제작함
- 초음파 탐사기 성능평가
 - 평가 항목은 초음파 탐사로부터 평가 가능한 주요 손상정보인 균열 두께, 균열의 깊이, 균열 개수로 선정함
 - 각 평가 항목에 따라 3가지 표준시편을 제작함
- 시편 크기 및 평가항목 선정기준
 - 성능평가 시편은 기존장비의 범용적 활용을 위해 기존 실험법에 따라 수행 가능하도록 국토안전관리원에서 일반적인 장비시험에 이용하는 크기를 참고하여 제작함
 - 균열간격 및 배근간격에 대해서는 기존에 제안된 기준이 없음
 - 이에 따라 2차년도에 제작한 시험체를 바탕으로 다양한 물성에 대한 검증 유효범위 또한 파악가능하며, 필요에 따라 평가시편의 고도화 또한 가능함.

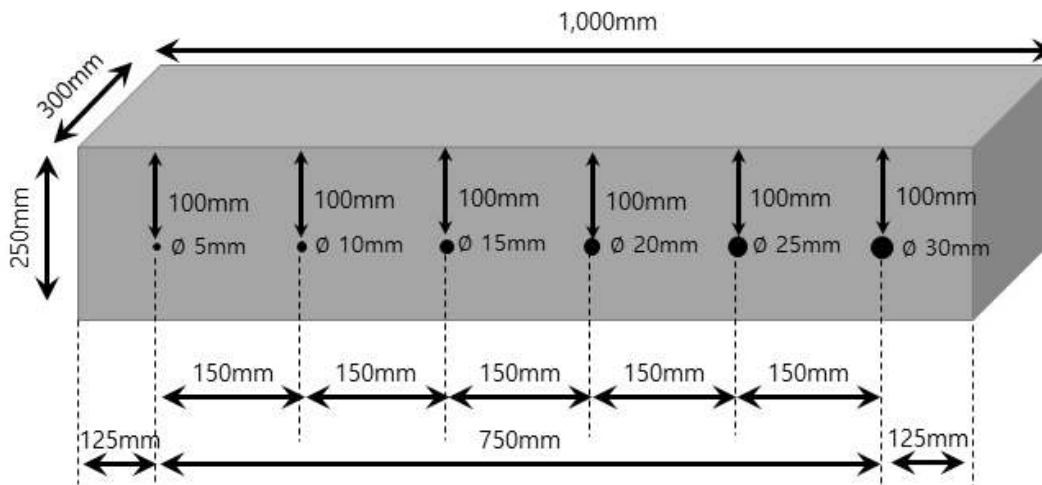
<표준시편 리스트 및 조건>

Idx	평가장비	평가항목	철근여부	균열여부	시험체 사이즈(mm)
R-1	철근 탐사기	철근깊이	O	X	300Wx250Dx1,000L (W:폭, D:깊이, L:길이)
R-2		철근직경	O	X	
R-3		철근간격	O	X	
N-4	초음파 탐사기	균열두께	X	O	
N-5		균열깊이	X	O	
N-6		균열개수	X	O	

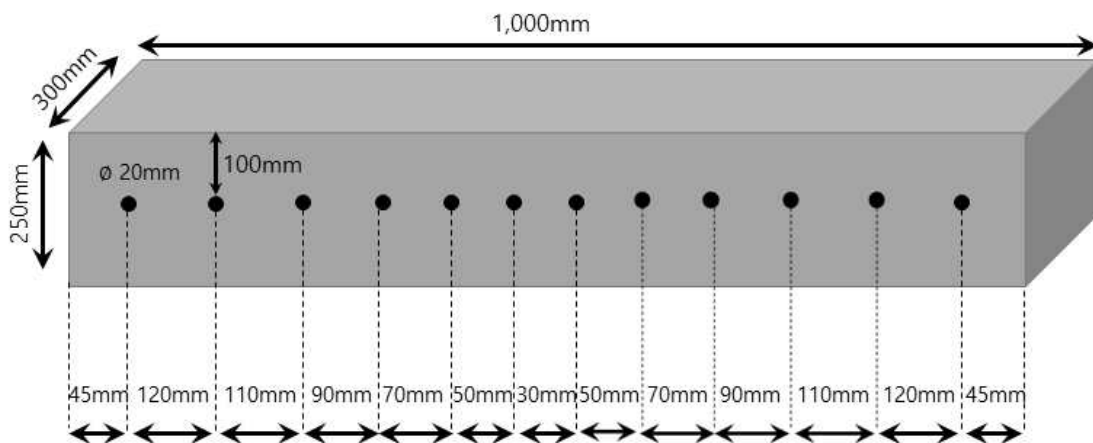
(a) 철근 깊이평가 [R-1]



(b) 철근 직경평가 [R-2]

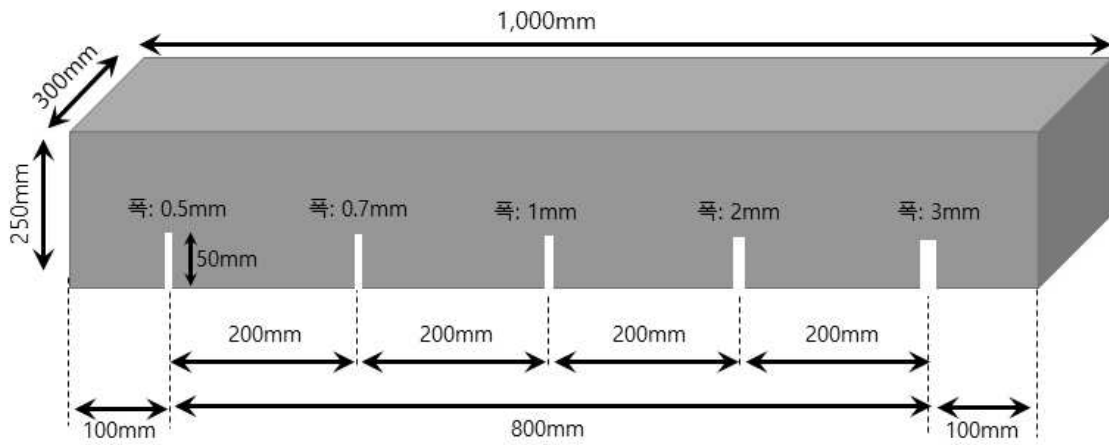


(c) 철근 배치평가 [R-3]

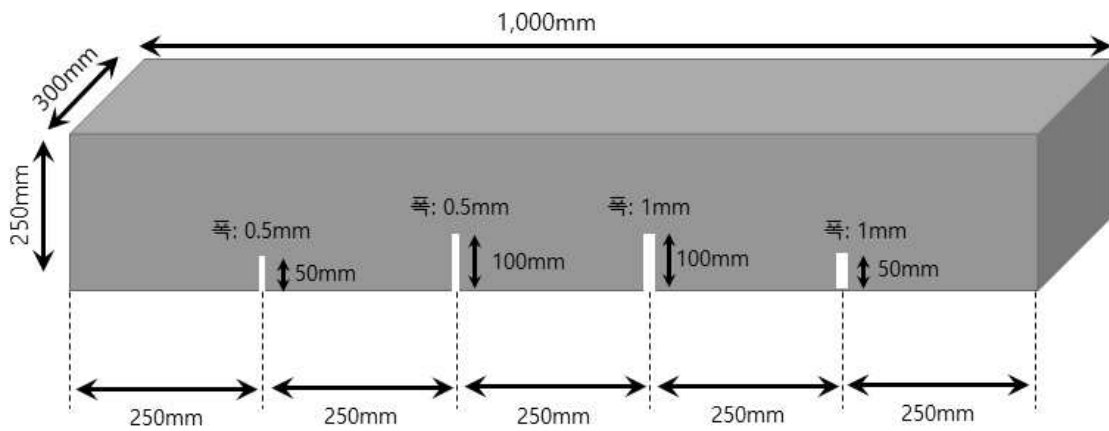


<철근탐사장비 검증을 위한 표준시편>

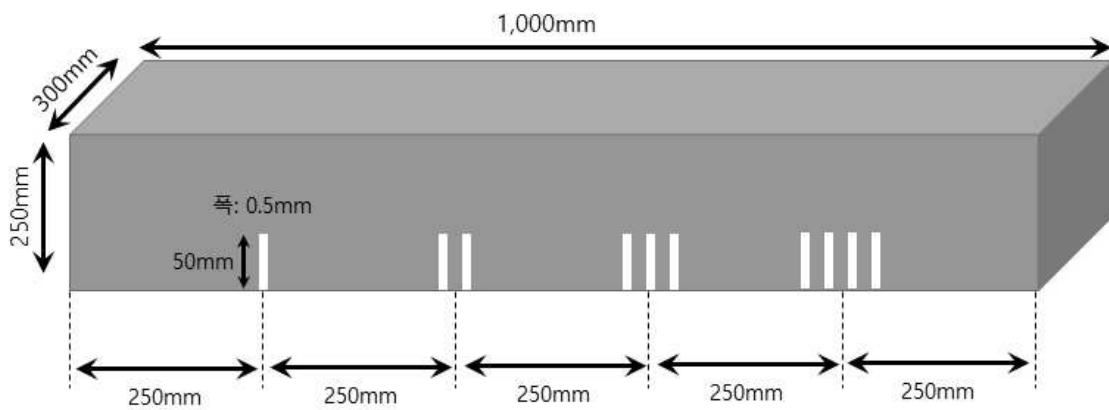
(a) 균열 폭 평가 [C-1]



(b) 균열 깊이 및 폭 평가 [C-2]



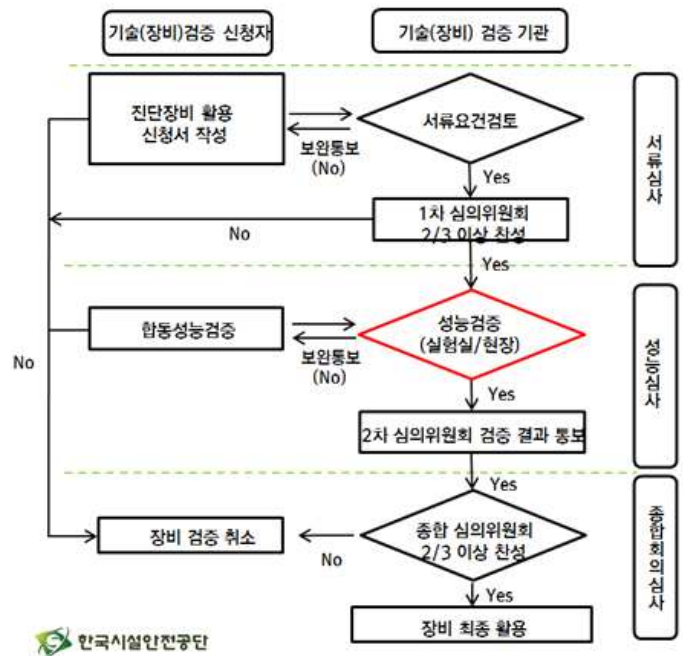
(c) 균열 개수 평가 [C-1]



<초음파 탐사장비 검증을 위한 표준시편>

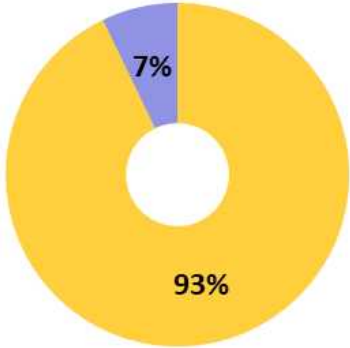
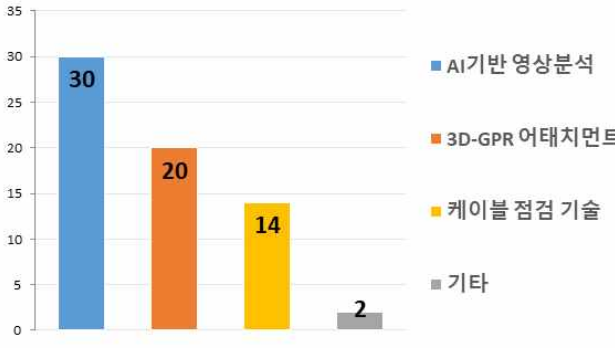
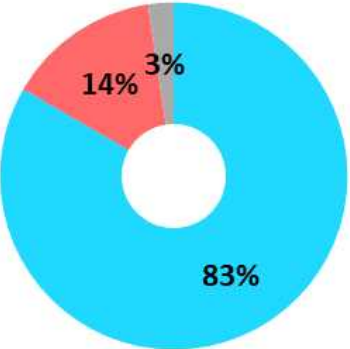
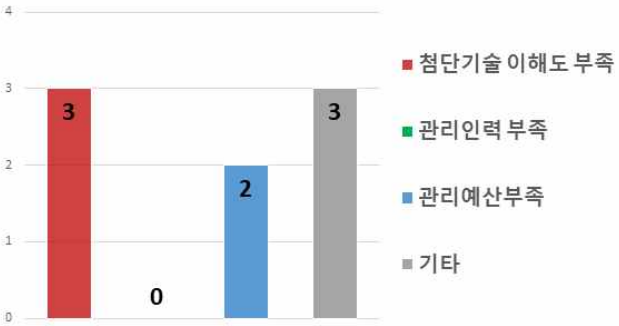
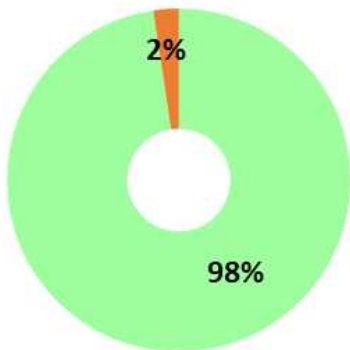
6) 진단장비 성능평가 체계(안) 제시

- 본 연구사업은 시설물 점검 및 진단장비의 검·인증을 위해 진행 됨을 감안하여, 피 평가대상이되는 진단장비의 기술적 측면 뿐만 아니라 실수요처인 정밀안전진단 현장활용도 또한 평가대상이 되어야 함
- 진단장비의 도입에 대해 민간, 관리주체에 대해 설문조사
 - 아래 그림은 민간, 관리주체에 대한 설문조사 결과임
 - 민간시장 설문조사: 103개 민간기업을 대상으로 점검·진단분야 기술수요조사 수행
 - 관리주체 설문조사: 23개 기반시설 관리주체 담당자 66명을 대상으로 설문조사.
 - 관리대상 시설물 점검·진단시, 민간기업 개발 기술 활용의향
 - 민간기업 기술 실효성 검·인증 지원서비스에 대한 관심도 등
 - ※ 설문응답 분석결과 관리원 보유기술을 민간기업이 사용하거나, 관리원이 인증해준 기술을 점검·진단 업무 수행시 활용할 의향이 있음을 관리주체가 밝힘
 - 설문조사 시사점: 새롭게 제안된 기술이 기존기술 대비 우수하거나, 한계성을 극복하기 위한 기술이더라도, 정밀안전진단 현장 적용성이 확보되지 못할 경우, 해당 기술의 도입여부 및 허용을 결정하는 관리주체의 수요를 확보할 수 없음.
 - ※이에 따라 진단장비의 성능평가는 해당 장비의 기술성 및 현장 및 정밀안전진단 활용성에 대해 고려해야 함
- 성능평가 체계 구조(안)
 - 절차: 총 3차에 걸친 평가(서류, 성능, 종합평가) 수행
 - 서류: 정밀안전진단 업무수행을 위한 최소요건(운용속도, 준비시간 등) 준수여부 평가
 - 성능: 현장 및 시험체를 대상으로 세부적인 장비의 성능수준 평가 및 카탈로그 작성
 - 종합평가: 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침」 기준에 의거 과업수행항목에 대해 적정성 평가



<민간기업 대상기술수요조사 결과>

<성능평가 체계 구조(안)>

관리원 보유기술을 민간기업이 사용하여 관리대상 시설물 점검·진단 시 활용할 의향	활용 의사가 있는 기술
 예 93% 아니오 7%	 ■ AI기반 영상분석 ■ 3D-GPR 어태치먼트 ■ 케이블 점검 기술 ■ 기타
민간기업 개발 기술을 사용한 점검·진단 수행 보고서 승인 의향	민간기업 개발 기술 시장 활용성 제고 방안
 예 83% 아니오 14% 판단불가 3%	 ■ 기술 고도화 ■ 현장적용 신뢰도, 공신력 인증 ■ 공공기관, 관리주체 활용 실적 ■ 기타
민간기업 개발 기술 활용의 애로사항	관리원의 민간기술 검·인증 서비스 활용 의사
 ■ 첨단기술 이해도 부족 ■ 관리인력 부족 ■ 관리예산부족 ■ 기타	 예 98% 아니오 2%

<관리주체 대상 설문조사 결과>

○ 시범적용 사례:터널스캐너 성능평가 체계 구조(안)

- (1차평가) 기술수준에 대한 서면평가 수행
- 평가방법 : 제안서(1차)와 1차평가 지표 검토
 - 기업에서 제출한 제안서(1차) 내용과 1차평가(서면) 지표를 종합적으로 고려하여 평가
 - 1차평가(서면) 지표의 항목들에 대해 '가능/불가능'으로 판단하며, 모든 항목들에 대해 '가능'판단을 받은 기관들로 2차평가(현장) 진행
- (2차평가) 현장 적용성 평가(성능검증) 수행
 - 평가대상 : 1차 서면평가 통과 기관
 - 평가방법 : 평가위원 감독 하에 현장시험 수행 후 제출한 결과보고서 등 성과품과 제안서(2차) 내용의 사실성 확인과 성능평가 지표 측정
 - 평가결과 : 현장 적용성 평가 결과를 반영하여, 참가자가 제안서(카탈로그)를 수정·보완하고, 성능검증 내용 확인 후 결과물 공지
- (3차평가) 시설물 안전점검 및 진단 실무 활용성에 대한 종합평가 수행
 - 평가대상 : 1, 2차 평가를 수행한 기관
 - 평가방법 : 1, 2차 평가 시 제출한 제안서, 현장 적용성 평가 시 작성한 결과보고서 및 성과품 항목을 종합분석하여 성능수준(우수/양호/미흡 등) 결정
 - 평가항목 : 터널의 정밀안전진단 시 주요 육안조사 항목
- (민간기술 컨설팅) 평가결과를 바탕으로 기술보완 사항에 대한 컨설팅
 - 컨설팅 전략: 본 연구결과, 터널실 등 안전진단 실무부서, 내·외부전문가 자문 및 토론을 통하여 기술 분석 및 보완사항 도출



<터널스캐너 성능평가를 위한 현장 테스트베드 현장운영 시나리오(예)>

• 균열조사 (30%)							
No.	항목	가중치(%)	기술수준 평가 점수표(정확도)				
1-1	위치	5	95%	90%	85%	80%	75%
			5	4	3	2	1
1-2	폭	15	95%	90%	85%	80%	75%
			15	13	11	9	7
1-3	길이	10	95%	90%	85%	80%	75%
			10	9	8	7	6
• Joint부 조사 (15%)							
No.	항목	가중치(%)	기술수준 평가 점수표(정확도)				
2-1	위치	5	95%	90%	85%	80%	75%
			5	4	3	2	1
2-2	크기	10	95%	90%	85%	80%	75%
			10	9	8	7	6
• 누수조사 (15%)							
No.	항목	가중치(%)	기술수준 평가 점수표(정확도)				
3-1	위치	5	95%	90%	85%	80%	75%
			5	4	3	2	1
3-2	누수면적	10	95%	90%	85%	80%	75%
			10	9	8	7	6
• 콘크리트 라이닝 열화조사 (40%)							
No.	항목	가중치(%)	기술수준 평가 점수표(정확도)				
4-1	파손/손상 면적	10	95%	90%	85%	80%	75%
			10	9	8	7	6
4-2	박리/박락 면적	10	95%	90%	85%	80%	75%
			10	9	8	7	6
4-3	백태 면적	10	95%	90%	85%	80%	75%
			10	9	8	7	6
4-4	철근노출 면적	10	95%	90%	85%	80%	75%
			10	9	8	7	6
• 배수 · 공동구 등 기타조사 (가점항목)							
No.	항목	가중치(%)	기술수준 평가 점수표(정확도)				
5-1	손상위치	2	95%	90%	85%	80%	75%
			2	2	1	1	1
5-2	손상면적	2	95%	90%	85%	80%	75%
			2	2	1	1	1
5-3	부속시설물현황	1	95%	90%	85%	80%	75%
			1	1	1	1	0

<정밀안전진단 실무 활용성 평가를 위한 종합평가 (예)>

7) 기술분류 코드화

(1) 점검 진단장비/기술 조사

○ 개요

- 연구개발 중·장비 발전계획 핵심전략인 “4차 산업혁명 대비 차세대 핵심 유지관리 기술 개발”에 따라 합리적 검·인증 프로세스 도입 필요성 제기.
- 기존 및 첨단장비의 성능 기준과 평가체계 부재에 따라 시설물 안전검정 결과에 대한 신뢰성 및 적정성 확보를 위한 성능평가 체계 및 기준 정립 필요.

○ 기존 및 첨단장비/기술 용어 및 개념 정의

- 점검 진단 장비의 성능검증 체계 구축을 위해 개념 정의가 필요한 단어 및 용어를 분류하였으며, 사전 등 자료를 토대로 일차적인 정의 후 설문조사 활용하여 성능검증 체계 구축을 위한 용어 및 개념 정의

<장비의 기술적 용어 및 정의>

단어/용어	정의
기본장비	직접적으로 물리량을 측정하거나, 수동 또는 반자동으로 측정값을 나타내어 계산/분석/해석에 인력이 개입해 결과값을 출력하는 장비
첨단자동화장비	측정한 값을 자동으로 계산/분석/해석하여 결과값을 출력하는 장비
복합장비	장비에 다른 장비를 연결/추가하여 만들어진 하이브리드(hybrid) 장비
사용목적	장비/기술 사용의 근본적 목적으로 내구성 평가, 안전성 평가, 환경 평가 등이 있다.
사용대상	장비/기술을 활용하여 직접적으로 평가하는 대상으로 재료적 측면에서는 콘크리트, 강재, 지반, 건설 신소재 등이 있다.
조사항목	실제 시설물에 영향을 미치는 결함으로 균열, 박리, 박락, 부식, 강도 등이 있다.
조사기법	결함을 조사하는 장비/기술의 고유원리로 음파, 초음파, 자기장, 물리량계측 등이 있다.

○ 점검 진단 장비/기술 조사

<국내 · 외 개발/판매 점검 진단 장비>

회사명/국적	장비명	비고
Bridge Inspection Using Unmanned Aerial Vehicle Based on HG-SLAM: Hierarchical GraphBased SLAM / 한국과학기술원		교량 검사를 위한 새로운 계층적 그래프 기반 동시 위치 파악 및 매핑(SLAM) 방법과 실제 교량 검사를 수행하기 위한 UAV 제어 기술 방법에 대해 설명. 카메라, IMU 및 3D LiDAR(Light Detection and Ranging)을 사용하는 그래프 기반 SLAM을 기반으로 하는 제한된 센서 융합 접근 방식의 개요. 노드 생성의 경우 견고성을 위해 VI(시각 관성) 및 NDT(정규 분포 변환) 주행 거리 측정이 모두 사용되며, G-ICP(Generalized Iterative Nearest point) 매칭을 통해 전역 최적화가 가능하다.
Airsens /	실내드론	실내검사

한국	(엘리오스 2)	
	카메라 FLIR Vue Pro R	열화상드론 운용 인력과 공인 열화상 진단 기술자들은 공중에서 비접촉식으로 온도 측정 값을 정확하게 수집 할 수 있다.
	카메라 FLIR VUE TZ20	최대 상황 인식을 위해 넓은 95도 시야각을 제공하고 필요한 경우 더 많은 픽셀을 대상에 배치하기 위해 좁은 18도 시야각을 제공 20배줌이 가능하며 세부 정보 및 확대를 위한 시야 유연성을 확보하여 상황을 평가할 수 있다.
	카메라 WIRIS Pro	매우 까다로운 산업용 정밀 진단에 적용. 특히 최종 교정 인증서를 포함한 각 렌즈의 개별 교정. 각 열화상카메라는 정확하고 개별적으로 제조되고 보정됩니다.
	카메라 WIRIS Security	빌딩 및 주변 감시, 실종자 검색, 소방 작업 등 검색 및 구조용으로 특별히 설계된 무인 항공기용 열화상카메라 이다.
	카메라 WIRIS Agro R	정밀 농업 분야의 넓은 지역에 수분 스트레스를 나타내는 최초의 장치
	WORKSWELL COREPLAYER	자세한 분석을 수행하고 사용자가 데이터를 편집하고 다른 형식으로 내보내고 포괄적인 보고서를 작성할 수 있도록 설계 하고 데이터 분석을 위한 모든 표준 기능은 GPS와 같은 기능을 확장 할 뿐만 아니라 프로그램 내에서 사용할 수 있다.. (현장온도, 최소 및 최대 영역, 온도 프로파일, 줌, 온도 스케일 변화, 색상 표, 방사율 등) 사진을 찍은 위치와 전체 스펙트럼 디지털 사진을 표시
	WORKSWELL Thermoformat	기록된 모든 써모그램에서 컬러팔레트, 방사율 또는 온도 스케일을 변경해야하는 경우 Thermoformat은 이러한 모든 기능을 수행 할 수 있으므로 많은 시간을 절약 할 수 있습니다. 이 소프트웨어를 사용하여 사진 측량 및 3D모델을 만들기 위해 EXIF메타 데이터로 기록 된 열화상을 내보낼 수 도 있다.
	FLIR TOOLS	FLIR Tools는 강력한 무료 소프트웨어 솔루션으로 이미지를 신속하게 불러와 편집 및 분석하고 전문 PDF 검사 보고서로 변환할 수 있습니다. FLIR 열화상 기기로 발견한 문제점을 클라이언트나 의사결정자에게 보여주고 신속하게 사전에 수리할 수 있는 가장 효과적인 방법입니다. 이 앱으로 열에 의해 레벨과 스펠을 조정하고 컬러 팔레트를 변경하거나 복사율, 반사 온도와 같은 매개변수를 조정할 수 있습니다.
	FLIR Thermal Studio	수천개의 열화상 및 비디오를 한번에 관리하고 워크 플로우를 획기적으로 능률화하고 생산성을 높이는 데 필요한 고급 처리 기능을 제공하도록 설계된 가장 진보 된 보고 소프트웨어이다.
영풍산업		수중 탐사 및 정밀검사 드론

	 산업용 수중드론 • 2016년 12월, 군포역, 수도권광역도시개발사업 • 원자력 발전소, 지열 발전, 양어, 폐기물 • 선박, 해양 구조물, 해양 자원 채취 • 다양한 산업기체 부품 제작 원자력, 설비 조선 및 일반	
SQ엔지니어링	 드론을 이용한 풍력발전기 안전진단 • 기존 (MRO) 기법 • 풍력발전기 등 위험 구조물에서 사람진단에 의한 안전 진단 • 드론 비행 및 영상 전송, 데이터 저장 가능 • 고압전 배선의 위험에서 안전 사용 • ZED를 사용하여 풍력 발전기 내부의 위험한 공간에 접근 가능 • 다양한 Time Knowledge 데이터를 이용한 영상 및 공간 정보 수중드론을 활용한 안전진단 • 한국 최초의 수중 드론 수중탐색기 수중작업기 활용하는 • 해양환경의 조류 • 원전방위를 통해 수중 해부 구조물의 상하를 • 신속 - 정확하게 진단 • 원수에서 사용되는 안전진단 실시 • 원수에서 안전 - 안전 보호 • 다양한 안전, 환경까지, 수중탐색기, 수중작업기	사람이 접근하기 어려운 구간에 드론을 활용하여 시설물 안전진단 (교량, 교각, 고층건물, 풍력발전기)
Konsol	 국내 최적화 반발경도측정기 PC 프로그램 사용매뉴얼 KONSOL KS-100D X셀 맥셀 데이터로 출력 가능!	반발경도 측정기 *중국 OEM 제품으로 정확한 제작사 판별 불가
Proceq /스위스	Ground Penetrating Radar	GPR
	Equotip portable hardness testers	경도계
	Ultrasonic flaw detector	초음파 결함 검출기
	Pundit Ultrasonic instruments	전문가 초음파 펄스 및 에코 기술
	Schmidt rebound hammers	슈미트해머
	Profometer cover meter and rebar locators	철근 탐사기
	Corrosion, resistivity and permeability testers	부식, 저항 투과율 미터
	Pull-off tester	인발시험기
	Coating and Film tester	도막두께 측정기
	Zehntner Retroreflection	반사도 측정기
	Zehntner ZDR 6020 Dynamic Retroreflectometer	동적 반사도 측정기
	Zehntner ZRS 6060 Retroreflectometer	재귀반사 측정기
Germann instruments	AVA	Air void analysis of fresh concrete
	bond-test	Adhesion or tensile strength
	capo-test	in-place compressive strength in existing structures
	cmd	crack monitoring
	conquest-GPR	radar
	CORECASE	Accurate coring
	CorroWatch	Chloride penetration into concrete

	CoverMaster	Location, depth and size of reinforcement plus half-cell potential
	CrackScope	Width of cracks
	Deep Purple Indicator/Rainbow Indicator	Carbonation
	DK-5000	Resonance frequency and dynamic modulus of elasticity
	DOCTer	Impact-Echo
	DSS-Test	Shear-bond of CFRP
	ERE Probe	Long-term monitoring of half-cell potential
	Eyecon	Ultrasonic pulse-echo
	GalvaPulse	Corrosion rate , half-cell potential and electrical resistance
	GWT	Water permeation
	HeatBox	Adiabatic heat of hydration
	HeatWatch	In-place temperatures and maturity development
	HUM-Meter	Internal moisture content
	ICAR Rheometer	Yield stresses and viscosity
	LOK-TEST	In-place compressive strength at early ages in concrete
	MERLIN	Bulk conductivity and resistivity
	Mini Great Dane	Potentials and electrical resistance
	MIRA	3D Tomography with pulse-echo
	MIRADOR	3D Tomography with impact-echo
	Moisture Encounter	Surface moisture content
	PetroPlaner	Polishing of plane surfaces
	POWER	Proof-loading anchors
	Profile Grinder	Chloride profiles
	PROOVE'it	Rapid Chloride Permeability Test
	Pundit	Ultrasonic pulse velocity
	Rapid Air	Air void analysis of hardened concrete
	RAT	Alkali content of fresh concrete
	RCT/RCTW	Chloride content
	s'MASH	Impulse response for flaw detection
	Surfer	Surface ultrasonic pulse velocity
	TMS	In-place temperatures and maturity development
	TORQ-Test	Shear-bond strength of CFRP overlays
Elcometer / 미국,	Elcometer 456	코팅 두께 게이지

캐나다		
	Elcometer 500	
	Elcometer 311	
	Elcometer 415	
	Elcometer 355	
	Elcometer 101	기계적 코팅 두께 측정기
	Elcometer 121/4	기계 페인트 검사 게이지
	Elcometer 141	기계 페인트 검사 게이지
	Elcometer 211	기계적 코팅 두께 측정기
	Elcometer 319	이슬점 측정기
	Elcometer 308	디지털 습도계
	Elcometer 309	
	Elcometer 213/2	
	Elcometer 212	디지털 포켓 온도계
	Elcometer 214	적외선 디지털 레이저 온도계
	Elcometer 7000PS	디지털 수분 측정기
	Elcometer 7000S	콘크리트 수분 측정기
	Elcometer 7410	
	Elcometer 215	oven data logger
	Elcometer 116	이슬점 및 상대 습도 측정
	Elcometer 130	Soluble salt profiler
	Half Cell and Covermeter Combined	콘크리트 커버 두께 측정
	Covermeters Only	
	Elcometer 331	보강 철근 측정
	Elcometer 181	기계식 콘크리트 시험 망치
	Elcometer 182	디지털 콘크리트 테스트 해머
	Elcometer 143	콘크리트 균열 폭 눈금자
	Elcometer 900	조명 현미경
Bridgemasters inc / 미국	BridgeWalker Type I Track Unit	굴절차
	BridgeWalker Type I	
	BridgeWalker Type II	
	Anderson Hydra Platform	

	Aspen Aerials B-32	
	Aspen Aerials A-62	
Giatec / 캐나다	icor	부식 속도 테스트를 위한 NDT장치
	XCell	반쪽 전지 부식 매핑을 위한 NDT장치
James instruments / 미국	windsor	콘크리트 압축 강도 테스트 장치
	rebarscope	철근 위치 및 크기
	mini r-meter	
	v-meter mk iv	ultrasonic pulse velocity system for finding voids and cracks, and determining other material properties
	vu-con	system impact echo system for field evaluation of concrete structures
	emodumeter	for resonant frequency testing determining young's modulus and poisson's ratio
	gecor8	철근 부식률 측정
	COR-MAP II	디지털 매핑 기능으로 치밀 부식률 측정
	poroscope	콘크리트 공기 및 물 투과성 측정
	aggrameter	모래, 잔골재 및 굵은 골재의 수분함량 측정
	aquameter	건축 자재용 수분 측정기
	aquaprobe	토양 수분 측정기
	cementometer	휴대용 마이크로웨이브 수분 측정기
GSSI / 미국	StructureScan Pro	Premier ground penetrating radar system for concrete inspection
	StructureScan Mini XT	Tool Designed for Today's Professional Concrete Scanner
	StructureScan Mini LXT	GPR System for Concrete Inspection
	GSSI's Utility Scan Pro GPR	Industry Standard in GPR for Utility Mapping and Locating
	UtilityScan	Compact GPR System for Utility Locating
	200 HS Antenna	Rugged, Wireless Low Frequency 200 MHz GPR System
	PaveScan RDM 2.0	Non-destructive Asphalt Density Testing Equipment
	RoadScan	Complete GPR System for Road Inspection
	BridgeScan	GPR Bridge Inspection Equipment

	SIR 4000	Rugged, High-Performance GPR Controller
	SIR 30	Rugged, Multi-channel GPR Controller
Dur-a-lift / 미국	TELESCOPIC ARTICULATING, MATERIAL HANDLING	Get where you need to go with our material handling bucket trucks. Working heights to 67
	TELESCOPIC ARTICULATING, PERSONNEL	Reach really high with a telescopic articulating, personnel bucket truck. Working heights up to 67'. Insulated or non-insulated
	CABLE PLACER	Dur-A-Lift's cable placer features fairleads for cable lashing, a hot-dip galvanized basket, and operates in both mobile and stationary mode
	TRACKED LIFTS	Get where others cannot with a tracked lift from Dur-A-Lift. Use as a single person material handler or double person personnel
	INDUSTRY: ELECTRIC UTILITY	Bucket trucks built for the electric utility industry. Insulated; single or double person baskets; working heights up to 67 feet
	INDUSTRY: FORESTRY / TREE CARE	Bucket trucks built for the tree care industry. Reach up to 50 feet with the Urban Forestry and up to 75 feet with the DAT3
	INDUSTRY: SIGN, LIGHT, TRAFFIC	From sign-holding brackets to compartments build for 8 and 10-foot bulbs, these bucket trucks are built for the sign, light, & traffic industries
	INDUSTRY: TELECOMMUNICATIONS	Bucket trucks and vans built for the telecommunications industry. Tons of storage options; splicers basket; inverters; and more
	TELESCOPIC	The telescopic bucket trucks feature a compact design that allows you get to those hard to reach places. Working heights up to 39 feet
	ARTICULATED	A compact design with the ability to reach over obstacles and barriers. Working heights up to 41 feet and side reach to over 30 feet
Brandfxbody / 미국	60T	Designed for truck chassis with a dual rear wheel 60" CA, the 60T comes standard with 6 compartments—two vertical and one horizontal per side
	84T	Designed for truck chassis with an 84" CA, the 84T is standard with 8 compartments—three vertical and one horizontal per side
	93T	Designed for truck chassis with a 93" CA, the

		93T comes standard with 10 compartments—four vertical and one horizontal per side
	102T	Designed for truck chassis with a 102" CA, the 102T comes standard with 10 compartments—four vertical and one horizontal per side
	108T	Designed for truck chassis with a 108" CA, the 108T comes standard with 10 compartments—four vertical and one horizontal per side.
	120T	Designed for truck chassis with a 120" CA, the 120T comes standard with 10 compartments—four vertical and one horizontal per side
	TANDEM SERIES	Designed for tandem-axle truck chassis, the BrandFX Tandem Series is available in any number of compartment configurations customized to meet your requirements
Snooper / 미국	Snooper Series 264	Designed for Underbridge Access Inspections, and Bridge Maintenance Work
	Snooper Series 230	
	Snooper Series 260	
	Snooper Series 240	
	Snooper Series 140	
Acoustic Control Systems / 독일	A1040 MIRA 3D PRO	THE HIGH-END ULTRASONIC TOMOGRAPH FOR QUALITY ASSESSMENT OF CONCRETE STRUCTURES
	A1040 MIRA 3D	
	A1410 PULSAR	The world-first ultrasonic pulse velocity testing instrument for couplant-free on-site quality assessment of concrete structures with up to 2 meters thru-transmission capability
	A1040 MIRA	A portable handheld ultrasonic tomograph is designed for imaging of the internal structure of concrete at one-sided access
	A1020 MIRA LITE	THE MOST PORTABLE AND HANDY TOMOGRAPH FOR REINFORCED CONCRETE INSPECTION
	UK1401 SURFER	A compact, ergonomic and handheld ultrasonic pulse velocity tester for concrete inspection
	A1221 ANCHOR	An ultrasonic low-frequency tester for in-situ quality assessment of concrete anchors, solid rebars and reinforcement

(2) 점검 진단장비/기술 분류(코드화)

○ 개요

- 국내·외 판매 중인 점검·진단 관련 선진 장비 분류체계 및 현황조사
- 미국 국립과학재단(NSF), 독일 연구재단(DFG) 등 선진국의 장비 분류체계 분석
- 분류체계 조사 후 1안(장비·용도코드 분리, 장비수준 고려), 2안(장비·용도코드 분리), 3안(「국토안전관리원」의 진단장비 별 기술분류) 개발 및 설문조사 실시

<분류체계 설문조사 결과>

구분	분류 1안	분류 2안	분류 3안
	장비코드+용도코드+수준	장비코드+용도코드	통합코드 (6자리 이상)
설명	손상코드와 장비/기술코드를 분리 후 장비의 수준을 고려하여 제안	손상코드와 장비/기술코드를 분리하여 제안	「국토안전관리원」의 진단장비 별 기술분류 및 장비 현행화 실시단계에서 제시된 분류표에 코드화 제안
응답자 비율	36/38	0/38	2/38

- 분류 1안은 장비의 코드화를 진행할 때 용도코드와 장비/기술 코드를 나누어 분류하여 체계적인 장비 관리가 가능하며, 새로운 장비가 개발되거나 기존 장비가 성능 향상되어 새롭게 출시하여도 문제없이 적용 가능
- 장비 고유의 원리를 기반으로 SW(음파법, Sound Wave), US(초음파법, Ultrasonic), ER(전자/전기/레이더, Electronic/Electrical/Radar), CE(융·복합장비, Composite Equipment)로 분류

<現在 기준, 기술의 일반수준 조사>

수준	장비/기술 구분	특징
1	직접적으로 조사항목(균열, 변위 등)의 측정값(물리량)이 도출되는 장비/기술	단순 물리량을 측정하기 위한 장비/기술이므로 기존의 「국가표준기본법」이나 「계량에 관한 법률」에 따른 검·교정 방식을 따름
2	측정한 값을 수동 또는 반자동으로 인력에 의한 해석을 통해 조사항목의 측정값을 도출하는 장비/기술	장비/기술의 성능보다는 인력에 의한 해석에 따라 시설물 점검 및 진단 결과가 도출되므로 장비/기술의 성능평가만으로는 성능을 평가하기 어려움
3	측정한 값을 자동으로 분석/해석하여 조사항목의 측정값을 도출하는 장비/기술	장비/기술의 성능에 따라 시설물 점검 및 진단 결과가 도출되므로 성능평가가 체계적으로 이루어져야 할 필요성이 있음

○ 점검 진단 장비/기술 코드화(안) 제안

- 점검 진단 기술(장비) 및 용도에 따른 분류체계 및 코드화(안) 제시

<분류(코드화) 안>

[기술(장비) 분류표]			[용도 코드화 분류]		
장비 및 기술 코드			용도		
조사기법	장비/기술	수준 1~3	사용목적	사용대상	조사항목
SW 음파법 (Sound Wave)	탄성파레이더시스템	2	D 내구성 평가 (Durability)	C 콘크리트 (Concrete)	균열
	테스트해머	1			내부결함
	타음용 드론	3			층분리/박리/박락
US 초음파법 (UltraSonic)	초음파탐상기	2			염화물/염해
	철근탐사기	1			탄산화
	초음파유량계	1			동해
	동탄성계수측정기	1			철근 탐사
	초음파전달속도측정기	1			철근 부식
ER 전자/전기/ 레이더 법 (Electronic/ Electrical/ Radar)	철근탐사기	1		S 강재 (Steel)	화학적침식
	전기저항측정기	2			기타
	분극시험기	2			도장손상
	멀티미터	2			부식
	GPR 레이더	2			
MG 자기법 (Magnetic)	철근탐사기	1	S 안전성 평가 (Safety)	C 콘크리트 (Concrete)	강도
	자분탐상기	1			변위/변형/피로
LD 국부파괴법 (Local Destruction)	만능시험기	2		S 강재 (Steel)	피로균열
	코어채취기	2			연결부 이완
	콘크리트건전성측정기	1			용접 결함
	인발시험기	1			변위/변형/피로
EA 전자선 분석법 (Electric beam Analysis)	EPMA	2		G 지반 및 사면 (Ground)	물리탐사
	SEM	2			침하량 및 변위
	XRD	2			
	XRF	2			
PM 물리량 계측법 (Physical volume Measurement)	균열진행측정기	1	F 설비평가 (Facilities)	P 관로 (Pipe - lines)	위치
	크랙게이지	1			누수
	크랙스케일	1			유량
	지진계	1		M 기계, 전기 (Machine/ Electric)	절연저항
	침하계	1			접지저항
	경사계	1			이상발열
	반발경도측정기	1			신호/모터/진동 분석
IA 영상 분석법 (Image Analysis)	디지털균열측정기	3	E 환경평가 (Environment)	A 대기 (Atmos- phere)	가스
	CCTV로봇	2		N 소음 (Noise)	소음
	고해상도라인카메라장착차량	2		W 수위/유 속/수중 탐사 (Water)	수위/수압/유속/ 수중탐사
	무인이동체활용영상촬영	2			
	수중 드론	2			
	스마트폰용 크랙게이지	3		V 진동 (Vibration)	진동
	안전진단용 드론	2			
	영상기반 3D 모델링	3			
CE 복합장비 (Composite Equipment)	인공지능(AI)분석영상	3			
	타음 및 영상분석용 드론	3			
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

○ 점검 진단 장비/기술 코드화(안) 예시

<일반장비 / 기술 코드화(안) 예시>

사용 장비/기술		장비코드		용도코드	
		코드	설명	코드	설명
반발경도	Schmit Hammer	PM071	물리량계측- 7번 장비-1수준	SCA1	안전성 평가 - 콘크리트 - 강도
초음파 전달속도	Pundit Lab	US051	초음파법- 5번 장비-1수준	SCA1	안전성 평가 - 콘크리트 - 강도
				DCA1	내구성 평가 - 콘크리트 - 균열
전자파 레이더	RC Radar	ER011	레이더법- 1번 장비1수준	DCA7	내구성 평가 - 콘크리트 - 철근 탐사
	GPR	ER042	레이더법- 4번 장비-2수준	DCA3	내구성 평가 - 콘크리트 - 층분리/박리/박락
				DCA7	내구성 평가 - 콘크리트 - 철근 탐사
				SGA1	안전성 평가 - 지반/사면 - 물리탐사
전자기 유도	Ferro Scan	MG011	자기법- 1번 장비-1수준	DCA7	내구성 평가 - 콘크리트 - 철근 탐사
초음파 단층촬영	MIRA	US012	초음파법- 1번 장비-2수준	DCA2	내구성 평가 - 콘크리트 - 내부결함
				DCA3	내구성 평가 - 콘크리트 - 층분리/박리/박락
				DCA7	내구성 평가 - 콘크리트 - 철근 탐사

<복합장비/기술 코드화(안) 예시>

사용 장비/기술		장비 코드		손상 코드	
		코드	설명	코드	설명
전기적 성질 활용	적외선 내부결함 탐사기	ER202	전자/전기/레이더법 - 20번 장비-2수준	DCA7	내구성 평가 - 콘크리트 - 철근 탐사
				DCA3	내구성 평가 - 콘크리트 - 층분리/박리/박락
				DCA2	내구성 평가 - 콘크리트 - 내부결함
	주파수차 전기저항 단층촬영	ER302	전자/전기/레이더법 - 30번 장비-2수준	DCA7	내구성 평가 - 콘크리트 - 철근 탐사
복합 장비	휴대용 균열 측정기	CE603	복합장비- 60번 장비-3수준	DCA1	내구성 평가 - 콘크리트 - 균열
				DCA3	내구성 평가 - 콘크리트 - 층분리/박리/박락
				SCA2	안전성 평가 - 콘크리트 - 변위/변형/피로
				SSA1	안전성 평가 - 강재 - 피로균열
				SSA4	내구성 평가 - 강재 - 변위/변형/피로
	로봇형 와전류탐 상검사	CE302	복합장비- 30번 장비-2수준	DSA2	내구성 평가 - 강재 - 부식
				SSA1	안전성 평가 - 강재 - 피로균열
				SSA3	안전성 평가 - 강재 - 용접 결함
				SSA4	안전성 평가 - 강재 - 변위/변형/피로
	부착형 초음파 탐상기	CE202	복합장비- 20번 장비-2수준	DSA2	내구성 평가 - 강재 - 부식
				SSA1	안전성 평가 - 강재 - 피로균열
				SSA3	안전성 평가 - 강재 - 용접 결함
				SSA4	안전성 평가 - 강재 - 변위/변형/피로

8) 성능평가 기준 및 방법론 개발

(1) 손상 시나리오 분류

○ 개요

- 구조물 공용 중에 발생할 수 있는 손상을 분석하여 손상 시나리오를 분류하고, 손상 시나리오를 모사하는 표준시편을 제작해 점검/진단 장비의 성능평가를 진행하여 구조물 점검 및 진단의 신뢰성을 향상하고자 함

○ 손상 시나리오 분류

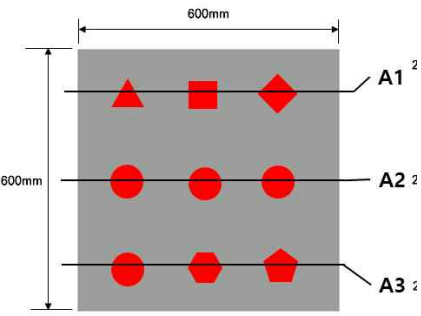
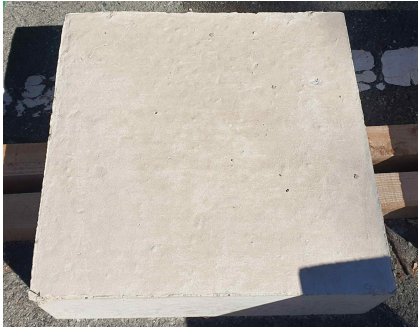
- 「시설물 안전 및 유지관리 실시 세부지침」에 명시된 재료시험 항목 및 구조물 노출 환경 분석을 통한 구조물 손상 시나리오 분류

< 성능확인항목 및 용도일반 >

구분	성능확인 항목	용도일반
CRD	• 콘크리트(피복) 두께 • 철근 간격 • 철근 겹이음 • 철근 부식	• 콘크리트 내부탐사
VD	• 콘크리트 내 공극 형상 • 콘크리트 내 공극 크기	• 콘크리트 내부 공극 탐사

○ 표준시편 제작

- 기존 제작 표준시편 분석 및 개선점 확인을 통한 표준시편 제작 방향 도출
- 강도 추정, 철근 탐사, 부식도 측정, 내부 결함(공극 탐사)로 선정된 표준시편 제작

		
(a) 설계도 및 형상화	(b) 몰드제작 및 콘크리트 타설	(c) 거푸집 탈영

<선정된 손상 시나리오별 표준시편 제작절차>

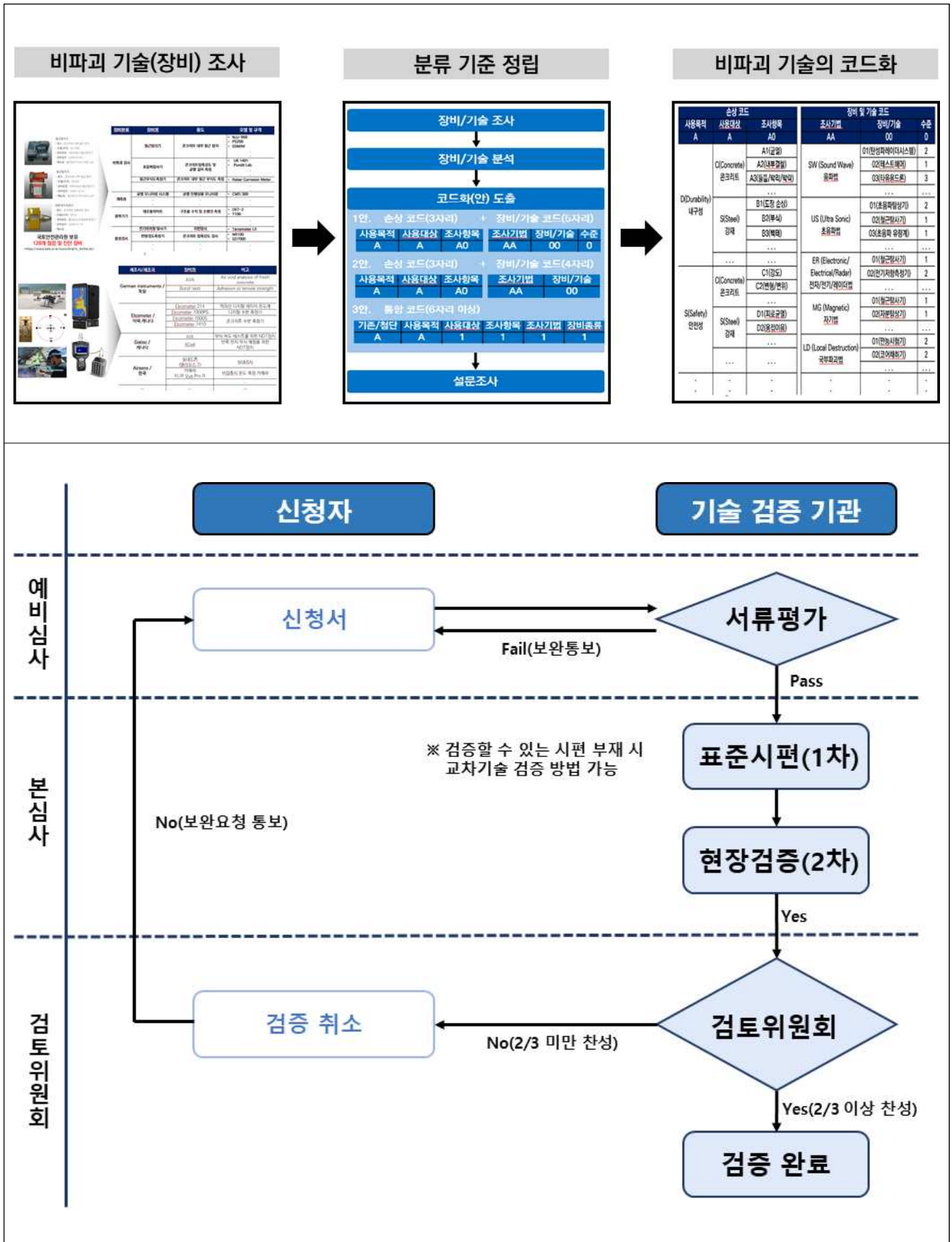
표준시편		규격 및 사양
RD1		– 규격(mm) : H/1,000 * B/300 * T/250 – 검증/평가 가능 항목 : 피복 콘크리트 두께 평가
RD2		– 규격(mm) : H/1,000 * B/300 * T/250 – 검증/평가 가능 항목 : 콘크리트 내 철근 직경 평가 직경에 따른 피복 콘크리트 두께 평가
RD3		– 규격(mm) : H/1,000 * B/300 * T/250 – 검증/평가 가능 항목 : 콘크리트 내 철근 간격 평가
CRD		– 규격(mm) : H/1,700 * B/1,700 * T/200 – 검증/평가 가능 항목 : 철근 부식 및 겹이음 평가 콘크리트 내 철근 간격 평가
VD		– 규격(mm) : H/600 * B/600 * T/200 – 검증/평가 가능 항목 : 콘크리트 내 내부결함 평가

<표준시편별 검증/평가 항목>

(2) 비파괴 기술(장비)의 성능확인 기술개발

○ 개요

- 기술(장비별) 분류, 표준시편 및 현장검증을 통한 시험절차·기준 및 방법론 제시
- 예비심사, 본 심사 및 검토위원회를 통한 성능확인 체계 정립



<비파괴 기술(장비) 분류체계 및 성능확인 방법(안)>

○ 예비심사

- (정의) 요소(투과) 기술의 성능확인 현장조건을 확인하기 위해 주파수(파형) 상태를 측정하며, 또한, 현장시험 前 확인·검증 대상기술과 현장 간 주파수 간섭상태, 대상 기술(장비)의 고장 유·무 확인
- (방법) 주파수 스펙트럼 분석기 RSA-306B 활용하여, 주파수 발생 여부 및 강도 등 확인
- (절차) 측정 → 분석·판단 → 예비평가서 작성 → 수준확인(Pass/Fail)의 절차를 따름.

예비심사 절차

예비심사 신청
(대상업체)

↓

평가 신청서 제출
(대상업체)

↓

기본스펙 검사
(주파수 등)

↓

예비평가서 작성
(검증기관)

성적서 번호
KE - 00 - 00 - 0000
페이지 (0) / 총(0)

예 비 평 가 서(안)
PRE-TEST REPORT

1. 의뢰기관

기관명	OO엔지니어링
주소	경상남도 OO시 OO로 OO길 OO
사업자등록번호	00000 - 00 - 000000
성적서 용도	테스트제출 결과(예시)
접수일자	0000.00.00

2. 의뢰 장비/기술

장비(기술명)	000 GPR(지하레이더 탐사용)
규격 및 사양	전파파 레이다
분류(조각/모델)	ER011

3. 시험 기간 2021.10.28 ~ 2021.10.28

4. 시험환경

시험장소	탐사지역	주파수스펙	온도	습도	조도
00000	주파수스펙(범위)	00-000Hz	00℃	00%	-

5. 시험 결과

구분	000 GPR	00Hz	00Hz	00Hz	검출 항목	운영 속도	탐사 시간	탐사도	결과
	0	0	0	0	0	0	0	0	Pass

위 성적서는 00000원에서 공인받은 시험성적 결과입니다.

확인	시험자(Test by)	기술책임자(Technical manager)
성명 : 홍길동 (인)	성명 : 홍길서 (인)	
Name	Name	

0000.00.00

0 0 0 0 원장

<붙임>에 보였던 성적서 도면 내용은 시험 의뢰기관에 의해 제공된 장비/기술에 한하며, 용도 이외 사용은
금합니다.
All contents of the report, including <Paste>, shall be limited to the equipment/technology provided by the
testing agency and shall not be used other than for use.

Tel: 000 - 0000 - 0000
Fax: 000 - 0000 - 0000
www.000000.or.kr

성적서 번호
KE - 00 - 00 - 0000
페이지 (0) / 총(0)

결과 상세
TEST RESULTS DETAIL

항목	내용	대상기술	확인자	비고
주파수	회당 장비의 주파수 스펙 제시	500~1500Hz		
검출능력	설계간격, 피복두께, 흙층 검출 가능 여부	0/XX		
운영속도	최소 운영속도가 23cm/s 이상인지 판단	0/XX		
현장 준비시간	장비 준비시간이 10분 이하인지 판단	0/XX		
탐사도	GPR 탐사결과도 제출 가능 여부 전투어 프로파일링 분석 자료 제출 가능 여부	0/XX		

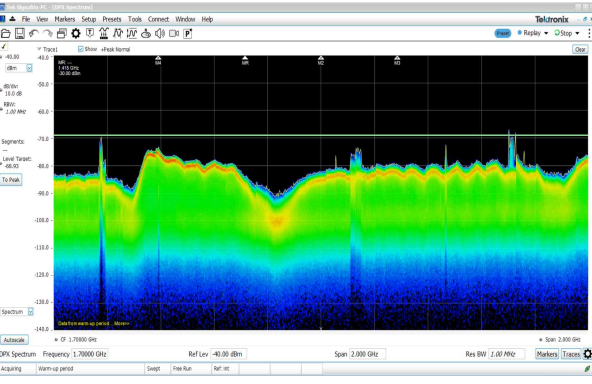
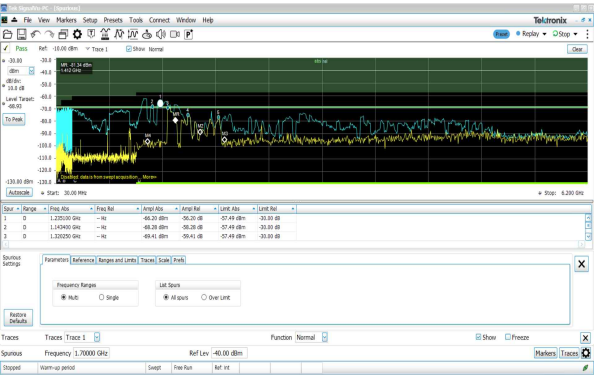
Tel: 000 - 0000 - 0000
Fax: 000 - 0000 - 0000
www.000000.or.kr

(a) 세부평가 체계

(b) 예비평가서(주파수 스펙트럼 분석)

<예비심사 세부절차 및 예비평가서(안)>



<주파수 스펙트럼 분석에 의한 예비심사 모습>

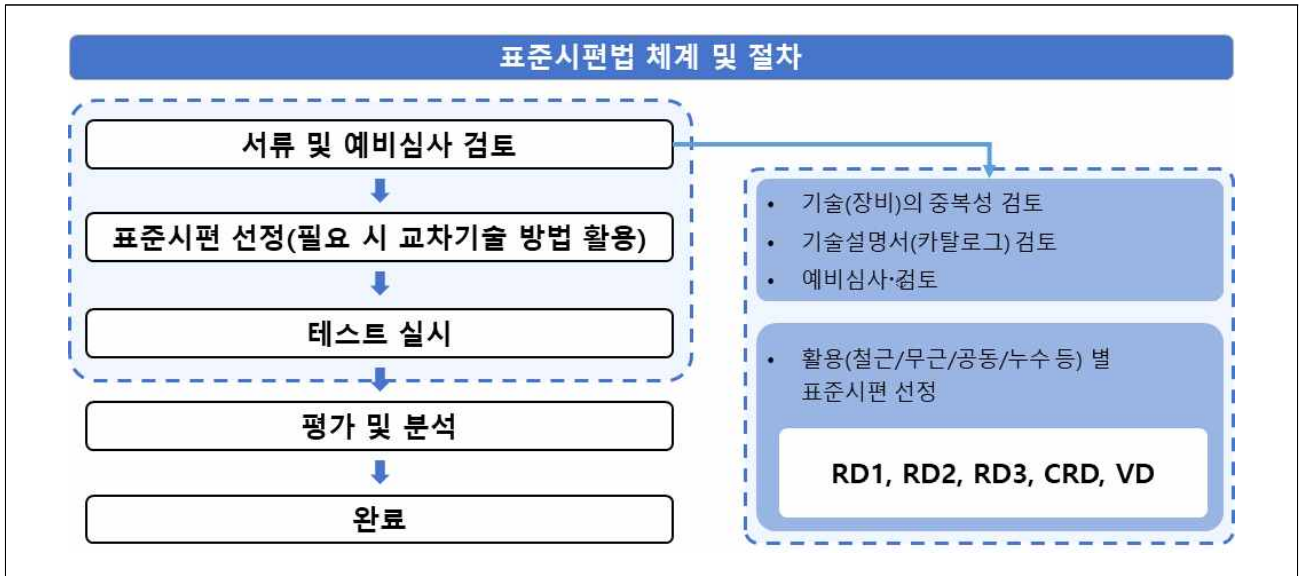
- 48 -

○ 본 심사

- (개요) 장비 특성·성능(오차율, 현장 운용성 등)을 고려하여 표준시편 및 현장검증 확인
- (체계·절차) 서류 및 예비심사 결과검토 → 본심사 운용계획 → 표준시편 → 현장검증

○ [본 심사 1차] 표준시편에 의한 방법론

- (개요) 표준시편의 실측치를 활용하여, 장비/기술의 출력물(평가대상 기술)과 비교·검증하는 방법
- (세부절차) 표준시편(필요시 교차검증법 활용 가능) 결정 → 테스트 → 평가·분석 → 완료



<표준시편에 의한 성능평가 세부절차 및 방법론 (안)>

- (방법) 표준시편 실측자료 대비 피 평가대상기술 오차의 정량화기법 및 기준(안) 제시

$$\text{오차율}(\%) = \left[1 - \frac{\text{장비 및 기술의 출력물}}{\text{표준시편 제작시 실측자료}} \right] \times 100$$

- 장비 및 기술의 출력물 : 의뢰장비, 검증 대상으로부터 나온 데이터
- 표준시편 제작 시 실측자료 : 표준시편 Reference 실측으로 나온 데이터

- 표준시험성적서(안)

성적서 번호
KB - 00 - 00 - 0000
페이지 (00) / 총(00)

표준시험성적서(안)
STANDARD TEST REPORT

1. 의뢰기관

기관명	
주소	
사업자등록번호	
성적서 용도	
필수일자	

2. 의뢰 장비/기술

장비/기술명	
규격 및 사양	
분류코드	

3. 시험 기관

4. 시험 환경

시험장소	표준시험대	표준시험대	온도	습도	조도
------	-------	-------	----	----	----

5. 시험 결과

구분	장비/기술 성능		장비/기술 사용성	
	오차율	-	운용성	통과성
등급				

※ 성적서는 국토안전관리원에서 공인받은 시험결과 결과입니다.

확인	시험자(Test by)	기술책임자(Technical manager)
Confirmation	성명 : 0 0 0 (인) Name	성명 : 0 0 0 (인) Name

0000. 00. 00

0 0 0 0 원장

<참고> 본 시험 성적서 모든 내용은 시험 의뢰기관에 의해 제공된 장비/기술에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
All contents of the report, including 'Paste', shall be limited to the equipment/technology provided by the testing agency and shall not be used other than for use.

Tel : 000 - 0000 - 0000
Fax : 000 - 0000 - 0000
www.000000.or.kr

성적서 번호
KB - 00 - 00 - 0000
페이지 (00) / 총(00)

결과 상세
Test Results Details

결과 상세 작성은 아래 절차에 따라 작성하며, 성적서에 명시되어야 할 항목은 빠짐 없이 기록하여야 한다.

- 1) 시험 일자 및 시간, 표준시편 상세, 시험 위치의 표준 상세, 콘크리트 내부 함수 상태 등 시험을 위한 기본사항은 디지털 혹은 아날로그로 확인 가능한 자료(사진 등)를 첨부하여야 한다.
- 2) 표준시편의 상세도, 콘크리트 제형과 같은 표준시편에 관련된 사항은 설계서 및 제작서 기록을 활용한다.
- 3) 시험 진행 방법은 KS 규격에 맞게 진행하며, 사용된 KS 규격은 기록한다.
- 4) 진행 사진, 결과값 등은 시험 장비별도 제인된 당시 항목에 맞추어 작성한다.

Tel : 000 - 0000 - 0000
Fax : 000 - 0000 - 0000
www.000000.or.kr

<표준(시편) 시험성적서(안)>

○ [본 심사 1-1차] 교차기술에 의한 방법론

- (개요) 표준시편이 없거나 표준시편 검증 대상 기술이 아닌 경우 혹은 기타 필요시 정확도와 검증이 완료된 기술을 활용하여, 검증대상 기술과 비교·평가하는 방법

- (방법) 기 검증기술 대비 피 평가대상기술 오차의 정량화기법 및 기준(안) 제시

$$\text{오차율}(\%) = \left[1 - \frac{\text{검증대상기술출력물}}{\text{검증완료기술출력물}} \right] \times 100$$

- 검증대상 기술 출력물 : 의뢰장비, 검증 대상으로부터 나온 데이터
- 검증완료 기술 출력물 : 비교군, 검증이 완료된 기술로부터 나온 데이터

- 표준시험성적서(안)

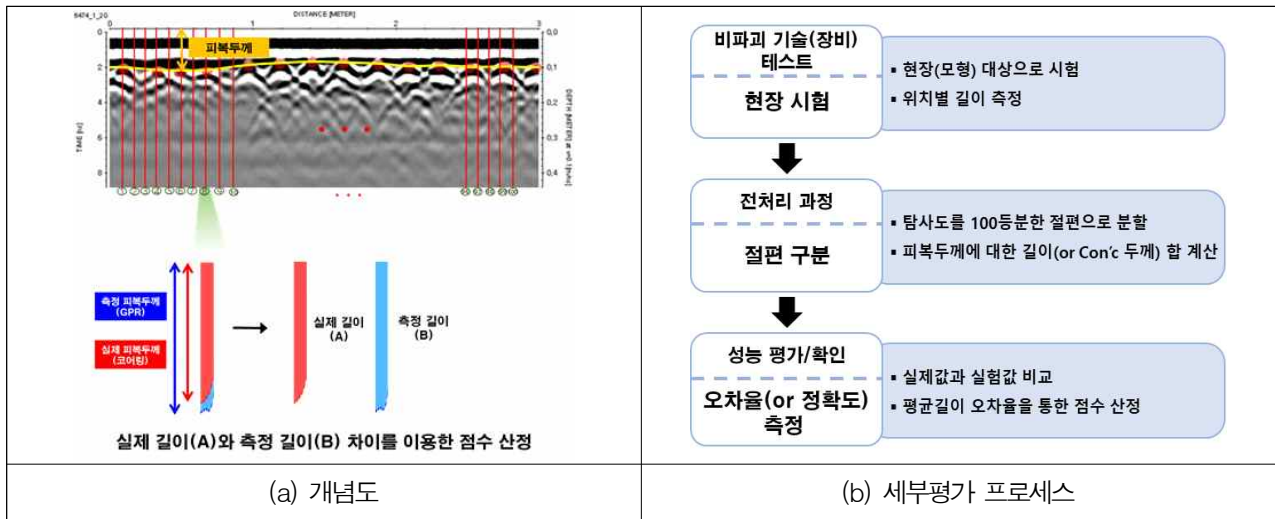
성적서 번호 KB - 00 - 00 - 0000 페이지 (00) / 총(00)											
표준시험성적서(안) STANDARD TEST REPORT											
1. 의뢰기관 <table border="1"> <tr><td>기관명</td><td></td></tr> <tr><td>주소</td><td></td></tr> <tr><td>사업자등록번호</td><td></td></tr> <tr><td>장비 사용도</td><td></td></tr> <tr><td>접수일자</td><td></td></tr> </table>		기관명		주소		사업자등록번호		장비 사용도		접수일자	
기관명											
주소											
사업자등록번호											
장비 사용도											
접수일자											
2. 의뢰 장비/기술 <table border="1"> <tr><td>장비/기술명</td><td></td></tr> <tr><td>관리 및 사양</td><td></td></tr> <tr><td>분류코드</td><td></td></tr> </table>		장비/기술명		관리 및 사양		분류코드					
장비/기술명											
관리 및 사양											
분류코드											
3. 시험 기관 :											
4. 시험환경 <table border="1"> <tr> <td>시험장소</td> <td>표준시험장</td> <td>표준시험제</td> <td>온도</td> <td>습도</td> <td>조도</td> </tr> </table>		시험장소	표준시험장	표준시험제	온도	습도	조도				
시험장소	표준시험장	표준시험제	온도	습도	조도						
5. 시험 결과 <table border="1"> <tr> <td>구분</td> <td>교차 기술 검증 대상 장비</td> <td>오차율</td> <td>등급</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		구분	교차 기술 검증 대상 장비	오차율	등급						
구분	교차 기술 검증 대상 장비	오차율	등급								
이 성적서는 국토안전관리원에서 공인받은 시험결과 결과입니다.											
확인 Confirmation	시험자(Test by) 성명 : 0 0 0 (인) Name										
	기술책임자(Technical manager) 성명 : 0 0 0 (인) Name										
0000. 00. 00 0 0 0 0 원장											
<참고>은 포함한 성적서 모든 내용은 시험 의뢰기관에 의해 제공된 장비/기술에 한하며, 용도 이외 사용을 금합니다. All contents of the report, including (Paste), shall be limited to the equipment/technology provided by the testing agency and shall not be used other than for use.											
Tel : 000 - 0000 - 0000 Fax : 000 - 0000 - 0000 www.00000000.or.kr											

성적서 번호 KB - 00 - 00 - 0000 페이지 (00) / 총(00)
결과 상세 Test Results Details
결과 상세 작성은 아래 절차에 따라 작성하며, 성적서에 명시되어야 할 항목은 빠짐 없이 기록하여야 한다.
1) 시험 절차 및 사전, 표준시험 상세, 시험 위치의 표준 상세, 콘크리트 내부 함수 상태 등 시험을 위한 기본사항은 디지털 혹은 아날로그로 확인 가능한 자료(사진 등)를 첨부하여야 한다. 2) 표준시험의 상세도, 콘크리트 제형과 같은 표준시험에 관련된 사항은 설계서 및 제작시 기록을 활용한다. 3) 시험 진행 방법은 KS 규격에 맞게 진행하며, 사용된 KS 규격은 기록한다. 4) 진행 사진, 결과값 등은 시험 장비별로 제한된 형식 항목에 맞추어 작성한다.
Tel : 000 - 0000 - 0000 Fax : 000 - 0000 - 0000 www.00000000.or.kr

<표준(교차기술) 시험성적서(안)>

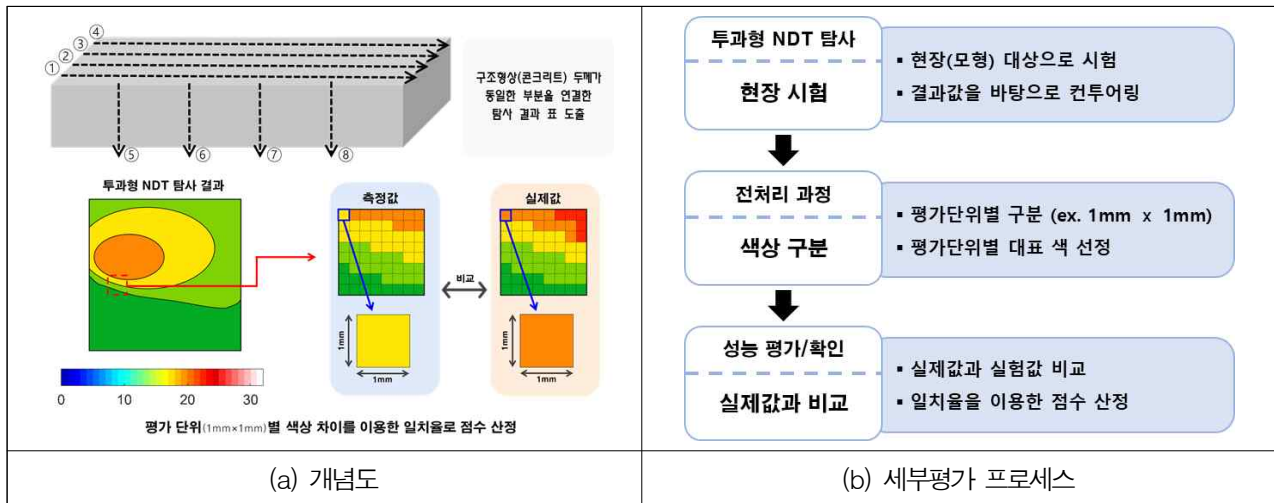
○ [본 심사 2-1차] 절편법에 의한 성능확인·검증

- (정의) 현장의 운용성과 실제 현장(모형) 구조와 대상기술을 적용한 결과 간 구조형상을 100등분의 절편으로 나누어 구조형상 차이를 정량적으로 평가·확인하는 방법임.
- (특징) 이러한 방법은 구조(형상)의 差를 정량화시키기에 장점으로서는 추가적인 프로그래밍이 필요치 않으며, 비교적 단순하고 균질한 재료(예: 무근콘크리트)로 구성된 현장(모형)에 적합한 방법임.
- (절차) 현장테스트 → 레퍼런스 절편의 콘크리트 피복두께산정 → 검증대상기술을 적용한 결과에 따른 절편의 콘크리트 피복두께산정 → 정량화(오차율)
 - 레퍼런스와 결과물(성능검증 대상기술 적용) 대상 100등분한 콘크리트 피복길이의 각각 총 길이 합 산출
 - 동일위치 간 콘크리트 피복 총 길이를 오차율($[1 - \frac{\sum Con'c \text{ 피복길이(장비)}}{\sum Con'c \text{ 피복길이(실제)}}] \times 100$)로 정량화



< 절편법에 의한 성능확인·검증체계·절차 >

- [본 심사 2-2차] 컨투어 프로파일링법에 의한 성능확인·검증
- (정의) 레퍼런스(모형) 구조와 대상기술을 적용한 결과 간 구조형상(콘크리트) 두께를 32가지의 색깔로 나타내어 색상별 차이를 정량적으로 평가·확인하는 방법임.
 - (특징) 이러한 방법은 프로그래밍이 선행되어야 하며 자동화 방법으로 빠른 결과를 확인할 수 있음. 또한, 향후 컨투어 색상을 확장하면 보다 정밀한 평가점수를 산정할 수 있는 장점(확장성)이 있음.
 - (절차) 현장시험 → 레퍼런스 컨투어 도출 → 성능검증 대상기술을 적용 컨투어 도출 → 정량화



< 컨투어 프로파일링법에 의한 성능확인·검증체계·절차 >

- 현장검증에 의한 성능성적확인서 제출요령, 평가방법 및 절차(안)
- 성능평가확인자는 현장(모형)시험 시 대상기술의 준비시간과 작업속도를 측정 후 기입함.
 - 피 평가자가 제출할 시험결과서(공통)는 콘크리트 철근과 무근구간으로 구분되며 탐사결과 사진, 위치, 피복, 철근간격, 공동(들뜸) 개수 및 크기를 기입해야 함.
 - 절편법에 의한 시험결과서(A형)는 피 평가자가 시험구간을 100등분하여 양식(엑셀)에 맞게 콘크리트 피복 길이를 기입해 제출해야함.
 - 첨단기술 대상의 컨투어 프로파일링법에 의한 시험결과서(B형)는 피 평가자가 시험구간의 콘크리트 두께에 따른 컬러 컨투어 양식에 맞게 작성해서 제출해야함.
 - 성능평가·확인자는 제시된 성능지표 및 기준에 맞게 성능점수를 기입 후 산정함.

9) 테스트베드

(1) 표준(시편, 교차기술)시험법 T/B

○ 개요

- 코드화(안), 성능평가 기준 및 방법론, 성적서 양식 등 제안된 내용의 T/B 검증
- GPR 최신기술(ProS,)을 선별하여 표준시편, 교차기술법 체계·절차·시나리오 검증 수행

- 장비/기술의 정량적 성능평가
- 장비/기술 원리별 한계 파악
- 제안된 성능 검증



- 장비/기술의 운용성 평가
- 장비/기술 운용 기술지원 자료

<비파괴 기술(장비)의 성능검증시스템 T/B 검증 개념도 >

○ 표준시편법 T/B 결과

- 표준시편(RD1, RD2, RD3, CRD, VD) 실측치를 활용하여, 장비/기술의 출력물(피 평가대상기술)과 비교·평가
- 표준시편법 T/B 결과는 아래와 같음.

<피복 콘크리트 두께 평가(표준시편:RD1)>

검증/평가 항목	Reference	GPR	오차율(정확도)
피복 콘크리트 두께(mm)	15	15.6	3.7%(96.3%)
	40	39.3	1.9%(98.1%)
	65	66.5	2.2%(97.8%)
	90	93.8	4.2%(95.8%)

<콘크리트 내 철근 간격(100/125/150/200mm) 평가, 철근 부식 및 겹이음 평가(표준시편:CRD)>

검증/평가 항목	Reference	GPR	오차율(정확도)
철근간격(mm)	125	132.2	5.8%(94.2%)
	150	148.1	1.3%(98.7%)

<콘크리트 내 내부결함 평가(표준시편:VD)>

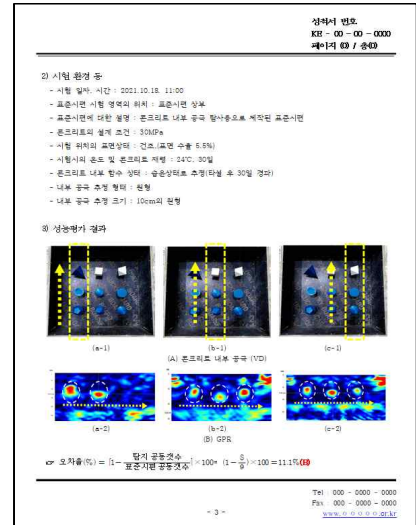
검증/평가 항목	Reference	GPR	오차율(정확도)
내부결함 탐사(개수)	9	8	11.1(88.9%)

		제작성 번호 KIS - 00 - 00 - 0000	
		제시처 (회) / (주)	
표준 시험 성적서 (안)			
STANDARD TEST REPORT			
I. 제품 기술			
기타사항	OO형식시험		
주소	경상남도 OO시 OO동 OO로 OO		
사업자등록번호	OOO - 00 - 00000		
제품의 용도	테스트용(예) : 검증용		
제조일자	2012.10.28		
II. 제품 상세기술			
공급처(기업명)		OOO OPR(Ground Penetrating Radar)	
규격 및 사양	한국(내국)에 맞춰		
통용코드	EN612		
III. 시험 조건 :			
A. 시험물체			
시험물질	표본시험물	표본시험물	종도
OO시험물	유리벽체	VD	24°C
			54%
			-
B. 시험 결과			
구분	장비(기)를 평가	장비(기)를 사용성	
등급	호	충분함	충대성
		불충	불충
IV. 제작자는 적(適)한편지로부터 광범한 시험결과를 검사할수 있다.			
확인 <i>Confirmation</i>	시험일자(T) 0 0 0 0 (일) Name _____		기술책임자(Technical manager) Name _____
2012. 10. 28			
0 0 0 0 원장			

(참고) : 교정받은 장비가 모든 새로운 시험 데이터들에 대해 충분한 양의 정확도에 부합해, 온도 이외의 새로운 규정이다.

All contents of the report, including (Firm), shall be leased to the equipment holder, provided by the testing agency, and shall not be used after then for use.

Tel. 02-00-0000-0000
Fax: 02-000-0000-0000
[www.000000.kr](#)



- 표준(교차기술) 시험성적서(안) 작성 예시

성적서 번호
KE - 00 - 00 - 0000
페이지 (0) / 총(0)

교차기술검증시험성적서(안)

SIMPLE METHOD TEST REPORT

1. 의뢰기관
 기관명 OO엔지니어링
 주소 경상남도 00시 00도 00읍 00
 사업자등록번호 000 - 00 - 000000
 성적서 용도 테스트베드 검증(배서)
 접수일자 2021.10.28

2. 의뢰 장비/기술
 장비/기술명 RC Radar
 규격 및 사양 센서와 데이터
 분류(조건)코드 RR011

시험 기간 : 2021.10.28. ~ 2021.10.28.

4. 시험환경

시험장소	탐색방위	시험조건	온도	습도	조도
OO시험동	Conc 파복사	15/40/95/90mm	24℃	54%	-

5. 시험 결과

구분	검증완료기술/장비(비교군)	오차율	등급
	PS900(전자기유도)	3.9%	A(우수)

위 성적서는 00000원에서 공인받은 시험성적 결과입니다.

확인 Confirmation	시험자(Test By)		기술책임자(Technical manager)	
	성명 : 홍길동 (인) Name	성명 : 홍길서 (인) Name		

0000. 00. 00

0 0 0 0 원장

<본발>을 포함한 성적서 또는 내용은 시험 의뢰기관에 의해 제공된 장비/기술에 한하며, 용도 이외 사용을 금합니다.
All contents of the report, including (Paste), shall be limited to the equipment/technology provided by the testing agency and shall not be used other than for use.

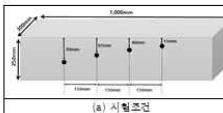
Tel : 000 - 0000 - 0000
 Fax : 000 - 0000 - 0000
www.o.o.o.o.or.kr

성적서 번호
KE - 00 - 00 - 0000
페이지 (0) / 총(0)

결과 상세(예)

Test Results Details

1) 교차검증시험조건 상세



- 크기 : 1,000mm X 300mm X 250mm
 - 제작일 : 2020.10.01.
 - 설계강도 : 30MPa
 - 피복두께 : 15mm, 40mm, 95mm
 - 철근간격 : 150mm

(a) 시험조건
(b) 조건상세

2) 교차검증시험조건 상세
 - 오차율(%) = $\frac{1 - \text{검증대상기술능력률}}{\text{검증완료기술능력률}} \times 100$

<장비/기술의 성능평가 기준(안) 제시>

구분	등급				
	A(우수)	B(양호)	C(보통)	D(미흡)	E(불량)
교차기술검증등급	오차율 5% 미만	오차율 10% 미만	오차율 15% 미만	오차율 20% 미만	오차율 20% 이상

3) 시험 환경 등
 - 시험 한계 (검증의 원인, 장애물 등등) : 없음
 - 시험 값과 절단, 안테나 유파수 등의 배제변수의 표시 : 유전율 8.5
 - 시험 대상 면에서의 안테나 절단 위치, 각도 방향 및 범위 : 절단 직교 방향
 - 피복두께와 철근의 지름에 대한 실측값과 보정값 값 : 3mm 상향 보정
 - 정밀도 : 65% 이상

$$\Rightarrow \text{3회 측정값 평균으로, } \left[\frac{1 - \frac{123.2}{123.6}}{100} \right] \times 100 = 0.3\%, \left[\frac{1 - \frac{145.1}{153.3}}{100} \right] \times 100 = 3.4\%$$

$$\Rightarrow \frac{0.3 + 3.4}{2} = 1.8\% (A)$$

Tel : 000 - 0000 - 0000
 Fax : 000 - 0000 - 0000
www.o.o.o.o.or.kr

< 표준(교차기술) 시험성적서(안) 예시, Con'c 피복탐지능력 >

성적서 번호
KE - 00 - 00 - 0000
페이지 (0) / 총(0)

교차기술검증시험성적서(안)

SIMPLE METHOD TEST REPORT

1. 의뢰기관
 기관명 OO엔지니어링
 주소 경상남도 00시 00도 00읍 00
 사업자등록번호 000 - 00 - 000000
 성적서 용도 테스트베드 검증(배서)
 접수일자 2021.10.28

2. 의뢰 장비/기술
 장비/기술명 RC Radar
 규격 및 사양 센서와 데이터
 분류(조건)코드 RR011

시험 기간 : 2021.10.28. ~ 2021.10.28.

4. 시험환경

시험장소	탐색방위	시험조건	온도	습도	조도
OO시험동	철근간격	125/150mm	24℃	54%	-

5. 시험 결과

구분	검증완료기술/장비(비교군)	오차율	등급
	PS900(전자기유도)	1.0%	A(우수)

위 성적서는 00000원에서 공인받은 시험성적 결과입니다.

확인 Confirmation	시험자(Test By)		기술책임자(Technical manager)	
	성명 : 홍길동 (인) Name	성명 : 홍길서 (인) Name		

0000. 00. 00

0 0 0 0 0원장

<본발>을 포함한 성적서 또는 내용은 시험 의뢰기관에 의해 제공된 장비/기술에 한하며, 용도 이외 사용을 금합니다.
All contents of the report, including (Paste), shall be limited to the equipment/technology provided by the testing agency and shall not be used other than for use.

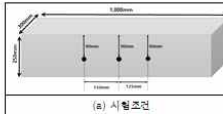
Tel : 000 - 0000 - 0000
 Fax : 000 - 0000 - 0000
www.o.o.o.o.or.kr

성적서 번호
KE - 00 - 00 - 0000
페이지 (0) / 총(0)

결과 상세(예)

Test Results Details

1) 교차검증시험조건 상세



- 크기 : 1,000mm X 300mm X 250mm
 - 제작일 : 2020.10.01.
 - 설계강도 : 30MPa
 - 피복두께 : 90mm
 - 철근간격 : 125mm, 150mm

(a) 시험조건
(b) 조건상세

2) 교차검증시험조건 상세
 - 오차율(%) = $\frac{1 - \text{검증대상기술능력률}}{\text{검증완료기술능력률}} \times 100$

<장비/기술의 성능평가 기준(안) 제시>

구분	등급				
	A(우수)	B(양호)	C(보통)	D(미흡)	E(불량)
교차기술검증등급	오차율 5% 미만	오차율 10% 미만	오차율 15% 미만	오차율 20% 미만	오차율 20% 이상

3) 시험 환경 등
 - 시험 한계 (검증의 원인, 장애물 등등) : 없음
 - 시험 값과 절단, 안테나 유파수 등의 배제변수의 표시 : 유전율 8.5
 - 시험 대상 면에서의 안테나 절단 위치, 각도 방향 및 범위 : 절단 직교 방향
 - 피복두께와 철근의 지름에 대한 실측값과 보정값 값 : 3mm 상향 보정
 - 정밀도 : 65% 이상

$$\Rightarrow \text{3회 측정값 평균으로, } \left[\frac{1 - \frac{123.2}{123.6}}{100} \right] \times 100 = 0.3\%, \left[\frac{1 - \frac{145.1}{153.3}}{100} \right] \times 100 = 3.4\%$$

$$\Rightarrow \frac{0.3 + 3.4}{2} = 1.8\% (A)$$

Tel : 000 - 0000 - 0000
 Fax : 000 - 0000 - 0000
www.o.o.o.o.or.kr

< 표준(교차기술) 시험성적서(안) 예시, 철근간격탐지능력 >

10) 설문조사

(1) 배경 및 목적

- 시설물 점검·진단 기술의 동향 파악 및 도출된 현안을 바탕으로, 향후 검·인증제도 관련 시사점을 도출하기 위한 기술 생산자·소비자 대상 의견조사 수행

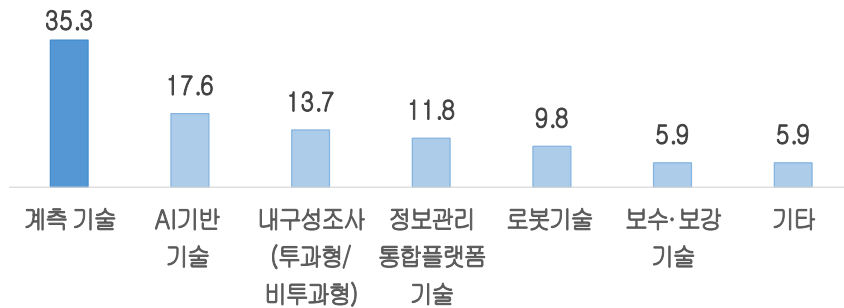
<설문조사 개요>

구 분	내 용
조사 대상	기술개발자, 연구자 및 기술사용자(진단장비 관련 전문가) 40명
유효 표본	- 40명 중 31명 응답
조사 방법	- E-mail 조사
자료수집 도구	- 구조화된 질문지(Structured Questionnaire)

(2) 조사 내용 및 결과

○ 연구·개발·도입 현황

- 기술개발자가 연구·개발·도입한 기술은 계측기술(35.3%), AI기반 기술(17.6%), 내구성조사(투과형/비투과형)(13.7%) 순으로, 시설물 점검·진단 시 계측, AI, 비파괴 기술 순으로 개발·이용되고 있음.
- 4차 산업혁명, 디지털 뉴딜 등 시대반영에 맞춰 정밀센서, 인공지능 융·복합기술 위주의 기술이 소요되고 있는 것으로 분석됨.



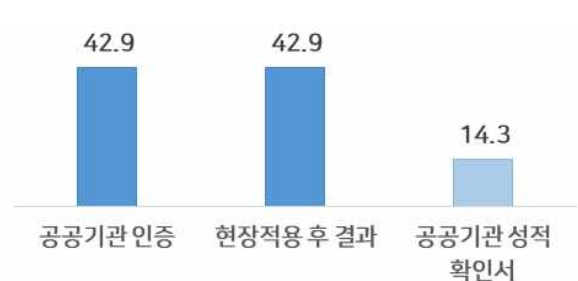
<첨단기술 연구·개발·도입 현황(단위: %)>

○ 기술개발·상용화 시 필요 공공지원

- (기술생산자) 개발된 실용화 기술개발을 위해서는 인증사업, 현장 적용 결과 공개 등 약 77% 이상의 전문가 의견이 기술의 공공 성능정보공개가 필요하며, 나머지 약 23%는 경진대회를 통한 우수기술 선정이 필요한 것으로 조사됨.
- (기술소비자) 도입의 활성화 역시 공공기관 인증, 현장 적용 결과 공개가 약 85%로 조사됨.
- 따라서 기술 생산·소비자 모두에게 투명·공정한 평가에 의한 공공 검·인증(정보공개)사업은 기술의 개발·도입진흥에 가장 도움이 될 수 있는 방법으로 조사·분석 됨.



<기술개발자의 정량적 평가 유형(단위: %)>



<기술활용자의 장량적 평가 유형(단위: %)>

○ 연구·개발 시 애로사항

- 기술 검 · 인증사업이 기술 개발자 입장에서 자칫 규제로 볼 수 있어 개발자 대상으로 연구개발 시 애로 사항 문항의 추가 의견조사 실시
- 조사결과, 생산자 기업이 기술개발/도입시 가장 어려웠던 경험은 ‘기술에 대한 정량적 평가 실적 부족’ 이 27.3%로 많았으며, 다음으로는 자금부족, 경험 부족, 절차상의 복잡함 순으로 나타남.
- 따라서, 시설물 진단 · 점검 기술 검인증 사업이 성능미달 기술에는 규제의 기능으로, 성능 우수기술에는 실적 부족이라는 애로사항을 보완해주는 순 역할이 더욱 필요한 것으로 판단됨.



<기술개발자의 기술개발/도입 시 애로사항(단위:%)>

(3) 시사점 및 향후 활용 계획

○ 시사점

- 장비/기술에 대한 성능 확인제도 부재로 진단장비 개발 · 판매의 신뢰성 부족
- 개발기술에 대해 활용자의 실적요구로 인해 진단 장비 · 기술 도입 시 초기시장 진입에 어려움
- 시설물 점검 · 진단 우수기술과 성능 불만족 기술 간의 정량기준 부재
- 투명 · 공정한 검 · 인증 제도는 활용자에게는 도입(실무) 가이드라인이 될 수 있으며, 개발자에게는 초기시장진입 장벽의 문턱을 낮추는 효과 기대
- 기술의 기본 Spec뿐만 아니라 현장 운용성, 상용성까지 검증할 수 있는 공공인프라 · 환경 구축 필요

○ 향후 활동(연구)

- 첨단장비 관련 고정밀 계측기술, AI기반 인공지능기술 등 성능평가 적용 대상 기술 확대 연구 추진
- 진단 장비 성능평가 관련 검 · 인증 제도 마련
 - 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에서 규정하고 있는 내용은 안전점검 장비의 기본적인 항목만을 제시하고 있어 장비 성능에 대해 신뢰성을 파악 불가능
- 투명/정량화 기반의 성능 검 · 인증을 위해, 중장기적으로 1:1 스케일의 표준모형 시설물(교량, 터널 등)별 다목적 실증센터 및 공공통계정보플랫폼 구축이 필요할 것으로 판단됨.

○ 현장기반 첨단기술 성능평가 방안 제시

1) 첨단장비 활용현황 및 성능평가 기술개발 대상 장비 선정

○ 첨단장비 활용현황

- 시설물 점검에 활용된 첨단장비 목록

- 시설물통합정보관리시스템(FMS) 보고서 분석을 통해 최근 실제 시설물 점검에 활용된 첨단장비의 활용현황을 조사함

[최근 5년간 시설물 점검 및 진단에 사용된 첨단장비 목록]

시설물	진단준공	시설물 명	장비명	측정내용
교량	2019.05	모암고가	드론	시설물 근접 촬영용
교량	2018.12	소록대교	드론	시설물 근접 촬영용
교량	2018.12	소록대교	화상계측기	Multi Point 측정
교량	2018.12	소록대교	레이저변위계	광학타겟에 레이저 빔을 투과 변위측정
교량	2018.12	남향대교	레이저변위계	재하시험에 따른 변위 측정
교량	2018.05	동호대교	적외선 열화상카메라	시설물 단열상태 및 발열부 측정
교량	2018.05	고금대교	레이저변위계	변위측정
교량	2018.06	일산대교	레이저변위계	광학타겟에 레이저 빔을 투과 변위측정
교량	2018.12	사천대교	화상계측기	Multi Point 측정
교량	2018.12	사천대교	드론	시설물 근접 촬영용
교량	2017.12	광안대교	화상계측기	Multi Point 측정
교량	2017.12	광안대교	레이저변위계	광학타겟에 레이저 빔을 투과 변위측정
교량	2017.12	광안대교	드론	시설물 근접 촬영용
교량	2017.12	남지교	레이저변위계	광학타겟에 레이저 빔을 투과 변위측정
교량	2017.12	남지교	드론	시설물 근접 촬영용
터널	2019.05	대구도시철도 1호선	터널스캐너	스캐닝 시스템을 이용한 외관조사
터널	2019.05	장상터널	지반레이더탐사기(GPR)	콘크리트 라이닝 두께/배면 공동 조사
터널	2019.05	일직터널	지반레이더탐사기(GPR)	콘크리트 라이닝 두께/배면 공동 조사
터널	2019.04	당리터널	터널스캐너	스캐닝 시스템을 이용한 외관조사
터널	2019.04	계상터널	터널스캐너	스캐닝 시스템을 이용한 외관조사
항만	2018.12	인천항 갑문	수중비디오	수중 비디오 촬영
항만	2018.12	인천항 갑문	수중카메라	수중 사진 촬영
댐	2019.03	소양강 다목적댐	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
댐	2018.09	괴산댐	수중초음파	수중부 초음파 촬영
댐	2018.09	괴산댐	수중비디오	수중 비디오 촬영
댐	2018.09	괴산댐	수중카메라	수중 사진 촬영
댐	2018.09	보성강댐	수중초음파	수중부 초음파 촬영
댐	2018.09	보성강댐	수중비디오	수중 비디오 촬영

댐	2018.07	삼랑진 양수댐	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
댐	2017.12	용담 다목적댐	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
댐	2017.12	임하 다목적댐	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
댐	2017.12	부안 다목적댐	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
댐	2017.11	밀양 다목적댐	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
댐	2017.09	춘천수력댐	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
상수도	2019.06	전주권계통광역 상수도	상관식 누수탐사기	관로 누수탐지
상수도	2019.05	수도권관영 상수도 3단계	상관식 누수탐사기	관로 누수탐지
상수도	2019.05	수도권관영 상수도 3단계	청음식 누수탐지기	관로 누수부위 파악
상수도	2017.12	태백권광역 상수도	상관식 누수탐사기	관로 누수탐지
상수도	2017.12	태백권광역 상수도	Side Scan Sonar	수중부 외관상태 조사
상수도	2017.05	수도권관영 상수도 5,6단계	상관식 누수탐사기	관로 누수탐지
터널	2018.12	가지산터널(상)	지반레이더탐사기(GPR)	콘크리트 라이닝 두께/배면 공동 조사
터널	2018.12	사패산터널	지반레이더탐사기(GPR)	콘크리트 라이닝 두께/배면 공동 조사
터널	2018.12	마치터널	관거용 CCTV	배수로조사
터널	2018.12	마치터널	적외선 열화상카메라	콘크리트 표면온도 측정
터널	2018.12	마치터널	전자내시경	배수로조사
터널	2018.07	황학터널	적외선 열화상카메라	콘크리트 표면온도 측정

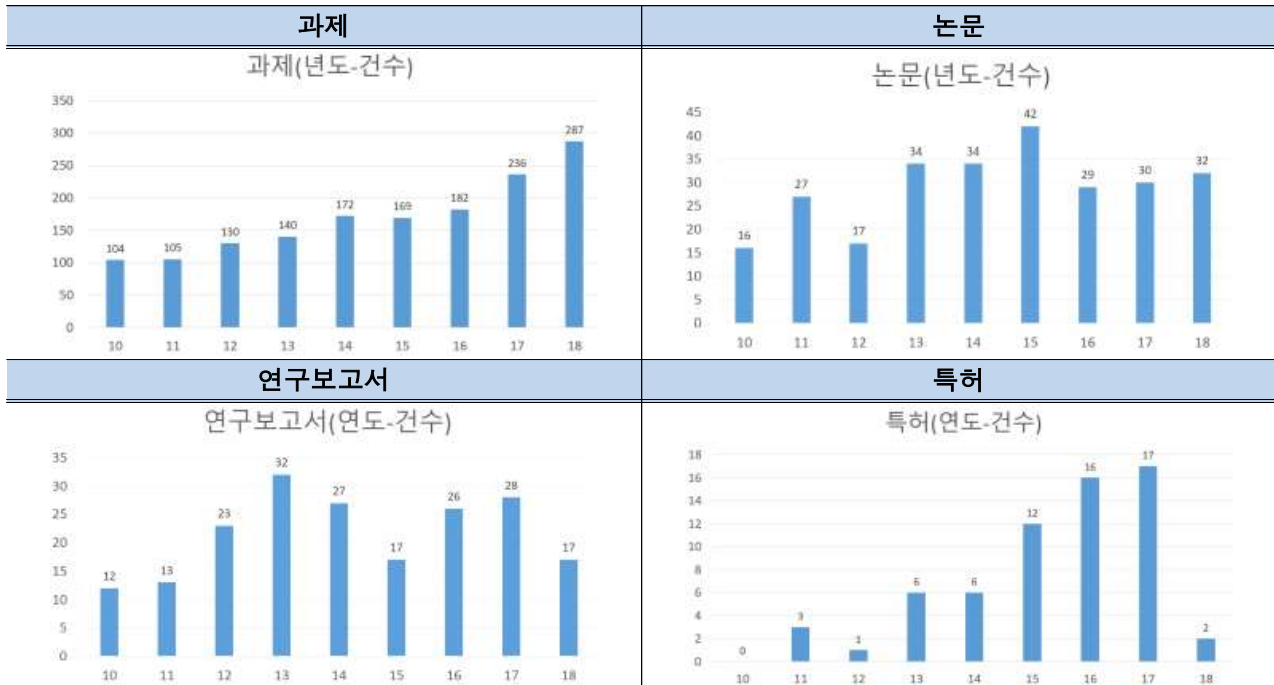
[장비별 활용사례 정리]

시설물	장비명	측정내용	활용 사례 건수
교량	드론	시설물 근접 촬영용	5건
교량	화상계측기	Multi Point 측정	3건
교량	레이저변위계	광학타겟에 레이저 빔 투과 변위측정, 재하시험 변위 측정	6건
교량, 터널	적외선 열화상카메라	시설물 단열상태 및 발열부 측정, 콘크리트 표면온도 측정	3건
터널	터널스캐너	스캐닝 시스템을 이용한 외관조사	3건
터널	지반레이더탐사기(GPR)	콘크리트 라이닝 두께/배면 공동 조사	4건
항만, 댐	수중비디오	수중 비디오 촬영	3건
항만, 댐	수중카메라	수중 사진 촬영	2건
댐, 상수도	Side Scan Sonar	댐, 항만 안벽 구조물, 해상 및 하상 횡단 교량 기초의 세굴 조사	8건
댐	수중초음파	수중부 초음파 촬영	2건
상수도	상관식 누수탐사기	관로 누수탐지	4건
상수도	청음식 누수탐사기	관로 누수부위 파악	1건
터널	관거용 CCTV	배수로 조사	1건
터널	전자내시경	배수로 조사	1건

- 시설물 점검 첨단장비 연구개발 현황

- 시설물 점검 장비의 기술개발의 동향을 파악하고 향후 첨단장비에 대한 성능평가 기술 개발의 필요성을 확인하기 위하여 시설물 점검과 관련된 과제, 논문, 연구보고서, 특허에 대한 동향 조사를 실시함
- 조사 결과, 현재 시설물 점검과 관련된 연구개발이 활발히 수행되고 있으며, 이에 따라 시설물 점검 시장에 다양한 첨단장비가 등장할 것으로 판단됨.

[과제, 논문, 연구보고서, 특허별 년도-건수 그래프]



[관련 논문 목록]

년도	논문명	저자	출처
2019	딥러닝 기반 교량 손상추정을 위한 Generative Adversarial Network를 이용한 가속도 데이터 생성 모델	이강혁	한국BIM학회
2019	사진측량법을 활용한 무인비행체의 건축물 균열도 작성 기법	정동민; 이종훈; 주영규	대한건축학회 논문집
2019	시설물 안전점검을 위한 E-PAD 기반 상태평가 시스템 개발	정해용	한국구조물진단 유지관리공학회
2017	레이저 스캐닝 및 정상파를 이용한 평판 구조물의 손상탐지	강세혁; 강토; 김두환	대한기계학회 논문집A
2015	터널 유지관리를 위한 지상 LiDAR 기반의 구조물 변상탐지 기법 연구	배상우; 곽재환; 김태호	대한지질공학회
2014	조도 및 측정거리에 따른 영상 모니터링 시스템의 콘크리트 구조물 균열 인식 특성에 관한 실험적 연구	조현우; 박정준; 윤혁진	한국방재학회 논문집
2011	자율 감지 및 확률론적 신경망 기반 패턴 인식을 이용한 배관 구조물 손상 진단 기법	이창길; 박승희; 박웅기	비파괴검사학회지
2008	콘크리트 터널 라이닝의 외관조사를 위한 자동화 결함인식 시스템 개발	박석균; 이강문	대한토목학회 논문집

[관련 과제 목록]

년도	과제명	주관연구기관	사업부처
2019	댐 안전진단을 위한 전기비저항 모니터링	강원대학교	과학기술정보통신부
2019	지능형 드론 기반의 교량 외관 손상 측위 기술	명지대학교	과학기술정보통신부
2019	효율적인 교량 유지관리를 위한 CRP 기반 구조물 변형 및 처짐 추정 기법 개발	성균관대학교	교육부
2019	IoT 클라우드 플랫폼 기반 건물 안전진단 및 자산관리 융합서비스 개발	달리웍스 주식회사	과학기술정보통신부
2019	레일결함 탐상 및 콘크리트도상 균열 검출을 위한 궤도점검차 개발	(주)성신알에스티	국토교통부
2019	구조물 손상 진단을 위한 Deep Learning 기반의 Laser Speckle Photography 기법	세종대학교	과학기술정보통신부
2018	무인검사장비 기반 교량구조물 신속진단 및 평가기술 개발	한국과학기술원	국토교통부
2018	터널 점검 자동화를 위한 터널 구조물의 0.5mm 균열 자동 검지 기술 개발	(주)엘라이트	산업통상자원부
2017	PSC 교량의 외부텐던(External tendon) 손상평가를 위한 비파괴 검사장비 및 진단기술 개발	(주)엔비코컨설턴트	중소벤처기업부
2016	ICT기반 지능형 클라우드 센싱을 활용한 철도교량 원격점검시스템 핵심기술 개발	한국철도기술연구원	미래창조과학부
2016	비접촉 레이저/카메라 센싱 기반 구조모델 획득 및 균열탐지 기법 개발	단국대학교	미래창조과학부
2015	도로교통시설물의 내부결함을 검출하기 위한 이동형 비접촉 고정밀 투과영상 탐지시스템	에이스 테크놀로지	미래창조과학부

[관련 연구보고서 목록]

년도	연구명	연구단체
2019	인공신경망 알고리즘과 더블러링 기법을 이용하여 40km/h 주행속도로 터널의 균열을 검출할 수 있는 촬영 장비 및 균열 분석, 작도 자동화 패키지 프로그램 개발	태명이씨앤씨
2019	교량시설물 안전관리를 위한 라만/형광분광법 및 산화알루미늄 증착기법을 이용한 비접촉식 케이블 앵커 응력 측정 시스템 개발	유디엔에스
2017	신경망 학습기법의 균열 인식 알고리즘을 이용한 클라우드 기반 콘크리트 구조물 균열결함 자동추출 시스템 개발	(주)케이엠티엘
2017	항만시설물 점검용 장비 기술 개발	한국해양과학기술원
2017	하이브리드 구조모델 개선기법을 이용한 구조물 손상평가 연구	연세대학교
2017	시설물의 미시/거시 거동 복합측정에 의한 지능 안전 진단 기술	한국표준과학연구원
2016	고정점이 필요없는 변위 계측시스템 개발	(주)씨티씨
2016	안전 사각지대 교량관리를 위한 Ambient EH 무선 센서태깅 기반 안전관리 기술 개발	한국전자통신연구원

[관련 특허 목록]

년도	특허제목	출원인	법적상태
2018	변위 및 경사각 계측 데이터를 융합한 구조물의 변형 형상 추정 방법	고려대학교산학협력단	등록
2017	자가 압전센싱 기반의 비선형 초음파 피로균열 검사 장치 및 방법	세종대학교산학협력단	등록
2017	강구조물 및 용접부 결함 진단장치	(주)다음기술단	출원
2016	구조물의 피로균열 진단 방법 및 손상 진단 장치	한국과학기술원	등록
2016	구조물 부식 진단 및 예방용 드론	포항산업과학연구원; 포스코	출원
2013	구조물 손상 측정용 게이지	한국건설기술연구원	출원

- 첨단장비 기술분류 정리

- 장비 성능평가 도입 시급성에 대한 설문조사를 위해, 활용 사례조사와 연구 동향 조사를 통하여 도출된 첨단장비의 목록을 사용목적, 사용대상, 조사항목, 조사기법으로 분류하였음

[설문조사를 위한 첨단장비 분류]

사용목적	사용대상	조사항목	조사기법	장비 종류
내구성평가	콘크리트	균열	영상촬영법	안전진단용 드론
				수중 드론
				CCTV로봇
				터널스캐너
				인공지능(AI)영상분석
				스마트폰용 크랙게이지
				영상기반크랙Mapping(2D,3D)
				영상기반3D모델링
				화상계측기
		들뜸/박리/박락	타음법	타음검사용 드론
			영상촬영법	인공지능(AI)영상분석
		표면온도	적외선법	적외선 열화상카메라
	강재	도장손상/부식	영상촬영법	인공지능(AI)영상분석
안전성평가	강재	피로균열	영상촬영법	무인이동체활용영상촬영
	계측 (콘크리트/강재)	변위/변형/피로	영상촬영법	고해상도라인카메라장착차량
				화상계측기
			광학법	레이저 변위계
				3D Laser Scanner
설비평가	관로	누수	음향/음파법	상관식 누수탐사기
				청음식 누수탐지기

○ 성능평가 기술개발 대상 장비 선정

- 장비 선정 개요

- 앞서 살펴본 모든 첨단장비에 대하여 성능평가 기술을 개발하는 것이 필요하지만, 본 연구의 범위에서 모든 장비에 대한 성능평가 기술을 개발하는 것은 한계가 있음
- 따라서, 본 연구에서는 앞서 살펴본 첨단장비 중 검인증 제도 도입의 시급성이 높은 것으로 판단되는 장비를 도출하여 성능평가 기술을 개발하고자 함
- 도출된 장비의 성능평가 기술개발 내용을 토대로 성능평가 기술개발 일반 방법론을 작성하여 향후, 다른 장비의 성능평가 기술개발의 가이드(지침)를 제작하고자 함

- 성능평가 기술개발 대상 장비 선정을 위한 전문가 자문회의 및 설문조사
 - 성능평가 기술개발 대상 장비를 선정하기 위하여 전문가 자문회의 및 설문조사를 수행하였으며, 이를 통하여 현재 검인증 제도 도입의 시급성이 높은 순위를 도출하였음
 - 46인의 협회, 공무원, 유지관리 업체 임원, 관련 업종 종사들에 대하여 설문조사를 실시하였음

[첨단장비별 검인증 제도 도입의 시급성 설문 결과]

사용목적	사용대상	조사항목	조사기법	장비 종류	시급성
내구성평가	콘크리트	균열	영상촬영법	터널스캐너	2
				인공지능(AI)영상분석	3
				스마트폰용 크랙게이지	14
				영상기반크랙Mapping(2D,3D)	6
				영상기반3D모델링	4
				화상계측기	17
				안전진단용 드론	5
				수중 드론	9
				CCTV 로봇	11
		들뜸/박리/박락	타음법	타음검사용 드론	18
			영상촬영법	인공지능(AI)영상분석	12
		표면온도	적외선법	적외선열화상카메라	12
	강재	도장손상/부식	영상촬영법	인공지능(AI)영상분석	6
안전성평가	강재	피로균열	영상촬영법	무인이동체활용영상촬영	15
	계측 (콘크리트/ 강재)	변위/변형/피로	영상촬영법	터널스캐너	10
				화상계측기	16
			광학법	레이저변위계	1
				3D Laser Scanner	8
설비평가	관로	누수	음향/음파법	상관식 누수탐사기	19
				청음식 누수탐사기	20

- 설문조사 결과, 장비 분류만으로 보았을 때는 레이저 변위계가 가장 우선순위가 높은 것으로 도출되었으나, 전반적으로 균열을 조사하는 항목의 장비들의 우선순위가 2~6순위를 차지하였음
- 또한, 레이저 변위계는 검교정으로 장비의 성능을 보장할 수 있으며, 터널스캐너의 경우 우선순위가 2순위로 매우 높고 안전성평가에도 함께 활용된다는 점에서 검인증 제도 도입의 우선순위가 가장 높은 것으로 판단하였음
- 따라서, 본 연구에서는 터널스캐너를 대상으로 성능평가 기술을 개발하고 이를 바탕으로 성능평가 기술개발 일반방법론을 작성하여 향후 타 장비의 성능평가 기술개발의 가이드라인을 제시하고자 함

2) 터널스캐너 성능평가 기술개발

○ 터널스캐너 성능평가 기술 및 프로세스 개발

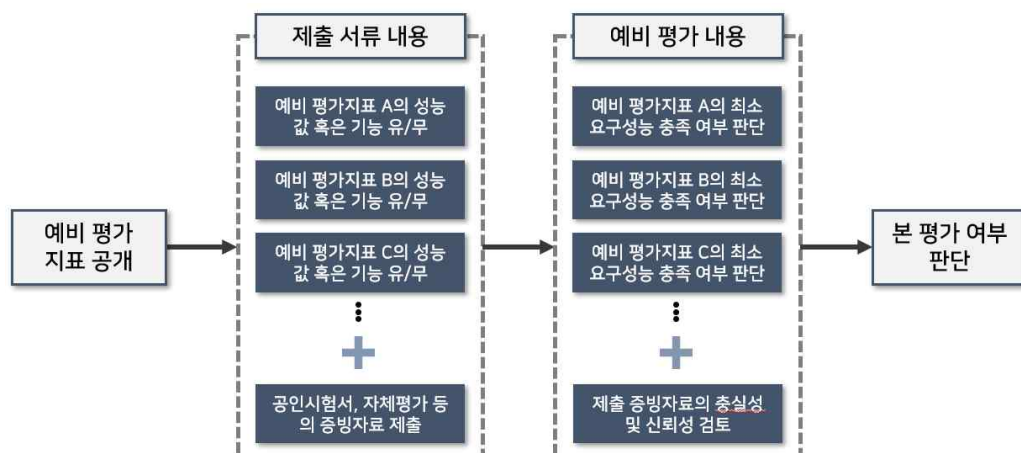
- 터널스캐너 성능평가 전반의 프로세스 구성

- 터널스캐너의 성능평가 프로세스는 크게 3단계로 구성하였음
- 예비 평가는 서면 심사로 진행되며, 터널스캐너의 점검 시장 활용에 있어 필수적으로 요구되는 성능의 충족 여부를 판단하여 최소요구성능 검증의 방향으로 진행됨
- 본 평가는 현장 심사로 진행되며, 터널스캐너의 성능 카탈로그를 제작하게 됨. 이 과정을 통해 터널스캐너의 성능을 정량화하여 제시
- 최종검토 평가는 예비 평가, 본 평가 전반의 과정에 대한 적절성을 검토 및 평가하는 최종심사단계임.
- 최종적으로 성능 평가 완료 후 장비의 시험성적서를 제공함. 시험성적서에는 장비 및 업체에 대한 개요, 장비의 성능값, 성능값 도출 상세 내용, 최종검토 평가 검토의견서의 항목으로 구성됨
- 본 연구에서는 개발한 예비평가(서면심사), 본 평가(현장심사) 프로세스를 3개 민간업체 대상 시범사업으로 적용하였음. 각 평가 별 상세내용은 뒤쪽 서술함

○ 예비 평가

- 예비평가 프로세스 구성 및 지표

- 터널 안전진단에 필요한 터널스캐너가 갖추어야 할 필수적인 항목을 평가함
- 서면으로 진행되며 신청자는 각 지표에 대한 성능값을 제시하여야 함
- 신청자는 장비의 성능값을 증빙할 공인시험서나 자체 평가내용의 자료를 제출해야 함
- 각 지표별 최소요구성능기준은 실무자들과의 협의 및 터널 정밀안전점검 세부지침에 따라 도출
- 각 지표의 최소요구성능기준 만족 여부와 공인시험서, 자체평가 등의 기타자료를 종합적으로 검토하여 판단함
- 모든 지표의 제안된 최소요구성능기준을 만족하면 본 평가 단계를 진행함



[예비 평가 과정]

[터널스캐너 성능평가 예비 평가지표]

항목	내용
균열 촬영 성능	• 장비가 주행하며 0.1mm 균열 촬영 가능 여부
균열 분석	• 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단)_터널편」에 근거하여 균열 상태평가 기준에 맞게 균열 인식 및 분류가 가능한지 판단
주행 속도	• 정상적인 터널 점검을 수행하는데 있어 장비의 최소 주행속도가 10km/h 이상인지 판단
현장 준비 시간	• 장비의 터널 주행을 위한 준비시간이 60분 이하인지 판단
사진망도 작성	• 터널 주행 이후 결과물로 사진망도를 작성할 수 있는지 판단
외관망도 작성	• 터널 주행 이후 결과물로 외관망도를 작성할 수 있는지 판단
손상물량 작성	• 터널 주행 이후 결과물로 손상물량을 작성할 수 있는지 판단

- 예비평가 수행결과

- 본 연구에서는 성능검증 시범사업을 통해 개발한 예비평가 프로세스를 시범적으로 3개의 터널스캐너 보유 업체에 적용하였음
- 5인의 예비평가 위원들이 실제 서면 심사를 통해 수행한 예비평가 결과는 아래와 같음

[illegible]

위원 A

[illegible]

위원 B

[illegible]

위원 C

예비평가평가표(안)

[illegible]

위원 D

[illegible]

위원 E

[illegible]

예비평가 평가표(안)

○ 본 평가

- 본 평가 프로세스 구성 및 지표
 - 터널스캐너의 계측성능, 현장 운용성능을 판단할 수 있는 항목들로 구성함
 - 신청자가 제시한 장비의 성능값과 현장 심사를 통해 얻은 성능값을 비교하며 장비의 성능 카탈로그 작성함

- 손상계측 평가 대상 : 균열, 누수(선), 백태, 박리, 박락, 재료분리, 망상균열, 누수(면)
- 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단)_터널편」의 터널 상태평가 항목을 크게 선과 면으로 구분하여 성능평가 지표를 그룹화, 단순화함
- 실제 터널 점검과 동일한 환경에서 성능값을 측정하며, 각 성능평가 지표별 성능값을 도출함
- 정밀한 육안점검을 통해 정답 데이터를 미리 도출하고 이를 성능값 측정 방법론에 적용

[터널스캐너 성능평가 지표(최종)]

터널스캐너 성능평가 지표			내용	
계측 성능	촬영 품질	색상정확도		촬영한 영상의 색상 정확도 측정
		선명도		촬영한 영상의 선명도 측정
		영상 왜곡 보정(기울기)		영상의 기울어짐 정도를 측정
		영상 왜곡 보정(길이)		가로, 세로 길이의 오차를 측정
		영상 접합 성능		영상 접합의 품질을 측정
		픽셀 당 길이		촬영한 영상의 1pixel 당 실제 크기 측정(해상도)
		0.1mm 선(균열) 검출		0.1mm의 선(균열) 촬영 가능 여부 판별
	손상 계측	선 손 상	균열	길이, 폭, 위치별 정답 대비 일치율 판정
			누수(선)	
		면 손 상	백태	손상물량표, 위치, 형상별 정답 대비 일치율 판정
			박리	
			박락	
			재료분리	
			망상균열	
			누수(면)	
		오차 행렬	균열	모든 손상들에 대하여 정보를 인식하였는지 True, False를 판단하여 오차행렬 제공(균열은 별도 제공)
	그 외 손상 (균열 제외)			
운용 성능	주행 속도		0.1mm의 균열을 측정할 수 있는 최대의 주행 속도 측정	
	교통통제 용이성		교통 통제 필요 여부 판단	
	촬영면적		1회 주행에 촬영해 낼 수 있는 시야각도 측정	
	현장 준비시간		장비가 현장에서 도착한 후 준비시간이 60분 이하인지 판단	
	점검수행 시간		단위 면적당 촬영하는데 소요된 시간을 측정	
	성과물 제출 소요시간		작업 마무리 후 결과물 도출까지 소요되는 시간 측정	
	사진망도 작성		사진망도 작성 가능여부 판단	
	외관망도 작성		외관망도 작성 가능여부 판단	
	손상물량표 작성		손상물량표 작성 가능여부 판단	

- 최종적으로 모든 지표들의 성능값을 도출해 공인된 성능 카탈로그로 제시

[터널스캐너 성능평가 지표별 본 평가 성능값 측정 방법론 요약]

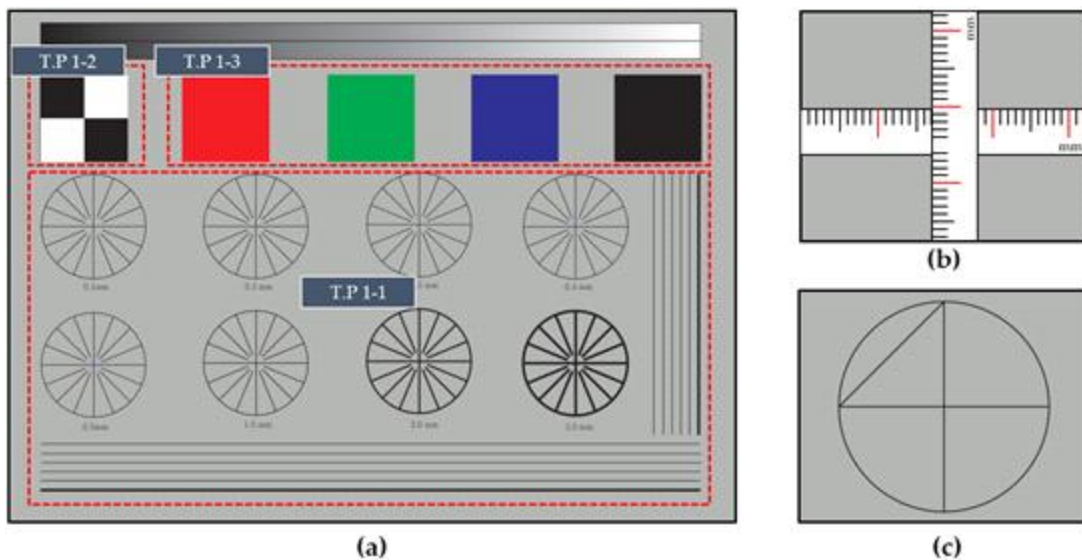
구분		측정 지표	성능값 측정 방법론 요약	
계 측 성 능	촬영 품질	색상 정확도	- S-CIELAB 색상 감도 측정 알고리즘을 통해 색상 촬영 정확도를 측정 - RGB 컬러가 포함된 테스트차트의 촬영 및 분석을 통하여 측정 - 성능값 = 장비의 측정값과의 RGB별 δ-Red, δ-Green, δ-Blue 값 - 성능값 = 두 개의 테스트 차트로부터 측정된 DeltaE 값의 산술평균	
		선명도	- 테스트차트 내 사전에 정해진 체스보드 영역에서 발생하는 흑백 교차 부위 명암값의 변화를 측정 - NEDO의 외관 조사용 드론의 선명도 측정 방법론 활용 - 성능값 = 체크보드 상에서 색상값이 변하는 구간의 Pixel 수 - 성능값 = 그레이 스케일 값이 0에서 255까지 변동하는 구간의 픽셀 수	
		영상 왜곡 보정 (기울기)	- 터널 라이닝의 곡면을 사진망도로 전환 시 발생하는 기울어짐 정도를 측정 - 성능값 = 수직으로 띠지(줄자)를 설치한 후, 촬영된 이미지 상에서 수직과 이루는 각도	
		영상 왜곡 보정 (길이)	- 터널 라이닝의 곡면을 평면 영상으로 전환 시 발생하는 가로, 세로 길이의 오차를 측정 - 성능 값(%) = $\frac{\text{이미지 상의 길이}}{\text{절계된 정답 길이}} \times 100$	
		영상 접합 성능	- 다수의 이미지 정합시 발생하는 불연속의 정도를 측정 - 성능 값[pixel] = 영상 접합 부위 중 깨진 픽셀 수의 평균과 표준편차	
		균열 촬영 성능	0.1mm의 균열 촬영 가능 여부 판별 - 촬영한 이미지의 1pixel의 크기가 0.1mm보다 작은지 판단 - 성능값 1= 픽셀당 촬영된 이미지의 길이 비율 [mm/pixel] - 성능값 2= 테스트 차트의 0.1mm line의 육안식별 가능 여부 판단	
	손 상 계 측	선 손 상	길이	$L_x = \frac{\sum \text{정답 선손상의 총 길이} - \sum \text{길이 오차 값} }{\sum \text{정답 선손상의 총 길이}} \times 100$
			폭	- 인식된 선손상의 폭과 사전에 육안점검을 통해 측정한 선손상 폭의 일치 여부 측정 $W_x = (\text{일치된 측정 수}/10) \times 100$
			위치	- 장비가 도출한 외관망도와 정답지의 외관망도의 스케일을 맞춰 겹친 후, 물리적 거리 오차, 표준편차 제시 - 오차가 최소가 되는 평가 구간을 산정하여 해당 구간의 위치오차를 계산함
		면 손 상	손상 물량표	$Q = \frac{\sum \text{정답면손상물량} - \sum \text{정답면손상물량} - \text{장비인식면손상물량} }{\sum \text{정답면손상물량}} \times 100$
			위치	- 장비가 도출한 외관망도와 정답지의 외관망도의 스케일을 맞춰 겹친 후, 두 손상간의 물리적 거리 오차 제시 - 무게중심점을 대표점으로 지정하여 정답 데이터와 인식 데이터의 대표 점 사이 거리를 측정
			형상	- 인식 면의 무게중심점을 정답 무게중심점으로 평행이동하여 위치오차를 제거 후 형상 유사성을 측정함 - 두 데이터 집합 점들을 대응시키고, Mean Frechét Distance 방법론으로 최소 거리를 도출해 형상 정확도를 도출
		오차 행렬	균열	모든 손상들에 대하여 정보를 인식하였는지 True, False를 판단하여 오차행렬 제공(균열은 별도 제공)
			그 외 손상 (균열 제외)	
	운용성능	주행속도	- 테스트 베드에서 주행한 장비의 주행속도 측정 - 동기화된 타이머를 사용하여, 테스트 구간 진입/진출 시간을 측정 후 아래 산술 식으로 주행속도 측정 - 성능값= $\left \frac{\text{테스트구간 길이}[m]}{\text{진출 시각}[s] - \text{진입 시각}[s]} \right \times 3.6(\text{단위환산계수})$	

교통통제 용이성	- 원활한 터널 점검을 위해 교통의 통제가 필요한지 판단 - 예비평가 내용 확인
촬영면적	1회 주행으로 촬영 가능한 면적(분할 촬영, 전단면 동시 촬영 등의 판단기준)
현장 준비시간	- 실제 시험 현장에서 터널 촬영 직전까지 준비하는데 소요된 시간 측정 - 측정된 시간 카탈로그 제시
점검수행 시간	조사과업수행 구간에 대하여 실질적으로 촬영을 하는데 소요된 시간
성과물 제출 소요시간	작업 마무리 후 외관망도, 손상물량 결과 도출까지 소요되는 시간 (일수) 측정 후 카탈로그 제시
사진망도 작성	- 사진망도 작성 가능여부(가능/불가능) - 정답 데이터와의 일치 여부 확인
외관망도 작성	- 외관망도 작성 가능여부(가능/불가능) - 정답 데이터와의 일치 여부 확인
손상물량 작성	- 손상물량 작성 여부(가능/불가능) - 정답 데이터와의 일치 여부 확인

○ 터널스캐너 성능평가 지표별 성능값 측정 방법론

- 테스트차트를 활용한 계측성능(촬영품질)의 성능평가 시험방법론

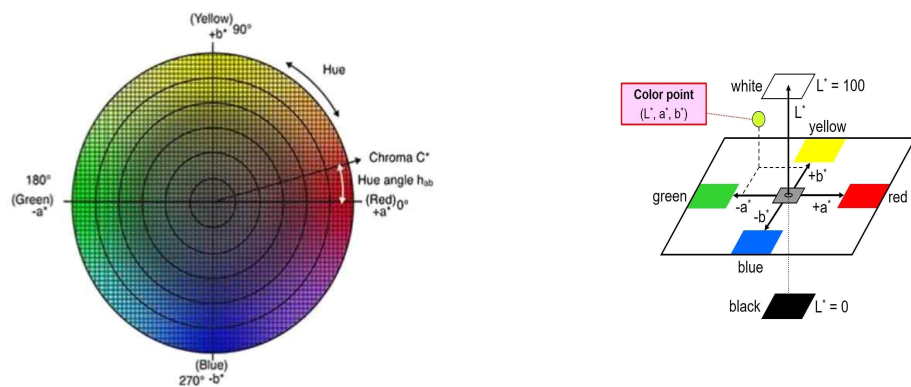
- 본 평가지표의 계측성능(촬영품질)의 지표를 측정하기 위한 테스트차트를 부착하고, 부착된 테스트차트를 촬영한 영상을 분석하여 성능값을 제시
- 테스트차트와 테스트차트 영역별 성능지표 시험방법론은 다음과 같음



[테스트 차트 구성 (a): 색상정확도, 선명도, 균열 촬영성능 대상 (b): 영상 왜곡 보정(기울기), 영상 접합 성능 대상 (c): 영상 왜곡 보정(길이) 대상]

[색상정확도]

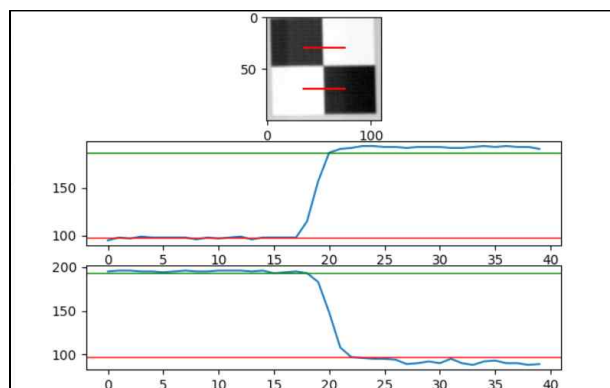
- S-CIELAB의 색상 감도 측정 알고리즘을 활용하여 정답 RGB 데이터와의 비교 분석, 색상정확도의 성능값 제시
- [T.P_1-1]은 색상정확도를 측정하는 영역으로, Red, Green, Blue 테스트차트에 대하여 장비가 촬영한 컬러값과 실제 테스트차트의 설계값과의 차이로 색상정확도 성능 판단
- CIE 1976 $L^*a^*b^*$ color space에서 이미지 평가에 활용되는 ΔE 를 활용
- ΔE 값이 작을수록 색상정확도가 높음
- 성능값 = 테스트 차트의 설계된 $L^*a^*b^*$ 의 값과 사진망도 상의 $L^*a^*b^*$ 값으로 도출한 ΔE 값의 산술 평균



[색상정확도 측정 방법론]

[선명도]

- [T.P_1-2]는 선명도 지표를 측정하는 영역으로 흰색과 검은색의 박스들이 교차되어 있음
- 4개의 박스가 겹치는 가운데 영역을 확대하여 RGB가 0에서 255로 급격히 변하는 구간을 분석하여 선명도를 측정
- x축을 체크보드의 픽셀, y축을 음영값으로 설정하여 2차원 그래프를 도출하고, 해당 그래프의 변동 기울기를 분석하여 선명도를 제시함
- 변동 구간 음영값이 10%에서 90%까지 변화하는 변동 pixel 폭을 성능값으로 제시
- 성능 값 = 체크보드 상에서 색상값이 변하는 구간의 pixel 수
- 변동 폭(pixel)이 짧을수록 선명도가 높음



[선명도 측정 방법론]

[영상 왜곡 보정(기울기)]

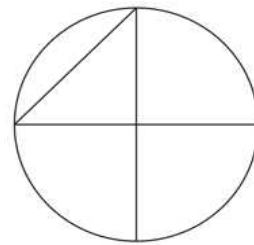
- 터널스캐너의 주행에 따라 발생하는 사진망도의 기울기 왜곡을 측정
- 성능값 = 수직으로 띠지(줄자)를 설치한 후 촬영된 이미지 상에서 수직과 이루는 각도



[영상 왜곡 보정(기울기) 측정 방법론]

[영상 왜곡 보정(길이)]

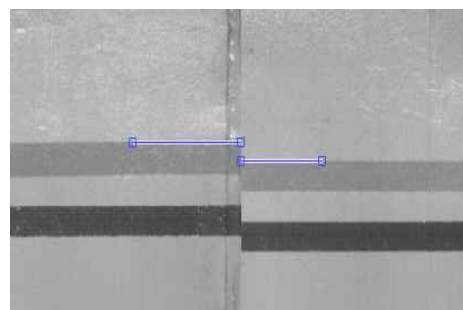
- 터널스캐너의 주행과 터널 라이닝의 곡면에 의해 발생하는 왜곡 중 길이 오차를 측정
- 4자 형태의 테스트차트에 대하여 가로와 세로 길이와 테스트 차트 설계값의 일치율을 판단
- 아래 성능 값 도출 산식을 가로, 세로에 적용하여 가로 길이 일치율, 세로 일치율을 도출
- 성능 값(%) = $\frac{\text{이미지 상의 길이}}{\text{설계된 정답 길이}} \times 100$



[영상 왜곡보정(길이) 테스트차트]

[영상 접합 성능]

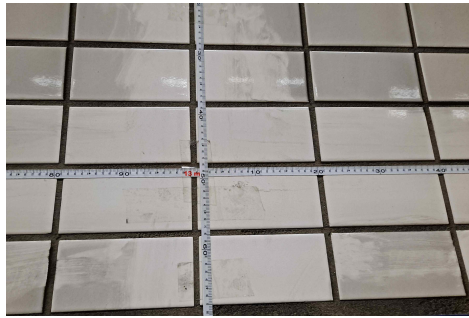
- 영상 접합에 의해 발생하는 깨짐(계단 현상)의 정도를 측정
- 가로로 설치한 띠지(줄자)를 기준으로 정합 오차를 pixel 수로 측정
- 전체 구간 중 50개 이상의 대상 구간(각 10cm)을 무작위 선정
- 스펙별 15개 총 60개의 구간에 대해 측정한 오차값의 평균과 표준편차 제시
- 성능 값(pixel) = 영상 접합 부위중 깨진 정도의 pixel의 평균을 제시



[영상 접합 성능 측정 방법론]

[균열 촬영 성능]

- [T.P_1-3]을 활용하여 출력된 원과 직선들이 촬영된 이미지상에 육안으로 확인할 수 있는지 확인
- 가로 띠지에는 mm단위가 표기되어 있으며, 이를 활용하여 촬영된 이미지의 pixel당 길이를 비례관계로 도출
- 성능값 1 = 픽셀당 촬영된 이미지의 길이 비율 [mm/pixel]
- 성능값 2 = 0.1mm 균열 촬영 가능 여부



[균열 촬영 성능 테스트차트]

- 계측성능(손상계측)의 성능평가 지표별 성능값 측정 방법론

[선손상 - 길이]

- 전체 구간에서 장비가 인식한 선손상 데이터와 정답 데이터를 비교
- 정답 데이터의 선손상(TP+FN)을 대상으로 하여 장비인식 데이터와의 비교평가 진행
- 아래의 식을 토대로 인식 선손상의 길이 정확도를 일치율로써 제공
- $$L_x(\%) = \frac{\sum \text{정답선손상길이} - \sum |\text{정답선손상길이} - \text{장비인식선손상길이}|}{\sum \text{정답선손상길이}} \times 100$$
- L_x 값 산정 시 선손상의 폭은 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단)_터널편’의 균열 상태평가기준에 맞춘 등급별로 구분(EX. L_a = a등급의 선손상)

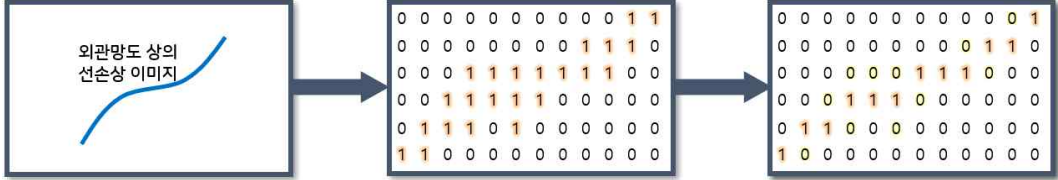
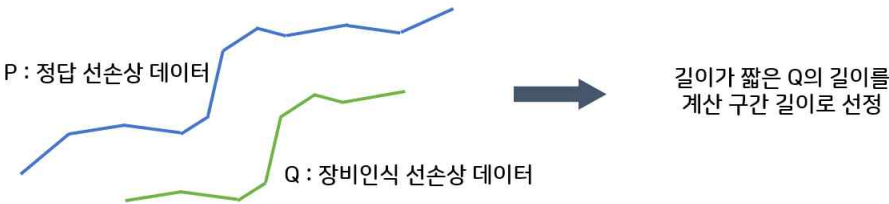
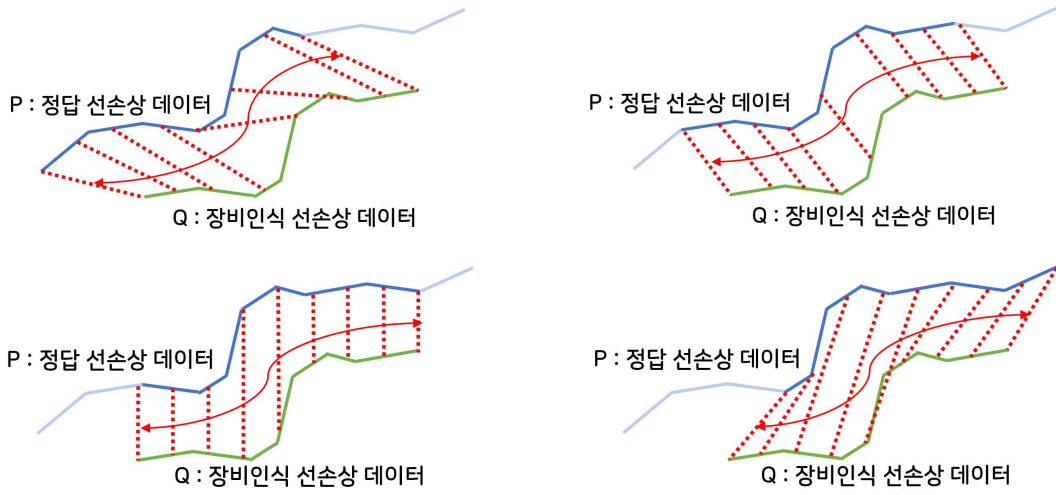
[선손상 - 폭]

- 전체 구간에서 장비가 인식한 선손상 데이터와 정답 데이터를 비교
- 정답 데이터의 선손상(TP+FN)을 대상으로 하여 장비인식 데이터와의 비교평가 진행
- 아래의 식을 토대로 육안점검 a~e등급별 선손상 폭 정확도를 일치율로써 제공
- $$W_x(\%) = \frac{\text{등급별 일치된 선손상의 개수}}{\text{등급별 선손상의 개수}} \times 100 \text{ (a~e등급에 대해 일치율 판정)}$$
- W_x 값 산정 시 선손상의 폭은 ‘시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단)_터널편’의 균열 상태평가기준에 맞춘 등급별로 구분(EX. W_a = a등급의 선손상)

[선손상 - 위치]

- 장비가 도출한 외관망도와 정답 외관망도를 비교 (두 외관망도의 스케일을 동일하게 조정)
- 두 외관망도를 비교하여 공통으로 인식한 선손상(TP)에 대해 선손상의 위치의 정확도 판정
- 아래 과정을 토대로 균열 위치 정확도 평가를 수행함. 거리 오차의 평균과 표준편차를 제시하여 물리적인 거리 차를 제시하여 위치 정확도를 제시

[선손상 위치 성능값 측정 Process]

No.	단계별 세부 과정 및 설명
1	- 사전 이미지 프로세싱 과정을 통해 외관망도 상에서 평가하고자 하는 선손상의 대표점을 추출함. 그 후 추출한 대표점들에 대한 좌표값을 저장함. 해당 좌표값을 계산하여, 이후 위치 오차 계산에 활용함  [선손상 대표점 좌표 도출 과정]
2	- P, Q 선손상 데이터점들의 좌표값 비교를 위해, 상대적으로 길이가 짧은 선손상을 기준으로 평가 구간 길이를 선정함  [정답 선손상 데이터, 장비인식 선손상 데이터의 배치 예시]
3	- 앞서 선정한 평가 구간 길이만큼의 위치 오차를 계산함. 위치 오차는 점과 점 사이의 거리 계산방식을 통해 계산하고 계산식은 다음과 같음 $D_n(P, Q) = \sum d(p, q) / M \quad \dots \dots \text{식(1)}$ $d(p, q) = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2} \quad \dots \dots \text{식(2)}$ *긴 선손상 P의 픽셀 수 : M, 짧은 선손상 Q의 픽셀 수 : N 이라 할 때, 총 픽셀 차이는 N-M 개 이다 계산 결과값도 N-M 개이므로, N-M 개에 대한 $D_n(P, Q)$를 계산한다.
4	- 구간 길이별로 점과 점 사이의 거리 계산을 반복 수행함. 반복작업을 통해, 구간별로 상대적인 거리 오차(평균, 표준편차)를 계산  [각 구간 마다, 위치오차 계산 수행 과정 예시]
5	- 계산된 결과값($D_n(P, Q)$) 중, 거리가 가장 적은 구간을 위치 오차 최소 구간으로 판단하여, 해당 구간의 결과값을 위치 정확도 오차의 성능값으로 제시 $D(P, Q) = \min_{n(1:N-M)} D_n(P, Q) \quad \dots \dots \text{식(3)}$

- 면손상 지표별 성능평가 지표별 성능값 측정 방법론 개발

[면손상 손상물량]

- 면 손상의 경우 등급, 너비(m), 길이(m), 물량(m2)으로 표기함
- 손상물량표 상의 항목들이 육안점검을 통해 도출한 손상물량표와 얼마나 일치하는지 일치율로서 성능값 제공

No.	Span	위치	변상	등급	방향	폭 (mm)	너비 (m)	길이 (m)	개소	물량	비고
1	66	LW	균열	c	중	0.4	-	0.6	1	0.6	-
2	66	LC	균열	b	중	0.2	-	0.8	1	0.8	-
3	66	LC	균열	b	중	0.2	-	1.2	1	1.2	-
4	66	LC	균열	b	중	0.2	-	0.6	1	0.6	-
5	66	LW	균열	c	중	0.4	-	0.9	1	0.9	-
6	66	LC	균열	a	중	0.1	-	0.9	1	0.9	-
7	66	LC	균열	a	중	0.1	-	0.8	1	0.8	-
8	66	LC	균열	b	중	0.2	-	1.0	1	1.0	-
9	66	LC	균열	a	중	0.1	-	0.6	2	1.2	-

[A. 육안점검 결과에 따른 정답]

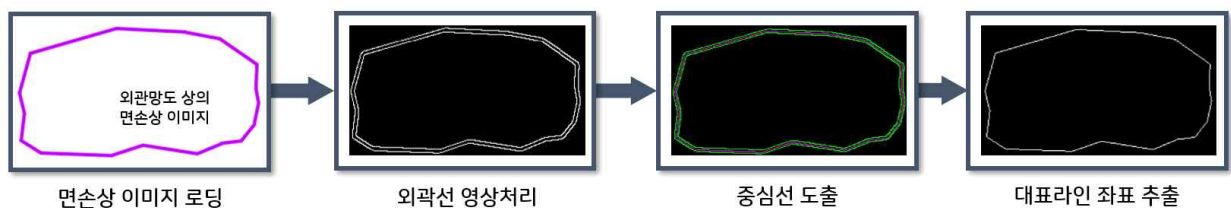
No.	Span	위치	변상	등급	방향	폭 (mm)	너비 (m)	길이 (m)	개소	물량	비고
1	66	LW	균열	c	중	0.4	-	0.6	1	0.6	-
2	66	LC	균열	b	중	0.2	-	0.8	1	0.8	-
3	66	LC	균열	b	중	0.2	-	1.2	1	1.2	-
4	66	LC	균열	b	중	0.2	-	0.6	1	0.6	-
5	66	LW	균열	c	중	0.4	-	0.9	1	0.9	-
6	66	LC	균열	a	중	0.1	-	0.9	1	0.9	-
7	66	LC	균열	a	중	0.1	-	0.8	1	0.8	-
8	66	LC	균열	b	중	0.2	-	1.0	1	1.0	-
9	66	LC	균열	a	중	0.1	-	0.6	2	1.2	-

[B. 기업이 제출한 인식 결과물]

$$Q(\%) = \frac{\sum \text{정답면손상물량} - \sum |\text{정답면손상물량} - \text{장비인식면손상물량}|}{\sum \text{정답면손상물량}} \times 100$$

[면손상 위치 - 일반 방법론]

- 전체 구간에서 인식된 면손상 데이터의 위치에 대하여 평가를 진행
- 정답 면손상 데이터와 장비인식 면손상 데이터를 비교하여 인식된 면손상의 위치가 얼마나 일치하는지 동일한 스케일의 외관망도 상에서 평가함
- 추출한 이미지의 외곽선의 중심선을 1 pixel 두께의 대표라인으로 변환
- 무게중심점을 대표점으로 지정하여 정답 데이터와 인식 데이터의 대표점 사이 거리를 측정
- 픽셀단위를 실제 단위로 환산하여, 실제 물리적으로 떨어진 거리를 성능값으로 제시
- 성능값 (mm) = $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ [정답 무게중심점 (x_1, y_1) , 인식 무게중심점 (x_2, y_2)]



[영상 처리 과정]



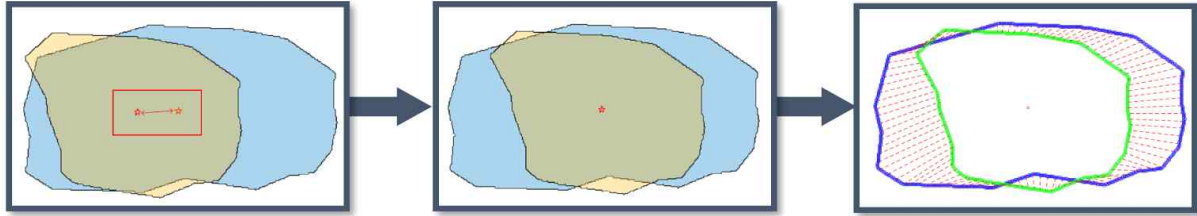
[무게중심 계산]

[면손상 형상 - 일반 방법론]

- 전체구간에서 인식된 면손상 데이터의 형상 오차에 대하여 평가를 진행함
- 향후 기술의 발전에 따라 면 손상의 외곽선을 정확하게 추출할 경우에도 형상 평가에 적용 가능한 일반 방법론을 제시함
- 인식 면의 무게중심점을 정답 무게중심점으로 평행이동하여 위치오차를 제거 후 형상 유

사성을 측정함

- Mean Frechét Distance 방법론에 기반하여 형상 유사성을 도출함
- 데이터 점들의 위치와 순서를 고려하여 두 데이터 집합 점들을 대응시키고, 최소 거리를 도출해 형상 정확도를 도출
- 형상 데이터 점들의 수가 달라도 되며, 대응된 점들 사이의 거리의 평균을 성능값으로 제시



[형상 정확도 계산]

[Bounding Box형태의 면손상 평가]

- 현행의 기술 및 보수보강 업무 특성상 면손상의 형상을 정확하게 산출하는 것이 아니라 Bounding Box 형태의 손상 표기 및 Bounding Box 형태로 면손상의 물량을 산출하고 있음
- 현행의 Bounding Box 형태의 면손상 표기 방식에도 동일하게 면손상 평가가 가능함
- Bounding Box 형태에서도 위치정확도 평가, 형상 정확도 평가를 진행할 수 있으며, 결과에 시는 다음과 같음

	원본 데이터 셋	위치 정확도	형상 정확도 계산
Box Data Example 1			
Box Data Example 2			

[오차행렬(손상별 인식 정확도)]

- 모든 손상(육안점검 손상 데이터와 기업 장비 인식 손상)에 대한 인식 정확도를 오차행렬을 통해 제시함. 손상을 인식하였으면 True, 인식하지 못한 경우 False로 판단함
- 다양한 예측성능 결과값을 필요에 따라 활용할 수 있도록 균열과, 그 외 손상들에 대하여 오차행렬 제공

	Predicted : Yes	Predicted : No
Actual : Yes	TP	FN
Actual : No	FP	TN

Actual : 육안점검 / Predicted : 기업

- TP : 정답 균열을 제대로 인식한 경우
- FN : 정답 균열을 인식하지 못한 경우
- FP : 균열이 아닌 것을 균열이라 한 경우
- TN : 육안점검, 기업 둘 다 인식하지 않은 경우 (균열이 아닌것에 대한 데이터값은 없으므로 TN은 0임)

[오차행렬 : Confusion Matrix]

- 운용성능의 성능평가 지표별 성능값 측정 방법론

[주행속도]

- 시간이 동기화된 타이머를 이용하여 테스트 구간 진입/진출시간을 측정하고 테스트 구간의 길이를 이용하여 주행속도를 산출
- 테스트 구간의 시작 지점, 종료 지점에 타이머를 설치
- 타임랩스 카메라로 시작지점에서는 차량이 완전히 진입을 시작한 시점의 시각 촬영 및 종료지점에서는 차량이 완전히 진출한 시점의 시각을 촬영
- $\text{주행속도}[\text{km/h}] = \left| \frac{\text{테스트구간 길이}[m]}{\text{종료지점의 시각}[\text{초}] - \text{시작지점의 시각}[\text{초}]} \right| * 3.6 (\text{단위환산계수})$

[교통통제 용이성]

- 원활한 터널 점검을 위해 교통의 통제가 필요한지 판단
- $\text{성능값}(P/F) = \text{교통통제 필요 여부}$

[촬영면적]

- 한 번의 주행에 촬영 할 수 있는 면적에 따른 n차 촬영 여부를 판단하기 위하여 테스트 구간의 단위 길이당 촬영 면적을 측정
- $\text{성능값}(m^2/m) = \frac{1\text{회 촬영면적}[m^2]}{\text{테스트주행 길이}[m]}$

[현장 준비시간]

- 터널 촬영 직전까지 장비의 주행 준비를 수행하는데 소요된 시간을 측정
- 성능평가자가 현장을 통제하여 장비 준비 시작을 알리고 장비 개발자가 장비 준비가 완료 되었다고 보고하는 시점까지의 시간을 의미
- $\text{성능값}(m) = \text{장비준비 시간 측정}[m]$

[점검수행 시간]

- 선정한 테스트 구간의 전체 점검에 소요된 시간을 측정
- 주행속도와는 별개의 지표로 만약 테스트 구간의 점검을 위해 왕복 3회 주행하였다면, 왕복 3회 주행에 걸린 모든 시간을 측정
- $\text{성능값}(m) = \text{장비 점검수행 시간 측정}[m]$

[성과물제출 소요시간]

- 테스트 베드 현장 점검 시험 이후 성능평가자가 요구하는 사진망도, 외관망도, 손상물량 표의 제출까지 소요된 날짜(일수)
- $\text{성능값}(day) = \text{성과물 제출소요 시간}[day]$

[사진망도 작성]

- 사진망도 작성 가능여부(가능/불가능) 확인
- $\text{성능값}(P/F) = \text{성과물 작성 여부}$

[외관망도 작성]

- 외관망도 작성 가능여부(가능/불가능) 확인
- 성능값(P/F) = 성과물 작성 여부

[손상물량 작성]

- 손상물량 작성 여부(가능/불가능) 확인
- 성능값(P/F) = 성과물 작성 여부

- 본 평가(현장심사) 수행 결과

- 앞서 예비평가를 통과한 3개 민간업체들에 대해서 본 평가(현장심사)를 수행하였음
- 수행한 결과는 아래표와 같으며 민간업체 성능값은 비공개이므로 평균값으로 제시함
- 해당 현장검증에 있어서는 균열을 중점으로 개발한 지표들에 대하여 우선적으로 검증을 진행하였음
- 앞서 설명된 성능평가 지표 및 방법론은 현장검증 이후 보완된 최종본이기에 아래 제시하는 성능평가 결과와는 일부 차이가 있음

성능평가 지표	상세항목	3개 업체 성능 값의 평균 값	지표별 성능값의 만점 값
색상정확도	DeltaE_Red	51.6088	0
	DeltaE_Green	35.7431	
	DeltaE_Blue	37.5802	
선명도		4 pixels	0 pixel
균열 촬영 성능	0.1mm 균열 측정 가능 여부	가능	가능
	1pixel의 크기 측정	0.59mm/pixel	0.1 mm/pixel
영상 왜곡 보정	기울기	0.653 °	0 °
	가로 길이의 오차	2.67%	0 %
	세로 길이의 오차	2.96%	
영상 접합 성능	평균	2.485 pixels	0 pixel
	표준편차	2.414 pixels	
균열 등급별 인식정확도	Accuracy	52.83%	100 %
	Precision	82.78%	
	Recall	57.85%	
균열 길이	일치율	43.9%	100 %
균열 폭	일치율	37.4%	100 %
균열 위치오차	균열 위치 오차의 평균	95.86 pixels	0 pixel
	균열 위치의 표준편차	38.57 pixels	
	GIoU	0.18	1
주행속도		10.24 km/h	(클수록)
교통통제 용이성		-	통제 불필요
촬영 시야각도		-	(클수록)
현장 준비시간		31분	(짧을수록)
점검수행 소요시간		-	(짧을수록)
외관망도 작성		가능	가능
손상물량 작성		가능	가능

○ 최종검토 평가

- 최종검토 평가 수행

- 예비 평가, 본 평가 전반의 과정에 대한 적절성을 검토 및 평가하는 최종단계임
- 장비 전반의 성능평가가 적절하게 수행되었는지, 공정하게 수행되었는지, 본 평가의 성능 값은 장비의 대상 장비를 대표할 수 있는 성능값을 도출하였는지를 평가함
- 최종검토 평가 위원회를 구성하고, 체크리스트를 기반으로 개별위원이 평가를 수행함
- 최종검토 평가의 결과 제시에 있어, 개별 위원이 평가한 체크리스트를 종합하여 종합 검토 의견서를 작성함 각 항목별 과반수 이상의 위원들의 ○를 받아야 하며, 모든 최종검토 항목의 종합평가가 ○ 여야함

<붙임.3> 검토 의견서 (안) Review Opinion	최종검토 평가표 (안)																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">항목</th> <th style="width: 5%;">위원 1</th> <th style="width: 5%;">위원 2</th> <th style="width: 5%;">위원 3</th> <th style="width: 5%;">위원 4</th> <th style="width: 5%;">위원 5</th> <th style="width: 5%;">총합</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1. 체크리스트 항목 (1)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2. 체크리스트 항목 (2)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3. 체크리스트 항목 (3)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4. 체크리스트 항목 (4)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5. 체크리스트 항목 (5)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6. 체크리스트 항목 (6)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>...</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>...</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>...</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">(서명)</td> <td style="text-align: center;">(서명)</td> <td style="text-align: center;">(서명)</td> <td style="text-align: center;">(서명)</td> <td style="text-align: center;">(서명)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> ※ 각 항목별 과반수 이상 위원이 찬성해야 통과된 것으로 간주함 ※ 종합의 모든항목이 통과되어야 검증이 적절히 완료된 것으로 결정함	항목	위원 1	위원 2	위원 3	위원 4	위원 5	총합	1. 체크리스트 항목 (1)							2. 체크리스트 항목 (2)							3. 체크리스트 항목 (3)							4. 체크리스트 항목 (4)							5. 체크리스트 항목 (5)							6. 체크리스트 항목 (6)							...							...							...								(서명)	(서명)	(서명)	(서명)	(서명)		평가 대상 장비(가관) : 검토 평가일 : 2020년 00월 00일 검토 위원 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">소 속</th> <th style="width: 30%;">성 명</th> <th style="width: 40%;">서 명 (인)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 항 목 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tbody> <tr><td style="width: 80%;">1. 체크리스트 항목 (1)</td><td style="width: 20%; text-align: center;">(○ , ✕)</td></tr> <tr><td>2. 체크리스트 항목 (2)</td><td style="text-align: center;">(○ , ✕)</td></tr> <tr><td>3. 체크리스트 항목 (3)</td><td style="text-align: center;">(○ , ✕)</td></tr> <tr><td>4. 체크리스트 항목 (4)</td><td style="text-align: center;">(○ , ✕)</td></tr> <tr><td>5. 체크리스트 항목 (5)</td><td style="text-align: center;">(○ , ✕)</td></tr> <tr><td>6. 체크리스트 항목 (6)</td><td style="text-align: center;">(○ , ✕)</td></tr> <tr><td>...</td><td></td></tr> </tbody> </table> 최종검토 평가 의견 ※ 각 항목별 과반수 이상 위원이 찬성해야 통과된 것으로 간주함 ※ 종합의 모든항목이 통과되어야 검증이 적절히 완료된 것으로 결정함	소 속	성 명	서 명 (인)				1. 체크리스트 항목 (1)	(○ , ✕)	2. 체크리스트 항목 (2)	(○ , ✕)	3. 체크리스트 항목 (3)	(○ , ✕)	4. 체크리스트 항목 (4)	(○ , ✕)	5. 체크리스트 항목 (5)	(○ , ✕)	6. 체크리스트 항목 (6)	(○ , ✕)	...	
항목	위원 1	위원 2	위원 3	위원 4	위원 5	총합																																																																																												
1. 체크리스트 항목 (1)																																																																																																		
2. 체크리스트 항목 (2)																																																																																																		
3. 체크리스트 항목 (3)																																																																																																		
4. 체크리스트 항목 (4)																																																																																																		
5. 체크리스트 항목 (5)																																																																																																		
6. 체크리스트 항목 (6)																																																																																																		
...																																																																																																		
...																																																																																																		
...																																																																																																		
	(서명)	(서명)	(서명)	(서명)	(서명)																																																																																													
소 속	성 명	서 명 (인)																																																																																																
1. 체크리스트 항목 (1)	(○ , ✕)																																																																																																	
2. 체크리스트 항목 (2)	(○ , ✕)																																																																																																	
3. 체크리스트 항목 (3)	(○ , ✕)																																																																																																	
4. 체크리스트 항목 (4)	(○ , ✕)																																																																																																	
5. 체크리스트 항목 (5)	(○ , ✕)																																																																																																	
6. 체크리스트 항목 (6)	(○ , ✕)																																																																																																	
...																																																																																																		
검토 의견서(안)	최종검토 평가표 (안)																																																																																																	

- 최종검토 평가 결과 이후 시험성적서 제공

- 성능평가 완료 후, 시험성적서 작성하여 제공함

시험 성적서 (안) STANDARD TEST REPORT

1. 의뢰기관

기관명	OO벤처기업
주소	경상남도 OO시 OO로 OO길 OO
시험자등록번호	OOO - OO - 00000
성적서 용도	테스트베드 검증용
접수일자	2021.00.00

2. 의뢰 장비/기술

장비/기술명	000 터널스캐너 (Tunnel Scanner)
규격 및 사양	영상 분석법
분류 코드	IA03-2

3. 시험 기간 : 2022.00.00 ~ 2022.00.00

4. 시험환경

시험장소	구간길이	구간폭	구간높이	터널형상	온도 / 습도
OO시험동	00m	00m (0차선)	00 m	원형터널	0℃ / 00%

5. 시험 결과

구분	지표별 세부 성능 검증 결과는 <붙임.1> 시험 결과 상세 참고
----	-------------------------------------

위 성적서는 국토안전관리원에서 공인받은 시험성적 결과입니다.

확인	시험자(Test ty)	기술책임자 (Technical manager)	검토자(Reviewer)
성명 : O O O O (인)	성명 : O O O O (인)	성명 : O O O O (인)	
Name	Name	Name	
	2021. 00. 00.		

0 0 0 0 원장

<붙임>을 포함한 성적서 모든 내용은 시험 의뢰기관에 의해 제공된 장비/기술에 한하며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
All contents of the report, including (Appendix), shall be limited to the equipment/technology provided by the testing agency and shall not be used other than for use.

Tel : 000 - 0000 - 0000
Fax : 000 - 0000 - 0000
www.00000.or.kr

<붙임.1>

시험 결과 상세 (예시) Test Results Details

항목	상항 평가 지표	상항값	비고
촬영 통합	색상정확도	00.00	
	선명도	0 [pixel]	
	영상 왜곡 보정(가운데)	0.00 [%]	
	영상 왜곡 보정(옆)	00.0 [%]	
	영상 접합 상응	0 [pixel]	
	픽셀 당 길이	0.00 [mm/pixel]	
	0.1mm 선(단열) 접촉	O / X	
	길이	00.0 [%]	
	폭	00.0 [%]	
	위치	00.0 [pixel]	
계측 상항	선상상 ¹⁾		
	선상물량	00.0 [%]	
	위치	00.0 [pixel]	
	형상	00.0 [pixel]	
	오차 행렬 ²⁾		
	Accuracy	00.00	
	Precision	00.00	
	Recall	00.00	
	주행 속도	00.00 [km/h]	
	교통통제 용이성	통제불필요	
운용 상항	촬영범위	0.00 [m]	
	현장 준비시간	00 [분]	
	점진수행 시간	00 [분]	
	성과물 제출 소요시간	0 [일]	
	사진망도 작성	O / X	
	외관망도 작성	O / X	
	운상물량표 작성	O / X	
	운상물량표 작성	O / X	
	운상물량표 작성	O / X	
	운상물량표 작성	O / X	

1) 선 상항 항목 : 굴절, 노선(선)
2) 면 상항 항목 : 벽면, 바닥, 벽면, 천장, 방상굴절, 누수(면)
3) 오차 행렬 구분 : 굴절, 그 외 상항

Tel : 000 - 0000 - 0000
Fax : 000 - 0000 - 0000
www.00000.or.kr

- 2 -

터널스캐너 시험성적서(예시)

<붙임.2>

지표별 시험 결과 상세 (예시) Test Results Details

1) 색상정확도

표적 및 참고사진	
평가결과	> S-CIELAB의 컬러 판도 측정 알고리즘을 활용 > Red, Green, Blue 표적에 대하여 촬영한 영상의 컬러값과 실제 표적의 설계값과의 차이로 색상정확도 성능을 판단함 > DeltaE 값이 작을수록 색상정확도가 높음 Red Test Area: Area of R value = 226.28000, G value = 70.20100, B value = 101.00200 Green Test Area: Area of G value = 54.50000, R value = 102.50000, B value = 102.50000 Blue Test Area: Area of B value = 95.04200, G value = 110.20000, R value = 211.00200 Red Average L = 54.0100, Average a = 40.7700, Average b = 18.2000 Green Average L = 50.5000, Average a = 40.5000, Average b = 17.5000 Blue Average L = 40.5000, Average a = 20.5000, Average b = 54.5000 DeltaE Red = 40.2000 DeltaE Green = 22.1000 DeltaE Blue = 30.2000

2) 선명도

표적 및 참고사진	
평가결과	> x축을 체크보드의 픽셀, y축을 음영값으로 설정하여 2차원 그래프를 도출하고, 해당 그래프의 변형 기울기를 분석하여 선명도를 제시함 > 변형 구간 음영값이 10%에서 90%까지 변화하는 변형 폭을 상응값으로 제시 > 변형 폭(pixel)이 작을수록 선명도가 높음 3.25 [pixel]

Tel : 000 - 0000 - 0000
Fax : 000 - 0000 - 0000
www.00000.or.kr

- 3 -

지표별 시험 결과 상세(예시)

터널스캐너 시험 결과 (예시)

<붙임.3>

검토 의견서 (안) Review Opinion

항목	위원 1	위원 2	위원 3	위원 4	총합
1. 예비 평가 지표 및 최소요구성능은 적절하였는가	O	O	X	O	O
2. 예비 평가 과정에서 기술책임자가 제출한 서류는 충실한가	O	O	O	X	O
3. 예비 평가 과정에서 시험자는 본 평가여부를 공정하게 판단하였는가	O	O	O	O	O
4. 본 평가 과정에서 현장 구성 및 계획이 기술책임자에게 공정한가	O	X	O	O	O
5. 본 평가 과정에서 현장 구성 및 성능 값 측정 과정이 공정한가	O	O	O	O	O
6. 본 평가 과정에서 기존 계획대로 성능 값 측정이 이루어졌는가	O	O	O	O	O
...					
...					
...					
	(서명)	(서명)	(서명)	(서명)	O

* 각 항목별 과반수 이상 위원이 찬성해야 통과된 것으로 간주함
* 총합의 모든항목이 통과되어야 검토가 적절히 완료된 것으로 결정함

Tel : 000 - 0000 - 0000
Fax : 000 - 0000 - 0000
www.00000.or.kr

- 4 -

최종검토 평가 검토의견서(예시)

3) 현장검증을 통한 첨단장비 성능평가 기술 검증 및 보완

○ 실제 터널 현장에서의 현장검증 수행

- 현장검증 개요

- 본 연구에서 개발한 터널스캐너의 성능평가 방법론의 적용성과 유효성을 검증하기 위해 예비평가와 본 평가에 대한 현장 검증을 수행함.
- 현장 검증은 서울시 노원구에 위치한 수락산 터널에서 진행함
- 해당 터널은 총 4개의 차로이며 3km의 길이로 구성됨
- 아래의 사진과 같이 3, 4차로 총 2차로를 터널 전 1km부터 터널의 길이까지 총 4km를 교통통제하여 실험을 진행함



[수락산 터널 실험 사진]

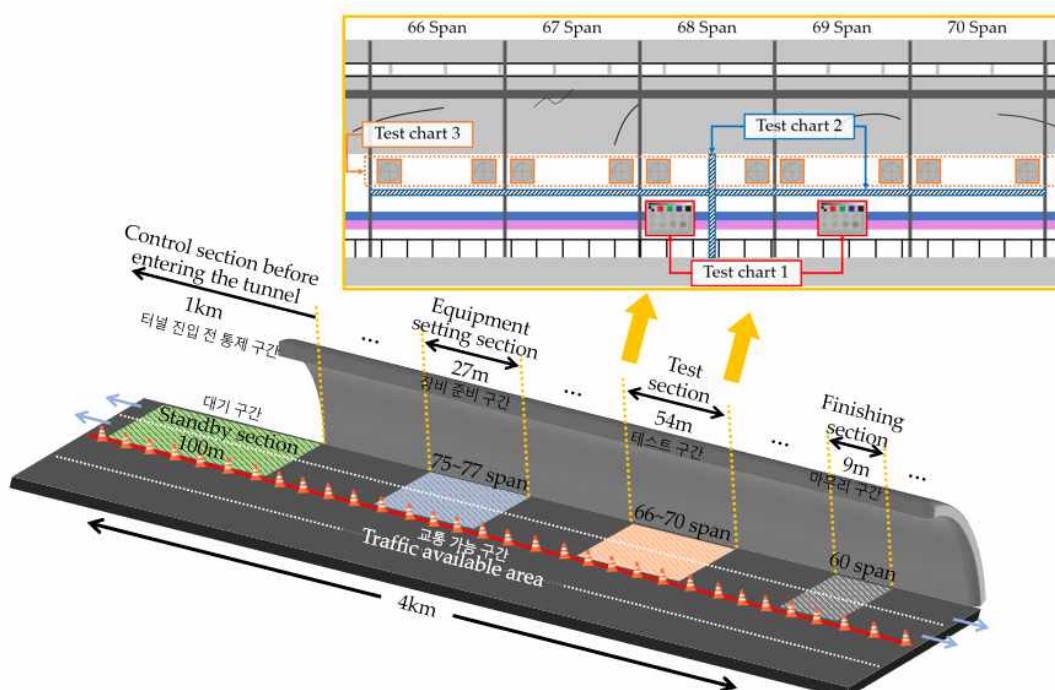
- 현장검증을 위한 테스트 베드 구축

- 테스트 베드 정보

[현장검증 대상 터널 정보 및 테스트 구간 정보]

터널명	교통 통제 구간	각 스펠별 길이	테스트 구간
수락산 터널	4km	9m	54m(66~70 span)

- 터널스캐너 성능평가를 위하여 테스트베드 내에 아래 그림과 같이 테스트차트를 설치함
- 아래의 그림은 성능평가를 위한 테스트구간의 테스트차트 배치, 통제 구간을 도식화함



[테스트구간의 테스트 차트 배치, 통제 구간을 도식화한 그림]



[사진1. 테스트차트1 설치 모습]



[사진2. 테스트차트2 설치 모습]



[사진 3. 테스트차트3 설치 모습]



[사진 4. 주행속도 측정 세팅]

- 사진1은 테스트차트1이며, 디지털 수평계를 사용하여 수평, 수직을 맞춘 후 68번, 69번 스펠에 하나씩 설치
- 사진2는 테스트차트2이며, 전구간에 가로로 설치하였으며, 68번 스펠에만 세로로 설치
- 사진3은 테스트차트3이며, 전구간에 두 개씩 설치
- 사진4는 장비의 주행속도를 측정하기 위해 설치된 동기화된 시계의 모습
- 동기화된 시계는 테스트 구간의 시작 지점과 종료 지점에 각각 설치

- 현장검증 결과 및 피드백

[현장검증 결과]

- 현장검증 수행 결과, 성능을 측정하고자 하는 주요한 지표들에 대해서는 개발한 성능평가 방법론의 적용이 가능하였음
- 3개의 터널스캐너 보유 업체를 대상으로 진행하였으나, 각 업체별 성능 카탈로그는 대외 비로 3개 업체의 평균값으로 제시함. 성능 카탈로그 평가값은 아래와 같음

성능평가 지표	상세항목	3개 업체 성능 값의 평균 값	지표별 성능값의 만점 값
색상정확도	DeltaE_Red	51.6088	0
	DeltaE_Green	35.7431	
	DeltaE_Blue	37.5802	
선명도		4 pixels	0 pixel
균열 촬영 성능	0.1mm 균열 측정 가능 여부	가능	가능
	1pixel의 크기 측정	0.59mm/pixel	0.1 mm/pixel
영상 왜곡 보정	기울기	0.653 °	0 °
	가로 길이의 오차	2.67%	0 %
	세로 길이의 오차	2.96%	
영상 접합 성능	평균	2.485 pixels	0 pixel
	표준편차	2.414 pixels	
균열 등급별 인식정확도	Accuracy	52.83%	100 %
	Precision	82.78%	
	Recall	57.85%	
균열 길이	일치율	43.9%	100 %
균열 폭	일치율	37.4%	100 %
균열 위치오차	균열 위치 오차의 평균	95.86 pixels	0 pixel
	균열 위치의 표준편차	38.57 pixels	
	GloU	0.18	1
주행속도		10.24 km/h	(클수록)
교통통제 용이성		-	통제 불필요
촬영 시야각도		-	(클수록)
현장 준비시간		31분	(짧을수록)
점검수행 소요시간		-	(짧을수록)
외관망도 작성		가능	가능
손상물량 작성		가능	가능

[현장검증 Feedback]

- 현장검증 수행 결과, 성능을 측정하고자 하는 주요한 지표들에 대해서는 개발한 성능평가 방법론의 적용이 가능하였음
- 그러나, 현장의 제약에 따라 교통통제 용이성, 촬영 시야각도, 점검수행 소요시간의 지표는 측정이 불가하였음
- 터널스캐너가 도출하는 결과물을 분석해본 결과, 가장 주된 손상은 균열이 맞으나, 그 외에도 누수, 백태, 박리, 박락 등 면형태로 표현되는 손상들에 대한 성능평가 방안을 마련하는 것이 필요하였음
- 이에, 선손상과 면손상으로 전반의 손상을 구분하여 계측성능(영상분석)에 적용하는 방안의 지표 확장 방향을 결정함

○ 현장검증 Feedback을 통한 터널스캐너 성능평가 측정 방법론 보완

- 손상계측 지표 항목 확대 및 정리

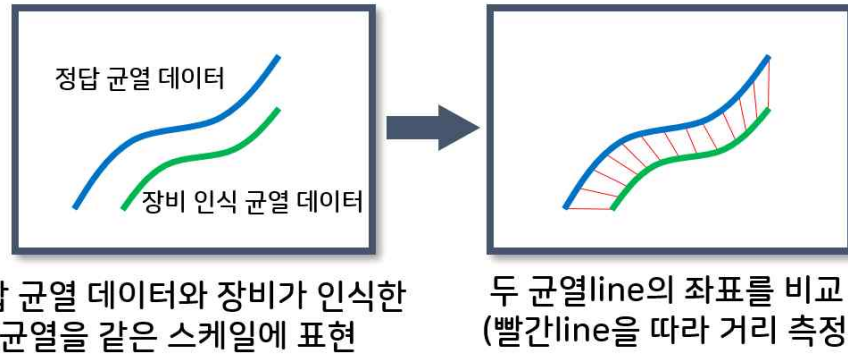
- 수락산 현장검증은 균열 손상을 중심으로 평가를 진행하였으나 유지관리 세부지침과 추가 시설물 점검 현장 견학 등을 통해 손상계측 평가항목을 정리함
- 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단)_터널편」의 터널 상태평가 항목을 크게 선과 면으로 구분하여 성능평가 지표를 그룹화, 단순화하였음

- 선손상 위치 성능평가 지표별 성능값 측정 방법론 보완

[선손상 위치(기준 : 평균 거리오차 및 GIoU 방법)]

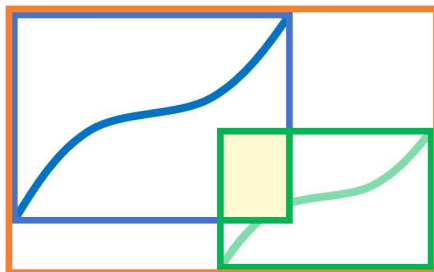
- 스케일이 동일한 외관망도 상의 위치 비교를 통해 성능평가 수행
- 정답 선손상 데이터와 장비인식 선손상 데이터의 물리적 거리 오차를 계산
- 현장검증 단계에서 선손상의 위치평가는 아래와 같이 수행함

거리 오차평균 및 표준편차 계산 초안



- 각 균열에 대한 대표점 간의 위치 오차 평균 및 표준편차 제시
- 오차 평균값은 공통된 균열을 대상으로하여 외관망도 상의 거리 오차의 평균을 의미함

GIoU를 통한 위치 정확도 계산



□ : A
□ : B
□ : C

$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

$$GIoU = IoU - \frac{|C - (A \cup B)|}{|C|}$$

$$-1 < GIoU \leq 1$$

- GIoU는 A,B 박스가 서로 겹치지 않을 경우에도 성능값 도출이 가능함
- GIoU는 값이 -1에 근사할수록 위치 정확도가 낮음을 의미하며 1에 근사할수록 위치 정확도가 높음을 의미함

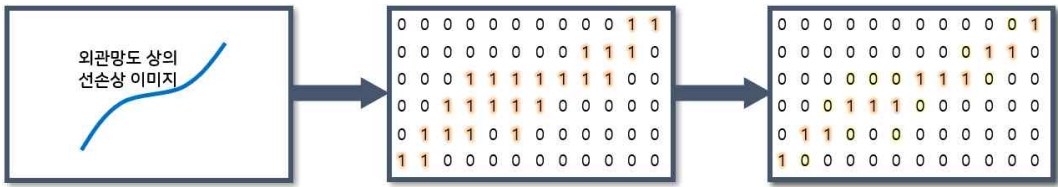
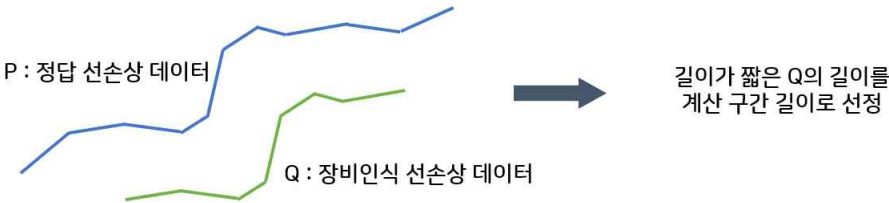
- 위 기존의 선손상의 위치 평가 성능평가 방법론은 [선손상 길이] 지표에 영향을 많이 받음
- IoU(GIoU) 방법을 통한 성능평가를 수행할 경우, 장비의 성능을 직관적으로 파악하기 어려움
- 기존의 선손상 위치 평가 성능평가 방법론은 선손상의 얇고 긴 선형적인 형상 특징으로 인해 한계점이 있음을 파악함
- 한계점을 극복하고, 위치 지표의 관점에서 평가가 이루어지도록 새로운 위치 평가 방법론을 개발하고자함.

[위치 평가 방법론 별 한계점분석]

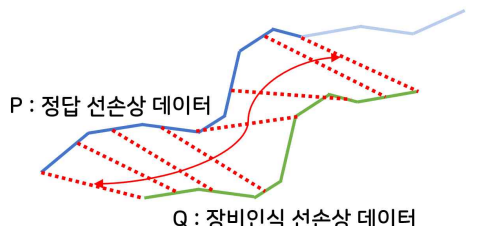
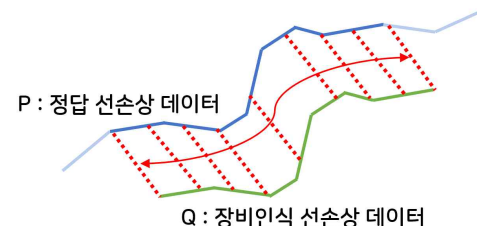
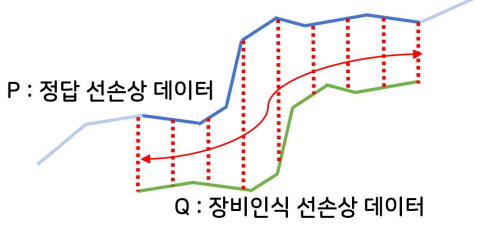
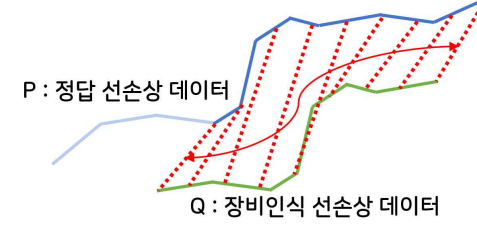
방법론	내용
RMSE (Root Mean Square Error)	- 정답 데이터와 비교하여, 예측 데이터가 얼마나 떨어졌는지 계산 - 데이터의 길이 차이에 영향을 크게 받음 - 수평하게 오차가 큰 경우, 끝점 하나로 결과값이 도출됨 - 예측 데이터가 더 길 경우, 오차값이 과하게 도출됨
Frechét Distance	- 두 다중선분 P,Q 에 대해서, 한 다중선분 위의 각 점에서 다른 다중선분으로 갈 수 있는 모든 거리 중 최단거리 중 가장 긴 거리 - 이상치에 영향을 크게 받고, 선형적인 선손상의 특성상 끝점과 끝점이 거리로 도출되는 경우가 많음
Hausdorff Distance	- 그룹 A 에서 가장 먼 그룹 B 까지의 거리값과, 그룹 B에서 가장 먼 그룹 A 가지 거리값 중 최대값을 뜻함 - 이상치에 영향을 크게 받고, 선형적인 선손상의 특성상 끝점과 끝점이 거리로 도출되는 경우가 많음
IoU (GIoU)	- 정답 데이터 영역(가로,세로)에 대한 인식 데이터 영역의 비율 - 선손상의 특성상, 데이터 영역은 선손상의 길이 뿐만 아니라, 선손상의 방향에도 영향을 받음 - IoU는 선손상 영역이 겹치지 않을 경우, 성능값이 0으로 도출됨 - 이러한 단점을 보완한 GIoU 방법론이 개발되었으나, IoU의 특성상 일치율로써 성능값을 제시하기 때문에, IoU값만으로는 성능값을 파악하기 어려움

- 앞서 언급한 기존 방법론의 한계점을 극복하기 위해, 오차가 최소가 되는 평가 구간을 선정하여 Frechet Distance를 활용하여 위치오차를 계산하는 방법론을 제시함 (평균,표준편차)
- 아래 과정을 토대로 균열 위치 정확도 평가를 수행

[선손상 위치 성능값 측정 개선 Process]

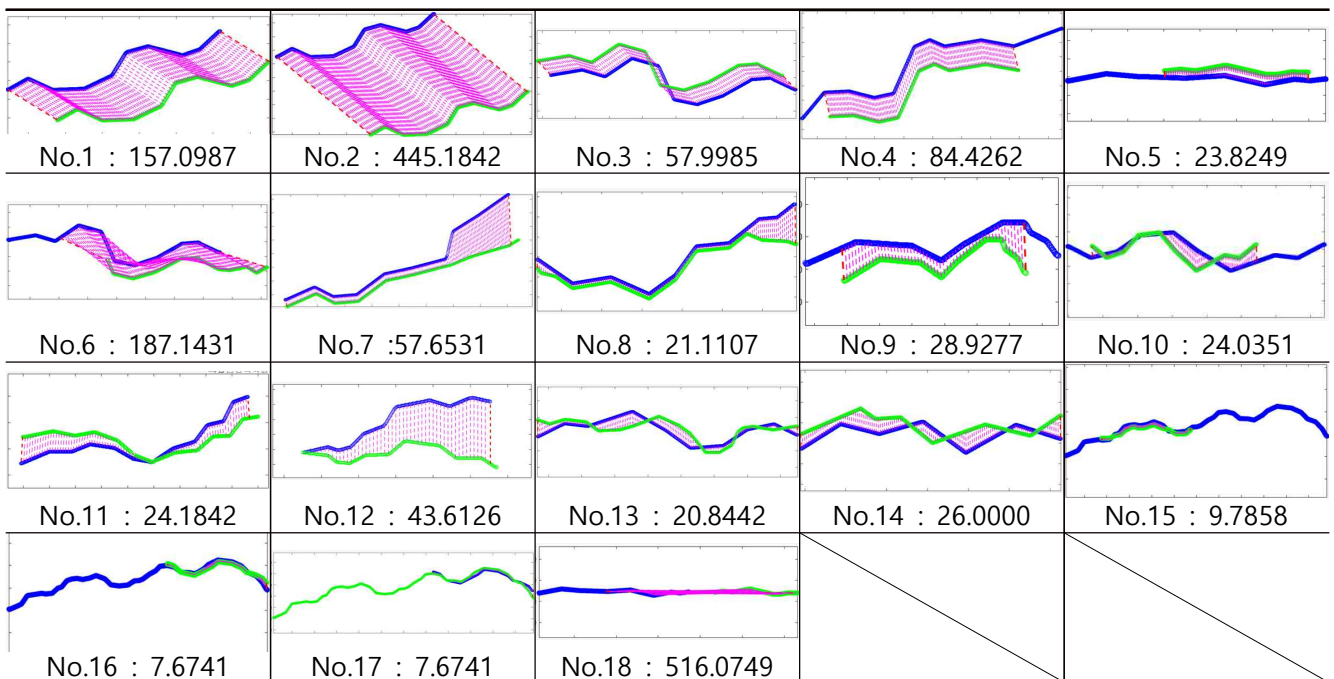
No.	단계별 세부 과정 및 설명
1	- 사전 이미지 프로세싱 과정을 통해 외관망도 상에서 평가하고자 하는 선손상의 대표점을 추출함. 그 후 추출한 대표점들에 대한 좌표값을 저장함. 해당 좌표값을 계산하여, 이후 위치 오차 계산에 활용함  [선손상 대표점 좌표 도출 과정]
2	- P,Q 선손상 데이터점들의 좌표값 비교를 위해, 상대적으로 길이가 짧은 선손상을 기준으로 평가 구간 길이를 선정함  [정답 선손상 데이터, 장비인식 선손상 데이터의 배치 예시]

3	- 앞서 선정한 평가 구간 길이만큼의 위치 오차를 계산함. 위치 오차는 점과 점 사이의 거리 계산방식을 통해 계산하고 계산식은 다음과 같음 $D_n(P,Q) = \sum d(p,q)/M \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{식(1)}$ $d(p,q) = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{식(2)}$ *긴 선손상 P의 픽셀 수 : M, 짧은 선손상 Q의 픽셀 수 : N 이라 할 때, 총 픽셀 차이는 N-M 개 이다 계산 결과값도 N-M 개이므로, N-M 개에 대한 $D_n(P,Q)$를 계산한다.
---	--

4	- 구간 길이별로 점과 점 사이의 거리 계산을 반복 수행함. 반복작업을 통해, 구간별로 상대적인 거리 오차(평균, 표준편차)를 계산  P: 정답 선손상 데이터 Q: 장비인식 선손상 데이터  P: 정답 선손상 데이터 Q: 장비인식 선손상 데이터  P: 정답 선손상 데이터 Q: 장비인식 선손상 데이터  P: 정답 선손상 데이터 Q: 장비인식 선손상 데이터 [각 구간 마다, 위치오차 계산 수행 과정 예시]
---	--

5	- 계산된 결과값($D_n(P,Q)$) 중, 거리가 가장 적은 구간을 위치 오차 최소 구간으로 판단하여, 해당 구간의 결과값을 위치 정확도 오차의 성능값으로 제시 $D(P,Q) = \min D_{n(1:N-M)}(P,Q) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \text{식(3)}$
---	--

- 제시하는 선손상 위치 정확도 평가 방법론을 통해 샘플 선손상 데이터를 평가하였을 때, 결과는 다음과 같음.



[샘플 선손상 데이터 평가 예시]

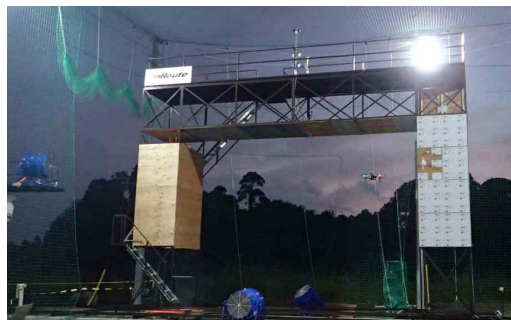
4) 실험실 기반 첨단기술 성능평가 시편 규격화 방안 제시

○ 성능평가를 위한 테스트베드 구축 및 시편 관련 선행연구 조사

- 첨단장비 성능평가를 위한 테스트베드 구축 선행기술 조사

[일본 NEDO의 테스트필드]

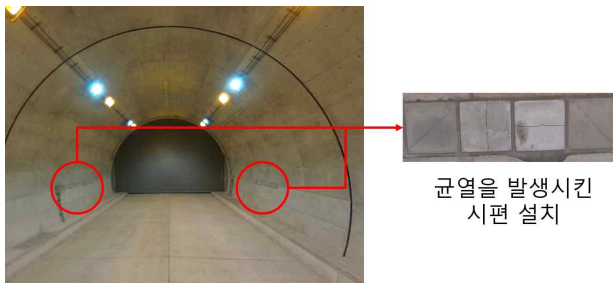
- 일본의 독립행정법인 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)에서는 교량 점검에 활용되는 드론의 성능평가를 위하여 프레임으로 제작한 모의 교량을 구축하였음
- 해당 테스트베드는 타음검사용 드론과 근접 영상 촬영용 드론의 두 종류의 교량 점검용 드론을 대상으로 설계되었음
- 테스트 필드 구성에 있어 실제 교량 점검 현장과 유사한 환경을 구축하기 위하여 송풍기, 조명 등과 같은 장비들이 설치되어 있음



[일본 NEDO의 교량 점검용 드론 성능평가를 위한 테스트베드]

[후쿠시마 로봇성능검증 테스트필드]

- 일본 후쿠시마에 위치한 로봇 테스트 필드에는 다양한 시설들의 테스트베드가 구축되어 있음
- 드론 활용을 위한 주행장 및 시설, 수중 작업 로봇을 위한 수조 테스트베드, 시설물 점검 장비를 위한 교량, 터널, 도로 테스트 베드, 시가지 테스트 베드 등이 주된 시설물이며, 실제 드론, 수중 드론, 터널스캐너, 홀로랜즈 등의 다양한 장비의 성능평가를 위해 활용되고 있음
- 특히, 교량과 터널 테스트베드에는 성능평가에 활용하기 위해 균열을 모사한 시편을 설치한 것이 특징적임



[터널 테스트 베드]



[교량 테스트 베드]

[한국건설기술연구원 SOC실증연구센터(연천)]

- 한국건설기술연구원에서는 다양한 장비 및 건설기술의 성능평가를 위하여 연천에 SOC실증연구센터를 구축함

- 세계 최초로 악천후 기상조건의 재현이 가능한 기상재현도로실증시설을 건설하여 현재 운용 중
- 그 외에도 포장 및 비탈면 성능시험시설을 설계하고 있고, 복층터널과 같은 다양한 테스트베드도 구축 중임



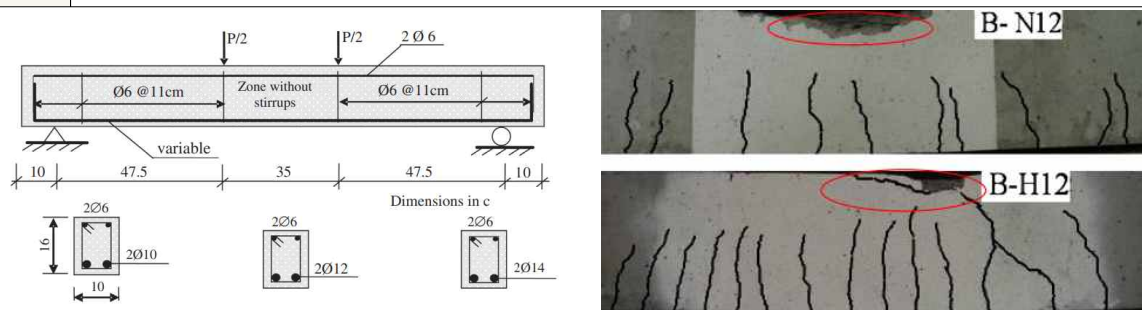
[한국건설기술연구원 S0C실증연구센터(연천)의 전경]

- 균열 생성 방법에 따른 콘크리트 시편 제작 선행연구 조사

[하중재하를 통한 균열 발생 콘크리트 시편 제작]

- 콘크리트 시편에 균열의 발생을 유도하는데 있어 가장 일반적인 방법으로, 콘크리트 재료와 관련된 다양한 연구에서 선행연구 사례를 찾을 수 있음
- 일반적인 콘크리트 공시체는 하중재하 시 순식간에 파괴해버리기 때문에, 철근이나 와이어메시와 같은 인장재로 보강하게 됨
- M. Hamrat 외 3인의 연구에서는 일반 콘크리트와, 고강도 콘크리트, 고강도 섬유 콘크리트 각각에 대하여 균열 발생 거동에 대한 분석을 진행하기 위하여 4점 재하 시험을 수행하였음

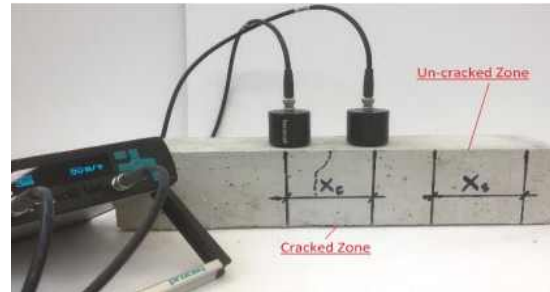
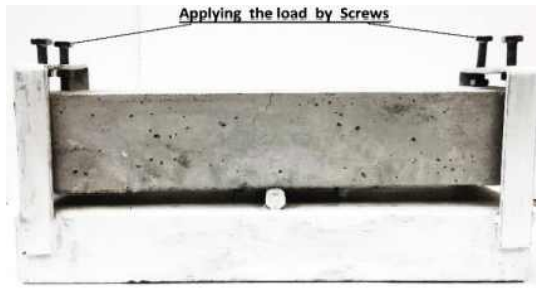
출처	Hamrat, M., Boulekbache, B., Chemrouk, M., &Amziane, S. (2016). Flexural cracking behavior of normal strength, high strength and high strength fiber concrete beams, using Digital Image Correlation technique. <i>Construction and Building Materials</i> , 106 , 678-692.
----	---



[콘크리트 시편 도면 및 하중재하 계획, 균열 발생 사진]

- Al-Ameer i 외 2인의 연구에서는 내부 균열의 점검을 수행하는 비파괴 검사 장치의 성능검증을 위하여 균열을 모사한 시편을 제작하였음. 해당 연구에서는 0.05~0.15mm, 0.15~0.25mm, 0.25~0.35mm의 균열 폭을 가지는 균열을 발생시킴

출처	Al-Ameeri, A., Rafiq, M., & Tsioulou, O. (2018, July). Influence of cracks on the carbonation resistance of concrete structures. In <i>Sixth International Conference on the Durability of Concrete Structures, University of Leeds</i> (pp. 358-367).
----	--



[콘크리트 시편 및 하중재하 장치, 균열 발생 사진]

- 소개된 연구 외에도 하중을 통해 콘크리트 시편에 균열을 발생시킨 사례들은 다양하게 존재하였음
- 그러나, 미세 균열을 대상으로 균열을 발생시키는 사례는 앞서 Al-Ameeri 외 2인의 연구를 제외하고는 찾아보기 힘들었음
- 콘크리트 시편에 균열을 발생시킨 대부분의 연구에서는 연구 목적이 균열한 균열 폭의 제작이 아니라 재료적 특성 파악이 대부분이라 균열을 발생시키는 방법론에 있어 정량적으로 방안을 제시한 사례가 없음

[균열 유도판을 통한 균열 표기 시편 제작]

- 일부 국내 연구사례에서 콘크리트 균열 검출 관련 연구를 수행하기 위하여 콘크리트 시편을 제작하였음
- 콘크리트 시편 제작을 위하여 균열 유도판(Slit)을 같이 활용하는 거푸집을 제작하였으며, 2 ~ 20mm까지의 균열 폭을 인위적으로 모사하였음

출처	조현우, 윤혁진, 윤재찬, 안성권, 김현기, 신민호 (2014). 콘크리트구조물 균열측정을 위한 영상획득거리 영향분석. 한국철도학회 학술발표대회논문집, 535-538
----	--



[균열 유도판을 활용한 균열 유도 콘크리트 시편 제작]

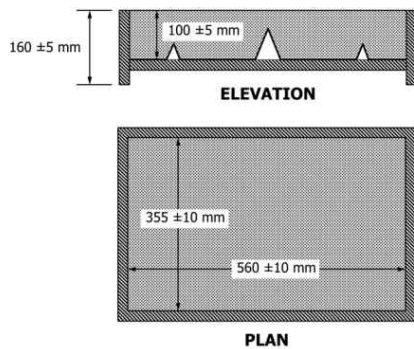
- 균열을 유도한 콘크리트 시편을 제작한 것은 의미가 있지만, 한 방향으로만 균열이 형성되었으며, 균열 폭도 2 ~ 20mm로 미세 균열을 대상으로 만들어진 시편이 아님
- 터널스캐너의 성능평가를 위한 시편의 경우 가장 낮은 e등급이 1mm 이상이며, a등급이 0.1mm 미만인 점을 고려하면 미세 균열을 모사한 시편 제작이 필요할 것으로 판단됨

[건조수축을 통한 균열 발생 콘크리트 시편 제작]

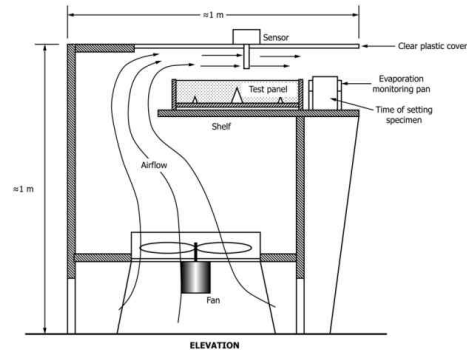
- 표면의 물 증발을 유도하여 건조수축을 유도한 시편을 제작하는 방안과 관련된 표준이 존재함
- Standard test method for evaluating plastic shrinkage cracking of restrained fiber

reinforced concrete(ASTM C 1579-06)에서는 슬라브 형태의 시편에 건조수축균열을 발생시키는 방법을 설명하고 있음

ASTM C 1579-06



[몰드 디자인]



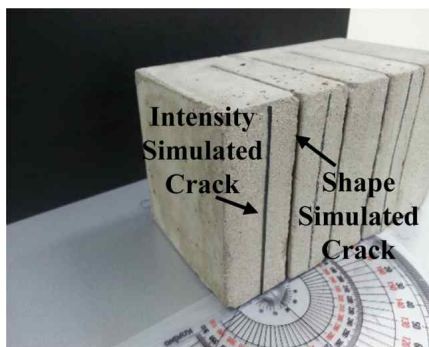
[하온하습을 유지하기 위한 챔버]

- 터널스캐너 성능평가를 위한 시편 제작을 고려해볼 때 슬라브 형태로 시편을 제작할 수 있다는 장점이 있음
- 그러나, ASTM 표준 상의 시험 조건이 까다롭고 계속해서 하온하습 및 바람을 제공해야 한다는 점이 있어 시편 제작 용이성이 좋지 않음
- 실험 조건을 간소화하고 사람이 들고 시편 작업 설치를 할 수 있는 사이즈에서도 똑같이 0.1mm ~ 1mm의 다양한 균열 폭이 발생한다면 터널스캐너 성능평가를 위한 시편의 제작 방안으로도 적합할 것으로 판단됨

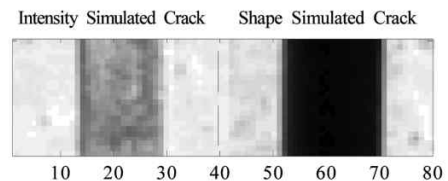
[사진 출력물을 활용한 균열 모사 시편 사례 조사]

- 균열을 모사한 시편 제작에 있어 실제 콘크리트에 자연 균열을 발생시키거나 균열 유도판을 통해 인위적인 균열을 모사하는 것이 아니라, 출력물(종이)의 활용 가능성을 검토해본 연구사례도 있었음

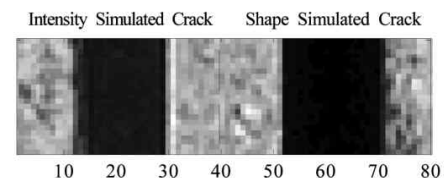
출처	조현우, & 윤혁진. (2016). 명암 묘사 균열과 실제 균열의 촬영 조건에 따른 명암적 유사성 분석. J. Korean Soc. Hazard Mitig, 16(2), 307-314.
----	---



*Intensity Simulated Crack : 출력물
Shape Simulated Crack : 실제 균열
[출력물과 실제 균열의 배치]



[직광에 의해 출력물의 빛번짐 현상]



[45도 조명에서의 명암 비교]

- 다양한 조명과 카메라 각도로 실험해본 결과, 출력물의 경우 대부분의 경우 실제 균열과 유사한 명암적 형태를 보여주었음
- 그러나, 직광에 대해서는 빛번짐이 발생하여, 명암값이 실제 값과 큰 차이를 보여주었음
- 대상 균열의 폭은 1mm로 미세 균열에 대한 추가적인 검증이 필요할 것으로 판단되며, 일

직선의 형태가 아닌 실제 균열을 촬영한 사진을 시편으로 활용할 수 있을 지에 대한 검토가 수행된다면 관리 및 제작이 비교적 어려운 콘크리트 시편보다 활용성이 높은 시편이 될 수 있을 것으로 기대됨

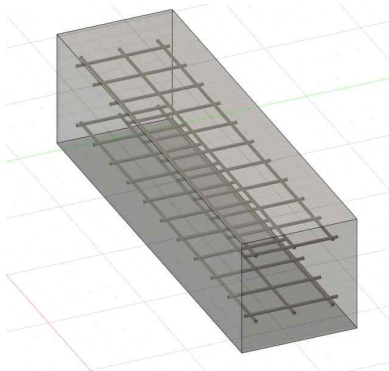
○ 터널스캐너 성능평가 테스트베드에 적용할 콘크리트 시편 구축

- 하중 재하를 통한 성능평가 시편 제작 방안 검증

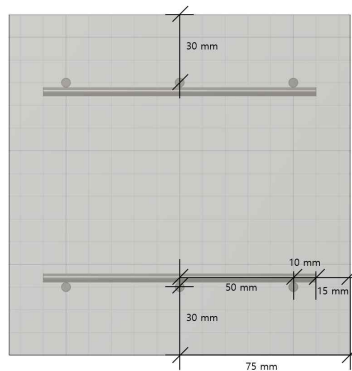
[시편 제작 과정 및 조건]

- 하중 재하를 통해 미세균열을 직접 만드는 것을 목표로 이에 적합한 공시체를 제작함
- KS F 2403[콘크리트의 강도 시험용 제작 방법]을 참고하여, 단면 150mm * 150mm, 길이 550mm의 KS규격 사이즈의 공시체를 제작함
- LMC(라텍스 개질 콘크리트)란 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 라텍스를 첨가하여 만든 콘크리트임. 보통 콘크리트 대비 휨인장 내구성이 크고 균열저항이 크다는 특징이 있음. 또 경화속도가 빨라 조기강도 발현에 유리함
- 미세균열을 만들 수 있도록 탄성력이 크고, 휨강도가 큰 LMC콘크리트를 사용하였으며, 취성파괴를 막기 위해 와이어메쉬를 삽입함
- 힘을 통해 균열을 발생시키고, 공시체가 일부 복원됨을 이용하여 미세균열을 만들고자함

시편 모델(도면)



3D 도면



단면도



평면도

[배합표 및 양생조건]

- 사용된 LMC 배합 및 와이어 메쉬는 다음과 같음

	W/C (%)	Slump Test	Unit (kg/m ³)				
			W	C	S	G	L
배합	25	165	86	350	920	799	89
인장재	와이어메쉬 규격: #8-50*50 / 와이어메쉬 치수 : 120 * 520						
양생조건	경화가 빠른 LMC의 특성 고려, 배합 4시간 이후 탈형 배합 이후 48시간 기건양생함						



[하중재하를 통한 미세균열 시편 제작 사진]

[하중재하 과정]

- [KS F 2408 콘크리트의 휨강도 시험방법]을 참고하여 진행하였음
- 하중 재하를 통해 균열을 발생시키고, 이후 콘크리트 시편이 약간 복원됨을 이용하여 미세균열을 발생시킴

하중재하 방법 선정

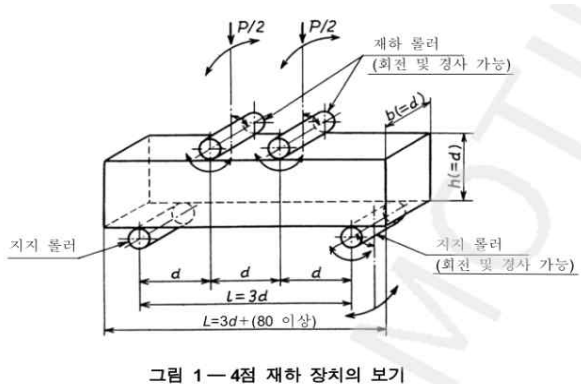


그림 1—4점 재하 장치의 보기

KS F 2408 4점 재하 시험방법



하중 재하 모습

[실험 결과 분석]

- 최초 예상한 대로 기존 콘크리트보다 복원력이 더 우수하다는 점을 활용하여 LMC를 사용함으로써 미세균열 제작이 가능함
- 재하 하중의 수치를 조절을 통해 0.1mm ~ 1.0mm 까지 다양한 폭의 균열을 제작할 수 있음



[다양한 폭의 균열을 발생시킨 콘크리트 시편 결과물]

- 균열 유도판 삽입을 통한 성능평가 시편 제작 방안 검증

[시편 제작 과정 및 조건]

- 앞서 제작한 콘크리트 재하실험용 몰드(KS F 2403)와 동일한 시편을 제작함
- 하중재하가 아닌, 양생과정에서 표면에 얇게 제작한 슬릿을 삽입 및 제거하였음
- 터널스캐너의 성능평가를 위해 사용될 시편의 경우 폭이 0.1 ~ 1mm까지의 균열이 다양하게 발생해야하기 때문에 0.1 ~ 0.5mm의 균열 유도판을 사용함
- 다양성을 위하여 가로, 세로, 대각 방향으로 균열 유도판을 삽입하였음
- 콘크리트가 완전히 굳은 후에는 균열 유도판의 제거가 어려워 라텍스 콘크리트의 초경 후 30분이 지난 시점에서 균열 유도판을 제거함



[균열 유도판 삽입]

[실험 결과 분석]



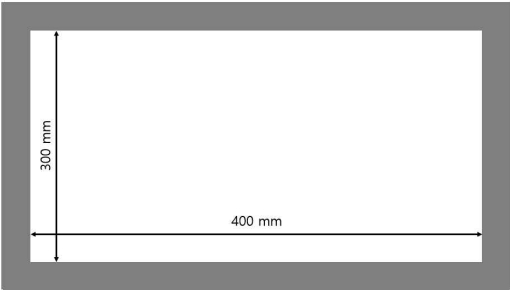
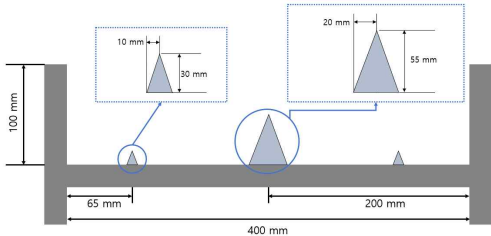
[균열 유도판을 통한 미세균열 제작 결과물]

- 얇은 두께의 균열 유도판을 삽입하여 제거하기 굉장히 어려우며, 제거에 적절한 시기가 모호함
- 균열 유도판을 제거하는데 있어 완전히 굳으면 제거가 어렵기 때문에 초경 후 30분 시점에 제거하였지만, 유동성이 일부 남아 얇은 폭에 대해서는 다시 되메어지는 현상이 발생
- 굵은 균열에 대해서는 균열 유도판을 사용하는 것이 가능하지만 미세 균열이 필요한 터널스캐너 성능평가 시편 특성을 고려해보면, 미세 균열을 균열 유도판으로 제어하여 발생시키는 것은 어렵다고 판단됨

- 건조수축을 통한 성능평가 시편 제작 방안 검증

[시편 제작 과정 및 조건]

- ASTM 표준에 명시된 건조수축 제작 결과는 0.1 ~ 0.5mm의 다양한 폭의 균열이 발생한다고 기재되어 있음
- 또한, 양생 조건에 있어 극한 양생을 진행하였을 때, 일반 몰드에서도 건조수축 균열이 발생할 수 있는지를 확인하고자 함
- ASTM 표준 사이즈로 시편을 제작하면 무게가 약 56kg이므로 작업자가 직접 테스트베드 구축에 있어 활용하기에는 어려운 무게임
- ASTM의 Chamber 공간 구축과 달리, 폭 1m 정도의 항온항습기를 활용하였음. 장비의 크기에 적합한 시편의 크기와 무게를 고려하여, 시편의 사이즈를 일부 수정함
- 총 12개의 시편을 제작하였으며, 6개는 일반 정육면체 몰드로 제작하였고, 6개는 ASTM내 용을 기반으로 제작한 몰드임

항목	W/C (%)	Slump Test	Unit (kg/m ³)			
			W	C	S	G
배합	55.1%	180	254	461	774	825
시편 제작 방안						
	일반 제작 몰드		ASTM 기반 제작 몰드			
양생조건	온도 : 40도, 상대습도 : 30%의 환경에서 24시간 양생 후 결과물 1차 확인함 이후 동일 조건에서 6일의 추가 양생 후 결과물을 2차 확인함					

[실험 결과 분석]

- 최종 양생이후, 결과는 아래 사진과 같음



[제작 과정]



[ASTM 기반 몰드 사용 시편]



[일반 몰드 사용 시편]

- ASTM의 건조수축 조건과 유사함에도, 표준과 달리 건조수축 균열이 잘 발생하지 않음
- 균열이 발생한 시편이 1개 있었으나, 일반 몰드에서의 제작 결과였고, 균열 형상은 자연스럽게 도출되었으나, 깊이가 매우 얇음.

- W/C를 높여 건조수축 균열 발생조건을 달리한 추가 실험을 진행하였으나, 기존과 마찬가지로 건조수축 균열이 잘 발생하지 않았음, 오히려 표면이 반짝거리는 문제점이 생김 (물 시멘트비가 높아 발생하는 것으로 추정)
- 물시멘트비를 낮추면, 건조수축 균열이 발생하지 않고, 균열이 발생하더라도 균열의 깊이가 매우 얕음. 건조수축 균열이 잘 발생하도록 물시멘트비를 올리면 표면이 반짝이는 문제가 발생함
- 터널스캐너 특성상 밝은 조명조건에서 촬영하는데, 표면이 반짝이는 경우, 장비가 미세균열을 감지함에 굉장히 제한적임

- 사진 출력물을 활용한 성능평가 시편 제작 방안 검토

[실내 실험을 통한 사진 출력물 결과 비교]

- 사진 출력물을 활용한 시편을 구축하기 위해서 먼저 사진 출력물이 얼마나 실제 균열과 유사한지 검증이 필요함
- 0.1mm ~ 0.5mm의 미세 균열을 출력할 수 있는지, 촬영 취득물 및 출력물과 실제 콘크리트와의 색상 정확도, 터널스캐너 및 침단장비 특성상 빛 반사율, 위 3가지 관점에서 사진 출력물을 활용하여 균열 모사 시편을 구축 가능한지 검증이 필요함
- 검증실험을 위해 균열이 발생한 콘크리트 시편을 확보하고, 확보한 콘크리트 시편의 균열에 대하여 촬영 및 출력을 진행하였고, 해당 출력물과 실제 균열과 비교 확인함



[실험에 활용한 콘크리트 시편 - KS F 2403]

[실험계획 - 사진 출력물 취득 프로세스]

가. 카메라 세팅에 따른 각 조건별 선명도 확인 취득

- 주어진 실내환경에서 최상 품질의 균열 사진을 취득하기 위해, 카메라의 조리개, 셔터스피드, ISO값 별로 취득 사진 결과를 확인함 (촬영은 RAW 파일로 촬영 후, JPEG로 변환하여 균열 부분 선예도를 확인하였음)

-> 실내 실험 조명 조건하에 반복 촬영결과, 조리개 값 f/3.5 일 때, 셔터속도 S100, ISO100 일 때 균열 부분의 최고 선명도를 보여줌

나. 컬러 프로파일러를 활용한 1차 색보정 진행

- 컬러 프로파일러 (팬톤 - 컬러체커)를 활용한 1차 색보정을 진행함
- 조명 색온도 6500k로 카메라 화이트밸런스 1차적으로 조정하고, 컬러 프로파일러 소프트웨어를 통해 2차적으로 RAW파일 색보정을 수행함



그레이카드 활용 화이트밸런스 조정



우측 24색 차트 활용 컬러 프로파일링 수행

[컬러 프로파일러를 활용한 색보정]

다. 프린터 출력 및 출력결과물에 따른 RGB 색 보정 작업 반복

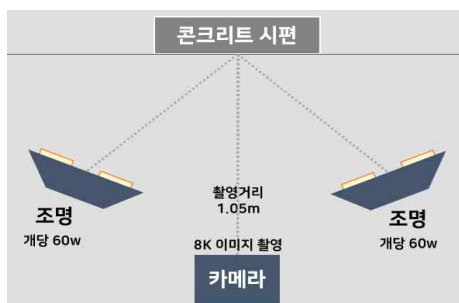
- 컬러 프로파일러로 색 보정 한 사진을 출력하고, 출력물과 실제 콘크리트 시편과 비교하여 색상 일치정도를 확인함
- 출력 결과물과 실제 콘크리트와의 색상이 정확하지 않은 부분은 육안으로 판단하여 RGB 색상 보정을 통해 반복 보정함
- 이후, 원본 촬영과 동일한 환경아래에서, 출력물을 재촬영하고 결과를 확인함
- 출력물을 재촬영하여 디지털 결과물을 확인 할 경우, 종이의 표면질감 차이, 출력물의 도트, 카메라 센서의 RGB도트가 더 부각됨



[최종 출력 결과물 재촬영 및 확대 결과물]

[촬영환경 및 실험장비]

- 촬영환경 및 사용 장비는 아래와 같음



f /3.5, S 1/100초, ISO 100
색온도 6500k 및 컬러 프로파일링 수행

[시편 촬영환경 및 촬영 수행 과정]

[사용 장비 목록]

장비구분	모델명	비고
고해상도 카메라	니콘 Z7 II	8K 사진촬영 가능
고해상도 카메라 렌즈	NIKKOR Z 24-70mm f/4 S NIKKOR Z 50mm f/1.8 S	
컬러 프로파일러	Phanton Color Checker Passport	사진 색상보정
LED 투광기 60W *4	-	색온도 6500k
출력 프린터	hp Color Laser Jet Pro MFP M479dw	컬러 프린터 sRGB 인쇄 300 dpi
	hp Lase Jet Pro MFP M435nw	450 dpi

[실험 결과 분석 및 한계점]

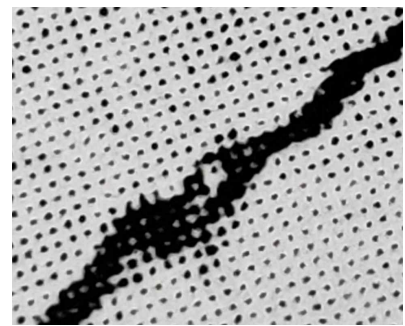
- 고해상도 카메라를 활용하면, 높은 해상도, 높은 선명도의 균열을 촬영할 수 있음.
하지만 이를 출력할 경우, 사진만큼의 균열 선명도가 나오지 않음
- 근접 촬영을 통해 출력물을 확대해보면, 출력기기의 표현 한계를 확인할 수 있음



취득 사진 원본



컬러 프린터 (300 dpi)



흑백 프린터 (450 dpi)

[콘크리트 시편과 출력물 간의 특징 부분 확대비교]

- 색상 보정 작업을 수행한다고 하더라도, 사진 출력물을 실제 손상의 색상과 동일하게 출력하기는 제한적임. 종기와 콘크리트의 빛에 대한 표면 특성이 다르기 때문에 조도가 달라짐에 따라 사진과 실제 콘크리트의 색상 일치율은 달라짐
- 사진 출력물과 실제 콘크리트의 표면차이는 육안으로 확인할 때 보다 사진 출력물을 다시 재촬영했을 때 더 부각됨
- 터널스캐너 장비의 경우 강한 조명을 사용하며, 실제 균열의 깊이에 따라 발생하는 명암을 일반적으로 활용하는 것이 기술 작동원리임. 하지만, 사진의 경우 이러한 균열의 깊이를 모사하는 것이 어려움
- 출력물은 조도 영향 뿐만 아니라, 조명의 각도에도 영향을 받음. 직광일 때 사진 출력물 상의 검은색으로 보이던 균열 line이 반사에 의해 연해지는 현상이 발생함



출력물 촬영 - 직광



출력물 촬영 - 30°



출력물 촬영 - 60°

[조명 각도에 따른 출력물 반사현상]

- 기업마다 터널스캐너의 조명 세팅(조명의 밝기, 조명의 각도)가 다름. 기업마다의 조명 조건에 따라 정답 시편의 선명도가 달라지게 됨.
- 영상기반으로 균열을 감지하는 터널스캐너의 특성 및 장비마다 다른 조명 환경을 고려하였을 때, 성능평가 시편으로 사진출력물은 미세균열의 출력 한계, 조명 조건에 민감한 색상 정확도, 사진 출력물을 재촬영 시 선명도 저하 등의 한계점으로 인해 사진 출력물을 활용한 균열 모사 시편 적용이 제한적이라 판단됨

- 미세균열이 발생된 성능평가 시편 제작 규격화 방안 제시

- 다양한 방법으로 미세균열을 표기한 성능평가 시편을 제작함. 각 시편 제작방안의 한계점, 미세균열 제작가능 여부, 터널스캐너 성능평가 적절성 등을 복합적으로 고려함
- 하중 재하를 통한 성능평가 시편을 제작하는 방법론이 터널스캐너 성능평가 테스트베드 구축을 위한 시편 제작 규격화 방안으로 적합할 것으로 판단됨

[미세균열이 발생된 성능평가 시편 제작 프로세스]

- 하중재하를 통해 균열을 발생시키고, 공시체가 일부 복원됨을 활용하여 미세균열을 발생 시키기에 정밀한 규격화, 표준화는 제한적임. 이에 개략적인 프로세스를 아래와 같이 제시함

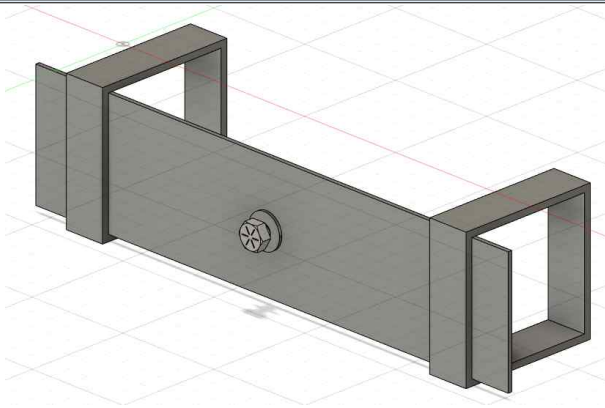
콘크리트 시편 제작 규격화 방안(안)		
(1)	공시체 제작	단면 150mm * 150mm, 길이 550mm의 KS규격 사이즈 몰드 사용[KS F 2403] 휨강도가 우수하고, 복원력이 우수한 LMC콘크리트 배합 취성파괴 예방, 휨강도 및 복원력 향상을 위해 와이어메쉬 보강
(2)	하중 재하 방법	4점 재하 방식을 통해 중앙부에 균열 발생을 유도 육안으로 균열 발생 확인하고, 복원되는 정도를 확인 * 복원되는 정도는 공시체 마다 상이
(3)	하중값	35kN ~ 40kN 하중 재하 : 0.05mm ~ 0.1mm 균열 발생 40kN ~ 45kN 하중 재하 : 0.1mm ~ 0.2mm 균열 발생 45kN ~ 50kN 하중 재하 : 0.2mm ~ 0.5mm 균열 발생

○ 성능평가 시편이 설치된 테스트베드 구축 아이디어 제시

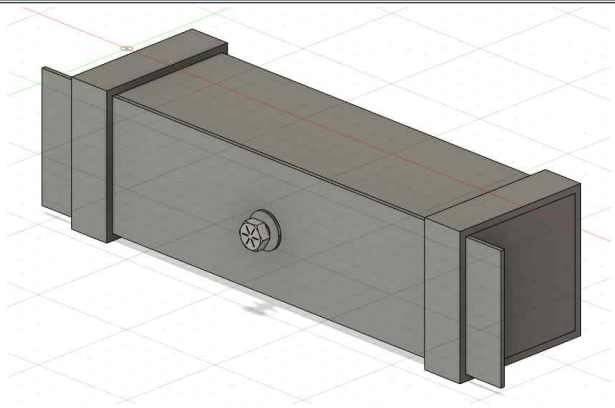
- 콘크리트 시편을 고정할 지그 제작 아이디어

- 본 연구에서 제시하는 시편은, 라텍스 콘크리트의 복원력을 활용하여 미세균열을 제작함
- 시편에 균열이 일차적으로 발생한 이후라면, 일부 복원된 균열폭을 다시 외력을 가해 균열폭을 다시 확대시킬 수 있음
- 균열의 폭은 온도, 습도 등에 영향을 받아 변형됨. 이에 정확한 성능평가를 위해서는 성능평가 시점에서, 균열의 폭을 재측정하거나 균열폭에 대한 조정이 필요함
- 정밀하게 균열폭을 설정하기 위해, 시편을 고정하는 지그를 만들고, 볼트로 추가 힘을 가해 균열폭을 미세 설정하는 것을 제시함 (ex 0.18mm -> 0.2mm)

지그 및 콘크리트 시편 3D 모델링(안)



지그부

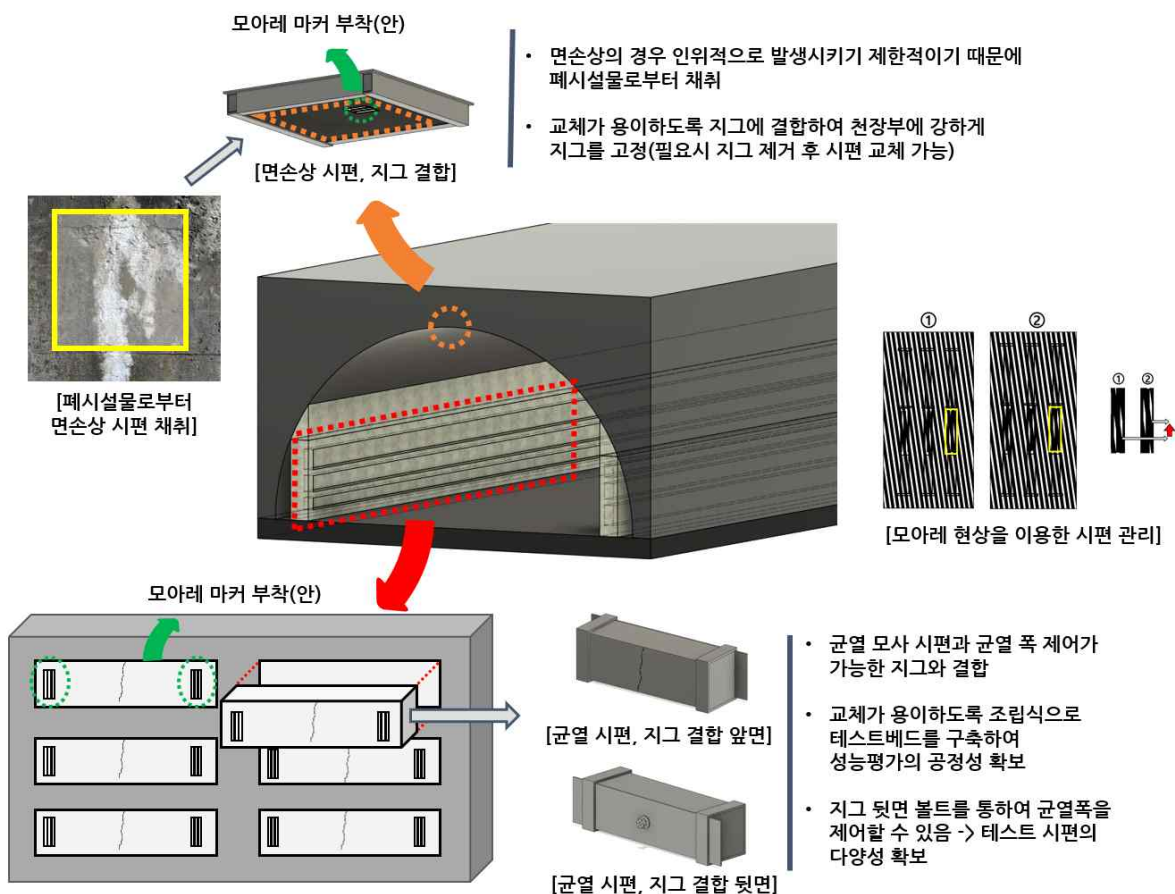


콘크리트 시편과 결합

- 콘크리트 시편을 활용한 테스트베드 구축 아이디어 제시

- 본 연구 범위에서 제시한 시편을 활용하여 테스트베드를 구축할 경우, 테스트베드 적용 방안을 고안함

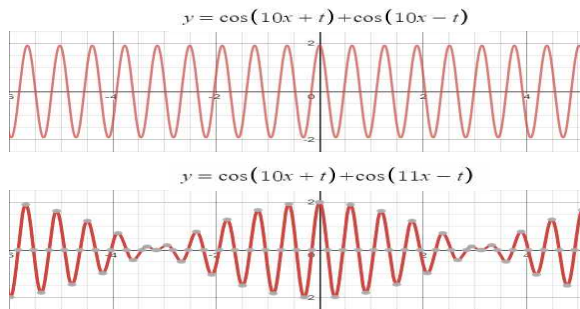
테스트베드 구축 방안 도식화(안)



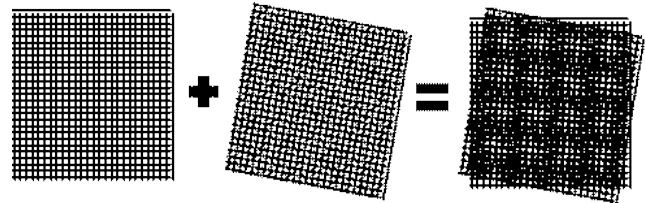
- 모아레 현상을 활용한 테스트베드 내 성능평가 시편 변위 측정 아이디어 제시

- 사진 출력물을 활용한 시편 구축 및 촬영을 반복하는 중, 모아레 현상을 발견함 이는 Law-Pass filter가 없는 카메라에서도 발생하는 현상으로, 본 연구에서 사용한 고해상도 카메라(니콘 z7 II)에서도 모아레 현상을 발견할 수 있었음

- ‘모아레 현상’은 파동의 성질을 가지고 있는 빛의 간섭 현상으로 ‘맥놀이 현상’과 같은 원리로 발생함. ‘맥놀이 현상’이란 진동수가 비슷한 두 개의 파동이 서로 영향을 미쳐 진동수의 폭이 일정한 주기로 변하는 현상임. 아래 그림은 같은 진동수의 파동이 간섭하였을 때와 진동수의 미세한 차이가 있는 파동이 간섭해 맥놀이 현상이 일어나는 그래프임
- 맥놀이 현상과 같은 원리의 ‘모아레 현상’은 일정한 간격을 반복하는 무늬가 겹쳐지면서 간섭하게 되고 그 결과 생기는 무늬를 의미함

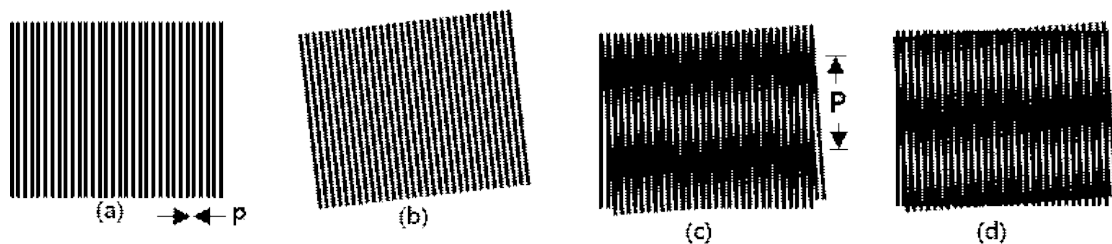


[맥놀이 현상으로 인한 파장 간섭]



[모아레 현상 및 패턴]

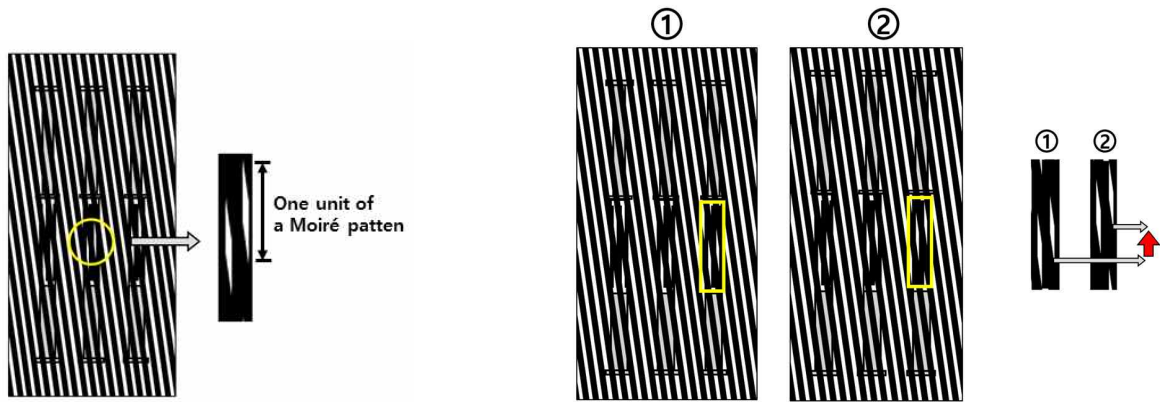
- 사진 출력물을 고해상도로 촬영하는 과정 중, 출력물 종기와 프린팅 과정에서의 패턴으로 모아레 현상을 발견할 수 있었음. 모아레 현상 및 모아레 마커를 활용한다면 미세한 변위를 증폭하여 발견할 수 있음.
- 아래 그림은 ‘모아레 현상’의 원리를 나타내고 있다. (a)는 주기가 p인 직선 격자이고, (b)는 격자 (a)와 동일한 주기를 가지며 반시계 방향으로 $\ominus$ 만큼 회전되어 있는 격자이다. 이 두 개의 격자를 겹쳐올 때 (c)와 같은 모아레 무늬가 발생하며 이 모아레 무늬에서의 주기 P는 격자 자체의 주기 p보다 월등히 큰 값을 가지게 된다. 이러한 주기의 차이는 무늬의 격자가 이동할 때 확인 할 수 있는데 (c)와 같은 상태에서 격자 (a)를 p만큼 수평방향으로 이동하면, (d)와 같은 증폭된 모아레 무늬를 얻을 수 있다.



[모아레 현상을 활용한 변위 증폭]

- 이러한 변위측정 방법론을 테스트베드 구축과 접목하여 테스트베드내 설치한 성능평가 시편의 정확한 위치, 균열의 위치 판단 및 변동사항을 편하게 관측할 수 있을 것으로 판단됨
- 모아레 현상을 활용한 변위측정 방법에 대한 이론적 검증을 위해 간략하게 파이프 서포트를 대상으로 검증을 수행하였고, 미세한 변위 측정을 측정할 수 있음을 확인하였음
- <Fig. 7>의 ①은 파이프 서포트의 수평 이동 전의 모습이고 ②는 수평 이동 후의 모습이다. 파이프 서포트가 여러 요인에 의해 수평 이동할 때 간섭무늬는 그 변위보다 증폭된 만큼의 변위로 수직 이동하게 된다. 모아레의 원리에 따라 파이프 서포트의 수평 이동 변

위와 간섭무늬의 수직 이동 변위는 일정한 관계식을 가지며 관계식은 간섭무늬의 변위를 이용하여 파이프 서포트의 변위를 산출할 수 있다는 것을 의미한다.



[모아레 현상을 활용한 변위 증폭 개념도]



[모아레 현상을 활용한 변위측정 검증실험 수행]

시설물 점검 및 진단에 활용되는 장비의 검·인증을 위한 성능평가 기술개발 매뉴얼(안)

1. 적용범위

본 문서에서 제안하는 성능평가 기술개발 일반 방법론의 적용 대상은 시설물 점검 및 진단에 활용되는 장비로 규정한다.

* 아래 표 1은 2016년부터 2020년까지 시설물통합정보관리시스템(FMS)에 등록된 보고서를 분석하여 도출한 시설물 점검 및 진단에 활용되는 첨단장비의 사례이다.

표 1. 최근 시설물 점검 및 진단에 활용된 첨단장비 사례

시설물	장비명	측정내용
교량	드론	시설물 근접 촬영용
교량	화상계측기	Multi Point 측정
교량	레이저변위계	광학타겟에 레이저 빔 투과 변위 측정, 재하시험 변위 측정
교량, 터널	적외선 열화상카메라	시설물 단열상태 및 발열부 측정, 콘크리트 표면온도 측정
터널	터널스캐너	스캐닝 시스템을 이용한 외관조사
터널	지반레이더탐사기(GPR)	콘크리트 라이닝 두께/배면 공동조사
항만, 댐	수중비디오	수중 비디오 촬영
항만, 댐	수중카메라	수중 사진 촬영
댐, 상수도	Side Scan Sonar	댐, 항만 안벽 구조물, 해상 및 하상 횡단 교량 기초의 세굴 조사
댐	수중초음파	수중부 초음파 촬영
상수도	상관식 누수탐사기	관로 누수탐지
상수도	청음식 누수탐사기	관로 누수부위 파악
터널	관거용 CCTV	배수로 조사
터널	전자내시경	배수로 조사

2. 일반사항

시설물 점검 장비의 성능평가 기술개발 일반 방법론의 일반사항은 아래와 같다.

2.1. 성능평가 프로세스

성능평가 프로세스는 예비 평가, 본 평가, 최종검토 평가로 총 3단계로 진행된다.

- a) 예비 평가 : 서면 심사로 최소요구성능 검증을 통한 본 평가 여부 판단
- b) 본 평가 : 현장 심사로 현장에서 장비를 주행 후 성능 카탈로그 제작
- c) 최종검토 평가 : 예비 평가, 본 평가 과정에 대한 적절성 검토 수행

* 각 평가 단계별 세부사항은 3절(성능평가 일반 방법론) 참고

2.2. 성능평가 지표 구성

성능평가 지표를 구성하는데 있어 일반사항은 아래의 4가지이며, 아래의 일반사항을 고려하여 평가대상 장비의 성능평가 지표를 선정하여야 한다.

a) 지표의 독립성

성능평가 지표는 평가대상 장비의 성능을 대표할 수 있어야 하며, 각 지표의 관점이 다른 지표와 혼동되어서는 안된다.

b) 현장 운용성

성능평가 지표의 구성에 있어서 현장에서의 운용성을 고려한 지표가 포함되어 있어야 한다.

c) 성능 영향 요인

성능평가 지표의 구성에 있어서 결과물 도출의 품질에 영향을 미치는 영향 요인을 고려한 지표가 포함되어 있어야 한다.

d) 결과물의 정확성

성능평가 지표의 구성에 있어서 장비가 도출한 결과물의 정확도를 고려한 지표가 포함되어 있어야 한다.

2.3. 성능평가 지표의 성능값 측정

성능평가 지표의 성능값 측정 방법론을 구성하는데 있어 일반사항은 크게 4가지이며, 아래의 일반사항을 고려하여 성능평가 지표의 성능값 측정 방법론을 구성하여야 한다.

a) 지표의 독립성

성능평가 지표 구성 일반사항 '지표의 독립성'에 근거하여 성능평가 지표의 성능값 측정에 있어 다른 지표 항목의 개입을 최소화하고 도출되는 성능값이 대상 지표의 성능을 대표할 수 있어야 한다.

b) 검증된 방법론

성능평가 지표의 성능값 측정 방법론 구축에 있어 대상 지표와 관련된 선행 연구와 문헌을 토대로 검증된 성능평가 방법론을 사용하는 것을 권장하며, 검증된 방법론이 없을 시 관련 전문가, 장비 개발자, 성능평가자가 합의할 수 있는 방법론을 개발하여 적용하여야 한다.

c) 성능평가자의 능동적 측정

성능평가 지표 구성 일반사항 '현장 운용성'에 근거한 지표들의 측정은 성능평가자가 직접 측정하여야 하며, 실제 점검현장과 최대한 유사한 환경에서 측정하여야 한다.

d) 결과물 비교

성능평가 지표 구성 일반사항 '결과물의 정확성'에 근거하여 평가대상 장비가 도출하는 결과물이 실제(정답)값과 얼마나 유사한지 확인할 수 있어야 한다.

3. 성능평가 일반 방법론

시설물 점검 장비의 단계별 성능평가 일반 방법론은 예비 평가, 본 평가, 최종검토 평가의 절차로 진행된다.

3.1. 예비 평가

예비 평가의 경우 서면 심사로 해당 장비가 점검 시장에서 사용되기 위하여 필수적으로 요구되는 성능에 대한 검토를 서면으로 진행한다. 예비 평가에 대한 상세는 아래와 같다.

a) 기본 방향(최소요구성능 확인)

예비 평가는 서면 심사로 진행되며, 최소요구성능 검증을 기반으로 구성된 평가이다. 이는, 평가 대상 장비가 시설물 점검에 활용하기 위하여 요구되는 최소요구성능을 만족하는지 판단하기 위함이다. 이를 통하여, 평가 장비의 본 평가 여부를 판단하게 된다.

최소요구성능의 만족 여부를 판단하는 평가 방식은 시설물 점검 및 진단 시장에 활용될 장비의 최소 성능을 보장할 수 있어 부실한 성능을 지닌 장비의 시장 유입을 막을 수 있다. 또한, 본 평가의 경우 현장 심사로 진행되기 때문에 검·인증 제도의 효율적인 운영을 위해서라도 예비 평가를 통한 본 평가 대상 장비의 필터링은 필요하다.

b) 예비 평가 지표

예비 평가지표의 목적은 최소요구성능의 만족 여부 판단하는 것이다. 따라서, '2절(일반사항)의 2.2. 성능평가 지표 구성'의 내용을 기반으로 지표를 구성하되, 현재 적용되는 안전점검 세부지침의 기준에 맞게 시설물 점검을 수행할 수 있는지를 중점적으로 파악할 수 있어야 한다.

c) 최소요구성능 기준

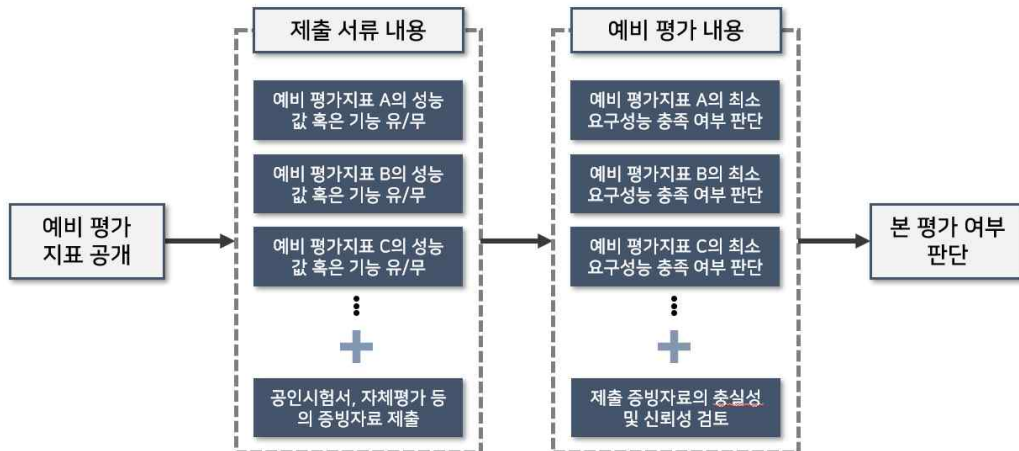
본 평가 여부를 판단하기 위해서는 예비 평가지표의 성능값이 최소요구성능 기준을 만족하여야 한다. 최소요구성능 기준은 예비 평가지표의 목적에 맞게 최소한으로 보장되어야 하는 성능을 의미하므로, 과도하게 높은 성능을 설정해서는 안된다.

* 예를 들어, 터널스캐너의 경우 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단)_터널편」에 근거하여 0.1mm의 균열 폭을 검출할 수 있어야 하며, a~e등급별로 균열을 분류하는 것이 필요하여 이러한 기능의 가/부를 파악하는 방향으로 지표를 설정하였다(표 2, 부록 참고).

표 2. 예비 평가지표 및 최소요구성능 확인 기준 내용 예시(터널스캐너)

예비 평가지표	내용
균열 촬영 성능	장비가 주행하며 0.1mm의 균열을 촬영할 수 있는지, 가/부 확인
균열 분석	장비가 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단)_터널편」의 기준에 맞게 균열을 분류할 수 있는지 판단
주행 속도	장비 주행 시 해당 도로의 최소 운행속도로 주행하며 점검을 실시할 수 있는지, 가/부 확인
현장 준비 시간	장비가 현장에 도착한 후 준비시간이 60분 이하인지 판단
사진망도 작성	터널 내 주행 이후 손상정보가 표기된 사진망도 작성의 가/부 확인
외관망도 작성	터널 내 주행 이후 손상정보가 표기된 외관망도(카드) 작성의 가/부 확인
손상물량 작성	터널 내 주행 이후 손상물량표 작성의 가/부 확인

d) 예비 평가 과정



3.2. 본 평가

본 평가의 경우 현장 심사이며 장비의 운용이 가능한 현장 혹은 미리 성능평가를 위해 구축한 테스트 베드 또는 실험실에서 진행된다. 장비특성을 고려하여 필요에 따라 다양한 장소에서 탄력적으로 진행이 가능하다. 장비를 운용하며 장비의 성능평가에 있어 요구되는 전체 지표에 대한 성능 카탈로그를 도출한다. 구체적인 본 평가에 대한 상세는 아래와 같다.

a) 기본방향(성능 카탈로그 제작)

본 평가는 현장 심사로 진행되며, 예비 평가에서 확인한 최소요구성능의 직접 확인과 본 평가지표들에 대한 성능값을 측정을 진행한다. 성능평가자의 능동적 측정이 요구되며, 성능 카탈로그를 통해 장비의 성능을 정량화된 수치로 표현할 수 있어야 한다.

평가대상 장비의 성능 카탈로그 제작을 통해 해당 장비의 성능 값을 정량적으로 제시할 수 있다. 또한, 공인된 성능 카탈로그를 통해 시설물 점검 발주자는 장비 선택에 있어 공인된 성능 카탈로그를 토대로 최적의 장비를 선정할 수 있다는 장점이 있다. 장비개발자도 공인된 성능검증 절차를 통해 개발한 장비의 우수한 성능을 검증받을 수 있다.

b) 본 평가지표

본 평가지표의 목적은 평가대상 장비의 성능값을 측정하여 성능 카탈로그를 작성하는 것이 목적이며, '2절(일반사항)의 2.2. 성능평가 지표 구성'의 내용을 기반으로 지표를 구성하여야 한다. 또한, 예비 평가지표의 내용이 포함되어 있어야 하며, 예비 평가 당시 서면으로 확인되었던 지표별 기능 가/부의 직접 확인 및 지표별 성능값을 도출하여야 한다.

c) 본 평가지표 성능값 측정 방법

본 평가지표의 성능값 측정의 궁극적인 목적은 평가대상 장비의 성능 카탈로그 작성이며, '2절(일반사항)의 2.3. 성능평가 지표 성능값 측정'의 내용을 기반으로 성능값 측정 방법론을 구축하여야 한다.

* 예를 들어, 터널스캐너의 경우 영상 촬영이 기반인 장비로서 성능 영향 요인으로 촬영 품질을 성능평가 지표로 선정하였고, 결과물의 정확성을 고려하여 선손상과 면손상에 대하여 결과물의 정확성을 판단하는 손상검출 지표를 선정하였다. 또한, 현장 운용성을 고려한 운용 성능을 포함하여 최종적으로 터널스캐너의 본 평가지표를 구성하였다(표 3, 부록 참고).

표 3. 본 평가지표 및 성능값 측정 기본방향 설정 예시(터널스캐너)

본 평가지표			내용	
계측 성능	촬영 품질	색상정확도		촬영한 영상의 색상 정확도 측정
		선명도		촬영한 영상의 선명도 측정
		영상 왜곡 보정(기울기)		영상의 기울어짐 정도를 측정
		영상 왜곡 보정(길이)		가로, 세로 길이의 오차를 측정
		영상 접합 성능		영상 접합의 품질을 측정
		픽셀 당 길이		촬영한 영상의 1pixel 당 실제 크기 측정(해상도)
		0.1mm 선(균열) 검출		0.1mm의 선(균열) 촬영 가능 여부 판별
	손상 계측	선 손상	균열	길이, 폭, 위치별 정답 대비 일치율 판정
			누수(선)	
		면 손상	백태	손상물량표, 위치, 형상별 정답 대비 일치율 판정
			박리	
			박락	
			재료분리	
			망상균열	
			누수(면)	
		오차 행렬	균열	모든 손상들에 대하여 정보를 인식하였는지 True, False를 판단하여 오차행렬 제공(균열은 별도 제공)
			그 외 손상 (균열 제외)	
운용 성능	주행 속도		0.1mm의 균열을 측정할 수 있는 최대의 주행 속도 측정	
	교통통제 용이성		교통 통제 필요 여부 판단	
	촬영범위		1회 주행에 촬영해 낼 수 있는 범위 측정	
	현장 준비시간		장비가 현장에서 도착한 후 준비시간이 60분 이하 인지 판단	
	점검수행 시간		단위 면적당 촬영하는데 소요된 시간을 측정	
	성과물 제출 소요시간		작업 마무리 후 결과물 도출까지 소요되는 시간 측정	
	사진망도 작성		사진망도 작성 가능여부 판단	
	외관망도 작성		외관망도 작성 가능여부 판단	
	손상물량표 작성		손상물량표 작성 가능여부 판단	

* 각 지표별 세부 성능 값 측정 방법론은 부록 참고

d) 본 평가 현장 선정 및 유의점

본 평가는 현장 심사이기 때문에 본 평가지표의 성능값 측정을 위해 별도의 테스트 현장이 필요하다. 본 평가를 위한 현장은 ‘실제 운용 중이거나 폐기된 시설물’ 혹은 ‘성능평가를 위해 구축된 별도의 테스트 베드 및 실험실’로 선정될 수 있으며, 아래의 요인들을 고려하여 본 평가 현장을 선정 및 구성하여야 한다.

1. 성능평가자의 통제

‘2절(일반사항)의 2.3. 성능평가 지표의 성능값 측정’에 근거하여 성능평가자의 능동적 측정을 위하여 본 평가 현장은 성능평가자의 통제가 가능해야 한다.

2. 정답 데이터의 보안성 및 가변성

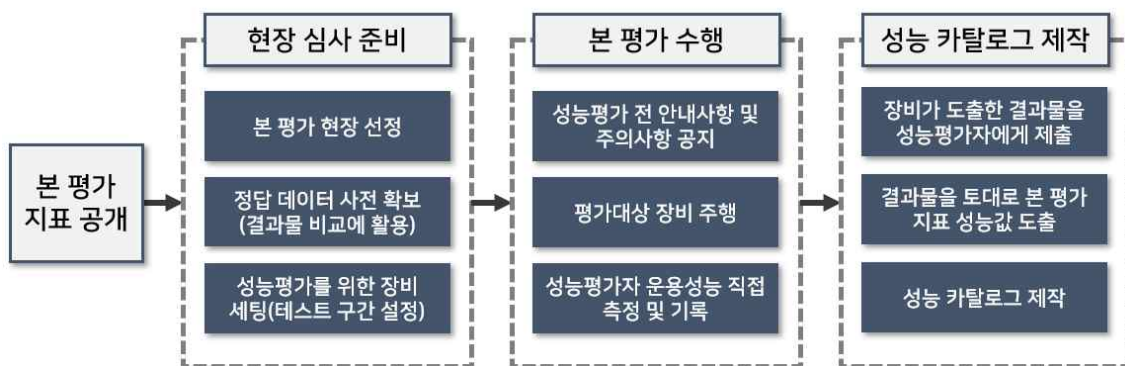
본 문서에서 제안하는 성능평가 일반 방법론에서 ‘결과물의 정확도 측정’은 성능평가 방법론의 기본방향 중 하나이다. 따라서, 공정한 성능평가를 위해서는 사전에 실제(정답)값이 성능평가 이전에는 비공개여야 한다. 또한, 테스트 베드의 경우 교체가 가능한 시편으로 구성하여 성능평가의 공정성을 확보하여야 한다.

3. 지표별 특성을 고려한 평가 진행

평가지표의 성능평가 측정 방법론에 따라 사전에 설치가 필요한 장비들을 미리 제작하여 본 평가 현장에 설치를 수행한 후 성능평가를 진행하여야 한다. 또한, 지표별 측정 방법의 특성에 따라, 실험실 평가와 현장 평가를 별도로 수행하는 것도 가능하다.

* 성능평가를 위한 장비 예시 : 테스트 차트, 조명, 카메라 등

e) 본 평가 과정



3.3. 최종검토 평가

최종검토 평가는 예비 평가, 본 평가 전반의 과정에 대한 적절성을 검토 및 평가하는 최종 단계이다. 구체적인 최종검토 평가에 대한 상세는 아래와 같다.

a) 기본방향

최종검토 평가는 앞서 진행한 예비 평가, 본 평가 전반에 대한 검토가 진행되며, 평가 과정에 있어 적절성, 공정성 등을 검토하게 된다. 최종검토 평가를 통해 평가대상 장비의 검·인증에 대한 신빙성을 확보할 수 있다. 또한, 투명하고 공정한 검·인증 제도의 운영을 도모할 수 있으며, 본 성능평가 과정을 통해 발부된 시험성적서에 대한 공인된 보증을 받을 수 있다.

b) 검토 위원회 구성

검토 위원회는 성능평가 주체, 시설물 점검 분야 전문가 등 본 평가 결과에 대한 이해도와 시설물 점검 및 평가대상 장비에 대한 이해도를 갖춘 전문인으로 구성되어야 한다. 또한, 예비 평가, 본 평가에 참여하지 않은 인원들로 구성되어야 한다.

c) 최종검토 평가 시 고려사항

최종검토 평가에서는 아래의 사항들을 고려하여 최종평가를 진행하여야 한다.

1. 객관적 검토

최종검토 평가는 검토 위원회의 주관으로 진행됨으로 최대한 객관적인 시각에서 평가 전반에 대한 검토를 수행하여야 한다.

2. 평가 과정의 적절성

예비 평가, 본 평가의 수행 계획 및 성능평가 전반의 과정이 적절하게 구성되었고, 평가대상 장비를 대표할 수 있는 성능 값을 도출하였는지 확인하여야 한다.

3. 평가 과정의 공정성

예비 평가, 본 평가가 기존 계획대로 성실하게 이행되었는지 확인하며, 그 과정에 있어 공정성이 지켜졌는지 확인하여야 한다.

d) 최종검토 평가 결과 및 시험성적서 작성

최종검토 평가의 결과 제시 방식에 있어 별첨 서식.2의 체크리스트를 기반으로 개별 위원이 평가하게 되며, 최종검토 평가 시 고려사항을 고려한 사항들에 대한 점검을 수행한다.

개별 위원이 평가한 체크리스트를 종합하여 시험성적서 내 검토 의견서를 작성하게 되며, 각 항목별 과반수 이상의 위원들의 O를 받아야한다. 최종적으로, 별첨 서식.1의 시험성적서를 작성하여 장비개발자에게 발부하게 된다.

* 별첨 서식.1, 서식.2 참고

○ 진단장비 성능평가 제도화 방안 및 선진화 전략 수립

1) 진단장비 성능평가 도입 필요성 검토

(1) 국내 · 외 유사제도 현황 조사 실시

○ 국내 인증제도의 특징

- 시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 상 「시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침」 제8조 7항에 따르면 안전점검 등에 사용하는 장비는 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의하여 검 · 교정을 받아야 하며, 소요성능 및 측정의 정밀 · 정확도를 유지하도록 관리하여야 한다고 명시되어 있음.

<시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 제17조 4호>

제17조(안전점검등에 관한 지침) 법 제21조제1항에 따른 안전점검등에 관한 지침(이하 "안전점검등지침"이라 한다)에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

4. 안전점검등의 장비에 관한 사항

<시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침 제8조 7호>

제8조(안전점검등 일반)

⑦ 안전점검등에 사용하는 장비는 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의하여 검 · 교정을 받아야 하며, 소요성능 및 측정의 정밀·정확도를 유지하도록 관리하여야 한다. 다만, 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 따른 검 · 교정 대상에 해당하지 아니하는 경우에는 그 소요성능을 갖춘 장비여야 한다.

- 「국가표준기본법」에서는 길이, 질량, 시간, 전류, 온도, 물질량, 광도 등 기본단위와, 기본단위 조합에 의해 형성되는 유도단위를 대상으로 국가표준체계를 관리하고 제품 등의 적합성평가체제를 구축하고 있음. 현재는 한국인정기구(KOLAS)에서 「국가표준기본법」에 의거하여 국가교정기관 및 시험검사기관 인정제도를 운영하고 있음.
- 「계량에 관한 법률」에서는 「국가표준기본법」에 따른 기본단위 · 유도단위 또는 특수단위를 사용하여 계량하는 기계 · 기구를 대상으로 검 · 교정을 실시하고 있으나, 시설물 진단장비의 경우 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 해당하지 않는 장비가 존재하여, 해당되지 않는 장비의 경우 성능관리를 위한 세부 기준이 부재한 실정임. 현재 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의해 검 · 교정을 실시하는 장비는 다음과 같음.

<「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」상 검 · 교정 대상에 포함되는 시설물 진단장비 목록>

구분	내구성평가	안전성평가	설비평가	환경평가
검교정 실시	· 열분측정기 · 도막두께측정기 · 균열측정기 · 초음파두께측정기 · 전위차계 · 흡광광도계 · 균열진행측정기 · 전기저항측정기	· 레벨 · 데오드라이트 · 광파측정기 · 변위계 · 경도측정기 · 체결력측정기 · 다이얼게이지 · 경사계 · 침하계	· 매설탐지기 · 초음파유량계 · 절연저항계 · 접지저항계	· 소음측정기 · 수위계 · 수압계 · 유속계 · 산소측정기 · 이산화탄소측정기 · 진동측정기
검교정 미실시	· 초음파탐사기 · 크랙게이지 · 크랙스케일 · 철근부식도측정기 · GPR레이더 · 건전성측정기 · 열적외선카메라 · 동탄성계수측정기	· 테스트해머 · 건전성시험기 · 초음파탐사기 · 인발시험 · 초음파탐상시험기 · 정적응력측정기 · 동적응력측정기 · 탄성파시험기	· 주수탐지기 · 열류계 · 적외선카메라 · 신호분석기	· 공내내시경 · 사이드스캔소나 · 발파진동측정기

• 적외선열화상 카메라 • 탄소파이버 시스템 • 임팩트 분광기	• 철근탐사기 • 콘크리트내구성 측정기 • 핀홀검지기	• 충격탄성파시험기 • 만능시험기 • 자분탐상기 • 침투탐상기 • 방사선투과시험기	• 전기비저항탐사기 • 지반레이더탐사기		
--	---	---	--	--	--

○ 국내에서 운영 중인 인증제도 분석

- 시설물 진단장비 검인증제도 도입을 검토하기 위하여 국내에서 운영 중인 유사분야 장비 및 기기에 대한 성능 인증 제도를 조사함.
 - 2019년 10월 현재 국내의 성능 인증제도는 186개이며, 그 중 법정제도 79개와 법정임의제도 107개로 구성되어 있음. 또한, 인증제도는 품질, 환경, 안전, 신기술, 시스템, 에너지, 소프트웨어/인터넷, 서비스/디자인, 기타의 9개 카테고리로 구분되어 관리되고 있음.
 - 이 가운데 국토교통부가 운영하는 인증제도가 31개로 가장 많고 산업통상자원부 26개, 해양수산부 21개 등으로 인증 제도를 운영 중임. 각 부처별 인증제도 현황은 다음과 같음.

<부처별 인증제도 현황>

No.	담당부처명	등록인증수	유형	
			법정의무	법정임의
1	고용노동부	4	2	2
2	공정거래위원회	2	0	2
3	과학기술정보통신부	9	2	7
4	관세청	1	0	1
5	교육부	2	0	2
6	국토교통부	31	16	15
7	기상청	3	2	1
8	농림축산식품부	18	2	16
9	문화재청	1	0	1
10	문화체육관광부	6	3	3
11	방송통신위원회	1	0	1
12	방위사업청	4	2	2
13	보건복지부	9	1	8
14	산림청	11	2	9
15	산업통상자원부	26	15	11
16	소방청	5	3	2
17	식품의약품안전처	5	4	1
18	여성가족부	2	0	2
19	중소벤처기업부	1	0	1
20	특허청	1	0	1
21	해양경찰청	2	1	1
22	해양수산부	21	10	11
23	행정안전부	6	3	3
24	환경부	15	11	4
합계		186	79	107

- (유사한 국내 관련 인증제도 비교분석) 국내 장비관련 100여종의 인증제도 가운데 시설물 진단장비에 참고가 될 수 있는 21종의 장비인증제도를 선정함. 본 연구에서 목적하는 장비 인증제도체계(안)을 검토하기 위하여 선정된 21여종의 인증제도의 특징을 비교 분석을 진행함.

- 총 186개 국내 인증제도 가운데 유사분야 장비 및 기기에 대한 성능 인증제도로써 비교분석이 필요한 것은 21개로 조사됨.
- 성능 인증 제도를 보면 측량기기성능검사, 내화구조 인증, 탱크안전성능검사 등 유사분야 장비 및 기기에 대한 성능을 인증하는 제도로 각 제도에 따른 인증/시험기관이 고시되어있으며, 각 성능 인증제도 현황은 다음과 같음.

<조사대상 성능 인증제도 현황>

No.	제도명	부처	분야	분류유형	관련법률	평가기관
1	측량기기성능검사	국토교통부	품질	법정의무	공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률	국토지리정보원
2	바닥충격음성능 등급인정	국토교통부	품질	법정의무	주택건설기준 등에 관한 규정	한국건설기술연구원, 한국토지주택공사
3	철도용품 형식 승인·제작자승인	국토교통부	품질	법정의무	철도안전법	한국철도기술연구원
4	내화구조인정	국토교통부	안전	법정의무	건축법	한국건설기술연구원
5	감항증명	국토교통부	품질	법정의무	항공법	서울·부산·제주 지방항공청
6	탱크안전성능검사	소방청	안전	법정의무	위험물안전관리법	한국소방산업기술원
7	소방용기계, 기구 성능인증	소방청	품질	법정임의	화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전 관리에 관한 법률	한국소방산업기술원
8	방염성능검사	행정안전부	안전	법정의무	화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전 관리에 관한 법률	한국소방산업기술원
9	기상측기의검정	기상청	품질	법정의무	기상관측표준화법	기상청
10	광업시설성능 (완성)검사	산업통상 자원부	안전	법정의무	광산안전법	한국광물자원공사
11	의료기기허가	식품의약품 안전처	안전	법정의무	의료기기법	한국기계전기전자 시험연구원외 13개기관
12	성능인증	중소벤처 기업부	품질	법정임의	중소기업제품구매 촉진 및 판로지원에 관한 법률	시험연구원, 중소벤처기업부
13	해양환경측정기기 형식승인/정도검사/ 검정	해양수산부	품질	법정의무	해양환경관리법	해양환경관리공단
14	해양오염방제 자재·약제의 형식 승인	해양경찰청	환경	법정임의	해양환경관리법	한국기계전기전자 시험연구원
15	환경측정기기형식 승인/정도검사	환경부	품질	법정의무	환경분야 시험·검사 등에 관한 법률	한국환경공단외 8개기관
16	환경측정기기 교정용품의 검정	환경부	환경	법정의무	환경분야 시험·검사 등에 관한 법률	한국환경공단외 8개기관
17	급경사지 재해 예방용 계측기기의 성능검사	행정안전부	품질	법정의무	급경사지 재해예방에 관한 법률	한국기상산업기술원 외 4개기관
18	지진·지진해일·화산 의 관측 장비 검정	기상청	환경	법정의무	지진·지진해일·화 산의 관측 및 경보에 관한 법률	-
19	임업기계장비의 품질인증	산림청	안전	법정임의	임업 및 산촌 진흥촉진에 관한	-

					법률	
20	항만시설장비의 검사	해양수산부	안전	법정의무	항만법	-
21	항로표지 장비·용품의 검사	해양수산부	품질	법정의무	항로표지법	-

- 인증제도는 그 목적에 따라 통일화, 표준화, 품질인증, 안전인증 등으로 구분되며, 인증대상에 따라 제품인증, 신기술인증, 시스템인증 등으로 구분해 관리됨. 인증의 강제성 여부에 따라 강제인증과 민간인증과 같은 임의성을 갖는 인증이 존재함.

- 또한 인증의 목적에 따라서 구조·치수·단위의 표준화 등 물리적 통일화를 목적으로 하는 것과 시험·측정·성능이나 시험·측정방법의 표준화를 목적으로 하는 것, 품질 또는 안전 인증과 같이 품질, 안전 등 필요한 레벨을 정하여 일정 범위의 수준을 유지하는 것을 목적으로 하는 것, 디자인과 신기술 인증 등과 같이 복합적으로 추구하는 경우가 있을 수 있음.
- 그리고 대상물에 따라서는 제품이 가장 많지만 그 외에도 최근에는 서비스, 사업주체, 체계(System), 제조방법 또는 기술, 사용재료 등 다양화 되고 있는 추세임.

- 통상 인증제도는 기준의 설정 그리고 그 설정행위에 의하여 설정된 기준에 대해서 인증을 받고자 하는 자가 인증의 신청, 신청을 받은 인증자는 대상물이 당해 기준에 적합한가는 시험 등에 의하여 데이터를 추출하여 판단하고 적합하다면 인증을 부여하는 절차로 진행됨. 이 인증행위를 통해 법적 효력을 얻게 됨.

- 먼저 인증제도는 법정 의무 또는 임의로 구분되며, 시설물진단장비의 경우 법정의무 인증으로 가야 할 필요가 있음.
- 강제성을 갖는 법정의무 경우 국가가 국민건강과 안전, 동식물 생명과 건강 및 환경보호와 안전에 관련된 제품에 대해 시행되고 있으며, 대상제품이 갖추어야 할 안전보건강의 최소요건을 고시로 규정하고, 제품이 당해기준을 반드시 만족하여야 함.
- 해당 기준에 만족하지 않는 경우에는 제조, 유통, 사용을 제한할 수 있음. 각 부처에서는 형식승인, 안전검사, 성능검사, 제품검사 등의 운영방식 등의 세부적인 사항을 정해서 운용해야 함.

- ☐ 형식승인 : 형식승인은 인증제품의 모델을 결정하는 검사로서 신청된 인증제품의 형상, 구조, 재질, 성분 및 성능이 형식승인기준에 적합한지 여부를 검사하는 형식시험과 신청자가 보유한 시험시설이 규정에 적합한지 여부를 확인하는 시험시설심사를 실시하여 적합한 경우에 형식승인번호를 부여하고 형식을 승인

☐ 안전검사 : 유해하거나 위험한 기계·기구·설비를 사용하는 사업주는 유해·위험기계 등의 안전에 관한 성능이 고용노동부장관이 정하여 고시하는 검사기준에 맞는지에 대하여 고용노동부장관이 실시하는 검사를 받도록 함으로써 사용 중 재해를 예방하기 위한 제도

☐ 성능검사 : 제품의 모델을 결정하는 시험으로 신청된 제품에 대하여 성능인증 기준에 적합한지 여부를 시험하여 성능인증

☐ 제품검사 : 형식승인 및 성능인증을 득한 인증제품에 대하여 실시하며 형식승인 및 성능인증 한 인증제품의 구조, 성능등과 동일한지 여부를 검사하여 합격표시를 부착하는 제도로써 생산제품검사와 품질제품검사로 구분

① 생산제품검사 : 생산된 인증제품이 출고되기 전에 생산된 인증제품의 형상 등이 형식승인기준 또는 성능인증기준에 적합한지를 검사

② 품질제품검사 : 인증제품 제조 과정 등의 품질관리체계를 검사하고 생산된 인증제품의 형상 등의 기술기준에 적합한지를 검사하되, 일정한 주기를 정하여 검사

<조사대상 국내 인증제도 현황 - 1차년도>

No.	제도명	제도 개요	운영방식	시험·검사·인증 관련 고시·공고 및 기술기준
1	측량기기성능검사	공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 제92조(측량기기의 검사)에 따라 트랜싯, 레벨, 그밖에 대통령령으로 정하는 측량기기에 대하여 5년의 범위에서 대통령령으로 정하는 기간마다 국토교통부 장관이 실시하는 성능검사	성능검사	측량기기 성능검사 규정[국토지리정보원 고시 제2017-724호, 2017.2.27.]
2	바닥충격음성능 등급인정	차음성능 기준(경량 58dB 이하, 중량 50dB 이하)에 적합한 바닥구조인지를 인정기관이 심사하여 인정하는 제도.	성능검사	공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준
3	철도용품 형식 승인·제작자승인	철도용품의 품질인증, 철도차량의 성능시험, 제작검사, 내구연한 제도가 폐지되고, 형식승인, 제작자승인, 완성검사 제도로 변경되어 시행	형식승인	☐ 철도용품 형식승인·제작자승인 시행지침 ☐ 철도용품기술기준
4	내화구조인정	화재시 인명과 재산 및 건축물의 구조적 안전을 도모하기 위한 건축물 주요 구조부 등에 사용되는 건축부재의 내화성능 인정 제도	성능검사	-
5	감항증명	항공기기술기준에의 적합성 평가를 통하여 항공기가 안전하게 비행할 수 있는 성능을 증명하는 제도.	성능검사	☐ 항공기기술기준 ☐ 특별감항증명 발급 지침 ☐ 항공기 검사 등에 관한 수수료
6	탱크안전성능검사	탱크안전성능검사는 위험물을 저장 또는 취급하는 탱크로서 위험물안전관리법 제5조제4항에서 규정하는 기술기준에 적합하지 여부를 확인하는 검사 제도.	성능검사	☐ 위험물안전관리에 관한 세부기준 ☐ [별표 4] 탱크안전성능검사의 내용(제8조제2항관련) ☐ 대상품목_한국소방산업기술원
7	소방용품형식승인	소방용품 중 대통령령으로 정하는 32개 품목을 대상으로 제품을 생산전에 견품을 제출하여 개발제품에 대한 안전성을 형식시험하여 형식승인서를 부여하고 형식승인된 제품은 유통 전 매 생산시 검사를 실시하고 합격된 제품에는 합격표지 부착하는 제도.	형식승인	소방용품의 품질관리 등에 관한 규칙
7.1	소방용기계, 기구 성능인증	대통령령으로 정하는 형식승인대상 소방용품 외의 33개 품목을 대상으로 제품을 생산 전에 견품을 제출하여 개발제품에 대한 안전성을 성능시험하여 성능인증서를 부여하고 성능인증된 제품은 유통 전 매 생산시 검사를 실시하고 합격된 제품에는 합격표지 부착하는 제도.	성능검사	☐ 소방용품의 품질관리 등에 관한 규칙 ☐ 소방용품의 세부시험 시설기준 ☐ [별표1] 소방시설 등의 자체점검의 구분과 그 대상, 점검자의 자격, 점검 방법·횟수 및 시기(제18조제1항 관련)
7.2	소방용품우수품질 인증	소방용품의 성능 및 품질관리상태가 우수한 제품에 대해 제품평가 및 품질관리체계평가를 통해 인증하고 다양한 지원과 혜택을 부여함으로써 소방산업 중소 제조업체의 자발적인 기술개발과 품질개선을 유도하기 위한 제도.	제품검사	소방용품의 우수품질인증에 관한 업무처리규정
8	방염성능검사	특정소방대상물에서 사용하는 실내장식물과 그 밖에 유사한 물품(커튼, 무대막 등)에 대하여 방염성능이 있는지 여부를 검사하는제도	성능검사	☐ 방염성능기준 ☐ 방염제품의 성능인증 및 제품검사의 기술기준
9	기상측기의검정	기상관측용으로 사용하려는 기상측기의 성능, 구조, 형식, 상태 등을 기준기 등과 비교하여 기상측기로서의 적합성을 판단하는 것으로 검정결과가 기상관측에 적합하다고 판정을 받은 기상측기에 대하여 기상측기검정증명서를 발급하는 제도.	제품검사	☐ 기상측기 검정대행기관 관리규정 ☐ 기상측기 검정대행기관 지정 ☐ 기상측기검정규정 ☐ 기상측기의 검정기준에 대한 검사방법 및 공차
10	광업시설성능 (완성)검사	광업시설의 설치가 완료되거나 당해시설에 관하여 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 사항의 변경이 완료된 때에 광산보안법 시행령 제34조(성능검사 등)제1항의 규정에 의하여 받아야 하는 검사	성능검사	☐ 광업시설 검사항목별 가검사 및 불합격 판정 기준 ☐ 광산안전업무 처리지침
11	의료기기허가	의료기기 허가는 제조·수입 의료기기의 허가·인증·신고 등에 관한 세부사항 및 의료기기 기술문서 등의 심사에 필요한 세부사항, 검사필증 발행 절차 등에 관한 사항, 사전검토의 방법 및	제품검사	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정

		절차 등의 세부사항, 판매업 신고 등이 면제되는 의료기기, 전시할 목적의 의료기기를 승인받고자 하는 자의 신청방법과 절차, 의료기기의 성능 개선 허용 범위, 희소의의료기기를 지정하기 위한 지정기준과 절차 및 첨단의료복합단지 입주의료연구개발기관의 제조 허가·인증 신청과 수입 승인 신청에 대한 수수료 감면 등을 정함으로써 의료기기 허가 등 관리의 적정을 기함을 목적으로 함.		
12	성능인증	중소기업의 기술개발제품이나 신기술인증제품 등에 대해 성능검사를 거쳐 성능이 확인된 제품을 공공기관이 우선구매 할 수 있도록 지원함으로써 중소기업의 기술개발 촉진 및 공공구매 확대 지향하기 위해 제정된 제도.	성능검사	□중소기업제품 구매촉진 및 판로지원에 관한 법률 시행규칙 □우수조달공동상표 물품 지정 및 관리규정
13	해양환경측정기기 형식승인/정도검사/검정	해양환경측정기기의 정확성과 통일성을 기하기 위하여 환경부령이 정하는 측정기기를 제작 또는 수입하고자 하는 자는 당해 측정기기의 구조·규격 및 성능 등에 대하여 국토해양부장관의 형식승인을 얻어야 하는 제도.	형식승인/정도검사	해양환경관리법 시행규칙
14	해양오염방제 자재·약제의 형식승인	해양에 배출된 기름 등 폐기물에 대한 효율적인 방제를 위하여 이에 사용되는 주요 해양오염방제자재·약제에 대하여 형식승인 및 검정을 실시하여 반응이 우수한 자재·약제로 방제를 실시하도록 하여 신속한 해양오염처리로 수자원 및 해양생태계를 보호하기 위한 제도	형식승인	해양오염방제 자재·약제의 성능시험기준 및 검정기준
15	환경측정기기 형식승인/정도검사	환경측정기기의 정확성과 통일성을 기하기 위하여 환경부령이 정하는 측정기기를 제작 또는 수입하려는 자는 당해 측정기기의 구조·규격 및 성능 등에 대하여 환경부장관의 형식승인을 받아야 하는 제도.	형식승인/정도검사	환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한 고시
16	환경측정기기 교정용품의 검정	측정기기에 사용하는 교정용 표준지 또는 표준가스 등을 공급하거나 사용하는 자는 그 교정용품에 대하여 환경부장관의 검정을 받아야 하는 제도.	제품검사	환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한 고시
17	급경사지 재해 예방용 계측기기의 성능검사	급경사지 붕괴위험지역에 설치되는 계측기기에 대하여 성능검사를 통한 계측에 대한 신뢰도 향상을 국민의 생명 및 재산보호하기 위한 제도.	성능검사	계측기기 성능검사 기준에 관한 규정
18	지진·지진해일·화산의 관측 장비검정	지진·지진해일·화산의 관측 장비에 대해 기상청장이 5년마다 받아야 하는 검정	제품검사	환경부령
19	임업기계장비의 품질인증	임업기계장비의 품질향상 및 작업자 안전보호를 위한 우수한 품질의 장비에 부여하는 인증제도	제품검사	임업기계장비 품질인증 규정
20	항만시설장비의 검사	시설장비관리자는 그가 사용, 관리하는 시설장비에 대하여 해양수산부장관이 실시하는 검사를 받아야 하는제도 1.제조검사: 시설장비를 제조할 때에 하는 검사 2.설치검사: 완제품 형태의 시설장비를 설치할 때에하는 검사 3.정기검사: 사용 중인 시설장비의 안전상태를 확인하기 위하여 제조검사일이나 설치검사일부터 해양수산부령으로 정하는 기간마다 정기적으로 하는 검사 4.수시검사: 고정식 시설장비를 이설(移設)하거나 시설장비의 구조를 변경할 때에 하는 검사.	제품검사	항만시설장비검사기준
21	항로표지 장비·용품의 검사	선박의 안전운항을 위하여 설치 운영되는 국제적 공기(公器)로서 동 시설에 사용되는 항로표지 장비용품은 신뢰성과 품질확보가 가장 중요한 요소로 그에 대한 최소한의 품질과 기능을 검사하기 위해 항로표지 장비·용품의 검사에 필요한 세부기준을 마련한 제도.	제품검사	항로표지 장비용품 검사기준

- 시설물 진단장비와 관련하여 직접적인 참고가 가능한 21개 인증제도 이외에도 신기술 인증제도 8종과 신제품 인증제도 등도 참고가 될 수 있음.

○ 국내에서 운영 중인 인증제도 분석의 시사점

- 우리나라의 인증제도는 신기술, 제품 그리고 융합기술에 대한 인증이 모두 가능한 체계를 갖고 있으며, 최근 기술 발달과 변화에 따라 신기술 및 융합기술을 수용할 수 있는 형태로 변화하고 있음. 부처별로 관련 산업의 육성을 위한 지원방안으로써 인증 제도를 활용하여 기업들을 지원 및 리딩하고 있음.
 - ICT융합품질인증제도의 경우 ICT와 융합 가능한 12분야를 제시하고 있으나 현재까지 건설 또는 시설물 진단과 직접적으로 관련된 사례는 없음.
- 본 연구에서 목표로 하고 있는 인증제도는 국가표준기본법의 체계를 따라야 하므로 기표원에서 제시하고 있는 “산업융합 신제품의 적합성 인증” 제도를 준용해서 적합성을 인증체계를 구축하고 국토교통부가 인정기관이 되고 지정인증 기관으로써 한국시설안전관리공단을 지정하여 제품적합성인증으로 추진하는 한편, 첨단시설물진단장비의 인증 내용이 상당부분이 “ICT융합기술 품질인증”과 유사하므로 인증 내용 및 방식에 있어서는 참고할 필요가 있음.

○ 해외 시설물 진단장비 관련 유사제도

- 대표적인 해외 사례로써 미국과 일본의 사례를 조사하였으며, 미국의 경우 연방정부에서 시설물 진단장비에 대하여 국가가 검인증하거나 기준을 정하고 있지는 않은 것으로 조사되었음. 다만 연방도로국 등 기관에서는 적절한 시설물에 대한 검사방법과 적정성 판단 기준에 대해서는 제시하고 있음. 이는 국내 및 해외 여러 나라에서 시행하고 있는 방식과 유사한 형태임.
 - 일본에서는 첨단 시설물 진단장비에 대한 신뢰성 확보 및 활용촉진을 위하여 경제산업성 산하의 NEDO를 중심으로 다양한 장비개발 및 활용 연구를 진행하고 있음. 특히, 첨단기술이 적용된 장비의 인증제도는 아니지만 제품에 대한 성능을 검증하는 체계를 갖추고 있으며, 상세한 검증 절차서 3종을 마련하여 시행하고 있음. 또한, 성능 검증을 위한 대규모 시험장을 갖추고 검증을 시행하고 있음. 아울러 일본은 진단장비에 대해서도 건설신기술 등록제도(NETIS)를 통해 관리하고 있음.

- ① 교량 점검을 위한 무인항공기 성능평가 절차
- ② 댐, 하천 점검을 위한 수중로봇 성능평가 절차서
- ③ 터널 재해 및 플랜트 재해를 위한 대응 육상이동로봇 성능평가 절차서

- 일본의 첨단장비 검증범위에는 통상적인 시설물 유지관리를 위한 점검 이외에도 재난 발생 시와 같은 긴급 시에도 사용하는 것을 목적으로 하는 로봇을 고려하고 있음.

**<일본 첨단기술 적용 시설물 점검로봇
성능검사체계>**

**<일본의 첨단기술 적용 진단장비 실험시설
(후쿠시마현 소재) >**

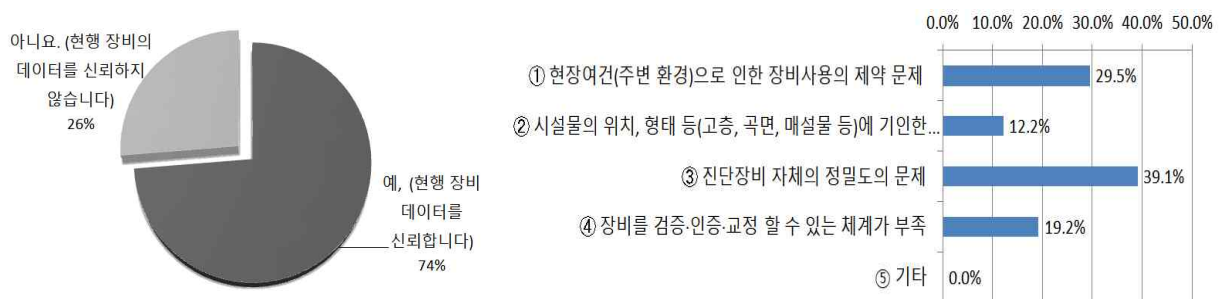
(2) 진단장비 검인증 제도 도입의 필요성

○ 진단장비 검인증 제도 부재로 인한 문제점/파급효과 분석

- (설문조사의 목적) 국내 건설 및 시설물 유지관리 관련자들의 필요성 및 효과성, 시급성 및 타당성에 대한 의견을 조사하여 진단장비에 대한 평가제도 부재로 인해 발생하고 있거나, 발생할 수 있는 문제점을 간접적으로 조사함.
- (설문조사 구성) 설문조사는 시설물 유지관리 업무종사자 이외에도 설계, 시공, 발주자 등 다양한 분야의 건설관련자를 대상으로 조사를 실시함.
 - 설문조사에서는 ① 현행 시설물 진단장비의 문제점과 원인에 대한 조사, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 ② 4차 산업기술의 도입과 활용이 효과를 얻을 수 있을 지에 대한 의견조사 그리고 마지막으로 ③ 진단장비에 대한 검인증제도 마련을 통해 체계화 하는 것에 대한 의견을 조사함.

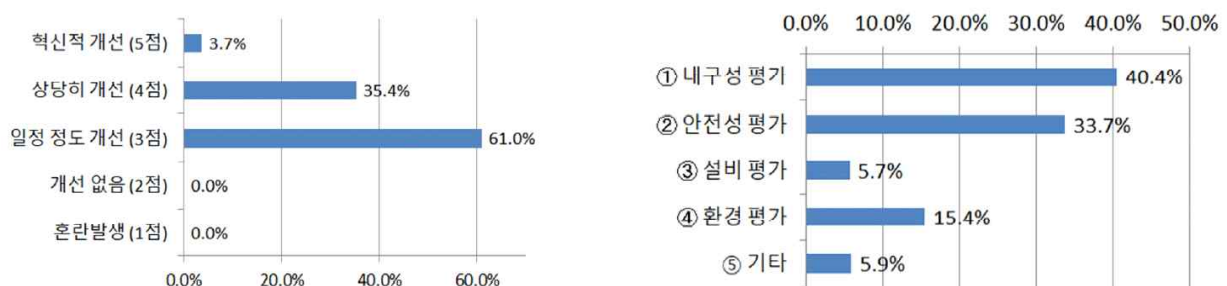
○ 설문 결과 분석

- (장비 취득 데이터의 신뢰성) 응답자의 74%는 현행 장비의 데이터를 신뢰하지만, 26%는 현행 장비의 데이터를 신뢰하지 못하는 경우가 있다고 응답하였음. 그 주요한 원인으로서는 진단장비 자체의 정밀도 문제가 가장 높게 지적되었으며(39.1%), 현장여건(주변 환경)으로 인한 장비사용의 제약에 의해 정밀도가 영향을 받는다는 응답이 많았음(29.5%).



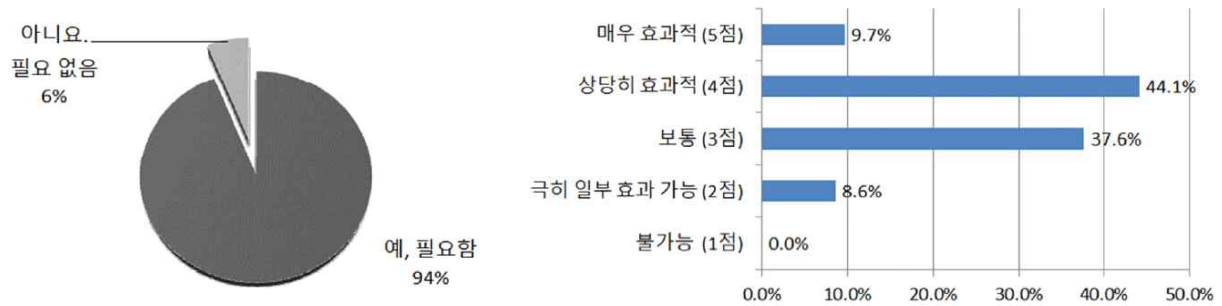
<현재 사용하고 있는 장비 취득데이터의 신뢰성 설문>

- (4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 진단 개선 효과) 응답자의 35.4%가 상당한 개선효과가 있을 것으로 응답하였음, 61.0%는 일정 정도의 개선이 있을 것으로 응답하였음. 개선효과가 없을 것이라는 응답자는 없음. 응답자의 40.4%는 내구성 평가에서 향상을 보일 것으로, 33.7%는 안전성 평가에서 개선 효과를 얻을 수 있을 것으로 응답하였음.



<4차 산업혁명 기술을 활용한 시설물 진단 개선 효과>

- (검인증 제도의 필요성) 응답자의 94%가 진단장비 검인증 제도의 필요성에 대해 긍정하였으며, 53.8%가 효과가 있을 것으로 판단하였음.

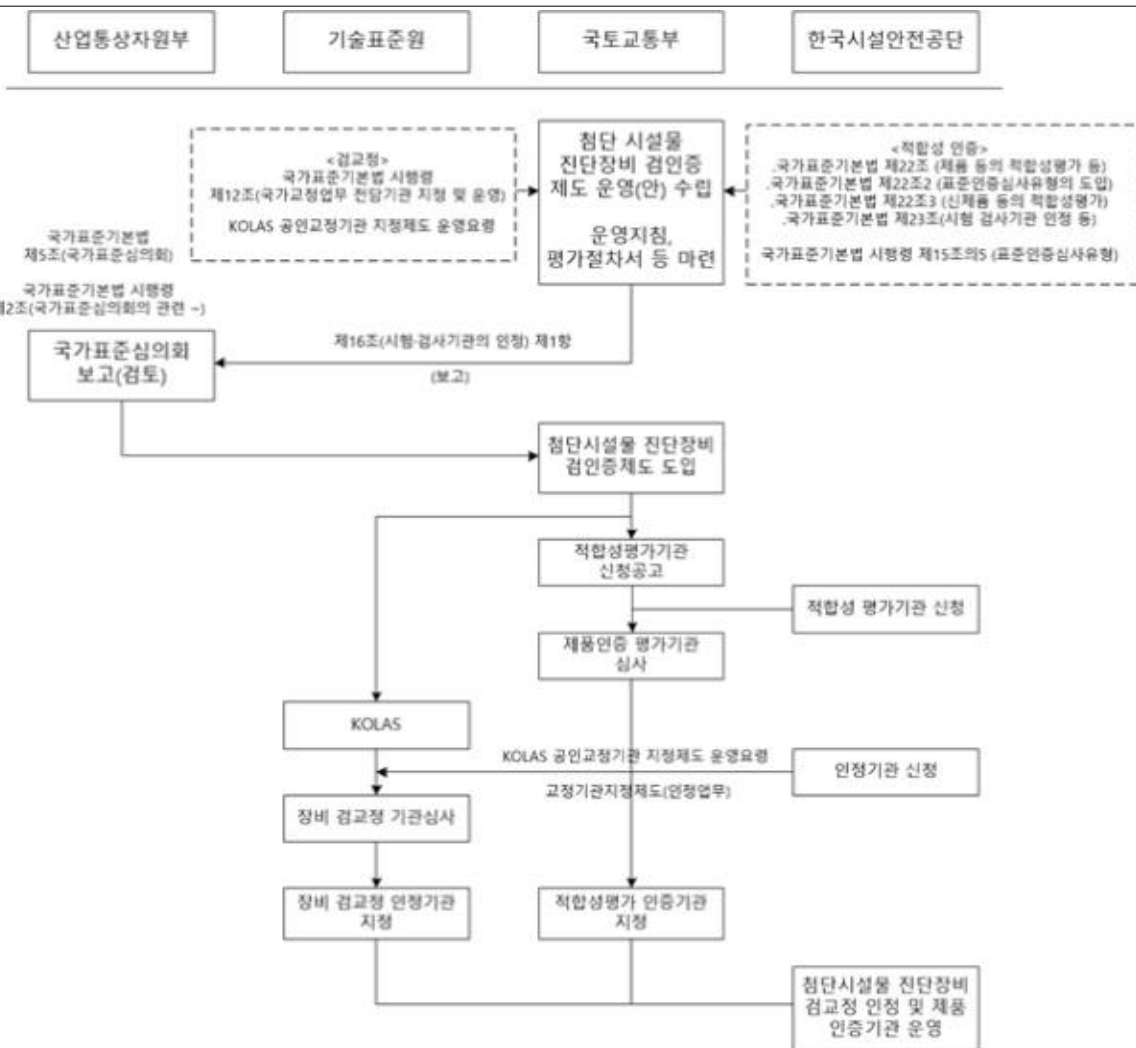


<진단장비 검인증 제도의 필요성>

○ 진단장비 검인증 제도 도입 기본방향

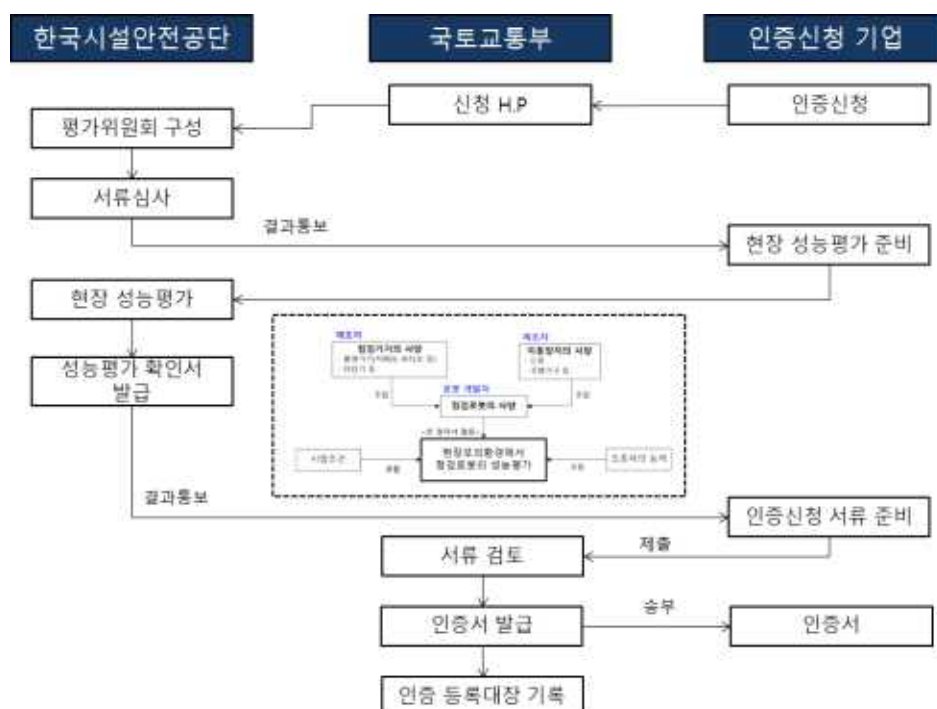
- 추가연구를 통하여 제품인증 유형에 대한 검토가 필요하며, 세부적인 절차 및 요구 문서 등에 대한 검토가 필요하나, 다음과 같이 진단장비 성능평가 검인증 제도의 4가지 기본방향으로 정리할 수 있음.

- ① 국가표준관리 체계에 따라 검교정 업무와 제품 적합성 평가를 분리하여 제도화 할 필요가 있음.
- ② 장비에 대한 검교정 업무는 KOLAS에 인정기관으로 등록한 후 운영하고 n년 단위로 갱신해야함.
- ③ 첨단시설물 진단장비의 경우 새로운 제품인증의 하나로서 국토부가 적합성평가업무수행기관을 한국시설안전공단으로 지정하여 운영할 필요가 있음.
- ④ 세계적으로 첨단시설물 진단장비에 대한 인증표준이 부재하므로 향후 연구를 통해 국제표준화에 대한 가능성을 검토할 필요 있음.



<진단장비 검인증 제도 도입절차(안)>

- 첨단 진단장비의 경우에는 제품인증의 하나로 <그림 >의 기본 골격 하에서 성능평가 검인증 제도를 운영할 필요가 있음.



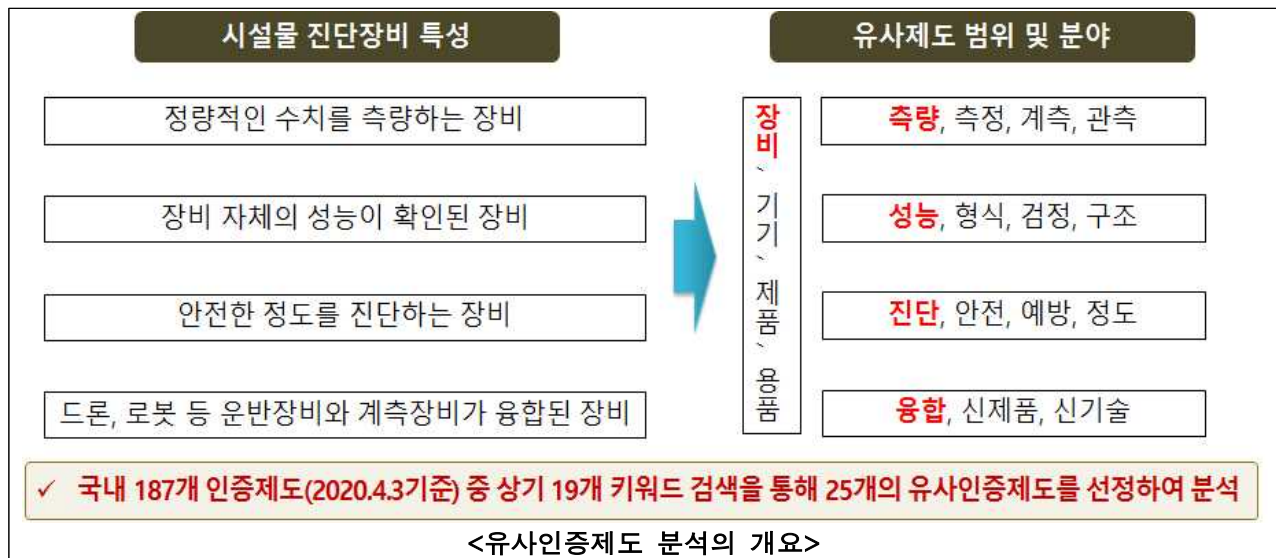
<진단장비 검인증 제도 1차년도 모델>

2) 진단장비 성능평가 도입방안 구축

(1) 국내 유사제도 사례 분석

- (조사 범위 설정) 국내 법정인증제도를 가운데 진단장비 검인증제도와 유사한 제도 사례를 조사하기 위해 시설물 진단장비 특성을 분석하여 유사 인증제도 범위를 설정함. 각 제도들을 그 인증의 대상과 성격에 따라 장비, 측량, 성능, 진단, 융합 등 5가지 분야로 분류함.

- ① 장비 : 항만시설장비의 검사제도 등 장비,기기 등에 대한 인증제도 6종
- ② 측량 : 측량기기 성능검사 등 측량, 측정 등에 대한 인증제도 5종
- ③ 성능 : 소방용기계, 기구 성능인증 등 성능, 형식 등에 대한 인증제도 8종
- ④ 진단 : 급경사지 재해예방용 계측기기의 성능검사 등 진단, 안전 등에 대한 인증제도 2종
- ⑤ 융합 : 산업융합신제품의 적합성 인증 등 융합, 신제품 등에 대한 인증제도 4종



- (구성 요소 분석) 문헌 분석 및 인터뷰 조사 결과 진단장비 검인증제도와 유사한 인증제도는 총 25개가 있는 것으로 조사되었으며, 시설물 진단장비 검인증 제도 설계에 활용할 구성요소를 분석한 결과는 다음과 같음.

<유사 인증제도(25종) 사례 조사 - 2차년도>

제도명	제도 개요	운영 방식	인증 범위	대상	시기	운용 주체	인증 절차	비용 부담	행정제재인 센터	인증기준	특이사항
기상측기의 검정	기상관측용으로 사용하려는 기상측기의 성능, 구조, 형식, 상태 등을 기준기 등과 비교하여 기상측기로서의 적합성을 판단하는 것으로 검정 결과가 기상관측에 적합하다고 판정을 받은 기상측기에 대하여 기상측기검정증명서를 발급하는 제도.	제품검사	기상측기의 성능·구조·형식 검사	모든 개별 장비	기상측기를 관측기관에 제공시 및 검정유효기간 내 (5년 범위) -검정 기상측기를 제작 또는 수입하기 전 -형식승인 (법안 신설, 2021. 4 시행)	기상청 (한국기상산업기술원)	검정 신청→실내·현장 검정(외관검사, 구조·기능 검사 및 측정검사)	신청인	관계없음	기상측기 검정대행기관 관리규정 o 기상측기 검정대행기관 지정 o 기상측기검정 규정 o 기상측기의 검정기준에 대한 검사방법 및 공차	최초 설치시 검정에 합격한 기상측기나 이미 검정을 받거나 검정면제된 기상측기가 이전될 경우, 또한 검정유효기간이 만료되었을 경우에는 검정실이 아닌 장소에서 이동식 검정장비로 검정 가능
산업융합 신제품의 적합성 인증	산업융합 신제품 적합성 인증 제도는 기존 법·제도가 산업융합 신제품 시장 출시에 장애가 되는 것을 해결하기 위한 제도	적합성 인증	장비 (제품)	융합신제품	시장 출시시	산업통상자원부 (국가산업융합지원센터)	대상여부/소요기간 협의 → 적합성인증 협의제(인증기준제정)→시험검사 (시험기관)→적합성인증발급→고시	시험자 부담 (신제품 출시주체)	관계없음	산업융합 신제품의 적합성 인증 운영요령	소속 공무원과 관련 분야의 민간 전문가 등과 함께 적합성 인증 기준 등 적합성 인증과 관련된 사항에 대하여 협의

제도명	제도 개요	운영 방식	인증 범위	대상	시기	운용 주체	인증 절차	비용 부담	행정제재인 센티브	인증기준	특이사항
항만시설장비의 검사	시설장비관리자는 그가 사용, 관리하는 시설장비에 대하여 해양수산부장관이 실시하는 검사를 받아야 하는 제도	제품검사	시설(항만 시설 및 장비)	모든 시설	설치 및 철거시	(주)한국선급엔지니어링	제품검사의 신청→제조검사→설치검사→정기검사→수시검사	신청인(사용, 관리자)		항만시설장비 검사기준	시설장비관리자는 매년 1회 이상 해양수산부령에 따라 그가 사용·관리하는 시설장비를 자체점검하여야 함
항로표지 장비·용품의 검사	선박의 안전운항을 위하여 설치 운영되는 국제적 공기(公器)로서 등 시설에 사용되는 항로표지 장비용품은 신뢰성과 품질확보가 가장 중요한 요소로 그에 대한 최소한의 품질과 기능을 검사하기 위해 항로표지 장비·용품의 검사에 필요한 세부기준을 마련한 제도.	제품검사	제품(장비, 용품)	기준에서 고시하는 수량의 견본품	시장 출시시	한국항로표지기술원	사용전 검사→정기검사→변경검사(변경시)	신청인(사용, 관리자)		항로표지 장비용품 검사기준	-
의료기기 허가	의료기기 허가는 제조·수입 의료기기의 허가·인증·신고 등에 관한 세부사항 및 의료기기 기술문서 등의 심사에 필요한 세부사항, 검사필증 발행 절차 등에 관한 사항, 사전검토의 방법 및 절차 등의 세부사항, 판매업 신고 등이 면제되는 의료기기, 전시할 목적의 의료기기를 승인받고자 하는 자의 신청 방법과 절차, 의료기기의 성능 개선 허용 범위, 회소의료기기를 지정하기 위한 지정기준과 절차를 정함으로써 의료기기 허가 등 관리의 적정을 기함을 목적으로 함.	제품검사	기술문서, 제품(의료기기)	기준에서 고시하는 수량의 견본품	제조 신고 시	의료기기정보기술지원센터	제조인증 신청→기술문서 검토→품목류 인증	신청인(제조업자, 수입업자)	인증취소, 위해 의료기기 회수, 폐기 및 공표 명령	의료기기 허가·신고·심사 등에 관한 규정	기기에 대한 인증을 제외하고 업체의 제조허가를 인증처럼 활용하고 있음
소방용품 우수품질 인증	소방용품의 성능 및 품질관리상 태가 우수한 제품에 대해 제품평가 및 품질관리체계평가를 통해 인증하고 다양한 지원과 혜택을 부여함으로써 소방산업 중소기업의 자발적인 기술개발과 품질개선을 유도하기 위한 제도.	제품검사	형식승인 대상 제품(소방용품)	기준에서 고시하는 수량의 견본품	인증 획득시	한국소방산업기술원	우수품질인증 신청→소방용품 인증시험→품질관리체계평가→적합성 판정→우수품질인증	신청인(제조업자, 수입업자)	인증제품 우선 구매, 사용토록 지원		-
성능인증	중소기업의 기술개발제품이나 신기술인증제품 등에 대해 성능검사를 거쳐 성능이 확인된 제품을 공공기관이 우선구매 할 수 있도록 지원함으로써 중소기업의 기술개발 촉진 및 공공구매 확대 지향하기 위해 제정된 제도.	성능검사	제품(개발제품)	기준에서 고시하는 수량의 견본품	시장 출시시	중소벤처기업부, 시험연구원 또는 국가기관 소속 시험기관	성능인증 신청→신청제품 적합성 평가→규격확인→공장심사→성능인증	신청인(개발업자)		중소기업제품 구매촉진 및 판로지원에 관한 법률 시행규칙 6. 우수조달공동 상표 물품 지정 및 관리규정	제품의 생산 조건이나 품질에 대한 심사를 주된 업무로 하는 법인이거나 단체로서 중소벤처기업부장관의 지정을 받은 자 또는 국가기관 소속 시험기관에게 제3항에 따른 공장에 대한 심사와 제품에 대한 성능검사를 대행하게 할 수 있도록 함
방염성능검사	특정소방대상물에서 사용하는 실내장식물과 그 밖에 유사한 물품(커튼, 무대막 등)에 대하여 방염성능이 있는지 여부를 검사하는제도	성능검사	제품(방염제품)	기준에서 고시하는 수량의 견본품	시장 출시시	한국소방산업기술원	성능검사의 신청→성능검사(시료발취, 세탁 및 건조, 판정)	신청인(제조업자, 수입업자)	성능인증을 받지 못한 제품시장 유통금지, 합격표시를 위조하거나 변조하여 사용한 자 및 거짓 시료를 제출한 자 300만원 이하 벌금	방염성능기준 6. 방염제품의 성능인증 및 제품검사의 기술기준	선처리 물품(제조 또는 가공과정에서 방염처리되는 물품)과 설치현장에서 방염처리되는 목재 및 합판(현장처리물품)으로 구분하여 인증
소방용품 형식승인	소방용품 중 대통령령으로 정하는 32개 품목을 대상으로 제품을 생산 전에 견본을 제출하여 개발제품에 대한 안전성을 형식시험하여 형식승인서를 부여하고 형식승인된 제품은 유통 전 매 생산시 검사를 실시하고 합격된 제품에는 합격표지 부착하는 제도.	형식승인	제품(소방용품)	형식승인 : 하나 또는 그이상의 제품 샘플 검사 : 모든 제품	개발시 : 형식승인, 시장 출시시 : 제품검사	한국소방산업기술원	형식승인 신청→소방용품 형식시험→시험실시→적합성 판정→형식승인	신청인(제조업자, 수입업자)	형식승인을 받지 못한 제품 시장 유통 금지	소방용품의 품질관리 등에 관한 규칙	-

제도명	제도 개요	운영 방식	인증 범위	대상	시기	운용 주체	인증 절차	비용 부담	행정제재인 센터	인증기준	특이사항
측량기기 성능검사	공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 제92조(측량기기의 검사)에 따라 트랜싯, 레벨, 그 밖에 대통령령으로 정하는 측량 기기에 대하여 5년의 범위에서 대통령령으로 정하는 기간마다 국토교통부 장관이 실시하는 성능검사	성능검사	장비 (외관검사, 구조·기능검사, 측정검사)	모든개별 장비	(5년 범위) 성능검사 주기 3년	국토교통부 (국토지리정보원)	성능검사의 신청 → 성능검사 (외관검사, 구조·기능검사 및 측정검사)	시험자 부담 (측량기기 운영주체)	과태료(상위법에서 규정), 평가 반영(공공공사 입찰시 감점)	측량기기 성능검사 규정[국토지리정보원 고시 제2017-724호 2017.2.27.]	웹기반 성능검사 관리 시스템의 사용
환경측정기기형식승인/정도검사	환경측정기기의 정확성과 통일성을 기하기 위하여 환경부령이 정하는 측정기기를 제작 또는 수입하려는 자는 당해 측정기기의 구조·규격 및 성능 등에 대하여 환경부장관의 형식승인을 받아야 하는 제도.	형식승인/정도검사	장비	모든개별 장비	장비 도입시 (성능시험 형식승인) 정도검사(1, 2, 3차로 구분하여 1차는 2년 고정, 2, 3차는 기기별 1-2년 주기)	환경부 (국립환경과학원)	신청서 작성(제작·수입자)→성능검사 (검사대행자)→접수(국립환경과학원)→내용검토→형식승인서 교부 (국립환경과학원장)	시험자 부담 (환경측정기기 운영주체)	과태료 (상위법에서 규정)	환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한 고시	성능시험 및 정도검사 기관은 환경부에서 지정한 환경측정기기 검사기관이며, 형식승인 기관은 국립환경과학원으로 검사주체 분류
환경측정기기 교정용품의 검정	측정기기에 사용하는 교정용 표준지 또는 표준가스 등을 공급하거나 사용하는 자는 그 교정용품에 대하여 환경부장관의 검정을 받아야 하는 제도.	제품검사	재료 (장비 교정을 위한 표준지 및 표준물질)	모든개별 재료	재료 도입시	환경부 (국립환경과학원)	신청서 작성 (장비사용자)→검사 (검사대행자)→내용검토 판정 (신청자)	시험자 부담 (교정용품 공급 및 사용주체)	과태료 (상위법에서 규정)	환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한 고시	인증제도 유효기간을 두어 계속 사용할 경우 재검정을 받도록 하고 있음
해양환경측정기기형식승인/정도검사/검정	해양환경측정기기의 정확성과 통일성을 기하기 위하여 환경부령이 정하는 측정기기를 제작 또는 수입하고자 하는 자는 당해 측정기기의 구조·규격 및 성능 등에 대하여 국토해양부장관의 형식승인을 얻어야 하는 제도.	형식승인/정도검사	장비(제품)	모든개별 장비	장비 도입시 (자재 및 약제-성능 시험, 측정기기-형식승인) 정도검사(장비취득 후 해양수산부장관 고시 기준 1년 주기-미등락)	해양수산부 (해양환경관리공단)	성능검사의 신청→성능검사 (외관검사, 구조·기능검사 및 측정검사)	형식승인 : 측정기 제조 및 판매자 (승인신청자), 정도검사 : 측정기기 사용자	승인취소 및 측정기기의 생산중지 조치 명령	해양환경관리법 시행규칙	측정기기의 제작단계에서는 기기와 자재, 약제형식승인을, 판매된 기기에 대해서는 정도검사를, 교정을 위해 사용되는 교정용품에 대해서는 검정을 실시하도록 하여 기기의 사용단계 및 유형에 따라 다른 인증방식을 채택하고 있음
지진·지진해일·화산의 관측 장비 검정	지진·지진해일·화산의 관측 장비에 대해 기상청장이 5년마다 받아야 하는 검정	제품검사 (검정)	제품	모든 제품	검정유효기간 내 (5년마다 시행 중) 및 기상측기물관측기관에 관측용도로 제공시 (법개정, 2020.11 시행) -검정	-	-	신청인 (사용, 관리자)	-	환경부령	현재 인증제도가 만들어진 지 시간이 얼마 안되는 제도로 인증기관 운영실적 및 사례가 전무
광업시설성능(완성)검사	광업시설의 설치가 완료되거나 당해시설에 관하여 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 사항의 변경이 완료된 때에 광산보안법 시행령 제34조(성능검사 등)제1항의 규정에 의하여 받아야 하는 검사	성능검사	시설 (광업시설)	모든 시설	설치공사 또는 변경공사 완료시 : 완성검사, 완성검사 후 매 2년마다 : 성능검사	한국광물자원공사	완성검사의 신청→성능검사	신청인(광업권자, 조광업자)	성능검사에 합격하지 못한 시설 사용 금지 조치	o 광업시설 검사항목별 가점 및 불합격 판정 기준 o 광산안전업무 처리지침	사용자의 안전상 목적으로 시설을 설치 또는 변경시 완성검사를 실시하고 매 2년마다 성능검사를 하도록 하고 있음
내화구조인정	화재시 인명과 재산 및 건축물의 구조적 안전을 도모하기 위한 건축물 주요 구조부 등에 사용되는 건축부재의 내화성능 인정 제도	성능검사	건축물 주요구조부	인증을 받고자 하는 모든 건축물	내화구조 공사착공 전	한국건설기술연구원	내화구조 인정신청→공정품질관리확인 및 시료채취→시료분과, 운반 및 시험체 제작→품질시험→인정심사→내화구조 인정	신청인 (제조업자, 시공자)	내화구조 개선요청, 인정의 일시정지, 인정의 취소	o 내화구조의 인정 및 관리기준 o 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙	-
해양오염방제 자재·약제의 형식승인	해양에 배출된 기름 등 폐기물에 대한 효율적인 방제를 위하여 이에 사용되는 주요 해양오염방제 자재·약제에 대하여 형식승인 및 검정을 실시하여 반응이 우수한 자재·약제로 방제를 실시하도록 하여 신속한 해양오염처리로 수자원 및 해양생태계를 보호하기 위한 제도	형식승인	재료 (자재·약제)	기준에서 고시하는 수량의 건보품	시장 출시시	한국기계전기전자시험연구원	성능시험의 신청 →제품검사 →형식승인 신청 →검정신청 →제품검사 →검정합격 증명	신청인 (제조업자, 수입업자)	-	해양오염방제 자재·약제의 성능시험기준 및 검정기준	형식승인을 받은 대상 품목에 대해서 사용전에 검정을 받도록 하고 있음

제도명	제도 개요	운영 방식	인증 범위	대상	시기	운용 주체	인증 절차	비용 부담	행정제재인 센터	인증기준	특이사항
철도용품 형식 승인·제작 자승인	철도용품의 품질인증, 철도차량의 성능시험, 제작검사, 내구연한 제도가 폐지되고, 형식승인, 제작자승인, 완성검사 제도로 변경되어 시행	형식승인	철도차량 및 용품	철도차량 : 모든차량, 철도관련 제품 : 하나 또는 그이상의 제품 샘플	설계단계 : 형식승인, 제작단계 : 제작자승 인, 완성단계 : 완성검사(철도차량)	한국철도기 술연구원	형식승인 신청 →부품/완성차 설계 →설계적합성 검사→설계승 인 →품질관리체 계검사 →제작검사 →제작승인 →형식 동등성 검토 →안전품목 검사, 완성치검 사, 주행시험 →완성검사	신청인	개선 조치 요구 및 인증 취소의 단계적 제재시행	o철도용품 형식승인·제 작자 승인 시행지침 o철도용품기 술기준	14년 철도안전법 개정 전에는 철도차량 성능 시험, 철도용품 품질 인증, 철도차량 정밀 진단 단계로 인증하던 것을 형식승인-제작사 승인-완성검사 단계로 변경
소방용 기계, 기구 성능인증	대통령령으로 정하는 형식승인 대상 소방용품 외의 33개 품목을 대상으로 제품을 생산전에 건품을 제출하여 개발제품에 대한 안전성을 성능시험하여 성능 인증서를 부여하고 성능인증된 제품은 유통 전 매 생산시 검사를 실시하고 합격된 제품에는 합격표지 부착하는 제도.	성능검사	제품 (소방용품)	성능시험 : 하나 또는 그이상의 제품 샘플 : 모든 제품	개발시 : 성능시험, 시장 출시시 : 제품검사	한국소방산 업기술원	성능시험 신청 →소방용품 성능시험→시 험시설 심사 →적합성 판정 →성능인증	신청인(제 조업자, 수입업자)	성능인증을 받지 못한 제품 시장 유통 금지	1. 소방용품의 품질관리 등에 관한 규칙 2. 소방용품의 세부시험 시설기준 o [별표 1] 소방시설등의 자체점검의 구분과 그 대상 . 점검자의 자격, 점검 방법 . 횟수 및 시기 (제18조 제1항 관련)	하나의 소방용품에 성 능인증 사항이 두 가 지 이상 결합된 경우 에는 해당 성능인증 시험을 모두 실시하고 하나의 성능인증을 할 수 있도록 함
해양오염방 제 자재·약제 의 형식 승인	해양에 배출된 기름 등 폐기물에 대한 효율적인 방제를 위하여 이에 사용되는 주요 해양오염방제 자재·약제에 대하여 형식승인 및 검정을 실시하여 반응이 우수한 자재·약제를 실시하도록 하여 신속한 해양오염처리로 수자원 및 해양생태계를 보호하기 위한 제도	형식승인	재료 (자재· 약제)	기준에서 고시하는 수량의 건본품	시장 출시시	한국기계전 기전자시험 연구원	성능시험의 신청 →제품검사 →형식승인 신청 →검정신청 →제품검사 →검정합격 증명	신청인 (제조업자, 수입업자)		해양오염방제 자재·약제의 성능시험기준 및 검정기준	
탱크안전성 능검사	탱크안전성능검사는 위험물을 저장 또는 취급하는 탱크로서 위험물안전관리법 제5조제4항에서 규정하는 기술기준에 적합한 지 여부를 확인하는 검사 제도.	성능검사	제품 (위험 물탱크)	인증을 받고자 하는 모든 제품	탱크 설치 전, 또는 설비 변경 시	한국소방산 업기술원	성능검사의 신청 → 성능검사 (외관검사, 구조· 기능검사 및 측정검사)	신청인 (제조업자, 시공자)		위험물 안전관리에 관한 세부기준 o [별표 4] 탱크안전성 능검사의 내용 (제8조제2항 관련)	-
소방용 기계, 기구 성능인증	대통령령으로 정하는 형식승인 대상 소방용품 외의 33개 품목을 대상으로 제품을 생산전에 건품을 제출하여 개발제품에 대한 안전성을 성능시험하여 성능 인증서를 부여하고 성능인증된 제품은 유통 전 매 생산시 검사를 실시하고 합격된 제품에는 합격표지 부착하는 제도.	성능검사	제품 (소방용품)	성능시험 : 하나 또는 그이상의 제품 샘플 : 모든 제품	개발시 : 성능시험, 시장 출시시 : 제품검사	한국소방산 업기술원	성능시험 신청 →소방용품 성능시험→시 험시설 심사 →적합성 판정 →성능인증	신청인(제 조업자, 수입업자)	성능인증을 받지 못한 제품 시장 유통 금지	1. 소방용품의 품질관리 등에 관한 규칙 2. 소방용품의 세부시험 시설기준 o [별표 1] 소방시설등의 자체점검의 구분과 그 대상 . 점검자의 자격, 점검 방법 . 횟수 및 시기 (제18조 제1항 관련)	하나의 소방용품에 성 능인증 사항이 두 가 지 이상 결합된 경우 에는 해당 성능인증 시험을 모두 실시하고 하나의 성능인증을 할 수 있도록 함

제도명	제도 개요	운영 방식	인증 범위	대상	시기	운용 주체	인증 절차	비용 부담	행정제재/인센티브	인증기준	특이사항
금경사지 재해 예방용 계측기기의 성능검사	금경사지 붕괴위험지역에 설치되는 계측기기에 대하여 성능검사를 통한 계측에 대한 신뢰도 향상으로 국민의 생명 및 재산 보호하기 위한 제도.	성능검사	장비(제품) 외관검사, 측정변위의 정확도 검사 외 구조 및 기능검사	모든 개별 장비	설치 전, 재설치 시, 장비 사용시(3년 주기)	행정안전부 (한국계측기기연구센터)	성능검사 (외관검사, 구조·기능검사 및 측정검사)	신청인	합격한 계측기기에 검사필증 교부	계측기기 성능검사 기준에 관한 규정	현재 인증제도가 만들어진 기간이 얼마 안되는 제도로 인증기관 운영실적 및 사례가 전무
ICT융합 품질인증	정보통신 기반의 융합 신기술·서비스 등이 시장에 빠르게 출시되고 사업화될 수 있도록 편의성·안정성·신뢰성·확장성 등이 품질기준에 적합한지를 인증하는 제도.	품질인증	기술·서비스 등	1. 해당 정보통신 융합 기술·서비스 등이 구현된 등 제품 2. 해당 정보통신 융합 기술·서비스 등의 설명서	시장 출시시	과학기술정보통신부(정보통신시험인증연구소)	서류확인→평가기준 초안작성→기술위원회 의결 (평가기준 확정)→시험 실시 (시험평가 및 현장평가)→인증심의위원회 의결 (평가기준 만족여부 판단)→인증서 발급→사후관리	신청인	관계없음	정보통신융합 기술·서비스 등의 품질인증기준 (과학기술정보통신부고시 제2018-66호)	정보통신이라는 기술 유형과 방송콘텐츠, 바이오의료, 물류유통, 소재 등 사업분야의 접목을 통해 품질 인증 대상분야를 분류하여 인증
신제품 인증 (NEP마크)	국내에서 최초로 개발된 신기술 또는 기존기술을 혁신적으로 개선한 기술이 적용된 신제품을 평가하여 정부가 인증함으로써, 판로확대 지원 및 기술개발을 촉진하기 위한 제도	신기술	기술·제품	신기술·신제품	기술 개발후, 시장 출시시 (실용화 완료된 제품)	산업통상자원부 (신제품인증센터)	신제품인증신청→현장심사→제품심사(필요시)→종합심사→신제품인증	신청인	자금 지원과 인증신제품 및 신기술적용 제품의 우선구매	(산업통상자원부) 신기술·신제품 통합 인증요령 ○ 신제품 인증 및 구매촉진에 관한 운영요령	기술분야 인증평가위원회는 6개 기술분야 24개 인증평가위원회로 구성되어 있으며 심사대상 제품은 반드시 제품에 적용된 기술내용에 따라 적정 기술분야를 선택 후 신청해야함
신기술 인증 (NET마크)	국내 기업 및 연구기관, 대학 등에서 개발한 신기술을 조기에 발굴하여 그 우수성을 인증해 줌으로써 개발된 신기술의 상용화와 기술거래를 촉진하고 그 기술을 이용한 제품의 신뢰성을 제고시켜 구매력 창출을 통한 초기시장 진출기반을 조성하기 위한 제도	신기술	기술·제품	신기술·신기술 적용장비	기술 개발후	국토교통부 (국토교통과학기술진흥원)	신기술인증신청→1차 심사 (발표심사)→2차 심사 (현장심사)→3차 심사 (종합심사)→신기술인증	신청인	국토교통부 공공공사 우선적용 권고	신기술의 평가기준 및 평가절차 등에 관한 규정 (국토교통부) 신기술·신제품통합 인증요령	건설 환경관련 기술 중 단위기술은 신기술 인증 신청대상에 해당되지만 공법기술은 국토교통부 또는 환경부에서 인증하고 있음
임업기계장비의 품질인증	임업기계장비의 품질향상 및 작업자 안전보호를 위한 우수한 품질의 장비에 부여하는 인증제도	제품검사	제품 (기계, 장비)	기준에서 고시하는 수량의 견본품	시장 출시시	한국임업진흥원	평가실시 (시험평가 및 현장평가)→인증심의위원회 의결 (평가기준 만족여부 판단)→인증서 발급→사후관리	신청인 (제조업자, 수입업자)	-	임업기계장비 품질인증 규정	-

- (유사제도 그룹화를 통한 제도 유형 분류) 국내 유사제도 사례 분석결과를 상기에서 제시한 5개 분류체계별로 운영체계를 요약한 결과는 다음과 같음.

<유사 인증제도(25종) 유형 분류 - 5유형>

[Type 1] 장비, 기기, 제품, 용품 등에 대한 인증제도(6종)								
운영방식	범위	대상	시기	운용주체(승인기관)	인증절차	비용부담	행정제재/인센티브	
형식승인	기술 문서	모든 개별 제품	제품 개발시	한국소방산업기술원	인증신청	신청인 (제조업자, 수입업자)	시장유통 금지	
제품검사	기계	기준 고시 견본품	제조 신고시	의료기기 정보기술지원센터	기술문서 검토	신청인 (사용,관리자)	인증제품 우선 구매,사용토록 지원	
	장비		시장 출시시	한국임업진흥원	시험시설 심사		인증취소, 위해 의료기기 회수, 폐기 및 공표 명령	
	제품		인증 획득시	(주)한국선급 엔지니어링	품질관리 체계평가		인증기기 생산취소 명령	
	시설		설치 및 철거시	한국향토 표지기술원	시험평가			
					현장평가			

[Type 2] 측량, 측정, 계측, 관측 등에 대한 인증제도(5종)

운영방식	범위	대상	시기	운용주체(승인가관)	인증절차	비용부담	행정제재/인센티브
성능검사	장비	모든 개별 장비	장비 도입시	국토교통부 (국토지리정보원)	인증신청	운영주체	과태료
형식승인	재료		재료 도입시	환경부 (국립환경과학원)	외관검사	공급주체	공공공사 입찰시 감점
정도검사	제품		시장 출시시	해양수산부 (해양환경관리공단)	구조검사	사용주체	승인 취소
제품검사			3년주기 (성능검사)		기능검사	제조 및 판매자	인증기기 생산취소 명령
			1,2,3차수 (정도검사)		측정검사		
					성능검사		

[Type 3] 성능, 형식, 검정, 구조 등에 대한 인증제도(8종)

운영방식	범위	대상	시기	운용주체(승인가관)	인증절차	비용부담	행정제재/인센티브	
성능검사	장비	모든 개별 장비	설계단계	기상청(한국기상 산업기술원)	인증신청	운영주체	개선조치 요구	
형식승인	재료		제작단계	한국철도 기술연구원	설계적합성 검사	공급주체	인증정지 및 취소	
제품검사	제품	기준 고시 건본품	공사 착공전	한국건설 기술연구원	설계승인	사용주체	제품 시장 유통금지	
	응품		장비 운행전	한국소방 산업기술원	품질관리 체계 검사	제조 및 판매자	합격표시 위반조 과태료	
	시설		설비 변경시	한국광물자원공사	제작검사		사용금지 조치	
			제조 신고시	중소벤처기업부	제작승인			
			시장 출시시	한국기계전기전자시험연구원	형식동등성 검토			

[Type 4] 진단, 안전, 예방, 정도 등에 대한 인증제도(2종)

운영방식	범위	대상	시기	운용주체(승인가관)	인증절차	비용부담	행정제재/인센티브
성능검사	장비	모든 개별 장비	제품 설치전 및 변경시	행정안전부 (한국계측기기연구센터)	인증신청	신청인	합격한 계측기기에 검사필증 교부
	제품	모든 개별 제품	장비 사용시 (3년 주기)	한국소방 산업기술원	외관검사	제조업자, 시공자	
					구조검사		
					기능검사		
					측정검사		

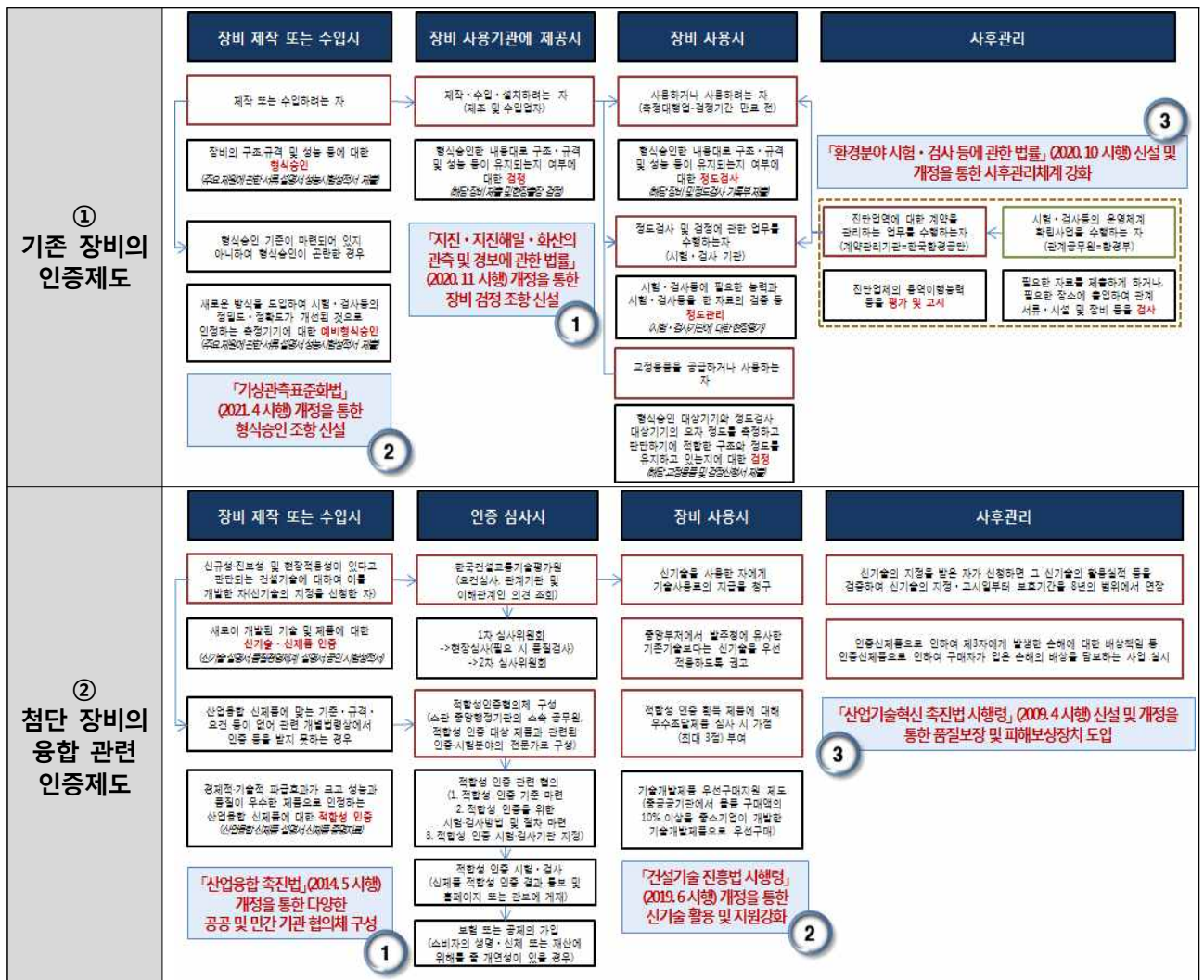
[Type 5] 융합, 신제품, 신기술 등에 대한 인증제도(4종)

운영방식	범위	대상	시기	운용주체(승인가관)	인증절차	비용부담	행정제재/인센티브
적합성인증	장비	융합 신제품	기술 개발후	산업통상자원부 (국가산업융합 지원센터)	인증신청	시험자 (신제품 출시주체)	자금 지원과 인증신제품 및 신기술적용제품의 우선구매
품질인증	기술 및 서비스	융합 신기술 서비스	시장 출시시	과학기술정보통신부 (정보통신시험인증 연구소)	협의제 구성	신청인	국토교통부 공공공사 우선적용 권고
신기술	제품	신기술 적용 장비		산업통상자원부 (신제품인증센터)	인증기준 제정		
		신기술 및 신제품		국토교통부 (국토교통과학기술 진흥원)	시험검사		
					현장평가		
					제품심사		
					종합심사		

- (대표적인 제도 구조 도출) 25종의 산업안전제품 유사 인증제도 분석결과, 인증대상 및 여건에 따라 조금씩 차이가 있으나 비교적 정형화 및 획일화된 제도 운영방식을 보이는 장비, 측량, 성능, 진단 관련 인증제도와 최근에 도입된 제도 유형으로 ① 기존 장비의 인증제도와 ②첨단 장비의 융합 관련 인증제도로 구분되었음. 두 가지 인증제도 유형별 주요 행정절차를 장비 제작 또는 수입시, 인증 심사시, 장비 사용시, 사후관리 단계별로 구분하여 정리하였으며, 행정절차별 제도 운영주체 및 관련 기준을 세부적으로 분석하여 시설물 진단장비 검인증제도 설계에 참고 가능한 시사점을 도출하였음.

- 기존에 널리 사용되어 정형화된 제품의 경우 형식승인, 정도검사, 검정제도 등을 통해 사전관리체계를 구축하고 있으며 새로운 방식이 도입된 제품에 대한 예비형식승인제도와 사후관리로 시험 및 검사기관의 서류, 시설, 장비 등을 검사하고, 능력을 평가 및 고시하는 정도관리제도 등을 운영하고 있음.
- 융합제품 및 신제품의 경우, 신기술·신제품 인증, 융합신제품 적합성 인증제도 등을 통해 관련 기준 및 규격 부재로 인하여 개별법령상에서 인증을 받지 못하는 제품을 인증해주고 있으며, 인증기준 마련 및 현장심사 등을 위해 소관 중앙행정기관의 소속 공무원, 인증대상 제품관련 전문가 등으로 구성된 인증협의체를 구성하여 소비자의 생명 또는 재산에 위해를 줄 개연성이 있는 제품의 경우 보험 또는 공제의 가입을 의무화하고 있음.

<대표적인 제도 구조 도출>



(2) 해외 유사제도 사례 분석(일본 사례)

- (NETIS 테마설정형 제도) 기술정보제공시스템(NETIS, NEw Technology Information System)은 일본의 공공공사에서 신기술의 활용검토사무를 효율화하고, 활용 리스크를 경감함으로써 유용한 신기술을 적극적으로 활용할 수 있도록 하는 체계임. 2014년에는 NETIS에 등록되어 있지 않은 기술을 대상으로 하여 국토교통성이 필요로 하는 기술을 모집할 수 있도록 기술공모를 통한 방식인 「테마설정형」을 새로이 도입됨.
- 「테마설정형(기술공모)」은 직할공사의 현장 수요·행정 수요 등에 따라 요구되는 기술모집 테마를 설정하고, 평가지표, 요구수준 및 시험법 등을 명확히 하고, 기술을 개발한 민간사업자 등으로부터 기술을 모집하는 방식임. 공모된 기술에 대해 동일 조건 하의 현장실증을 거쳐 각각의 기술 특징을 명확히 한 기술비교표를 작성하고, 공사 등의 발주에서 발주자가 신기술을 지정함으로서 활용을 촉진하는 방법임.
 - 일본 국토교통성은 차세대 사회 인프라용 로봇 기술 도입을 위해 2013년 7월 검토회를 설치하여, 수요 및 공급을 조사하고, 12월 차세대 인프라용 로봇 기술을 「테마설정형」의 테마로 설정함. 2014년 4월부터 교량분야, 터널분야, 수중(댐, 하천)분야에 관한 로봇 기술의 공모가 진행되었으며, 2014년 10월부터 공모된 유지관리 로봇 기술에 대해 현장검증이 이루어짐.
 - 도로교 점검기록 작성지원 로봇 분야에 비행형 4개 기술을 비롯한 7개 기술, 도로 터널 점검기록 작성지원 로봇에 4개 기술이 응모되었음. 응모된 기술에 대해 국토교통성은 분야 별 실증 필드에서 실증을 진행하고, 기술비교표(카탈로그)를 작성함. 국토교통성의 테마설정형(기술공모) 방식의 시사점은 점검 수단에 관계없이 목적물에 초점을 두고 평가를 하고 있으며, 과도한 허들을 설정하는 것이 아니라, 제작사가 제시한 성능을 검증하는 개념이라는 점임.

技術の仕様確認結果【トンネル(掘削画像計測技術)】

ユーザーの概要		技術概要(技術者による説明)※1, ※2, ※3, ※4, ※5, ※6, ※7, ※8, ※9, ※10, ※11, ※12, ※13, ※14, ※15, ※16, ※17, ※18, ※19, ※20, ※21, ※22, ※23, ※24, ※25, ※26, ※27, ※28, ※29, ※30, ※31, ※32, ※33, ※34, ※35, ※36, ※37, ※38, ※39, ※40, ※41, ※42, ※43, ※44, ※45, ※46, ※47, ※48, ※49, ※50, ※51, ※52, ※53, ※54, ※55, ※56, ※57, ※58, ※59, ※60, ※61, ※62, ※63, ※64, ※65, ※66, ※67, ※68, ※69, ※70, ※71, ※72, ※73, ※74, ※75, ※76, ※77, ※78, ※79, ※80, ※81, ※82, ※83, ※84, ※85, ※86, ※87, ※88, ※89, ※90, ※91, ※92, ※93, ※94, ※95, ※96, ※97, ※98, ※99, ※100, ※101, ※102, ※103, ※104, ※105, ※106, ※107, ※108, ※109, ※110, ※111, ※112, ※113, ※114, ※115, ※116, ※117, ※118, ※119, ※120, ※121, ※122, ※123, ※124, ※125, ※126, ※127, ※128, ※129, ※130, ※131, ※132, ※133, ※134, ※135, ※136, ※137, ※138, ※139, ※140, ※141, ※142, ※143, ※144, ※145, ※146, ※147, ※148, ※149, ※150, ※151, ※152, ※153, ※154, ※155, ※156, ※157, ※158, ※159, ※160, ※161, ※162, ※163, ※164, ※165, ※166, ※167, ※168, ※169, ※170, ※171, ※172, ※173, ※174, ※175, ※176, ※177, ※178, ※179, ※180, ※181, ※182, ※183, ※184, ※185, ※186, ※187, ※188, ※189, ※190, ※191, ※192, ※193, ※194, ※195, ※196, ※197, ※198, ※199, ※200, ※201, ※202, ※203, ※204, ※205, ※206, ※207, ※208, ※209, ※210, ※211, ※212, ※213, ※214, ※215, ※216, ※217, ※218, ※219, ※220, ※221, ※222, ※223, ※224, ※225, ※226, ※227, ※228, ※229, ※230, ※231, ※232, ※233, ※234, ※235, ※236, ※237, ※238, ※239, ※240, ※241, ※242, ※243, ※244, ※245, ※246, ※247, ※248, ※249, ※250, ※251, ※252, ※253, ※254, ※255, ※256, ※257, ※258, ※259, ※260, ※261, ※262, ※263, ※264, ※265, ※266, ※267, ※268, ※269, ※270, ※271, ※272, ※273, ※274, ※275, ※276, ※277, ※278, ※279, ※280, ※281, ※282, ※283, ※284, ※285, ※286, ※287, ※288, ※289, ※290, ※291, ※292, ※293, ※294, ※295, ※296, ※297, ※298, ※299, ※300, ※301, ※302, ※303, ※304, ※305, ※306, ※307, ※308, ※309, ※310, ※311, ※312, ※313, ※314, ※315, ※316, ※317, ※318, ※319, ※320, ※321, ※322, ※323, ※324, ※325, ※326, ※327, ※328, ※329, ※330, ※331, ※332, ※333, ※334, ※335, ※336, ※337, ※338, ※339, ※340, ※341, ※342, ※343, ※344, ※345, ※346, ※347, ※348, ※349, ※350, ※351, ※352, ※353, ※354, ※355, ※356, ※357, ※358, ※359, ※360, ※361, ※362, ※363, ※364, ※365, ※366, ※367, ※368, ※369, ※370, ※371, ※372, ※373, ※374, ※375, ※376, ※377, ※378, ※379, ※380, ※381, ※382, ※383, ※384, ※385, ※386, ※387, ※388, ※389, ※390, ※391, ※392, ※393, ※394, ※395, ※396, ※397, ※398, ※399, ※400, ※401, ※402, ※403, ※404, ※405, ※406, ※407, ※408, ※409, ※410, ※411, ※412, ※413, ※414, ※415, ※416, ※417, ※418, ※419, ※420, ※421, ※422, ※423, ※424, ※425, ※426, ※427, ※428, ※429, ※430, ※431, ※432, ※433, ※434, ※435, ※436, ※437, ※438, ※439, ※440, ※441, ※442, ※443, ※444, ※445, ※446, ※447, ※448, ※449, ※450, ※451, ※452, ※453, ※454, ※455, ※456, ※457, ※458, ※459, ※460, ※461, ※462, ※463, ※464, ※465, ※466, ※467, ※468, ※469, ※470, ※471, ※472, ※473, ※474, ※475, ※476, ※477, ※478, ※479, ※480, ※481, ※482, ※483, ※484, ※485, ※486, ※487, ※488, ※489, ※490, ※491, ※492, ※493, ※494, ※495, ※496, ※497, ※498, ※499, ※500, ※501, ※502, ※503, ※504, ※505, ※506, ※507, ※508, ※509, ※510, ※511, ※512, ※513, ※514, ※515, ※516, ※517, ※518, ※519, ※520, ※521, ※522, ※523, ※524, ※525, ※526, ※527, ※528, ※529, ※530, ※531, ※532, ※533, ※534, ※535, ※536, ※537, ※538, ※539, ※540, ※541, ※542, ※543, ※544, ※545, ※546, ※547, ※548, ※549, ※550, ※551, ※552, ※553, ※554, ※555, ※556, ※557, ※558, ※559, ※560, ※561, ※562, ※563, ※564, ※565, ※566, ※567, ※568, ※569, ※570, ※571, ※572, ※573, ※574, ※575, ※576, ※577, ※578, ※579, ※580, ※581, ※582, ※583, ※584, ※585, ※586, ※587, ※588, ※589, ※590, ※591, ※592, ※593, ※594, ※595, ※596, ※597, ※598, ※599, ※600, ※601, ※602, ※603, ※604, ※605, ※606, ※607, ※608, ※609, ※610, ※611, ※612, ※613, ※614, ※615, ※616, ※617, ※618, ※619, ※620, ※621, ※622, ※623, ※624, ※625, ※626, ※627, ※628, ※629, ※630, ※631, ※632, ※633, ※634, ※635, ※636, ※637, ※638, ※639, ※640, ※641, ※642, ※643, ※644, ※645, ※646, ※647, ※648, ※649, ※650, ※651, ※652, ※653, ※654, ※655, ※656, ※657, ※658, ※659, ※660, ※661, ※662, ※663, ※664, ※665, ※666, ※667, ※668, ※669, ※670, ※671, ※672, ※673, ※674, ※675, ※676, ※677, ※678, ※679, ※680, ※681, ※682, ※683, ※684, ※685, ※686, ※687, ※688, ※689, ※690, ※691, ※692, ※693, ※694, ※695, ※696, ※697, ※698, ※699, ※700, ※701, ※702, ※703, ※704, ※705, ※706, ※707, ※708, ※709, ※710, ※711, ※712, ※713, ※714, ※715, ※716, ※717, ※718, ※719, ※720, ※721, ※722, ※723, ※724, ※725, ※726, ※727, ※728, ※729, ※730, ※731, ※732, ※733, ※734, ※735, ※736, ※737, ※738, ※739, ※740, ※741, ※742, ※743, ※744, ※745, ※746, ※747, ※748, ※749, ※750, ※751, ※752, ※753, ※754, ※755, ※756, ※757, ※758, ※759, ※760, ※761, ※762, ※763, ※764, ※765, ※766, ※767, ※768, ※769, ※770, ※771, ※772, ※773, ※774, ※775, ※776, ※777, ※778, ※779, ※780, ※781, ※782, ※783, ※784, ※785, ※786, ※787, ※788, ※789, ※790, ※791, ※792, ※793, ※794, ※795, ※796, ※797, ※798, ※799, ※800, ※801, ※802, ※803, ※804, ※805, ※806, ※807, ※808, ※809, ※810, ※811, ※812, ※813, ※814, ※815, ※816, ※817, ※818, ※819, ※820, ※821, ※822, ※823, ※824, ※825, ※826, ※827, ※828, ※829, ※830, ※831, ※832, ※833, ※834, ※835, ※836, ※837, ※838, ※839, ※840, ※841, ※842, ※843, ※844, ※845, ※846, ※847, ※848, ※849, ※850, ※851, ※852, ※853, ※854, ※855, ※856, ※857, ※858, ※859, ※860, ※861, ※862, ※863, ※864, ※865, ※866, ※867, ※868, ※869, ※870, ※871, ※872, ※873, ※874, ※875, ※876, ※877, ※878, ※879, ※880, ※881, ※882, ※883, ※884, ※885, ※886, ※887, ※888, ※889, ※890, ※891, ※892, ※893, ※894, ※895, ※896, ※897, ※898, ※899, ※900, ※901, ※902, ※903, ※904, ※905, ※906, ※907, ※908, ※909, ※910, ※911, ※912, ※913, ※914, ※915, ※916, ※917, ※918, ※919, ※920, ※921, ※922, ※923, ※924, ※925, ※926, ※927, ※928, ※929, ※930, ※931, ※932, ※933, ※934, ※935, ※936, ※937, ※938, ※939, ※940, ※941, ※942, ※943, ※944, ※945, ※946, ※947, ※948, ※949, ※950, ※951, ※952, ※953, ※954, ※955, ※956, ※957, ※958, ※959, ※960, ※961, ※962, ※963, ※964, ※965, ※966, ※967, ※968, ※969, ※970, ※971, ※972, ※973, ※974, ※975, ※976, ※977, ※978, ※979, ※980, ※981, ※982, ※983, ※984, ※985, ※986, ※987, ※988, ※989, ※990, ※991, ※992, ※993, ※994, ※995, ※996, ※997, ※998, ※999, ※1000, ※1001, ※1002, ※1003, ※1004, ※1005, ※1006, ※1007, ※1008, ※1009, ※1010, ※1011, ※1012, ※1013, ※1014, ※1015, ※1016, ※1017, ※1018, ※1019, ※1020, ※1021, ※1022, ※1023, ※1024, ※1025, ※1026, ※1027, ※1028, ※1029, ※1030, ※1031, ※1032, ※1033, ※1034, ※1035, ※1036, ※1037, ※1038, ※1039, ※1040, ※1041, ※1042, ※1043, ※1044, ※1045, ※1046, ※1047, ※1048, ※1049, ※1050, ※1051, ※1052, ※1053, ※1054, ※1055, ※1056, ※1057, ※1058, ※1059, ※1060, ※1061, ※1062, ※1063, ※1064, ※1065, ※1066, ※1067, ※1068, ※1069, ※1070, ※1071, ※1072, ※1073, ※1074, ※1075, ※1076, ※1077, ※1078, ※1079, ※1080, ※1081, ※1082, ※1083, ※1084, ※1085, ※1086, ※1087, ※1088, ※1089, ※1090, ※1091, ※1092, ※1093, ※1094, ※1095, ※1096, ※1097, ※1098, ※1099, ※1100, ※1101, ※1102, ※1103, ※1104, ※1105, ※1106, ※1107, ※1108, ※1109, ※1110, ※1111, ※1112, ※1113, ※1114, ※1115, ※1116, ※1117, ※1118, ※1119, ※1120, ※1121, ※1122, ※1123, ※1124, ※1125, ※1126, ※1127, ※1128, ※1129, ※1130, ※1131, ※1132, ※1133, ※1134, ※1135, ※1136, ※1137, ※1138, ※1139, ※1140, ※1141, ※1142, ※1143, ※1144, ※1145, ※1146, ※1147, ※1148, ※1149, ※1150, ※1151, ※1152, ※1153, ※1154, ※1155, ※1156, ※1157, ※1158, ※1159, ※1160, ※1161, ※1162, ※1163, ※1164, ※1165, ※1166, ※1167, ※1168, ※1169, ※1170, ※1171, ※1172, ※1173, ※1174, ※1175, ※1176, ※1177, ※1178, ※1179, ※1180, ※1181, ※1182, ※1183, ※1184, ※1185, ※1186, ※1187, ※1188, ※1189, ※1190, ※1191, ※1192, ※1193, ※1194, ※1195, ※1196, ※1197, ※1198, ※1199, ※1200, ※1201, ※1202, ※1203, ※1204, ※1205, ※1206, ※1207, ※1208, ※1209, ※1210, ※1211, ※1212, ※1213, ※1214, ※1215, ※1216, ※1217, ※1218, ※1219, ※1220, ※1221, ※1222, ※1223, ※1224, ※1225, ※1226, ※1227, ※1228, ※1229, ※1230, ※1231, ※1232, ※1233, ※1234, ※1235, ※1236, ※1237, ※1238, ※1239, ※1240, ※1241, ※1242, ※1243, ※1244, ※1245, ※1246, ※1247, ※1248, ※1249, ※1250, ※1251, ※1252, ※1253, ※1254, ※1255, ※1256, ※1257, ※1258, ※1259, ※1260, ※1261, ※1262, ※1263, ※1264, ※1265, ※1266, ※1267, ※1268, ※1269, ※1270, ※1271, ※1272, ※1273, ※1274, ※1275, ※1276, ※1277, ※1278, ※1279, ※1280, ※1281, ※1282, ※1283, ※1284, ※1285, ※1286, ※1287, ※1288, ※1289, ※1290, ※1291, ※1292, ※1293, ※1294, ※1295, ※1296, ※1297, ※1298, ※1299, ※1300, ※1301, ※1302, ※1303, ※1304, ※1305, ※1306, ※1307, ※1308, ※1309, ※1310, ※1311, ※1312, ※1313, ※1314, ※1315, ※1316, ※1317, ※1318, ※1319, ※1320, ※1321, ※1322, ※1323, ※1324, ※1325, ※1326, ※1327, ※1328, ※1329, ※1330, ※1331, ※1332, ※1333, ※1334, ※1335, ※1336, ※1337, ※1338, ※1339, ※1340, ※1341, ※1342, ※1343, ※1344, ※1345, ※1346, ※1347, ※1348, ※1349, ※1350, ※1351, ※1352, ※1353, ※1354, ※1355, ※1356, ※1357, ※1358, ※1359, ※1360, ※1361, ※1362, ※1363, ※1364, ※1365, ※1366, ※1367, ※1368, ※1369, ※1370, ※1371, ※1372, ※1373, ※1374, ※1375, ※1376, ※1377, ※1378, ※1379, ※1380, ※1381, ※1382, ※1383, ※1384, ※1385, ※1386, ※1387, ※1388, ※1389, ※1390, ※1391, ※1392, ※1393, ※1394, ※1395, ※1396, ※1397, ※1398, ※1399, ※1400, ※1401, ※1402, ※1403, ※1404, ※1405, ※1406, ※1407, ※1408, ※1409, ※1410, ※1411, ※1412, ※1413, ※1414, ※1415, ※1416, ※1417, ※1418, ※1419, ※1420, ※1421, ※1422, ※1423, ※1424, ※1425, ※1426, ※1427, ※1428, ※1429, ※1430, ※1431, ※1432, ※1433, ※1434, ※1435, ※1436, ※1437, ※1438, ※1439, ※1440, ※1441, ※1442, ※1443, ※1444, ※1445, ※1446, ※1447, ※1448, ※1449, ※1450, ※1451, ※1452, ※1453, ※1454, ※1455, ※1456, ※1457, ※1458, ※1459, ※1460, ※1461, ※1462, ※1463, ※1464, ※1465, ※1466, ※1467, ※1468, ※1469, ※1470, ※1471, ※1472, ※1473, ※1474, ※1475, ※1476, ※1477, ※1478, ※1479, ※1480, ※1481, ※1482, ※1483, ※1484, ※1485, ※1486, ※1487, ※1488, ※1489, ※1490, ※1491, ※1492, ※1493, ※1494, ※1495, ※1496, ※1497, ※1498, ※1499, ※1500, ※1501, ※1502, ※1503, ※1504, ※1505, ※1506, ※1507, ※1508, ※1509, ※1510, ※1511, ※1512, ※1513, ※1514, ※1515, ※1516, ※1517, ※1518, ※1519, ※1520, ※1521, ※1522, ※1523, ※1524, ※1525, ※1526, ※1527, ※1528, ※1529, ※1530, ※1531, ※1532, ※1533, ※1534, ※1535, ※1536, ※1537, ※1538, ※1539, ※1540, ※1541, ※1542, ※1543, ※1544, ※1545, ※1546, ※1547, ※1548, ※1549, ※1550, ※1551, ※1552, ※1553, ※1554, ※1555, ※1556, ※1557, ※1558, ※1559, ※1560, ※1561, ※1562, ※1563, ※1564, ※1565, ※1566, ※1567, ※1568, ※1569, ※1570, ※1571, ※1572, ※1573, ※1574, ※1575, ※1576, ※1577, ※1578, ※1579, ※1580, ※1581, ※1582, ※1583, ※1584, ※1585, ※1586, ※1587, ※1588, ※1589, ※1590, ※1591, ※1592, ※1593, ※1594, ※1595, ※1596, ※1597, ※1598, ※1599, ※1600, ※1601, ※1602, ※1603, ※1604, ※1605, ※1606, ※1607, ※1608, ※1609, ※1610, ※1611, ※1612, ※1613, ※1614, ※1615, ※1616, ※1617, ※1618, ※1619, ※1620, ※1621, ※1622, ※1623, ※1624, ※1625, ※1626, ※1627, ※1628, ※1629, ※1630, ※1631, ※1632, ※1633, ※1634, ※1635, ※1636, ※1637, ※1638, ※1639, ※1640, ※1641, ※1642, ※1643, ※1644, ※1645, ※1646, ※1647, ※1648, ※1649, ※1650, ※1651, ※1652, ※1653, ※1654, ※1655, ※1656, ※1657, ※1658, ※1659, ※1660, ※1661, ※1662, ※1663, ※1664, ※1665, ※1666, ※1667, ※1668, ※1669, ※1670, ※1671, ※1672, ※1673, ※1674, ※1675, ※1676, ※1677, ※1678, ※1679, ※1680, ※1681, ※1682, ※1683, ※1684, ※1685, ※1686, ※1687, ※1688, ※1689, ※1690, ※1691, ※1692, ※1693, ※1694, ※1695, ※1696, ※1697, ※1698, ※1699, ※1700, ※1701, ※1702, ※1703, ※1704, ※1705, ※1706, ※1707, ※1708, ※1709, ※1710, ※1711, ※1712, ※1713, ※1714, ※1715, ※1716, ※1717, ※1718, ※1719, ※1720, ※1721, ※1722, ※1723, ※1724, ※1725, ※1726, ※1727, ※1728, ※1729, ※1730, ※1731, ※1732, ※1733, ※1734, ※1735, ※1736, ※1737, ※1738, ※1739, ※1740, ※1741, ※1742, ※1743, ※1744, ※1745, ※1746, ※1747, ※1748, ※1749, ※1750, ※1751, ※1752, ※1753, ※1754, ※1755, ※1756, ※1757, ※1758, ※1759, ※1760, ※1761, ※1762, ※1763, ※1764, ※1765, ※1766, ※1767, ※1768, ※1769, ※1770, ※1771, ※1772, ※1773, ※1774, ※1775, ※1776, ※1777, ※1778, ※1779, ※1780, ※1781, ※1782, ※1783, ※1784, ※1785, ※1786, ※1787, ※1788, ※1789, ※1790, ※1791, ※1792, ※1793, ※1794, ※1795, ※1796, ※1797, ※1798, ※1799, ※1800, ※1801, ※1802, ※1803, ※1804, ※1805, ※1806, ※1807, ※1808, ※1809, ※1810, ※1811, ※1812, ※1813, ※1814, ※1815, ※1816, ※1817, ※1818, ※1819, ※1820, ※1821, ※1822, ※1823, ※1824, ※1825, ※1826, ※1827, ※1828, ※1829, ※1830, ※1831, ※1832, ※1833, ※1834, ※1835, ※1836, ※1837, ※1838, ※1839, ※1840, ※1841, ※1842, ※1843, ※1844, ※1845, ※1846, ※1847, ※1848, ※1849, ※1850, ※1851, ※1852, ※1853, ※1854, ※1855, ※1856, ※1857, ※1858, ※1859, ※1860, ※1861, ※1862, ※1863, ※1864, ※1865, ※1866, ※1867, ※1868, ※1869, ※1870, ※1871, ※1872, ※1873, ※1874, ※1875, ※1876, ※1877, ※1878, ※1879, ※1880, ※1881, ※1882, ※1883, ※1884, ※1885, ※1886, ※1887, ※1888, ※1889, ※1890, ※1891, ※1892, ※1893, ※1894, ※1895, ※1896, ※1897, ※1898, ※1899, ※1900, ※1901, ※1902, ※1903, ※1904, ※1905, ※1906, ※1907, ※1908, ※1909, ※1910, ※1911, ※1912, ※1913, ※1914, ※1915, ※1916, ※1917, ※1918, ※1919, ※1920, ※1921, ※1922, ※1923, ※1924, ※1925, ※1926, ※1927, ※1928, ※1929, ※1930, ※1931, ※1932, ※1933, ※1934, ※1935, ※1936, ※1937, ※1938, ※1939, ※1940, ※1941, ※1942, ※1943, ※1944, ※1945, ※1946, ※1947, ※1948, ※1949, ※1950, ※1951, ※1952, ※1953, ※1954, ※1955, ※1956, ※1957, ※1958, ※1959, ※1960, ※1961, ※1962, ※1963, ※1964, ※1965, ※1966, ※1967, ※1968, ※1969, ※1970, ※1971, ※1972, ※1973, ※1974, ※1975, ※1976, ※1977, ※1978, ※1979, ※1980, ※1981, ※1982, ※1983, ※1984, ※1985, ※1986, ※1987, ※1988, ※1989, ※1990, ※1991, ※1992, ※1993, ※1994, ※1995, ※1996, ※1997, ※1998, ※1999, ※2000, ※2001, ※2002, ※2003, ※2004, ※2005, ※2006, ※2007, ※2008, ※2009, ※2010, ※2011, ※2012, ※2013, ※2014, ※2015, ※2016, ※2017, ※2018, ※2019, ※2020, ※2021, ※2022, ※2023, ※2024, ※2025, ※2026, ※2027, ※2028, ※2029, ※2030, ※2031, ※2032, ※2033, ※2034, ※2035, ※2036, ※2037, ※2038, ※2039, ※2040, ※2041, ※2042, ※2043, ※2044, ※2045, ※2046, ※2047, ※2048, ※2049, ※2050, ※2051, ※2052, ※2053, ※2054, ※2055, ※2056, ※2057, ※2058, ※2059, ※2060, ※2061, ※2062, ※2063, ※2064, ※2065, ※2066, ※2067, ※2068, ※2069, ※2070, ※2071, ※2072, ※2073, ※2074, ※2075, ※2076, ※2077, ※2078, ※2079, ※2080, ※2081, ※2082, ※2083, ※2084, ※2085, ※2086, ※2087, ※2088, ※2089, ※2090, ※2091, ※2092, ※2093, ※2094, ※2095, ※2096, ※2097, ※2098, ※2099, ※2100, ※2101, ※2102, ※2103, ※2104, ※2105, ※2106, ※2107, ※2108, ※2109, ※2110
---------	--	---

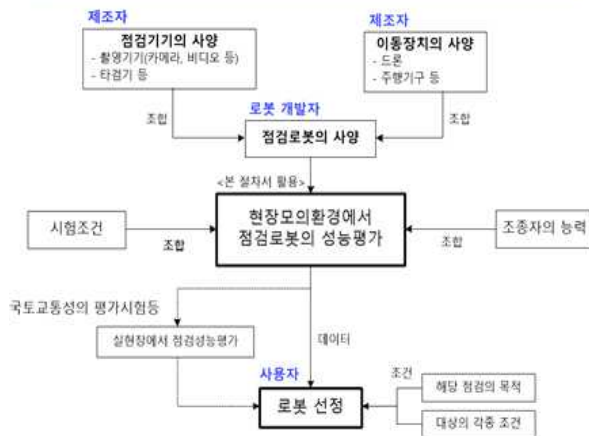
일본 시설물 유지관리 로봇 제도 도입 경위

- 일본의 경우 시설물 유지관리를 위한 로봇 도입을 위해 2013년부터 국토교통성과 경제산업성 협력체계를 구축하여 공모 등을 통해 산업계의 참여를 유도하였음
- 2014년 1차 공모-현장검증-평가를 거쳐 시범 도입을 실시하였으며, 이를 기반으로 2015년에 2차 시범적 도입을 위한 평가방법을 검토하여 2016년 시범 도입을 실시하였음
- 로봇이 도입되는 유지관리 분야를 크게 교량, 터널, 수중(댐, 하천)으로 구분하여 공모를 받았으며, 그 결과 교량 7건(드론기술 4건 포함), 도로 4건 등 기술이 제출되어 성능평가를 실시하고 비교표를 공표하였음

일본 시설물 유지관리 로봇 제도 도입 성과물

- 경제산업성은 '사회 인프라용 로봇 현장검증회'를 구성하여 기술검증을 위한 평가항목, 평가지표, 상세항목 등을 선정하여, 이를 바탕으로 '신기술 이용 가이드라인', '신기술 성능 카탈로그'를 작성하여 수주자가 업무계획서를 작성할 때나 수발주자 간의 협의·승인 할 때 참고할 수 있도록 지원하고 있음
- 로봇 장비의 성능이 통일적인 기준으로 비교될 수 있도록 표준성능항목에 따라 제작사가 성능 카탈로그를 작성하도록 하여 점검 수주자가 스스로의 책임으로 점검지원기술을 선택할 수 있도록 가이드라인을 제공하고 있음
- 드론 계측 장비 표준성능항목의 경우 운동성능과 계측성능으로 크게 구분하여, 그 아래 단계에 각각 5개씩의 세부 기준을 제시하고 있으며, 지표의 의도, 정의, 성능을 나타내는 동작조건 및 환경조건 등으로 구체적이고 정량적인 기준을 제시하고 있음

일본의 진단장비 성능평가 체계



일본 시설물 유지관리 로봇 제도 운영체계 검토

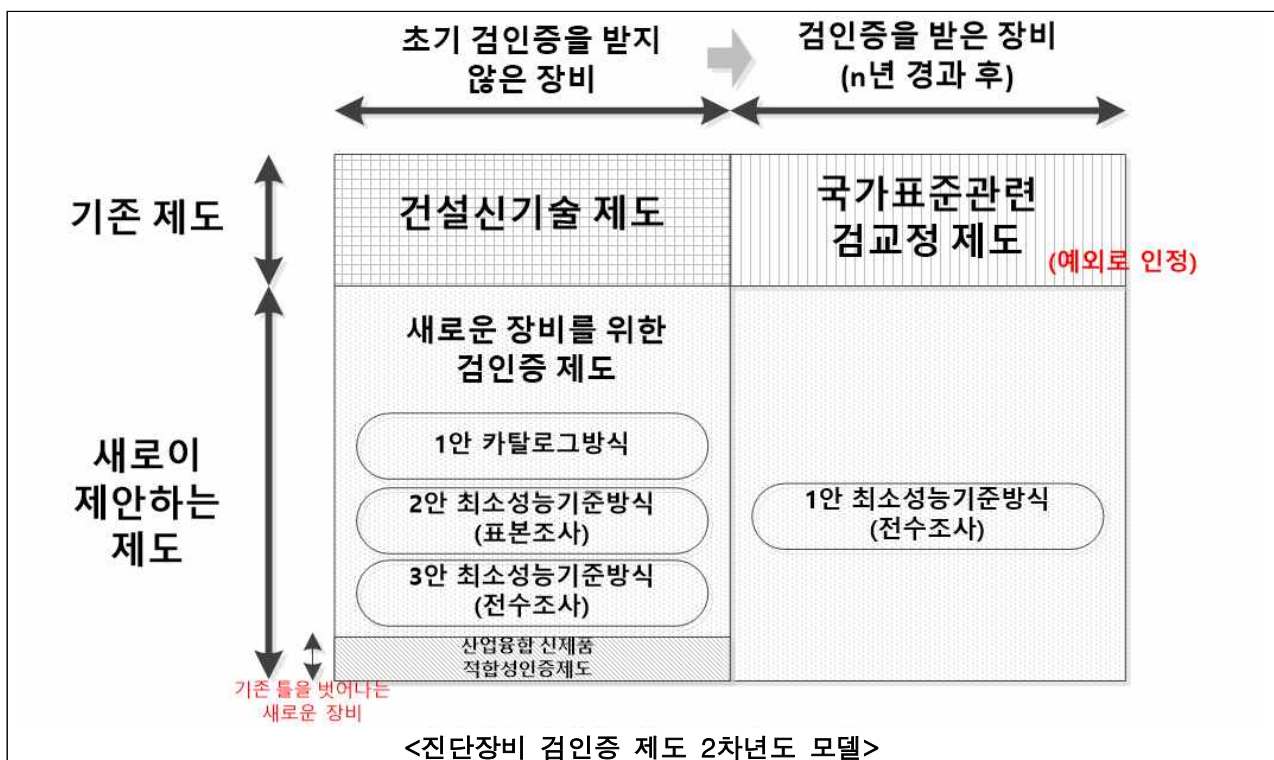
- 일본은 세계에서 처음으로 첨단시설물 진단장비에 대한 성능평가 기준 및 실험장을 마련
- 현재 성능평가만을 실시하고 있으며 제품인증 등은 실시하고 있지 않음
- 일본은 진단장비에 대해서도 건설신기술 등록제도(NETIS)를 통해 관리하고 있음
- 최근 진단장비 시장 및 환경 변화 추세가 반영되어 제도 도입 대안으로 적합한 것으로 판단됨

<일본 시설물 유지관리 로봇 제도>

(3) 진단장비 검인증 제도 후보(안) 도출

○ 기존제도와와의 정합성 분석

- 진단장비와 관련된 기존의 국내제도와와의 관련성을 분석하여 새로이 진단장비 검인증 제도를 제안하는 경우 중복 및 음영이 발생하지 않도록 제도 설계를 진행함.
 - 새로운 진단장비 검인증 제도를 제안하는 경우 기존의 국토교통부가 심사를 거쳐 기술의 우수성을 인증해주는 「건설신기술지정제도」 및 국가표준기본법에 기초한 「검교정 제도」와 중복 가능성이 발생됨. 따라서 기존 건설신기술지정제도와 검교정 제도를 적용하는 진단 장비는 해당 제도의 결과를 인정하고, 이외의 장비를 새로이 제안하는 제도의 대상으로 설정함.
 - 4차 산업혁명 등 급격한 기술 발전에 따른 기존 틀을 벗어나는 유형의 장비가 등장하는 경우, 국가 기술표준원이 운영하는 산업융합 신제품의 적합성 인증제도의 방식을 응용하는 프로세스를 새로운 제도 내에 설치함.



○ 검인증 제도 후보(안) 도출

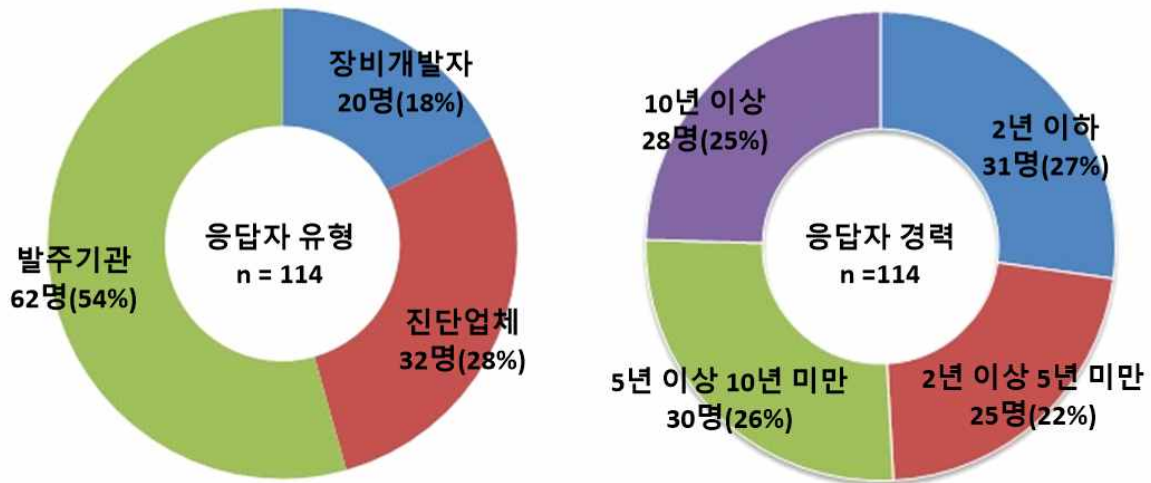
- 다양한 분야의 진단장비 관련 전문가(개발자, 진단업체, 발주기관 등)들을 대상으로 한 자문회의를 실시하여 본 제도의 취지에 적절한 후보(안)를 설정함.
 - 새로운 검인증 제도는 새로이 도입될 검인증을 받지 않은 장비와 검인증을 받고 일정기간(장비에 따라 소요연수는 달라짐)이 경과된 장비를 대상으로 하는 2가지 축으로 구성됨.
 - 새로이 도입될 검인증을 받지 않은 장비에 대한 제도는 진단장비의 제조(유통)자가 성능 사양을 제시하고, 제시한 성능의 발휘 여부만 인증기관이 검사 및 확인하는 카탈로그방식(1안), 표본조사를 통해 조사항목 별(균열, 내구성 등)로 최소한의 성능기준을 제시하고, 성능기준 만족 여부를 검사 및 확인하는 최소성능기준방식(표준조사)(2안), 2안과 동일하나 표본조사가 아닌 전수조사를 진행하는 최소성능기준방식(전수조사)(3안)의 3가지 후보(안)를 구성함.
 - 새로이 도입될 검인증을 받고 일정기간이 경과된 장비에 대한 제도는 본 제도의 도입 취지에 비추어 볼 때 최소성능기준방식(전수조사)로 적용되어야 할 것으로 판단됨.

<검인증 제도 후보(안) 비교>

구분	(대안1) 카탈로그 방식	(대안2) 최소성능기준+표본조사 방식	(대안3) 최소성능기준+전수조사 방식
개요	☐ 모든 진단장비에 동일한 성능기준을 적용하지 않음 ☐ 각 진단장비의 제조(유통)자가 성능사양을 제시 ☐ 제시한 성능의 발휘 여부만 인증기관이 검사 및 확인 ☐ 생산제품에 대한 표본조사	☐ 모든 진단장비에 동일한 성능기준을 적용 ☐ 조사항목 별(균열, 내구성 등)로 최소한의 성능기준을 제시 ☐ 최소한의 성능기준 만족 여부를 검사 및 확인 ☐ 생산제품에 대한 표본조사	☐ 모든 진단장비에 동일한 성능기준을 적용 ☐ 조사항목 별(균열, 내구성 등)로 최소한의 성능기준을 제시 ☐ 최소한의 성능기준 만족 여부를 검사 및 확인 ☐ 생산제품에 대한 전수조사
조사방법	성능사양 검증	조건 합격 여부	조건 합격 여부
조사대상	샘플실험	샘플실험	전수조사
실시시기	장비 유통(수입) 전		
관련주체	장비제작사(개발사, 수입사)		
예상장점	☐ 발주자 또는 사용자가 현장의 사용 환경에 맞는 적절한 진단장비의 선택이 가능 ☐ 제조자가 제시한 진단장비 성능을 인증기관이 확인함으로써 장비에 대한 신뢰성이 향상	☐ 성능검사 검사기관의 표준적인 시험환경 조성이 가능해 여러 시험기관이 시험을 할 수 있음으로 인증업무지원 발생 적음 ☐ 진단업무에서 최소한의 품질이 확보될 수 있음	☐ 성능검사 검사기관의 표준적인 시험환경 조성이 가능해 여러 시험기관이 시험을 할 수 있음으로 인증업무지원 발생 적음 ☐ 모든 진단장비의 성능을 확보할 수 있음.
예상단점	☐ 진단장비의 성능발휘 조건에 맞춰 시험을 위한 다양한 시험환경(ex 매우 춥거나 더운 환경)조성이 필요 ☐ 인프라 구축에 시간과 예산이 필요하여 특정한 기관이 전담할 수 밖에 없음	☐ 제시된 성능기준 이외의 새로운 사양에 대한 검사 및 인증대응에 한계 발생 ☐ 기존의 검교정 제도와 비슷한 형태의 제도로 운영	☐ 제시된 성능기준 이외의 새로운 사양에 대한 검사 및 인증대응에 한계 발생 ☐ 기존의 검교정 제도와 비슷한 형태의 제도로 운영 ☐ 전수조사이기 때문에 인증업무 과다로 업무 부담이 커짐

○ 진단장비 검인증 제도(안)에 대한 평가 설문조사

- 설문조사는 기존 국내외 유사제도 분석을 통해 제시된 3가지 대안(카탈로그방식, 최소성능기준방식(표본조사), 최소성능기준방식(전수조사))을 대상으로 제도 평가를 위한 설문과 고려 요소들의 가중치에 대한 설문으로 구성됨.
 - 제도 평가 설문에서는 제도 구성의 적정성, 제도가 목적했던 바를 달성할 수 있는지에 대한 효과성, 해당 대안이 도입되었을 경우 해당 주체가 따를 수 있는지의 순응도에 대해서 리커트 5점 척도에 기초한 설문을 진행함.
 - 고려요소들의 가중치에 대해서는 적정성, 효과성, 순응도에 대한 가중치 및 다양한 기대효과에 대한 가중치를 AHP방식에 기초한 설문을 진행함.
- 설문조사 대상은 해당 제도가 도입되는 경우 직·간접적으로 관련하게 되는 주체 집단을 대상으로 실시하였으며, 전체 114명이 응답함.
 - 응답자의 유형을 살펴보면 점검 및 진단 장비의 개발자는 20명(약 18%), 점검 및 진단 장비를 직접적으로 활용하는 진단업체는 32명(약 28%), 관련 업무를 발주함으로써 점검 및 진단 장비를 간접적으로 활용하는 발주기관은 62명(약 54%)이 응답함.
 - 응답자의 진단장비와 관련된 경력은 2년 이하부터 10년 이상까지 고르게 분포하고 있음.



<진단장비 검인증 제도 후보(안) 평가 설문응답자 구성>

- 가중치에 대한 AHP분석 결과, 가중치는 응답자 유형 별로 다르게 평가되고 있음.

- 대분류(적정성, 효과성, 순응도) 가중치와 관련된 AHP분석 결과, 진단업무발주자와 진단장비 사용자는 적정성과 효과성을 높이 평가하는데 비해, 진단장비 개발자는 효과성을 높이 평가하고, 적정성과 적응도는 상대적으로 낮게 평가하고 있음.
- 적정성과 순응도의 조사항목은 등가 가중치를 부여하고, 응답자에 따라 다르게 평가될 수 있는 효과성의 세부 항목에 대해서는 부가적인 AHP분석을 진행하였음. 소분류(효과성)의 AHP분석 결과, 진단업무발주자, 진단장비 개발자, 진단장비사용자 집단 모두 신뢰도 향상을 높게 평가하고 있음. 그러나 신뢰도 향상에 이어 진단업무발주자와 진단장비사용자는 저품질 장비 차단 효과가 중요하다고 판단하고 있으나, 진단장비 개발자는 개발의욕 향상이 중요하다고 판단하고 있음.

<응답 집단 별 평가 가중치>

	항목	진단업무 발주자	진단장비 개발자	진단장비 사용자
대분류	제도 구조의 적정성	0.36	0.29	0.34
	제도의 효과성	0.34	0.45	0.35
	제도 도입 시의 순응도	0.30	0.26	0.30
	가중치 합계	1	1	1
소분류 (효과성)	발주자의 적절한 장비 선정을 지원	0.21	0.20	0.21
	진단장비의 신뢰도 향상	0.31	0.35	0.30
	저품질 진단장비의 차단	0.27	0.16	0.26
	개발자의 기술 개발 의욕 향상	0.21	0.29	0.24
	가중치 합계	1	1	1

- 리커트 5점 척도에 따른 점수와 앞선 AHP분석을 통한 가중치를 반영하여 점수를 산출하면 다음과 같음.

- 진단장비의 검인증 제도의 대안은 진단장비와 관련된 입장에 따라 선호도가 다르게 조사되었음. 진단장비의 직접적인 사용자에게 해당하는 진단업체는 3개 대안 모두 비슷하게 평가하였음. 이에 비해 진단장비의 간접적인 사용자에게 해당하는 발주기관은 최소성능기준방식(전수조사)을 높게 평가하였음. 그러나 진단 장비를 공급하는 진단장비 개발자는 카탈로그방식을 가장 높게 평가하였으며, 최소성능기준방식(전수조사)을 매우 낮게 평가하였음.

<응답 집단 별 제도 유형의 평가>

구분 \ 방식	카탈로그방식	최소성능기준방식 (표본조사)	최소성능기준방식 (전수조사)
진단업무발주자 62명	3.17	3.65	3.68
진단장비개발자 20명	4.18	3.27	2.07
진단장비사용자 32명	3.22	3.39	3.41

- 이러한 결과는 장비사용자 입장에서는 신뢰할 수 있는 장비를 선호하기 때문으로 보이며, 장비개발자 또는 제조자 입장에서는 인증을 받아 시장에 제품을 출시하기 보다는 제품을 스스로 인증하고 판매하기를 원하기 때문으로 보임.

○ 진단장비 검인증 제도(안)에 대한 평가 설문결과 고찰

- 본 연구에서 다루고 있는 첨단시설물진단장비의 경우, 다양한 ICT기술의 활용으로 발전이 빠르고 향후 다양한 제품이 시장에 출시될 가능성이 높기 때문에 인증기관에서 모든 기술을 규격으로 통제하는 것이 현실적으로 불가능하고, 규격기준을 새롭게 확충해 나가는 데는 많은 시간이 소요됨.
- 그러므로 관련분야의 기술발전을 촉진하기 위해서는 국가의 인위적인 통제보다는 시장의 자율성을 강화하는 방향으로 정책을 추진하는 것이 바람직함. 또한 세계적인 추세가 인증은 자기인증방식을 따르고 있기 때문에 향후 외국과의 기술 경쟁을 위해서는 진단장비 제조사가 스스로 성능에 대한 부분을 제시하고 인증기관은 사용자가 자율적으로 제품을 선택할 수 있도록 하는 것이 바람직함. 특히, 첨단진단장비의 경우 앞으로 기술발전이 얼마나 빨리 될지 예상할 수 없기 때문에 규격으로 통제하는 것은 현실적으로 많은 문제를 발생시킬 수 있음.
- 따라서 첨단시설물진단장비 분야를 발전시키기 위해서는 선진적인 자기인증방식을 통해 추진하는 것이 합리적인 방안으로 볼 수 있음.
- 한편, 시장의 안정을 위해서 정부가 최소한의 관여를 한다면, 성능기준에 대한 제시와 관련 실험을 통해 성능시험을 해주는 과정이 필요함. 또한, 관련제도를 운용하기 위한 전담조직, 성능규격기준 마련을 위한 데이터 축적 등 연구조직 등의 인프라를 구축하는데 상당기간이 필요함.
- 따라서 제대로 제도가 운영되기 위해서는 상당한 준비가 필요하며, 무리해서 제도를 도입하는 경우 시장에 혼란을 초래할 위험이 클 것으로 예상됨.

3) 진단장비 성능평가 체계 수립

(1) 성능평가 체계 제도(안) 수립

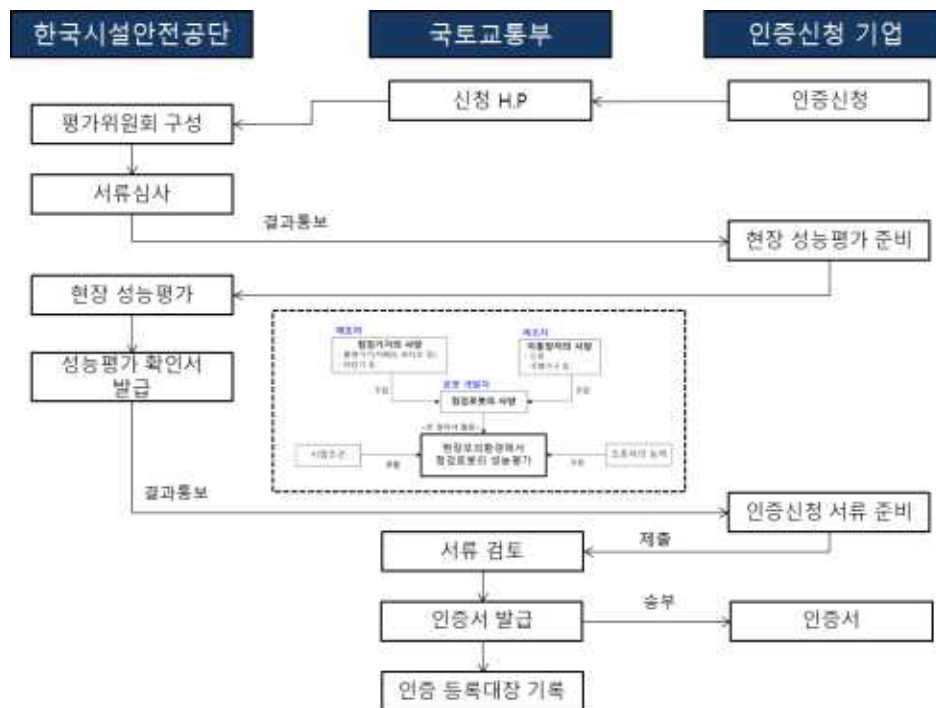
○ 「시설물 진단측정 장비 성능검사제도」 발전전략

- (1차년도 연구성과 검토) 1차년도에 수행한 국내·외 유사제도 현황 조사, 진단장비 검인증 제도 부재로 인한 문제점/파급효과 분석 등 진단장비 검인증 제도 도입 필요성 검토에 대한 연구성과를 종합한 결과, 진단장비 성능평가 검인증 제도의 도입을 위한 기본방향 및 제도 기본골격을 다음과 같이 정리하였음

□ 진단장비 검인증제도 도입 기본방향

- ① 국가표준관리 체계에 따라 검교정 업무와 제품 적합성 평가를 분리하여 제도화 할 필요가 있음.
- ② 장비에 대한 검교정 업무는 KOLAS에 인정기관으로 등록한 후 운영하고 n년 단위로 갱신해야함.
- ③ 첨단시설물 진단장비의 경우 새로운 제품인증의 하나로써 국토부가 적합성평가업무수행기관을 한국시설안전공단으로 지정하여 운영할 필요가 있음.
- ④ 세계적으로 첨단시설물 진단장비에 대한 인증표준이 부재하므로 향후 연구를 통해 국제표준화에 대한 가능성을 검토할 필요 있음.

□ 진단장비 검인증제도 도입 기본골격(안)



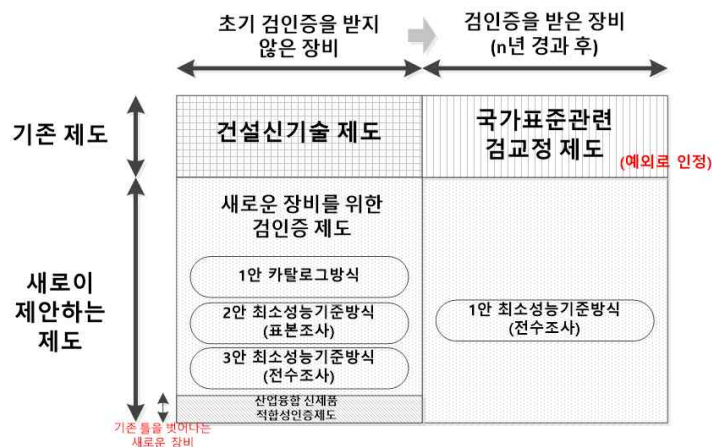
<한국 첨단 진단장비 검인증 제도 기본골격안(1차년도)>

- (2차년도 연구성과 검토) 2차년도에 수행한 국내·외 유사제도 사례분석, 진단장비 검인증 제도 후보(안) 도출 등 진단장비 성능평가 도입방안에 대한 연구 성과를 종합한 결과, 진단장비 성능평가 검인증 제도의 도입을 위한 후보(안) 구성 및 초기모델을 다음과 같이 정리하였음.

□ 진단장비 검인증 제도 후보(안) 구성

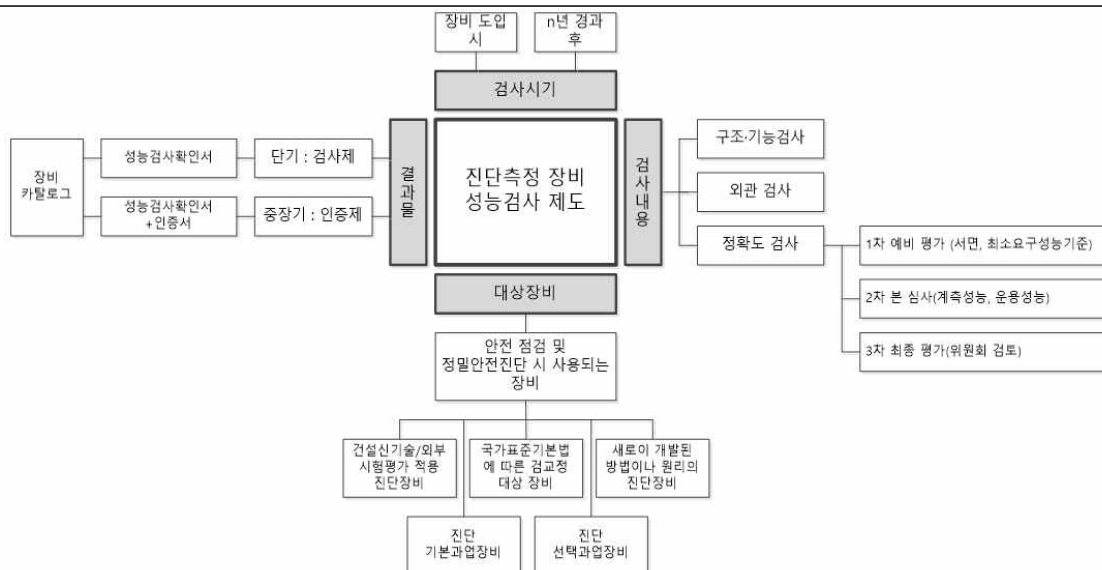
- ① 새로운 검인증 제도는 새로이 도입될 검인증을 받지 않은 장비와 검인증을 받고 일정기간(장비에 따라 소요연수는 달라짐)이 경과된 장비를 대상으로 하는 2가지 축으로 구성됨.
- ② 새로이 도입될 검인증을 받지 않은 장비에 대한 제도는 진단장비의 제조(유통)자가 성능 사양을 제시하고, 제시한 성능의 발휘 여부만 인증기관이 검사 및 확인하는 카탈로그방식(1안), 표본조사를 통해 조사항목 별(균열, 내구성 등)로 최소한의 성능기준을 제시하고, 성능기준 만족 여부를 검사 및 확인하는 최소성능기준방식(표본조사)(2안), 2안과 동일하나 표본조사가 아닌 전수조사를 진행하는 최소성능기준방식(전수조사)(3안)의 3가지 후보(안)를 구성함.
- ③ 새로이 도입될 검인증을 받고 일정기간이 경과된 장비에 대한 제도는 본 제도의 도입 취지에 비추어 볼 때 최소성능기준방식(전수조사)로 적용되어야 할 것으로 판단됨.

□ 진단장비 검인증 제도 후보(안) 초기모델



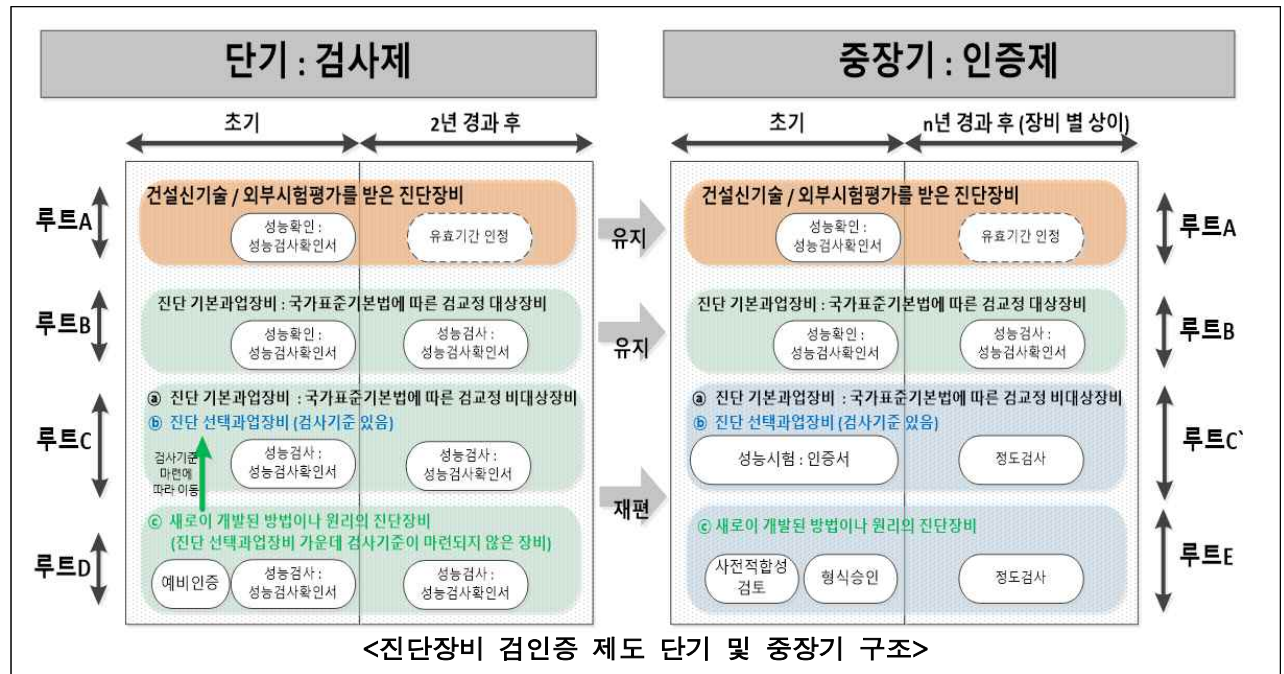
<진단장비 검인증 제도 후보(안) 초기모델(2차년도)>

- (진단장비 검인증 제도 전체 구조 수립) 1·2차년도 연구 성과를 검토하고, 기존제도와와의 정합성 분석, 다양한 분야의 진단장비 관련 전문가(개발자, 진단업체, 발주기관 등) 의견수렴, 관련업계의 진단장비 검인증 기술 및 보유 인프라(시설 및 장비) 수준 등을 검토한 결과, 진단장비의 특성에 따라 세분화된 제도 설계가 필요하게 됨. 또한 현행 법령 및 제반 여건 등을 이유로 진단장비에 대해 즉시 검인증제도가 적용되는 것은 어려움. 따라서 단기/중장기로 구분한 제도 설계가 필요함.



<진단장비 검인증 제도 구성 요소 맵>

- (진단장비의 특성 반영) 시설물 진단장비는 장비에 따라 다양한 검사가 적용되고 있음. 예를 들어 건설신기술과 같은 외부 시험 평가를 받는 장비가 있으며, 국가표준기본법에 따라 검교정을 진행하는 장비도 있음. 또한 이러한 외부 검사가 진행되지 않는 장비도 있으며, 충분한 데이터나 평가기준이 확보되지 않아 현재 방법으로 대응할 수 없는 장비가 등장하는 경우도 대응해야 함.
- (단기/중장기 구분) 단기에는 평가 데이터 및 내부 시스템이 충분히 확보되지 않았기 때문에 검사제로 운영하며, 충분한 평가 데이터 및 내부 시스템이 구축된 중장기 이후에는 인증제로 운영됨.

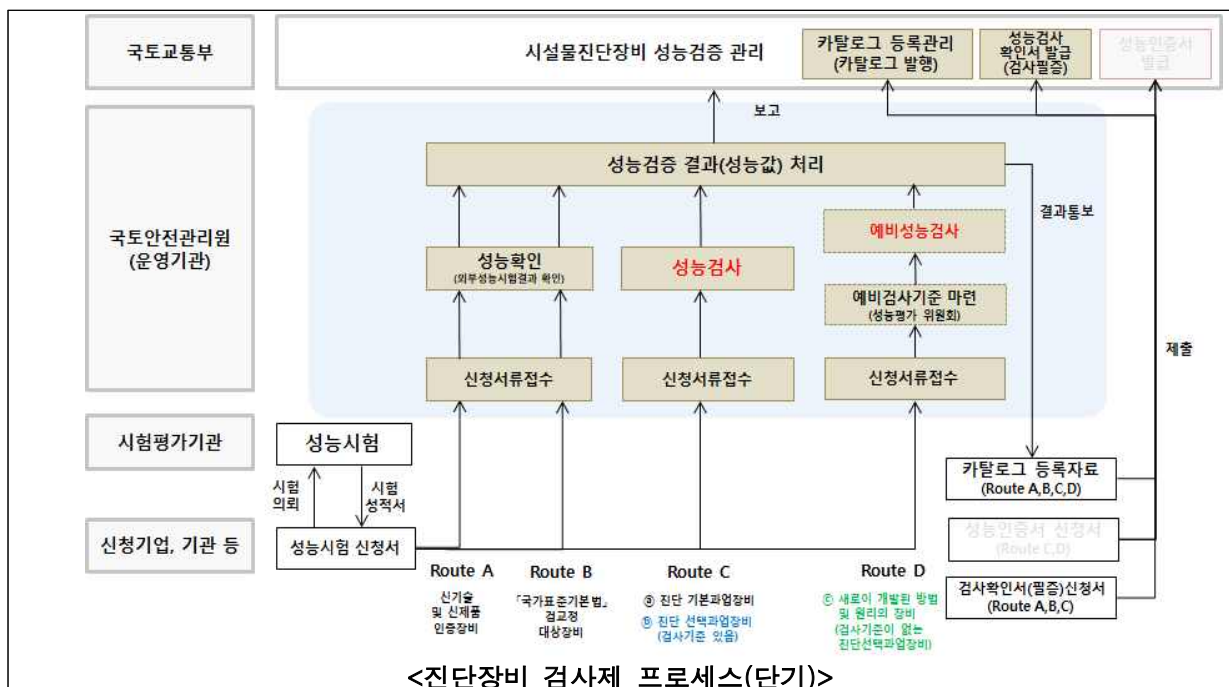


- 단기 검사제에서 적용되는 진단측정 장비 성능검사제도 구조를 다음과 같이 4가지 루트로 구분하여 수립함.
 - (루트A) 건설신기술 등 외부시험평가를 받은 장비를 대상으로 함. 이러한 외부시험평가를 받은 장비는 사용 전에 성능확인만을 실시하고, 이에 대한 성능검사확인서를 발급하고 나서 사용할 수 있음. 사용 개시 후에도 외부시험평가 유효기간이 인정되는 기간 동안에는 별도의 검사를 진행하지 않고, 그대로 인정함.
 - (루트B) 기존에 존재하고 있는 진단 기본과업장비 가운데 「국가표준기본법」에 기초하여 검교정을 실시하는 장비를 대상으로 함. 「국가표준기본법」에 기초하여 검교정을 실시하는 장비는 사용 전에 성능확인만을 실시하고, 이에 대한 성능검사확인서를 발급하고 나서 사용할 수 있음. 사용 개시부터 2년이 경과된 후에는 성능검사를 받고, 이에 대한 성능검사확인서를 발급받고 나서 사용할 수 있음.
 - (루트C) 기존에 존재하고 있는 진단 기본과업장비 가운데 검교정을 실시하지 않는 장비(㉠) 및 검사기준이 마련된 진단 선택과업장비(㉢)를 대상으로 함. 1차 평가(서면), 2차 평가(현장성능), 3차 평가(위원회 검토)를 통해 성능검사를 실시하고, 이에 대한 성능검사확인서를 발급하고 나서 사용할 수 있음. 장비성능은 카탈로그 형태로 제공함. 사용 개시부터 2년이 경과된 후에는 다시 성능검사를 실시함.
 - (루트D) 앞으로 등장할 새로운 방법이나 원리로 개발되어 기존의 방식으로 평가할 수 없는 진단장비(㉣)를 대상으로 함. 여기에는 진단 선택과업장비 가운데 검사기준이 마련되지 않은 장비도 포함됨. 루트D에서는 성능평가 위원회가 마련하는 예비인증을 거쳐 성능검사를 실시하며, 이에 대한 성능검사확인서를 발급하고 나서 사용할 수 있음. 장비성능은 카탈로그 형태로 제공함. 사용 개시부터 2년이 경과된 후에 다시 성능검사를 실시함. 단, 루트D-㉣에 해당하는 장비가 정식 검사기준이 마련되는 경우에는 루트C로 전환됨.
- 중장기 인증제에서 적용되는 진단측정 장비 성능검사제도 구조를 다음과 같이 4가지 루트로 구분하여 수립함. 기존 단기 검사제에서 루트A와 루트B는 변동 없이 적용함. 루트C는 성능검사에서 성능시험으로 변경된 루트C'로, 예비인증을 진행하는 루트D는 삭제되고 대신 사전적합성 검토 및 형식승인을 진행하는 루트E가 추가됨.

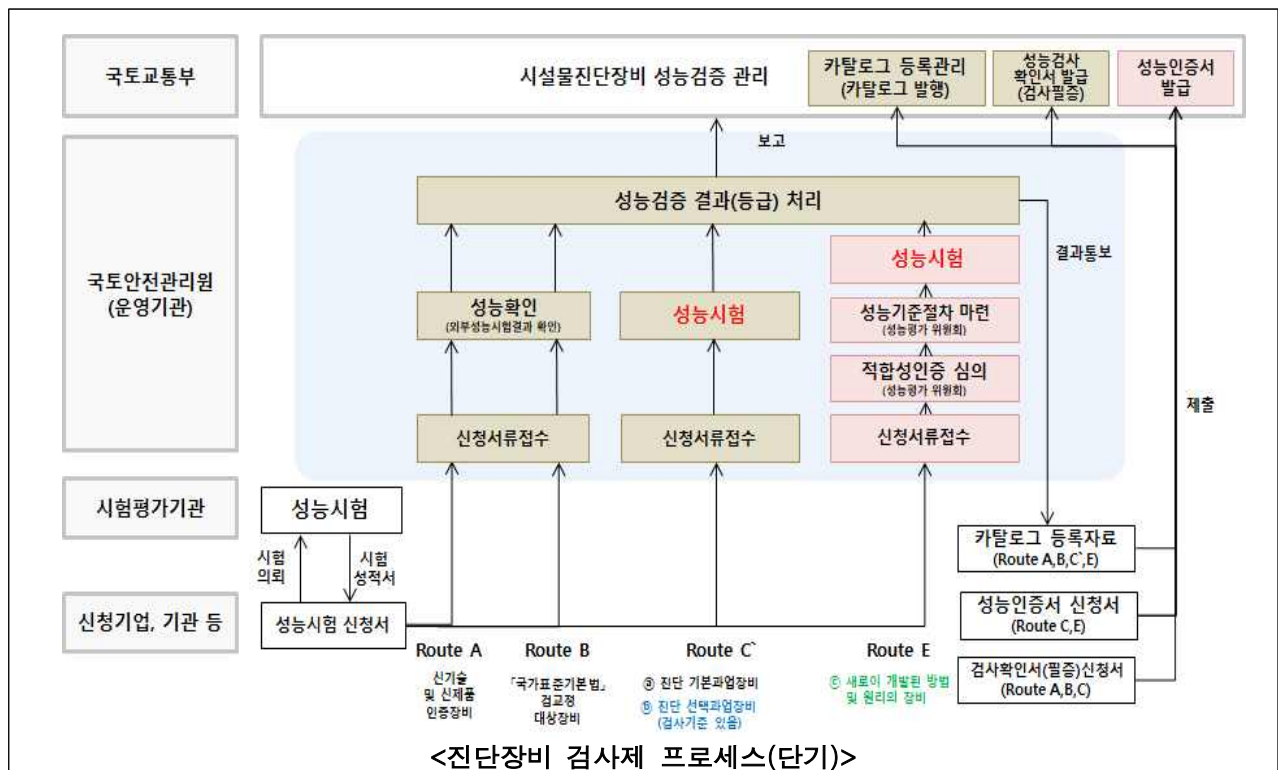
- (루트A) 건설신기술 등 외부시험평가를 받은 장비를 대상으로 함. 이러한 외부시험평가를 받은 장비는 사용 전에 성능확인만을 실시하고, 이에 대한 성능검사확인서를 발급하고 나서 사용할 수 있음. 사용 개시 후에도 외부시험평가 유효기간이 인정되는 기간 동안에는 별도의 검사를 진행하지 않고, 그대로 인정함. 단기 검사제와 동일하게 운영함.
- (루트B) 기존에 존재하고 있는 진단 기본과업장비 가운데 「국가표준기본법」에 기초하여 검교정을 실시하는 장비를 대상으로 함. 「국가표준기본법」에 기초하여 검교정을 실시하는 장비는 사용 전에 성능확인만을 실시하고, 이에 대한 성능검사확인서를 발급하고 나서 사용할 수 있음. 사용 개시부터 2년이 경과된 후에는 성능검사를 받고, 이에 대한 성능검사확인서를 발급받고 나서 사용할 수 있음. 단기 검사제와 동일하게 운영함.
- (루트C) 기존에 존재하고 있는 진단 기본과업장비 가운데 검교정을 실시하지 않는 장비(㉑) 및 진단 선택과업장비(㉒)를 대상으로 함. 성능시험을 실시하여 인증서를 발급하게 되며, n년 경과 후(장비 별로 다름)에는 정도검사를 실시함. 첨단기술을 이용한 모든 장비에서 충분한 데이터와 평가기준이 마련되었기 때문에 동일한 루트C'로 적용됨.
- (루트E) 앞으로 등장할 새로운 방법이나 원리로 개발되어 기존의 방식으로 평가할 수 없는 진단장비(㉓)를 대상으로 함. 사전적합성을 검토하여 형식승인을 진행하며, n년 경과 후(장비 별로 다름)에 정도검사를 실시함.

- 단기 및 중장기적인 제도 발전 전략과 제도별 프로세스는 다음과 같음.

- (단기 검사제-대상 및 범위) 진단 장비 별 성능규격 기준 마련을 위한 전담 연구조직 및 실험데이터, 성능시험 실시를 위한 실험시설 및 장비 등 인프라 등이 구축되어 있지 않은 제도 도입 초기에는 국가표준기본법에 기초한 「검교정 제도」와 건설신기술지정제도 등 「신기술 및 신제품 인증제도」 등 기존 인증제도의 결과를 인정하고, 이 외의 장비(검교정 비대상 장비, 새로이 개발된 방법이나 원리의 진단장비)의 경우 개발자가 제시하는 장비 규격 및 성능에 대한 검증을 실시하여 성능검사 확인서(검사필증) 발급 및 시설물통합정보관리체계(카탈로그 발행)에 등록하여 관리함
- (단기 검사제-절차 및 방법) 성능검사는 외관검사, 구조·기능검사 및 정확도 검사로 구분하여, 장비별로 상이한 성능검사 주기에 따라 실시하며, 현행 검사방법의 세부기준을 적용할 수 없는 새로운 방식의 진단측정 장비는 국토안전관리원이 구조·성능에 대한 기준과 검사방법이 포함된 예비검사기준을 마련(성능검사기준 위원회 운영 등)하여 검사를 실시함



- (중장기 인증제-대상 및 범위) 전담 연구조직 및 실험데이터, 실험시설 및 장비 등 인프라 등이 구축될 것으로 예상되는 제도 중장기 단계에는 국가표준기본법에 기초한 「검교정 제도」와 건설신기술지정제도 등 「신기술 및 신제품 인증제도」 등 기존 인증제도의 결과를 인정하고, 이 외의 장비(검교정 비대상 장비, 새로이 개발된 방법이나 원리의 진단장비)의 경우 국토교통부장관이 고시하는 최소성능기준에 부합하는 성능을 확보하고 있는지 확인하기 위한 성능시험을 실시하여 성능시험 성적서(인증마크) 발급 및 시설물통합정보관리체계(카탈로그 발행)에 등록하여 관리함
- (중장기 인증제-절차 및 방법) 성능시험은 성능인증, 정도검사, 적합성인증으로 구분하여, 장비별로 상이한 성능검사 주기에 따라 실시하며, 현행 검사방법의 세부기준을 적용할 수 없는 새로운 방식의 진단측정 장비는 국토안전관리원이 성능기준의 타당성, 성능시험방법, 성능시험기간, 정도검사방법, 성능시험 및 정도검사의 수수료 등 성능기준(안)을 마련(성능평가 위원회 운영 등)하여 검사를 실시함



○ 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 법령 개정(안)

- 시설물 진단장비 검인증제도 도입을 위해 현 시설물안전법 상 진단측정 장비 관련 조항을 분석하여, 권한 위임 및 업무 위탁, 진단측정 장비 관련 조항 등 제도 운영을 위한 법령 개정(안)을 제시하였음.

現 시설물안전법 상 진단측정 장비 관련 조항

시설물안전법 제28조(안전진단전문기관의 등록 등)

시설물의 안전점검등 또는 성능평가를 대행하려는 자는 기술인력 및 **장비** 등 **대통령령**으로 정하는 분야별 등록기준을 갖추어 시·도지사에게 안전진단전문기관으로 등록을 하여야 한다.

시설물안전법 시행령 제23조(안전진단전문기관의 등록 등)

① 법 제28조제1항에서 "기술인력 및 **장비** 등 대통령령으로 정하는 분야별 등록기준"이란 **별표 11의 등록기준**을 말한다.
 ② 법 제28조제3항에서 "대통령령으로 정하는 등록사항"이란 다음 각 호의 사항을 말한다.
 1. 상호
 2. 대표자
 3. 사무소 소재지
 4. 기술인력
 5. 장비

시설물안전법 시행규칙 제23조(진단측정 장비)

영 제23조 및 영 별표 11에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 갖추어야 할 **진단측정 장비**는 **별표 5와 같다**.

시설물안전법 시행령 [별표 11]

안전진단전문기관의 등록기준(제23조제1항 관련)

구분	토목		건축	종합 분야
	교량 및 터널 비닐분야	수리 분야	건축분야	
1. 자본금	1억 이상			4억 이상
2. 기술인력	가. 토목·건축·안전 전관리(건설안전 기술자격자)분야 의 특급기술인 또는 중급기술인 이상 3명 이상		나. 토목·건축·안전 전관리(건설안전 기술자격자)분야 의 중급기술인 이상 3명 이상	다. 토목·건축·안전 전관리(건설안전 기술자격자)분야 의 초급기술인 이상 11명 이상
	(토목 분야 50% 이상) (건축 분야 또는 건축사 50% 이상)		(토목·건축 분야 각각 25% 이상)	(토목·건축 분야 각각 30% 이상)
3. 장비	국토교통부령으로 정하는 진단측정 장비			

시설물안전법 시행규칙 [별표 5]

진단측정 장비(제23조 관련)

1. 공통
 가. 균열측정기기(7배율 이상이고, 라이브처형일 것)
 나. 반발경도측정기기(조정치를 포함할 것)
 다. 초음파측정기기(초음파 전달시간을 0.1μs까지 분해가 가능할 것)
 라. 철근탐사장비
 마. 철근부식도측정장비(자연전위법 또는 전기저항법으로 측정이 가능할 것)
 바. 염분측정장비

<시설물안전법 상 진단측정 장비 관련 조항>

시설물안전법 제60조(권한의 위임·위탁)

② 이 법에 따른 국토교통부장관의 권한 중 다음 각 호의 권한은 대통령령으로 정하는 바에 따라 **국토안전관리원** 또는 **대통령령으로 정하는 위탁업무를 수행하는 데에 필요한 인력과 장비를 갖춘 기관 및 단체**에 위탁할 수 있다.

1. 제12조제4항에 따른 시설물의 내진성능평가 결과검토 및 내진 보강의 권고
2. 제18조제1항 및 제2항에 따른 정밀안전점검 및 정밀안전진단 실시결과와 평가와 그 평가에 필요한 관련 자료의 제출요구
3. 제19조제1항·제2항·제9항에 따른 안전점검 등의 실시, 그 결과와 안전조치에 필요한 사항의 통보 및 안전 및 유지관리에 관한 교육
4. 제28조제1항에 따른 시설물의 안전점검등 또는 성능평가에 사용되는 **진단측정 장비의 성능검사 및 정보 등록·관리**
4. 제36조제3항에 따른 실적관리 및 실적확인서의 발급
5. 제55조제1항 및 제4항에 따른 시설물통합정보관리체계의 구축·운영 및 이 영 제35조제2항에 따른 시설물 정보의 신뢰성과 객관성 확보를 위한 시설물 정보의 확인·점검
6. 제58조제4항에 따른 중앙시설물사고조사위원회 운영에 관한 사무

시설물안전법 제60조 2항 4목

시설물안전법 시행령 제43조(권한의 위임 및 업무의 위탁)

② 국토교통부장관은 법 제60조제2항에 따라 다음 각 호의 업무를 **국토안전관리원**에 위탁한다.

1. 법 제12조제4항에 따른 시설물의 내진성능평가 결과검토 및 내진 보강의 권고
2. 법 제18조제1항 및 제2항에 따른 정밀안전점검 및 정밀안전진단 실시결과와 평가와 그 평가에 필요한 관련 자료의 제출요구
3. 법 제19조제1항·제2항 및 제9항에 따른 소규모 취약시설의 안전점검 등의 실시, 그 결과와 안전조치에 필요한 사항의 통보 및 안전 및 유지관리에 관한 교육
4. 제28조제1항에 따른 시설물의 안전점검등 또는 성능평가에 사용되는 **진단측정 장비의 성능검사 및 정보 등록·관리**
4. 법 제36조제3항에 따른 실적관리 및 실적확인서의 발급
5. 법 제55조제1항에 따른 시설물통합정보관리체계의 구축·운영 및 이 영 제35조제2항에 따른 시설물 정보의 신뢰성과 객관성 확보를 위한 시설물 정보의 확인·점검
6. 법 제58조제4항에 따른 소규모 취약시설의 안전관리에 관한 정보화시스템의 구축·운영
7. 법 제58조제4항에 따른 중앙시설물사고조사위원회 운영에 관한 사무

시설물안전법 시행령 제43조 2항 4목

<시설물안전법 상 권한 위임 및 업무 위탁 관련조항 추가(안)>

- 진단측정장비 관련조항의 경우 시설물안전법 시행규칙상에 도입 시기별로 검사제(단기) 및 인증제(중장기)에 따른 조항을 구분하여 단계별로 적용 가능한 법령 개정안을 제시하였음.

: 검사제(단기)

: 인증제(중장기)

시설물안전법 시행규칙 제23조(진단측정 장비)

- ① 영 제23조 및 영 별표 11에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 갖추어야 할 **진단측정 장비**는 별표 5와 같다.

시설물안전법 시행규칙 제23조 2항

- ② 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 **국토교통부장관이 실시하는 성능검사에 합격한 장비**를 사용하여야 한다.

- ② 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 **국토교통부장관이 고시하는 최소성능기준에 부합하는 장비**를 사용하여야 한다.

시설물안전법 시행규칙 제23조의2(진단측정 장비 성능검사)

- ① 제23조제2항에 따라 시설물의 안전점검등 또는 성능평가를 할 때 사용하는 진단측정 장비를 제작·조립 또는 수입하는 자(이들로부터 진단측정 장비의 판매위탁을 받은 자를 포함하며, 이하 "진단측정 장비 제작·판매자등"이라 한다)는 다음 각 호의 **성능검사**를 받아야 한다.

1. 형식, 제조번호 이상유무 등 **외관검사**
2. 측정값의 **정확도 검사**
3. 첨단기술 등이 사용되어 새로이 개발되거나 도입하고자 하는 진단측정 장비의 **규격 및 성능 등에 대한 검사**

- ① 제23조제2항에 따라 시설물의 안전점검등 또는 성능평가를 할 때 사용하는 진단측정 장비를 제작·조립 또는 수입하는 자(이들로부터 진단측정 장비의 판매위탁을 받은 자를 포함하며, 이하 "진단측정 장비 제작·판매자등"이라 한다)는 다음 각 호의 **성능시험**을 받아야 한다.

1. 진단측정 장비의 구조·규격 및 성능 등에 대한 **형식승인**
2. 진단측정 장비의 **정도 검사**
3. 첨단기술 등이 사용되어 새로이 개발되거나 도입하고자 하는 진단측정 장비의 측정방법, 원리, 성능, 구조 등에 대한 **적합성인증**

- ② 국토교통부장관은 **국토안전관리원**과 「국가표준기본법」 제23조제2항에 따라 인정을 받은 시험·검사기관으로 하여금 성능시험을 대행하게 할 수 있다.

- ③ 성능시험의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 국토교통부 고시 「**진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 규정**」으로 정한다.

- ② 국토교통부장관은 **국토안전관리원**과 「국가표준기본법」 제23조제2항에 따라 인정을 받은 시험·검사기관으로 하여금 성능시험을 대행하게 할 수 있다.

- ③ 성능시험의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 국토교통부 고시 「**진단측정 장비의 성능시험 및 적합성인증 기준에 관한 규정**」으로 정한다.

시설물안전법 시행규칙 제23조의3(진단측정 장비 정보의 등록 및 관리)

인증제(중장기) 동일

- ① 진단측정 장비 제작·판매자등이 진단측정 장비를 판매하는 경우에는 규정 별지 제4호 서식의 진단측정 장비 등록 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

1. 제작·판매 진단측정 장비의 **규격 및 성능 관련 정보**
2. 규칙 제23조의2 규정에 의한 **진단측정장비 성능검사 결과**
- ② 국토교통부장관은 제출받은 정보에 근거하여, **진단측정 장비 규격 및 성능기준 안내문(카탈로그)**을 발행하여 공개하여야 한다.
- ③ 국토교통부장관은 제1항에 따라 제출받은 **진단측정장비 규격 및 성능 관련 정보를 관리**하여야 하며, 안전진단전문기관이나 유지관리업자가 신청을 하는 경우에는 **확인서를 발급**할 수 있다.
- ④ 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 규정 별지 제5호 서식의 **진단측정 장비 관리 신청서**를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 **시설물통합정보관리체계에 등록**해야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

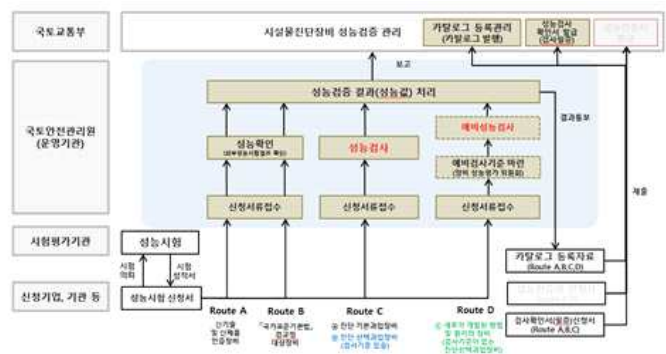
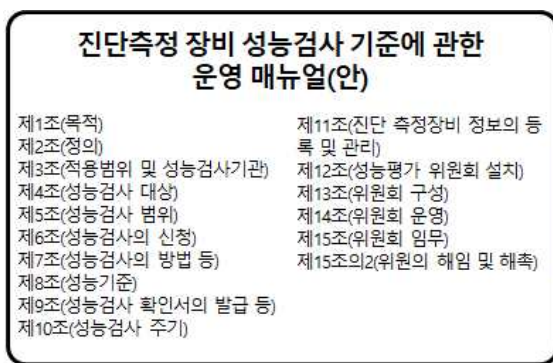
1. 제조일 등 **사용 진단측정 장비의 제품정보**
2. **안전점검 및 진단업무 사용 이력**

<시설물안전법 시행규칙 상 진단측정 장비 관련 조항 추가(안)>

○ 「진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 운영 매뉴얼」(안) 세부내용 및 해설

- 진단장비 검사제(단기) 체계도를 반영하여, 제도 운영을 위한 성능검사 대상 및 범위, 절차 및 방법, 진단측정 장비 정보의 관리, 성능평가 위원회 설치 및 운영에 관한 내용들을 규정하고 있는 「진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 운영 매뉴얼」(안)을 제시하였음.

- (제1조~제2조) 운영 매뉴얼의 목적과 정의를 정리하였음.
- (제3조~제5조) 운영 매뉴얼이 적용되는 범위 및 성능검사기관, 성능검사 대상을 정리함.
- (제6조~제10조) 성능검사의 신청, 방법 및 프로세스, 성능기준, 확인서 발급 및 주기에 대하여 정리함.
- (제11조) 성능검사 결과에 따른 정보의 등록 및 관리
- (제12조~제15조) 성능평가 위원회에 관한 내용을 정리함.



- 「진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 규정」(안) ‘제1장 총칙’의 세부내용 및 해설은 다음과 같음.



- 「진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 규정」(안) '제2장 성능검사 대상 및 범위 등'의 세부내용 및 해설은 다음과 같음.



(제2장 성능검사 대상 및 범위 등) 주요 조항

제4조(성능검사 대상)

- ① 이 규정에 따른 성능검사 대상은 시설물 안전점검 및 정밀안전진단에 사용되는 진단측정 장비로서 다음 각 호와 같다.
1. 시설물 진단측정 기본 장비
 2. 시설물 진단측정 선택과업 장비
- ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 성능검사를 생략할 수 있다.
1. 한국인정기구(KOLAS)에서 인정한 시험기관, 교정기관, 검사기관에서 성능검사를 받은 진단측정 장비
 2. 국토지리정보원 고시 제2018-4328호 「측량기기 성능검사 규정」에 따라 성능검사를 받은 진단측정 장비
 3. 다른 법령에 따른 **신기술인증** 등을 받은 제품으로서 국가기관 소속 시험기관이 해당제품에 대하여 성능검사를 하고 발급한 제품성능검사 성적서(발급일부터 3년이 지나지 아니한 것만 해당한다)가 있는 경우
 4. 기타 국내 또는 국외에서 성능검사를 완료한 진단측정 장비로서 성능검사 시험성적서를 제출하여 성능검사 대행기관에서 동 기준의 검사 방법보다 동등 이상의 기준으로 성능검사를 완료하였다고 인정받은 경우

시설물 진단측정 기본 장비

시설물종합관리시스템(FMS)상의 진단장비



시설물 진단측정 선택과업 장비

드론, 자율주행장치 등 4차산업혁명 기술이 융복합된 진단장비



<단기 검사제 운영 매뉴얼 제2장 주요 내용1>

제5조(성능검사 범위)

- ① 성능검사의 범위는 규칙 제23조의2제1항 각 호에서 규정하고 있는 **외관검사, 측정값의 정확도검사와 구조·기능검사**를 포함한다.
- ② "**외관검사**"는 생산된 진단측정 장비의 사용 전 단계에서 제조사가 제시한 사양에 맞게 생산·제작·가공되었는지, 그리고 진단측정 장비 사용 중 지속적인 사용에 지장을 초래하거나, 초래할 가능성이 있는 결함 유무를 검사하는 것을 말한다.
- ③ "**정확도검사**"는 사용한 진단측정 장비의 **정밀도와 오차율** 등으로 판단할 수 있으며, 장비에 나타나는 측정값이 정확한 지를 검사하는 것을 말한다.
- ④ "**구조·기능검사**"는 진단측정 장비의 케이블, 전원부 등의 이상 유무를 확인하는 것을 말한다.

각 항목별 시험방식 및 평가항목 등

외관검사

1. 깨짐, 흠집, 부식, 구부러짐, 도금 및 도장 부분의 손상
2. 형식 및 제조번호의 이상 유무
3. 눈금선 및 디지털표시부의 손상

정확도검사

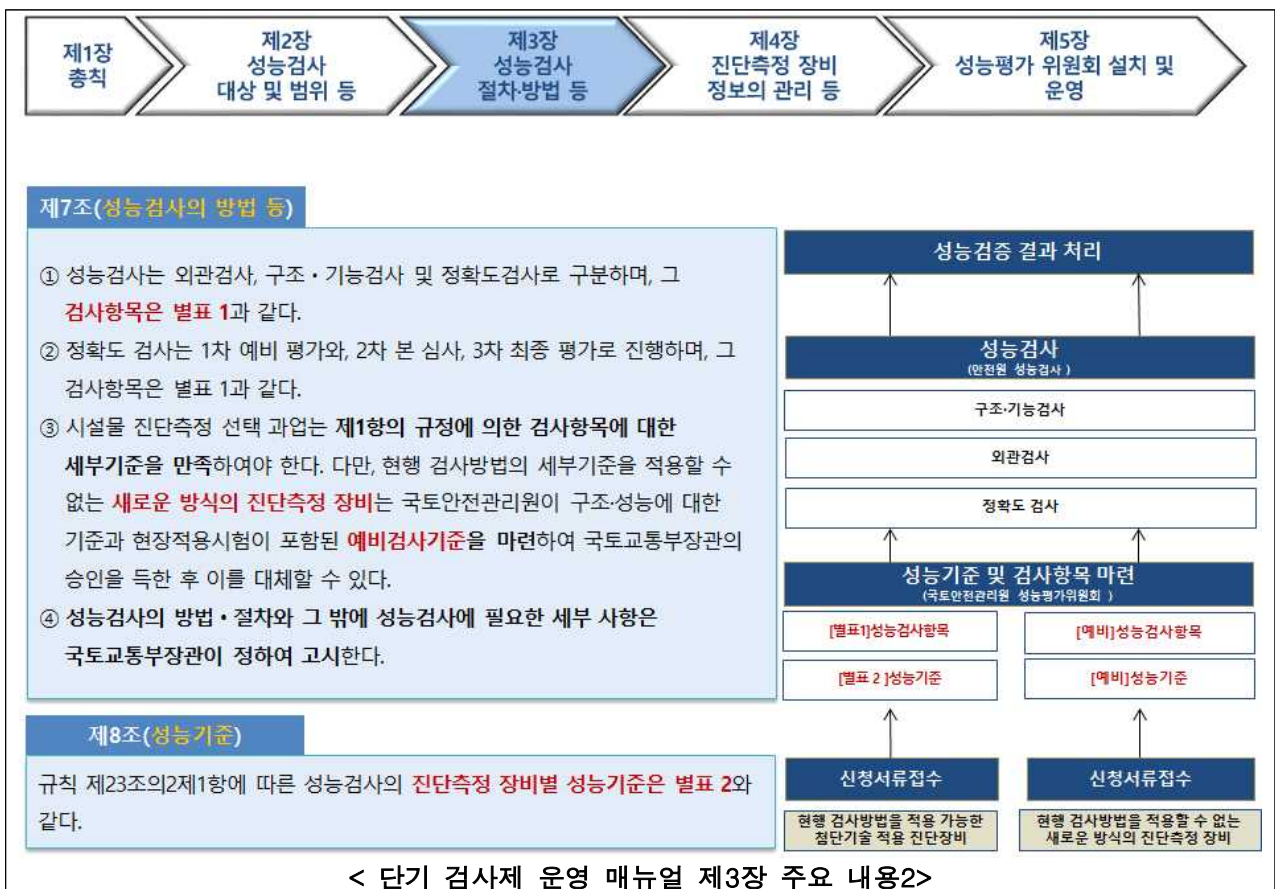
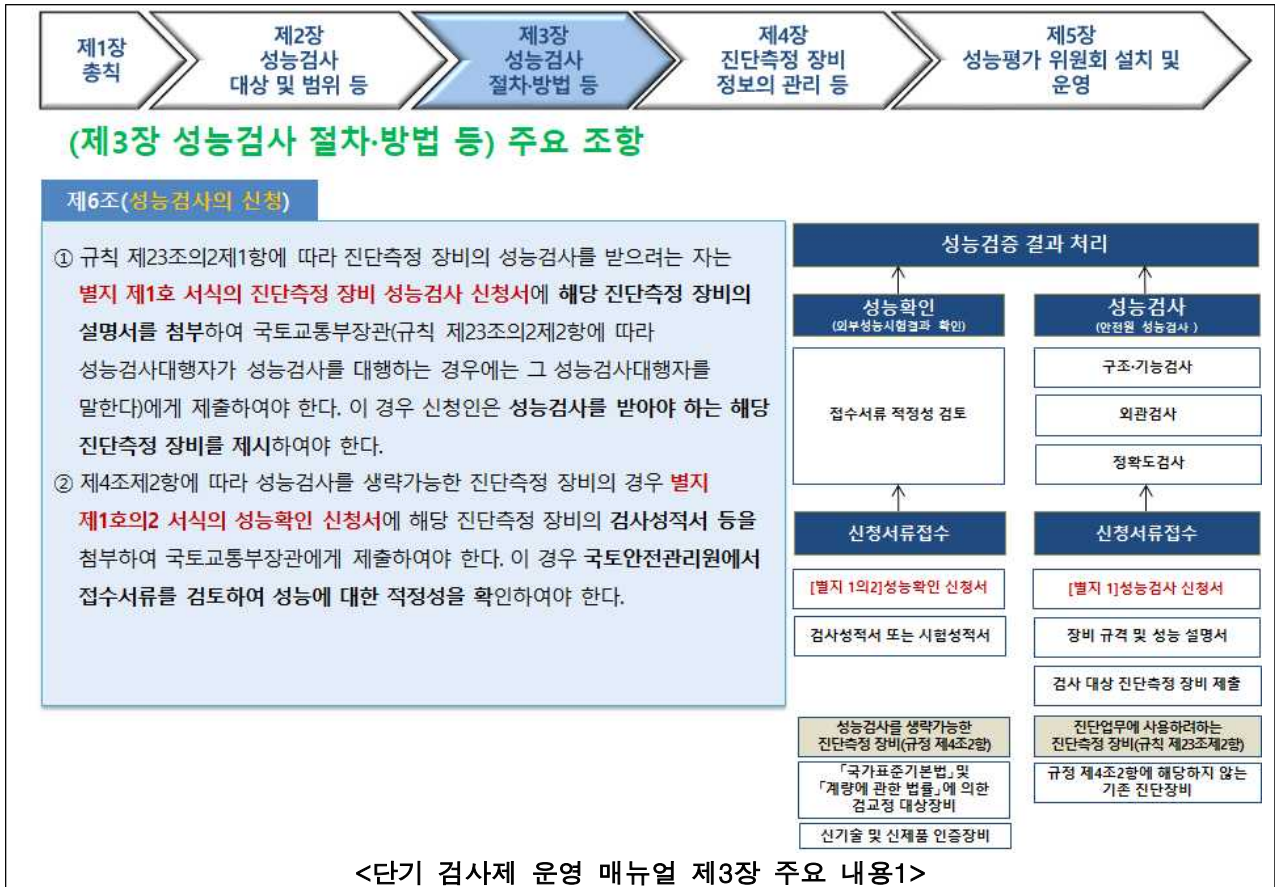
1. 습도, 온도, 살수, 충격 등 외기조건 상에 안정적인 데이터값 확인

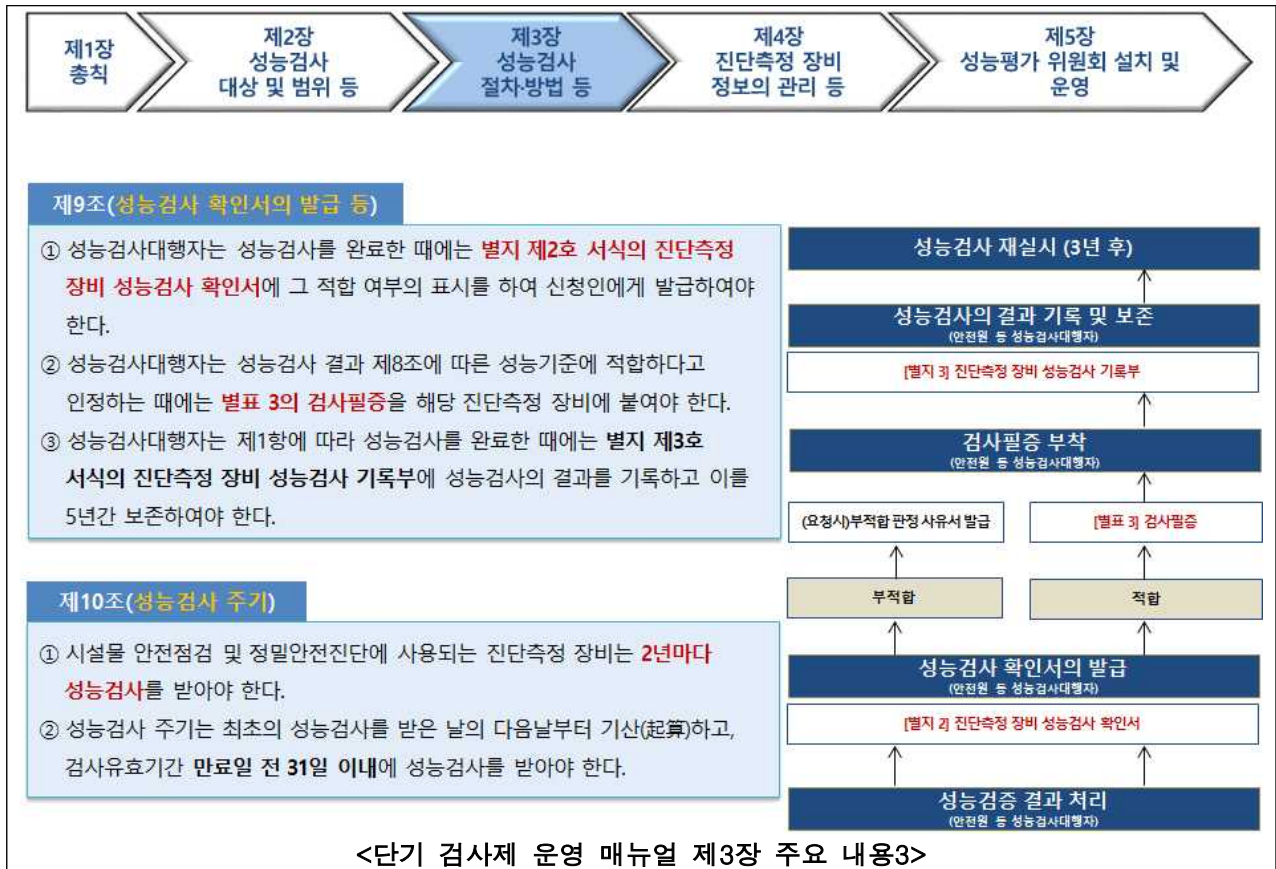
구조·기능검사

1. 진단장비 작동상태, 케이블, 데이터 전송장치, 전원부 등의 이상 유무
2. 진단측정 장비 제조사가 제시하는 성능사양을 확인

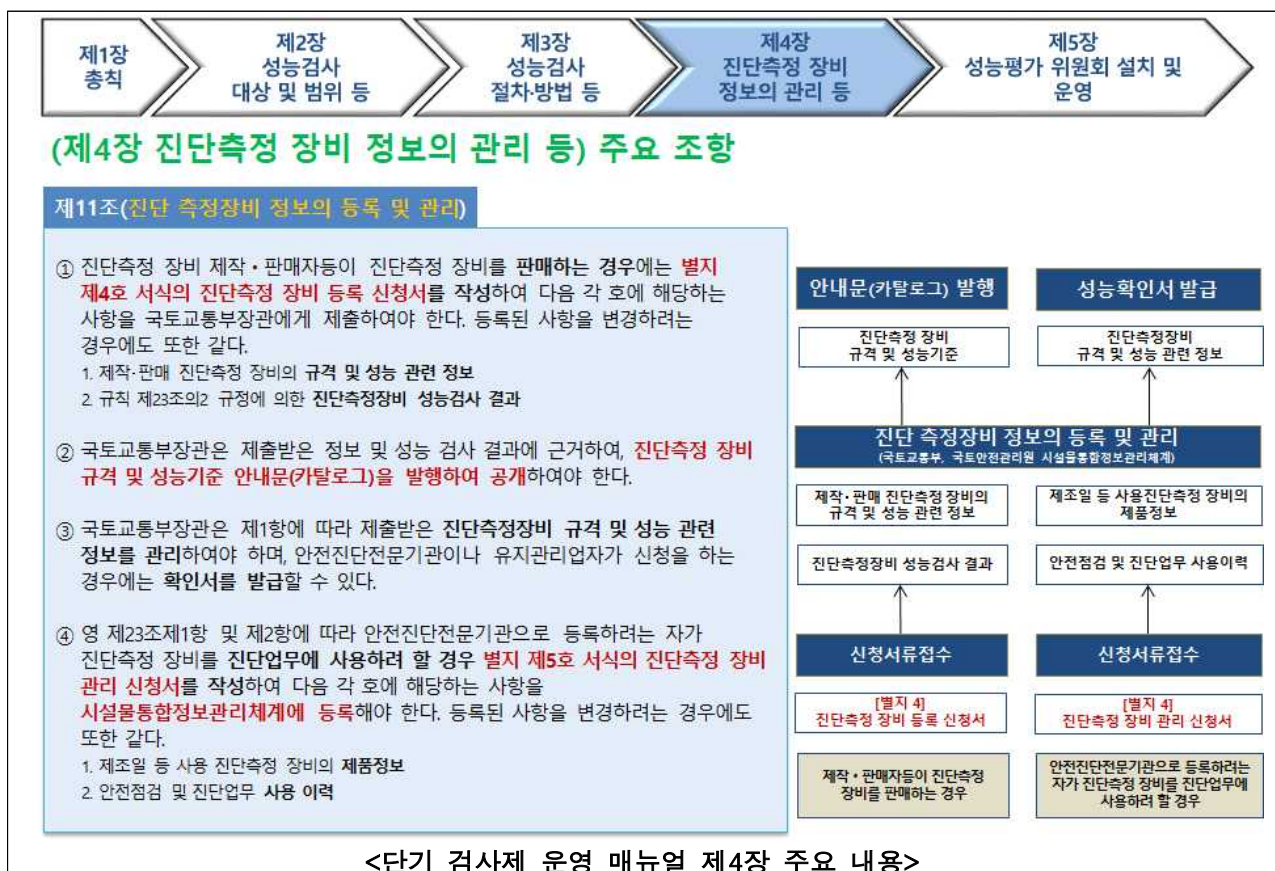
<단기 검사제 운영 매뉴얼 제2장 주요 내용2>

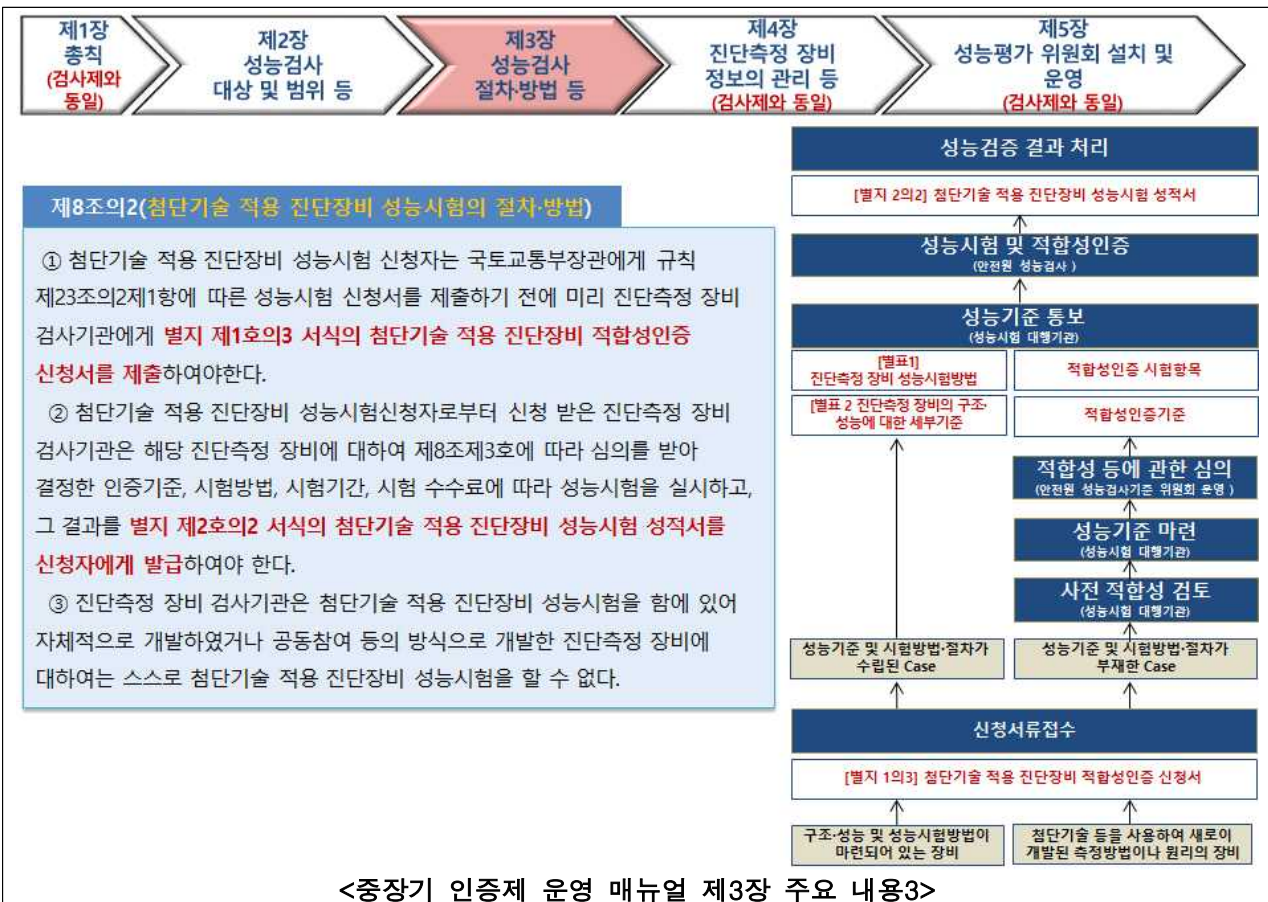
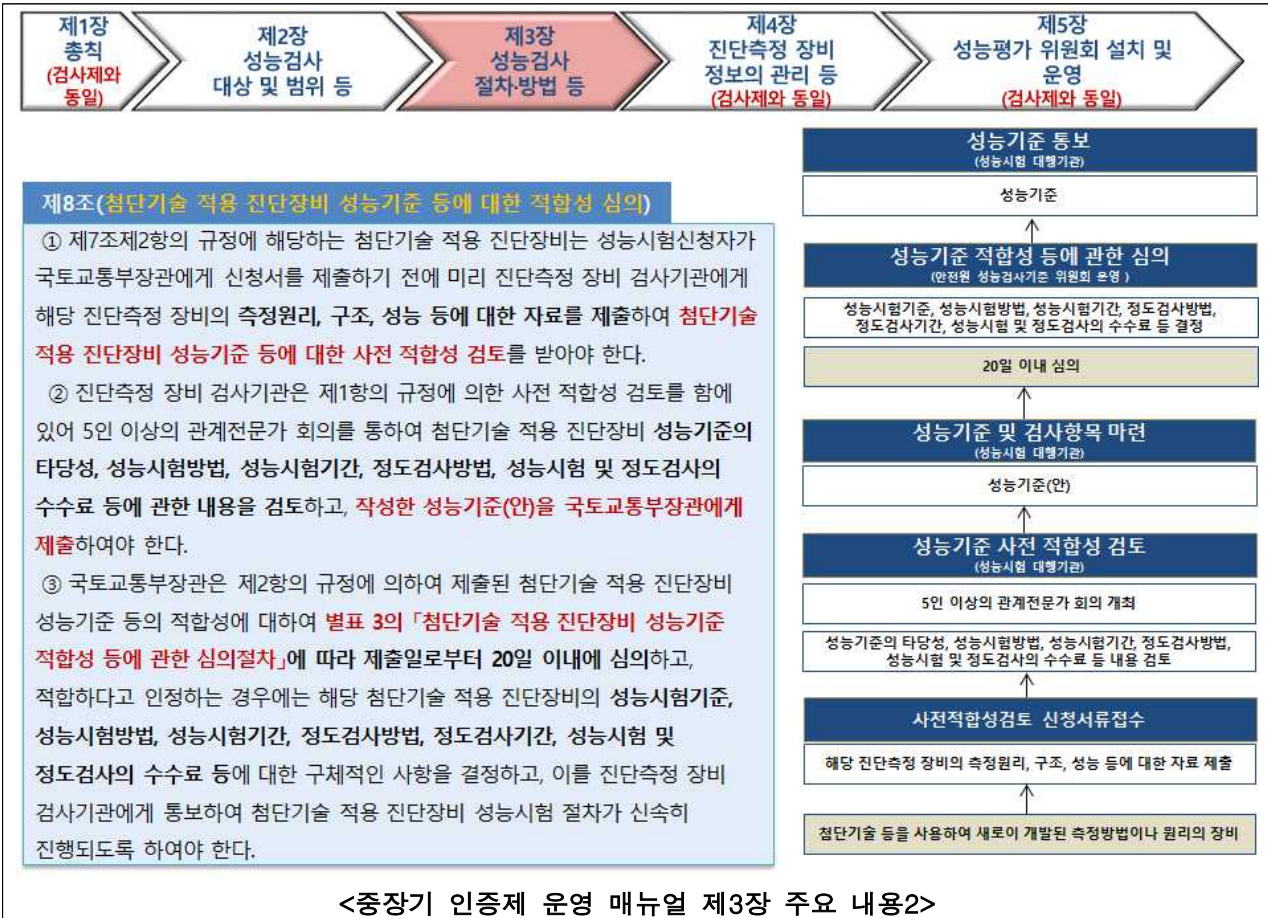
- 「진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 규정」(안) '제3장 성능검사 절차·방법 등'의 세부내용 및 해설은 다음과 같음.



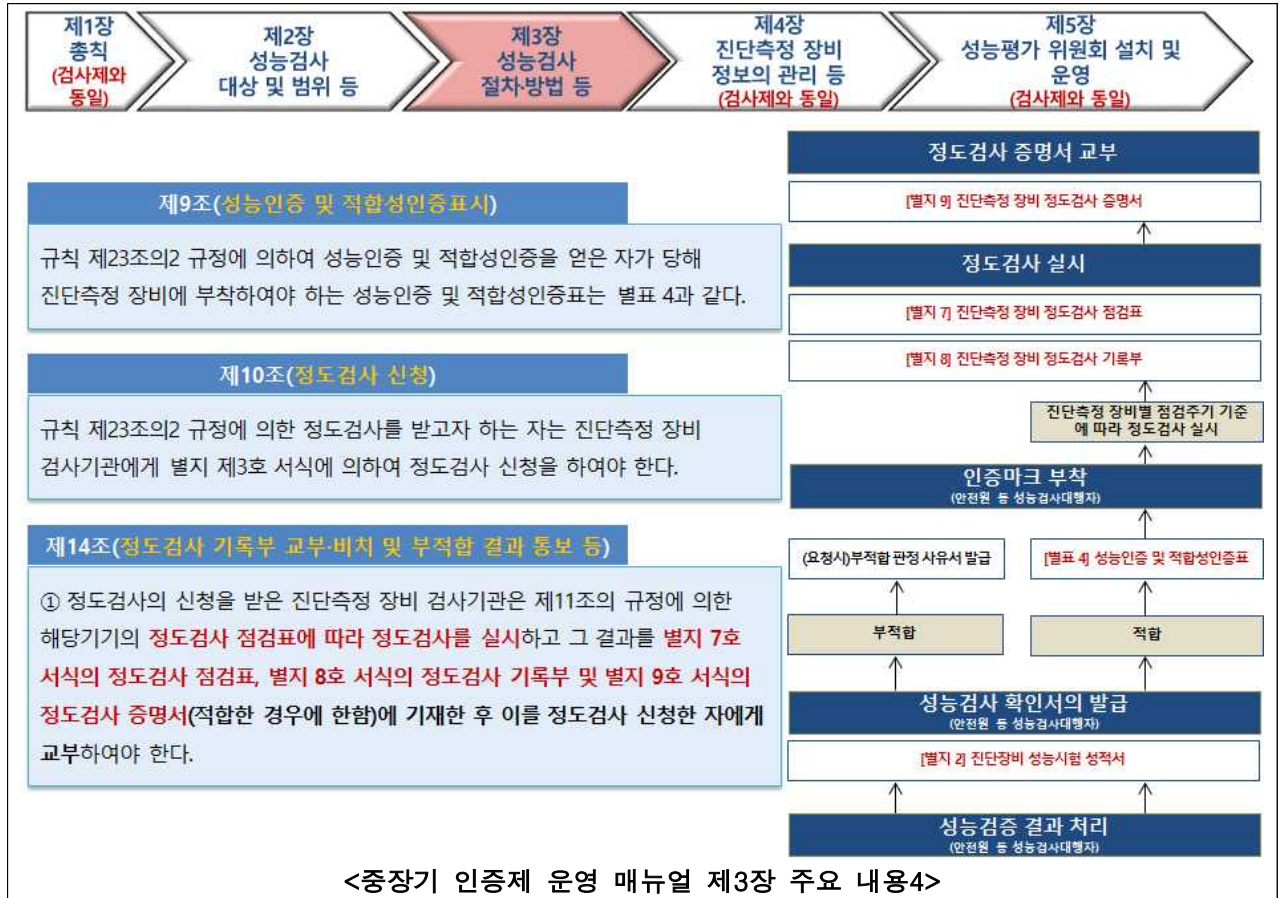


- 「진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 규정」(안) ‘제4장 진단측정 장비 정보의 관리 등’의 세부내용 및 해설은 다음과 같음.





- 「진단측정 장비 성능시험 및 적합성인증 기준에 관한 운영 매뉴얼」(안) ‘제3장 성능시험 절차·방법 등’에서 n년 경과 후에 적용되는 정도검사에 대한 내용 및 해설은 다음과 같음.



(2) 성능평가 체계 고도화 로드맵 작성

○ 검인증 제도 단기 및 중장기 로드맵

- 앞에서 수립한 「시설물 진단측정 장비 성능검사제도」 발전전략에 따라 외부 전문가 및 자문위원 의견을 조사하여 중점 분야별 추진과제 아이디어를 도출하였으며, 취합된 의견을 「제도 및 운영기반」, 「조직 및 인프라」, 「인증기준 및 실증시설」 분야별로 정리 및 고도화하여 세부 추진과제를 수립하였음.



<검인증 제도 단기 및 중장기 로드맵>

○ 진단장비 성능평가를 위한 단계별 조직·인력·시설·장비 구축안 제시

- (개요)진단장비 성능평가센터(가칭)의 조직·인력 구성은 센터의 발전 방향을 3단계로 구분하여 구성함.
 - 진단장비 성능평가센터는 진단장비 인증제도의 효과적인 수행을 통한 진단장비의 정확성 및 신뢰성 확보, 더 나아가 시설물 안전 및 유지관리 산업의 발전 선도를 궁극적 목표로 함.
 - 이를 위하여 진단장비 성능평가센터의 안정적 정착을 위한 단계적 설립을 제시하며, 각 단계별 필요사항을 검토함.
 - 진단장비 성능평가센터의 구축안 제시를 위해서는 기관을 설립하기 위한 법적 근거의 탐색 및 수립 방안 조사가 필요함. 또한 법적 근거의 마련을 통한 자원조달, 위치선정, 시설 및 장비와의 연계방안 등과 같은 요건의 명확한 설정이 요구됨.
- (단계별 구축안)진단장비 성능평가센터는 설립 단계로 도입단계(법적 근거 확보, 진단장비 성능평가센터 구축설계 방안 마련, 예산 확보), 발전단계(국토안전관리원 인증센터 인프라 구축 후 대행기관 지정하여 위탁 운영), 그리고 고도화단계(대상 진단장비 확대 및 성능시험·정도검사체계 일원화)를 거치게 됨.
 - 1단계(도입단계) : 검사제(단기) 상의 성능검사체계 내에서 최소한의 조직 및 인력 등을 구성하는 단계로 진단장비 성능평가센터 설립을 위한 법적 근거 확보, 구축설계 방안 마련, 인증센터 설립을 위한 예산 확보 등의 절차가 필요함. 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 개정을 통해 인증시험업무를 전담할 수 있는 진단장비 성능평가센터 설립을 위한 법적 근거를 마련하고, 인증센터 설계를 위한 예산 확보가 이루어져야 함.

진단장비 성능평가센터가 국토안전관리원의 내부 조직으로 초기 운영하기 위해서는 성능검사 업무를 위한 전문 인력의 충원이 필요함. 현재 국토안전관리원에는 성능검사 업무를 담당할 수 있는 전문 인력이 부족하기 때문에 우선적으로 조직을 구성하여, 진단장비 성능검사 및 향후 성능시험을 위한 시설 구축, 인력 확보 등을 위한 초기 업무를 수행함.

- 2단계(발전단계) : 실험 데이터 축적을 통한 성능기준 개발, 성능시험 등에 필요한 시설, 장비 및 설비 등을 구축하는 단계로 독립적인 기관으로 설립을 위한 기초적 요건의 확보가 용이하지 않기 때문에 국토교통부에서 인증센터 인프라 구축 후 대행기관을 지정하여 위탁운영하고, 성능시험 업무 수행 등 체계를 갖추는데 주력함. 진단장비 성능평가센터의 운영비용, 인력충원 및 운영방안은 성능시험 수요 전망 및 기술연구 등은 시설물 진단산업의 고유 여건에 따라 결정됨
실질적으로 국토안전관리원의 정원을 늘려 인증센터를 국토부 직영으로 운영하기는 힘들 것으로 예상되므로 개설 초기부터 인증센터 업무를 분담할 대행기관을 지정하여 위탁운영하는 방안을 적극 검토함. 인증센터 위탁운영 시 정책기획, 예산, 연구개발 관리, 관련규정 제·개정, 대행기관관리 등 행정지원 업무 담당자를 국토안전관리원에 증원하여 충원함.
- 3단계(고도화단계) : 인증제(중장기) 상의 성능시험체계 고도화를 위한 수행주체 및 운영체계를 확립하는 단계로 진단장비 성능평가센터가 고도화 단계에 진입하여 진단장비 성능시험제도가 정착되면 대상 진단장비를 확대하고 성능인증을 위한 시험, 기술개발, 관리, 감독업무, 시설물 유지관리 산업 발전을 위한 추가 지원업무 등을 수행함. 진단장비 성능평가센터의 지속가능한 운영을 위해서는 분야별 전문인력 충원 및 시설·장비 연계 활용방안 도출이 필요함.
인증센터는 성능시험 업무와 함께 성능시험 기술·연구, 표준화 개발·인증 등 다양한 업무가 수행되며, 이에 필요한 인력의 인건비가 운영비의 상당부분을 차지할 것으로 전망됨.

<진단장비 성능평가센터 설립단계별 필요사항>

단계		필요사항
1단계 (도입단계)	법적 근거 마련	• 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 개정을 통해 인증시험업무를 전담할 수 있는 진단장비 성능평가센터 설립을 위한 법적 근거를 마련
	재정 확보 방안 마련	• 인증센터 설계를 통해 정확한 필요 예산을 산출할 수 있음. 설계비를 차년도 예산으로 확보하여, 인증센터 구축을 위한 기반을 마련
	위치선정	• 진단장비 인증센터 부지는 수요자 접근성, 조직 확장성, 기존 인프라 활용, 직원 편의성 등을 종합적으로 고려하여 현재 국토안전관리원이 소유한 부지 일대를 고려
	초기 TF팀 구성·운영	• 현재 국토안전관리원에는 성능검사 및 시험 업무를 담당할 수 있는 전문 인력이 부족하기 때문에 우선적으로 조직을 구성하여, 형식승인 시험을 위한 시설 구축, 인력 확보 등을 위한 초기 업무를 수행
2단계 (발전단계)	법적 근거 마련	• 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 시행령과 시행규칙, 관련 고시를 개정하여 성능시험을 위한 시험표준·규격, 기술기준(성능시험 대상 진단장비 종류, 시험방법, 기준치 등), 보유설비 등을 명시해야 함
	대행기관 지정 위탁운영	• 국토안전관리원이 인증센터 인프라 구축 후 대행기관을 지정하여 위탁운영하고 위탁기관을 관리할 전담직원을 충원함.
3단계 (고도화단계)	재정지원 및 전문인력 충원 방안 마련	• 성능시험 업무와 함께 성능시험 기술·연구, 표준화 개발·인증 등 다양한 업무를 수행하며, 성능인증 수요 전망, 인증센터 운영을 위한 비용 분석을 통해 중장기적 수익 모델을 산출하고 필요한 정부의 재정지원 도출함

- (조직 및 인력)진단장비 성능평가센터의 조직은 검인증제도 운영을 위한 구성요소인 「① 인증업무 수행 및 인증위원회 구성, 「② 인증 관련 연구 수행 및 인증기준 수립, 「③ 성능실험 수행 및 실험데이터 축적」의 3가지 항목을 고려하여, 「검사시험팀, 「운영지원팀, 「기준개발팀, 「데이터 관리팀, 「성능연구팀」 등 5개의 팀으로 구성하였으며, 각 팀에서 수행하는 업무범위와 적용단계는 다음과 같음.

<진단장비 성능평가센터 조직인력 구성안>

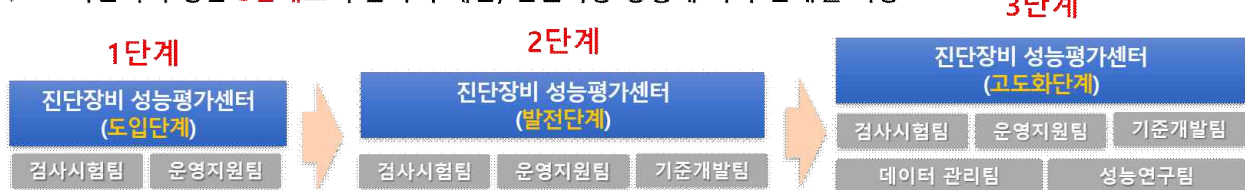
팀명	업무범위	적용단계
검사시험팀	- 성능검사 및 성능시험 수행 - 진단장비 검사·시험 시설 및 장비 관리 - 진단장비 구조·성능 기준 및 성능시험방법 조사 및 운용 - 진단장비 성능검사 결과 기록 및 관리	1단계 (도입단계)
운영지원팀	- 검인증 신청서 접수 및 타기관 성적서 확인 - 검사필증(인증서) 발급 및 시설물통합정보관리체계(FMS) 이력 관리 - 진단측정장비 규격 및 성능기준 안내문(카달로그) 발행 - 인증위원회 구성 및 운영 업무	1단계 (도입단계)
기준개발팀	- 첨단 시설물 진단장비 대상 인증기준 개발 R&D 수행 - 국내 분야별 인증, 검사, 연구기관(KTL, KCL 등)과 연구성과 및 실험 DB공유 등 상호협력체계 구축 - 연구개발을 통해 개발된 인증기준 교육 및 홍보 실시	2단계 (발전단계)
데이터 관리팀	- 체계적인 실험데이터 축적을 위한 제품별 성능규격 DB 분류체계 수립 - 장기적 DB 축적 및 활용계획 수립(수행주체, 대상, 기간, 절차, 예산 등) - 성능 그룹별 시험항목 개발 및 DB 연계방안 마련	3단계 (고도화단계)
성능연구팀	- 첨단 시설물 진단장비 대상 성능실험 및 실험결과 데이터 축적 - 진단장비 특성 및 작업환경을 반영한 맞춤형 인증기준 연구개발 - 국외 기준과 상호호환성 검토 및 국가표준화 지원 - 인증담당자 대상 공청회 및 간담회 실시를 통한 피드백 반영	3단계 (고도화단계)

- 조직인력 구성은 예산, 인원확충의 상황에 따라 각 상기에 보여지는 단계별로 다음과 같이 구성됨.
- 1단계(도입단계) : 검사시험팀, 운영지원팀
 - 2단계(발전단계) : 검사시험팀, 운영지원팀, 기준개발팀
 - 3단계(고도화단계) : 검사시험팀, 운영지원팀, 기준개발팀, 데이터 관리팀, 성능연구팀

◆ 검인증제도 운영 구성요소 3가지 항목을 고려하여, 5개의 팀으로 구성



◆ 조직인력 구성은 3단계로 구분하여 예산, 인원확충 상황에 따라 단계별 적용



<진단장비 성능평가센터 조직인력 구성계획>

- (시설 및 장비)시설·장비는 조직·인력구성과 같이 센터의 향후 성장 단계별로 전략을 적용하여 구축함.

- 1단계(도입단계): 검사제(단기) 상의 성능검사체계 내에서 최소한의 성능검사를 위한 시설 및 장비 구축
- 2단계(발전단계): 검인증 대상제품의 수요예측에 따른 센터의 검사시험 시설 및 장비 확장
- 3단계(고도화단계): 인증제(중장기) 상의 성능시험체계 고도화를 위한 첨단장비 성능기준 및 시험방법 개발체계 마련 등 효율적인 인증제도 운영이 가능한 인프라 구축

진단장비 성능평가센터 (도입단계)			진단장비 성능평가센터 (발전단계)				진단장비 성능평가센터 (고도화단계)			
최소한의 시설 및 장비 구축			수요예측에 따른 시설 및 장비 확장				효율적인 운영이 가능한 인프라 구축			
검인증대상 진단장비 목록: 30개 내외			검인증대상 진단장비 목록: 50개 내외				검인증대상 진단장비 목록: 100개 이상			
구분	면적	수용인원대수	구분	면적	개수	수용인원대수	구분	면적	개수	수용인원대수
시험검사실	54m ²	5대	시험검사실	120m ²	3	5대	시험검사실	54m ²	5	5대
제품보관실	119m ²	20개	제품보관실	119m ²	4	20개	제품보관실	119m ²	10	20개
장비관리실	54m ²	10개	장비관리실	54m ²	2	10개	장비관리실	54m ²	2	10개
창고	54m ²	10개	창고	54m ²	2	10개	창고	54m ²	2	10개
⋮	⋮	⋮	야외시험장	545m ²		5개	야외시험장	1757m ²		15개
구분	수량		구분	수량		구분	수량		수량	
구조기능검사장비	5대		성능시험장비	10대		성능시험장비	20대		20대	
정확도 검사장비	10대		정도검사 장비	20대		정도검사 장비	40대		40대	

<진단장비 성능평가센터 단계별 시설/장비 구축(안)>

4) 부록

부록 1. 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 법령 추가안 (단기 : 검사제)

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 추가(안)

제60조(권한의 위임·위탁) ② 이 법에 따른 국토교통부장관의 권한 중 다음 각 호의 권한은 대통령령으로 정하는 바에 따라 국토안전관리원 또는 대통령령으로 정하는 위탁업무를 수행하는 데에 필요한 인력과 장비를 갖춘 기관 및 단체에 위탁할 수 있다.

4. 제28조제1항에 따른 시설물의 안전점검등 또는 성능평가에 사용되는 진단측정 장비의 성능검사 및 정보 등록·관리

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 추가(안)

제43조(권한의 위임 및 업무의 위탁) ② 국토교통부장관은 법 제60조제2항에 따라 다음 각 호의 업무를 국토안전관리원에 위탁한다.

4. 법 제28조제1항에 따른 시설물의 안전점검등 또는 성능평가에 사용되는 진단측정 장비의 성능검사 및 정보 등록·관리

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행규칙 추가(안)

제23조(진단측정 장비) ① 영 제23조 및 영 별표 11에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 갖추어야 할 진단측정 장비는 별표 5와 같다.

② 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 국토교통부장관이 실시하는 성능검사에 합격한 장비를 사용하여야 한다.

제23조의2(진단측정 장비 성능검사) ① 제23조제2항에 따라 시설물의 안전점검등 또는 성능평가를 할 때 사용하는 진단측정 장비를 제작·조립 또는 수입하는 자(이들로부터 진단측정 장비의 판매위탁을 받은 자를 포함하며, 이하 “진단측정 장비 제작·판매자등”이라 한다)는 다음 각 호의 성능검사를 받아야 한다.

1. 형식, 제조번호 이상유무 등 외관검사

2. 측정값의 정확도 검사

3. 첨단기술 등이 사용되어 새로이 개발되거나 도입하고자 하는 진단측정 장비의 규격 및 성능 등에 대한 검사

② 국토교통부장관은 국토안전관리원과 「국가표준기본법」 제23조제2항에 따라 인정을 받은 시험·검사기관으로 하여금 성능시험을 대행하게 할 수 있다.

③ 성능시험의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 국토교통부 고시 「진단측정 장비의 성능검사 기준에 관한 규정」으로 정한다.

제23조의3(진단측정 장비 정보의 등록 및 관리) ① 진단측정 장비 제작·판매자등이 진단측정 장비를 판매하는 경우에는 규정 별지 제4호 서식의 진단측정 장비 등록 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

1. 제작·판매 진단측정 장비의 규격 및 성능 관련 정보

2. 규칙 제23조의2 규정에 의한 진단측정 장비 성능검사 결과

② 국토교통부장관은 제출받은 정보에 근거하여, 진단측정 장비 규격 및 성능기준 안내문(카탈로그)을 발행하여 공개하여야 한다.

③ 국토교통부장관은 제1항에 따라 제출받은 진단측정장비 규격 및 성능 관련 정보를 관리하여야 하며, 안전진단전문기관이나 유지관리업자가 신청을 하는 경우에는 확인서를 발급할 수 있다.

④ 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 규정 별지 제5호 서식의 진단측정 장비 관리 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 시설물통합정보관리 체계에 등록해야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

1. 제조일 등 사용 진단측정 장비의 제품정보

2. 안전점검 및 진단업무 사용 이력

부록 2. 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 법령 추가안(중장기 : 인증제)

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 추가(안)

제60조(권한의 위임·위탁) ② 이 법에 따른 국토교통부장관의 권한 중 다음 각 호의 권한은 대통령령으로 정하는 바에 따라 국토안전관리원 또는 대통령령으로 정하는 위탁업무를 수행하는 데에 필요한 인력과 장비를 갖춘 기관 및 단체에 위탁할 수 있다.

4. 제28조제1항에 따른 시설물의 안전점검등 또는 성능평가에 사용되는 진단측정 장비의 성능시험 및 정보 등록·관리

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 추가(안)

제43조(권한의 위임 및 업무의 위탁) ② 국토교통부장관은 법 제60조제2항에 따라 다음 각 호의 업무를 국토안전관리원에 위탁한다.

4. 법 제28조제1항에 따른 시설물의 안전점검등 또는 성능평가에 사용되는 진단측정 장비의 성능시험 및 정보 등록·관리

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행규칙 추가(안)

제23조(진단측정 장비) ① 영 제23조 및 영 별표 11에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 갖추어야 할 진단측정 장비는 별표 5와 같다.

② 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록된 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 국토교통부장관이 고시하는 최소성능기준에 부합하는 장비를 사용하여야 한다.

제23조의2(진단측정 장비 성능시험) ① 제23조제2항에 따라 시설물의 안전점검등 또는 성능평가를 할 때 사용하는 진단측정 장비를 제작·조립 또는 수입하는 자(이들로부터 진단측정 장비의 판매위탁을 받은 자를 포함하며, 이하 “진단측정 장비 제작·판매자등”이라 한다)는 다음 각 호의 성능시험을 받아야 한다.

1. 진단측정 장비의 구조·규격 및 성능 등에 대한 성능인증
 2. 진단측정 장비의 정도 검사
 3. 첨단기술 등이 사용되어 새로이 개발되거나 도입하고자 하는 진단측정 장비의 측정방법, 원리, 성능, 구조 등에 대한 적합성인증
- ② 국토교통부장관은 국토안전관리원과 「국가표준기본법」 제23조제2항에 따라 인정을 받은 시험·검사기관으로 하여금 성능시험을 대행하게 할 수 있다.
- ③ 성능시험의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 국토교통부 고시 「진단측정 장비의 성능시험 및 적합성인증 기준에 관한 규정」으로 정한다.

제23조의3(진단측정 장비 정보의 등록 및 관리) ① 진단측정 장비 제작·판매자등이 진단측정 장비를 판매하는 경우에는 규정 별지 제5호 서식의 진단측정 장비 등록 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

1. 제작·판매 진단측정 장비의 규격 및 성능 관련 정보
 2. 규칙 제23조의2 규정에 의한 진단측정 장비 성능시험 결과
- ② 국토교통부장관은 제출받은 정보에 근거하여, 진단측정 장비 규격 및 성능기준 안내문(카탈로그)을 발행하여 공개하여야 한다.
- ③ 국토교통부장관은 제1항에 따라 제출받은 진단측정장비 규격 및 성능 관련 정보를 관리하여야 하며, 안전진단전문기관이나 유지관리업자가 신청을 하는 경우에는 확인서를 발급할 수 있다.
- ④ 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 규정 별지 제6서식의 진단측정 장비 관리 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 시설물통합정보관리체계에 등록해야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.
1. 제조일 등 사용 진단측정 장비의 제품정보
 2. 안전점검 및 진단업무 사용 이력

진단측정 장비 성능검사 기준에 관한 운영 매뉴얼

제1장 총칙

제1조(목적) 이 규정은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제11조부터 제21조의2, 같은 법 시행령 제17조, 제23조, 같은 법 시행규칙 제23조부터 제25조에서 시설물 관리주체에게 위임한 안전점검 등 시설물의 안전관리를 위하여 사용되는 진단측정 장비의 성능검사 방법·절차 그 밖에 성능검사에 필요한 세부사항을 정하여 검사업무의 정확성 확보와 원활한 업무처리를 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」이 정하는 바에 따르며, 그 밖에 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "진단측정 장비"라 함은 안전진단전문기관에서 안전점검 및 정밀안전진단 시 사용되는 장비를 말한다.
2. "성능검사"라 함은 규칙 제23조의2에 의하여 국토교통부장관이 진단측정 장비 검사기관으로 하여금 해당 기기의 구조·성능을 확인하기 위한 시험을 말한다.
3. "정확도검사"라 함은 규칙 제23조의2제1항의 규정에 의하여 진단측정 장비가 국토교통부장관이 고시하는 기준에 따른 구조와 성능을 유지하고 있는지 확인을 위해 받는 검사를 말한다.
4. "성능검사 대행기관"이라 함은 규칙 제23조의2제2항의 규정에 의하여 진단측정 장비 검사기관으로 지정을 받은 자를 말한다.
5. "성능기준 안내문(카탈로그)"이란 진단 장비를 제조한 자가 제공하는 진단장비의 성능에 관하여 공표한 것을 말한다.

제3조(적용범위 및 성능검사기관) ① 법 제11조부터 13조에 따라 안전점검 및 정밀안전진단에 사용되는 진단측정 장비는 이 규정에 따라 성능검사를 받아야 한다.

- ② 국토교통부장관은 제1항에 따른 성능검사 결과에 따른 인증관리업무 일체를 국토안전관리원에 대행하여 실시하게 할 수 있다.
- ③ 국토교통부장관은 제1항에 따른 성능검사를 한국인정기구(KOLAS)에서 인정한 시험기관, 교정기관, 검사기관 또는 시행규칙 제23조의2제2항에 따른 성능검사 대행기관에 대행하여 실시하게 할 수 있다.

제2장 성능검사 대상 및 범위 등

제4조(성능검사 대상) ① 이 규정에 따른 성능검사 대상은 시설물 안전점검 및 정밀안전진단에 사용되는 진단측정 장비로서 다음 각 호와 같다.

1. 시설물 진단측정 기본 장비
 - 가. 공통
 - 나. 교량 및 터널분야
 - 다. 수리시설분야
 - 라. 항만분야
 - 마. 건축분야
 2. 시설물 진단측정 선택 과업 장비
- ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 성능검사를 생략할 수 있다.
1. 한국인정기구(KOLAS)에서 인정한 시험기관, 교정기관, 검사기관에서 성능검사를 받은 진단측정 장비
 2. 국토지리정보원 고시 제2018-4328호 「측량기기 성능검사 규정」에 따라 성능검사를 받은 진단측정 장비
 3. 다른 법령에 따른 신기술인증 등을 받은 제품으로서 국가기관 소속 시험기관이 해당제품에 대하여 성능검사를 하고 발급한 제품성능검사 성적서(발급일부터 3년이 지나지 아니한 것만 해당한다)가 있는 경우
 4. 기타 국내 또는 국외에서 성능검사를 완료한 진단측정 장비로서 성능검사 시험성적서를 제출하여 성능검사 대행기관에서 동 기준의 검사 방법보다 동등 이상의 기준으로 성능검사를 완료하였다고 인정받은 경우

제5조(성능검사 범위) ① 성능검사의 범위는 규칙 제23조의2제1항 각 호에서 규정하고 있는 외관검사, 측정값의 정확도 검사 외 구조·기능검사를 포함한다.

- ② "외관검사"는 생산된 진단측정 장비의 사용 전 단계에서 제조사가 제시한 사양에 맞게 생산·제작·가공되었는지, 그리고 진단측정 장비 사용 중 지속적인 사용에 지장을 초래하거나, 초래할 가능성이 있는 결함 유

무를 검사하는 것을 말한다.

- ③ "정확도검사"는 사용한 진단측정 장비의 정밀도와 오차율 등으로 판단할 수 있으며, 장비에 나타나는 측정 값이 정확한 지를 검사하는 것을 말한다.
- ④ "구조·기능검사"는 진단측정 장비의 케이블, 전원부 등의 이상 유무를 확인하는 것을 말한다.

제3장 성능검사 절차·방법 등

- 제6조(성능검사의 신청)** ① 규칙 제23조의2제1항에 따라 진단측정 장비의 성능검사를 받으려는 자는 별지 제1호 서식의 진단측정 장비 성능검사 신청서에 해당 진단측정 장비의 설명서를 첨부하여 국토교통부장관(규칙 제23조의2제2항에 따라 성능검사대행자가 성능검사를 대행하는 경우에는 그 성능검사대행자를 말한다)에게 제출하여야 한다. 이 경우 신청인은 성능검사를 받아야 하는 해당 진단측정 장비를 제시하여야 한다.
- ② 제4조제2항에 따라 성능검사를 생략가능한 진단측정 장비의 경우 별지 제1호의2 서식의 성능확인 신청서에 해당 진단측정 장비의 검사성적서 등을 첨부하여 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. 이 경우 국토안전관리원에서 접수서류를 검토하여 성능에 대한 적정성을 확인하여야 한다.

- 제7조(성능 검사의 방법 등)** ① 성능검사는 외관검사, 구조·기능검사 및 정확도 검사로 구분하며, 그 검사항목은 별표 1과 같다.
- ② 정확도 검사는 1차 예비 평가와, 2차 본 심사, 3차 최종 평가로 진행하며, 그 검사항목은 별표 1과 같다.
- ③ 시설물 진단측정 선택 과업 장비는 제1항의 규정에 의한 검사항목에 대한 세부기준을 만족하여야 한다. 다만, 현행 검사방법의 세부기준을 적용할 수 없는 새로운 방식의 진단측정 장비는 국토안전관리원이 구조·성능에 대한 기준과 현장적용시험이 포함된 예비검사기준을 마련하여 국토교통부장관의 승인을 득한 후 이를 대체할 수 있다.
- ④ 성능검사의 방법·절차와 그 밖에 성능검사에 필요한 세부 사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.

- 제8조(성능기준)** 규칙 제23조의2제1항에 따른 성능검사의 진단측정 장비별 성능기준은 별표 2와 같다.

- 제9조(성능검사 확인서의 발급 등)** ① 성능검사대행자는 성능검사를 완료한 때에는 별지 제2호 서식의 진단측정 장비 성능검사 확인서에 그 적합 여부의 표시를 하여 신청인에게 발급하여야 한다.
- ② 성능검사대행자는 성능검사 결과 제8조에 따른 성능기준에 적합하다고 인정하는 때에는 별표 3의 검사필증을 해당 진단측정 장비에 붙여야 한다.
- ③ 성능검사대행자는 제1항에 따라 성능검사를 완료한 때에는 별지 제3호 서식의 진단측정 장비 성능검사 기록부에 성능검사의 결과를 기록하고 이를 5년간 보존하여야 한다.

- 제10조(성능검사 주기)** ① 시설물 안전점검 및 정밀안전진단에 사용되는 진단측정 장비는 2년마다 성능검사를 받아야 한다.
- ② 성능검사 주기는 최초의 성능검사를 받은 날의 다음날부터 기산(起算)하고, 검사유효기간 만료일 전 31일 이내에 성능검사를 받아야 한다.

제4장 진단측정 장비 정보의 관리 등

- 제11조(진단 측정장비 정보의 등록 및 관리)** ① 진단측정 장비 제작·판매자등이 진단측정 장비를 판매하는 경우에는 별지 제4호 서식의 진단측정 장비 등록 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

1. 제작·판매 진단측정 장비의 규격 및 성능 관련 정보
2. 규칙 제23조의2 규정에 의한 진단측정장비 성능검사 결과
- ② 국토교통부장관은 제출받은 정보 및 성능 검사 결과에 근거하여, 진단측정 장비 규격 및 성능기준 안내문(카탈로그)을 발행하여 공개하여야 한다.
- ③ 국토교통부장관은 제1항에 따라 제출받은 진단측정장비 규격 및 성능 관련 정보를 관리하여야 하며, 안전진단전문기관이나 유지관리업자가 신청을 하는 경우에는 확인서를 발급할 수 있다.
- ④ 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 별지 제5호 서식의 진단측정 장비 관리 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 시설물통합정보관리체계에 등록해야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.
1. 제조일 등 사용 진단측정 장비의 제품정보
2. 안전점검 및 진단업무 사용 이력

제5장 진단측정 장비 성능평가 위원회 설치 및 운영

제12조(성능평가 위원회 설치) ① 국토교통부 장관은 규칙 제23조의2 규정에 따른 성능검사 기준 및 성능검사 결과에 대한 사항을 검토하기 위하여 진단측정 장비 성능평가 위원회(이하 "위원회"라 한다)를 설치·운영하며, 위원회의 효율적 운영과 분야별 전문가의 심도 있는 회의를 위해 분과위원회를 설치할 수 있다.

② 위원회는 다음 각 호의 사항을 심의한다.

1. 진단측정 장비 성능검사 결과에 관한 사항
2. 진단측정 장비 성능검사 기준에 관한 사항
3. 진단측정 장비 성능검사 대상·조정에 관한 사항
4. 진단측정 장비 성능검사 방법 및 절차에 관한 사항
5. 진단측정 장비 성능검사 관련 제도의 개선·발전에 관한 사항
6. 성능검사 대행자 등록요건 심사 등에 관한 사항
7. 그 밖의 진단측정 장비 성능검사와 관련된 사항

제13조(위원회 구성) ① 위원회는 위원장 1명과 당연직 위원을 포함한 15명 이내로 구성하며, 위원장은 00000관이 되고, 부위원장은 위원 중 위원장이 지명한 사람으로 한다.

② 제1항에 따른 당연직 위원은 업무를 주관하는 00000 및 00000 각 과장과 팀장(이하 "과장"이라 한다)을 포함해 6명 이하의 과장급 공무원으로 임명할 수 있다.

③ 당연직이 아닌 위원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 중에서 국토교통부장관이 위촉한다.

1. 시설안전 관련분야 단체·교육기관·연구기관의 임·직원·부교수 이상
2. 진단장비 분야에 관한 학식과 경험이 풍부한 전문가 등
3. 방재분야 단체·교육기관·연구기관의 임원·교수

④ 위원회의 위원 중 공무원이 아닌 사람의 임기는 2년으로 하고 두 차례만 연임할 수 있으며, 보궐위원의 임기는 전임자 임기의 남은 기간으로 한다. 다만, 잔여임기가 6개월 미만인 경우에는 보궐위원을 위촉하지 아니할 수 있다.

제14조(위원회 운영) ① 위원회의 위원장은 위원회의 사무를 총괄·대표하며, 위원장이 사고가 있을 때에는 부위원장이 그 직무를 대행한다.

② 위원회의 원활한 운영과 회의록 작성 등을 위해 간사 1명을 두되, 간사는 업무 주관부서의 장으로 한다.

③ 위원회(분과위원회를 포함한다, 이하 같다)의 업무수행을 위해 필요한 경우 외부전문가를 출석하게 하거나 관계기관·단체 등에게 자료 및 의견제출 등을 요청할 수 있다.

④ 위원회 회의는 비공개를 원칙으로 하고, 구성원 과반수의 출석으로 개의하며, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

⑤ 위원회에 출석하거나 서면으로 제출하는 경우 위원, 외부전문가 등에게는 예산의 범위 내에서 수당·여비 그 밖의 필요한 경비를 지급할 수 있다.

제15조(위원회 임무) ① 위원회의 위원은 회의소집을 통보받은 때에는 특별한 사유가 없으면 위원회에 출석하여야 한다.

② 위원은 위원회의 활동으로 알게 된 정보 등을 다른 사람에게 누설하거나 자신의 이익을 위해 이용해서는 아니 된다.

③ 위원회에 출석한 위원 중 공무원이 아닌 위원은 해당 심의 안건과 이해관계가 있는 경우 스스로 심의·의결에서 회피할 수 있다.

④ 제3항에 따라 위원이 스스로 회피하지 않아 공정한 심의에 적합하지 않다고 인정되면 위원장은 해당 안건과 이해관계가 있는 위원을 심의·의결에서 제외할 수 있다.

제15조의2(위원의 해임 및 해촉) 국토교통부장관은 위원이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 해당위원을 해임 또는 해촉할 수 있다.

1. 심신장애로 인하여 직무를 수행할 수 없게 된 경우
2. 직무와 관련된 비위사실이 있는 경우
3. 직무 태만, 품위 손상, 그 밖의 사유로 인하여 위원의 직을 유지하는 것이 적합하지 아니하다고 인정되는 경우
4. 위원 스스로 직무를 수행하는 것이 곤란하다고 의사를 밝히는 경우

부록 4. 진단측정 장비 성능시험 및 적합성 인증 기준에 관한 운영 매뉴얼 (중장기 : 인증제)

진단측정 장비 성능시험 및 적합성인증 기준에 관한 운영 매뉴얼

제1장 총칙

제1조(목적) 이 규정은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제11조부터 제21조의2, 같은 법 시행령 제17조, 제23조, 같은 법 시행규칙 제23조부터 제25조에서 시설물 관리주체에게 위임한 안전점검 등 시설물의 안전관리를 위하여 사용되는 진단측정 장비의 성능시험 방법·절차 그 밖에 적합성인증에 필요한 세부사항을 정하여 시험업무의 정확성 확보와 원활한 업무처리를 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」이 정하는 바에 따르며, 그 밖에 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "진단측정 장비"라 함은 안전진단전문기관에서 안전점검 및 정밀안전진단 시 사용되는 장비를 말한다.
2. "성능시험"라 함은 규칙 제23조의2에 의하여 국토교통부장관이 진단측정 장비 검사기관으로 하여금 해당 기기의 구조·성능을 확인하기 위한 시험을 말한다.
3. "진단측정 장비 검사기관"이라 함은 규칙 제23조의2제2항의 규정에 의하여 진단측정 장비 검사기관으로 지정을 받은 자를 말한다.

제3조(적용범위 및 성능시험기관) ① 법 제11조부터 13조에 따라 안전점검 및 정밀안전진단에 사용되는 진단측정 장비는 이 규정에 따라 성능시험을 받아야 한다.

- ② 국토교통부장관은 제1항에 따른 성능시험 결과에 따른 인증관리업무 일체를 국토안전관리원에 대행하여 실시하게 할 수 있다.
- ③ 국토교통부장관은 제1항에 따른 성능시험을 한국인정기구(KOLAS)에서 인정한 시험기관, 교정기관, 검사기관 또는 시행규칙 제23조의2제2항에 따른 성능시험 대행기관에 대행하여 실시하게 할 수 있다.

제2장 성능시험 대상 및 범위 등

제4조(성능시험 대상) 이 규정에 따른 성능시험 대상은 시설물 안전점검 및 정밀안전진단에 사용되는 진단측정 장비로서 다음 각 호와 같다.

1. 공통
 - 가. 균열폭측정기
 - 나. 반발경도측정기
 - 다. 초음파측정기
 - 라. 철근탐사장비
 - 마. 철근부식도측정장비
 - 바. 염분측정장비
 - 사. 코어채취기
 - 아. 도막(塗膜)두께측정장비
 - 자. 측량기[수준(水準)·각도·거리 측정용]
 - 차. 강재비파괴시험장비
 - 1) 자분(磁粉)탐상기(Magnetic Testing, MT)
 - 2) 초음파시험기(Ultrasonic Testing, UT)
2. 교량 및 터널분야
 - 가. 정적 변형측정장치
 - 나. 동적 변형측정장치
 - 다. 내공변위측정기
3. 수리시설분야
 - 가. 유독가스탐지기
 - 나. 관로누수탐지기
 - 다. 금속관탐지기
4. 항만분야
 - 유속계

5. 건축분야

가. 진동측정기

나. 정적 변형측정장치

6. 시설물 진단측정 선택 과업 장비

제5조(성능시험의 범위) ① 성능시험의 범위는 규칙 제23조의2제1항 각 호에서 규정하고 있는 성능인증, 정도검사, 적합성인증을 포함한다.

② "성능인증"은 진단측정 장비를 대상으로 성능시험을 실시하여 해당 진단 측정장비가 규칙 제23조제2호에서 국토교통부장관이 고시하는 최소성능기준에 부합하는 성능을 확보하였음을 확인 및 증명하는 것을 말한다.

③ "정도검사"는 규칙 제23조의2제1항의 규정에 의하여 진단측정 장비가 국토교통부장관이 고시하는 기준에 따른 구조와 성능을 유지하고 있는지 확인을 위해 받는 검사를 말한다.

④ "적합성인증"은 첨단기술 등이 사용되어 새로이 개발되거나 도입하고자 하는 진단측정 장비의 성능시험으로, 개별 진단장비의 인증기준 마련과 이에 따른 적합성을 증명하는 행위를 말한다.

제3장 성능시험 절차·방법 등

제6조(성능시험의 절차·방법) ① 국토교통부장관은 규칙 제23조제2항의 규정에 의하여 성능시험 대행기관에게 성능시험을 하게 하는 때에는 성능인증을 얻고자 하는 자(이하 "인증신청자"라 한다)에게 성능시험을 할 진단측정 장비 시험기관을 정하도록 하여야 한다.

② 국토교통부장관은 제1항의 규정에 의하여 인증신청자가 성능시험을 할 진단측정 장비 시험기관을 정한 때에는 해당 진단측정 장비 시험기관에게 성능시험을 의뢰하여야 한다. 이 경우 인증신청자는 성능시험을 하는 진단측정 장비 시험기관에게 성능인증대상 진단측정 장비를 제출하고 규정에 의한 성능시험수수료를 납부하여야 한다.

③ 성능시험을 의뢰받은 진단측정 장비 시험기관은 해당 진단측정 장비에 대하여 별표 1에 의한 성능시험을 실시하고 그 결과를 별지 제2호의1 서식의 진단측정 장비 성능시험 성적서에 따라 작성하여 신청받은 날부터 다음 각 호의 구분에 따른 기간내에 신청인에게 내주어야 한다.

1. 구조·성능 및 성능시험방법이 마련되어 있는 장비 : 30일

2. 첨단기술 등을 사용하여 새로이 개발된 측정방법이나 원리의 장비 : 90일

④ 인증신청자가 국토교통부장관에게 성능인증 신청서를 제출하기 전에 미리 진단측정 장비 시험기관에게 별지 제1호의1 서식의 진단측정 장비 성능시험 신청서를 제출하여 제3항의 규정에 의한 성능시험 성적서를 발급받아 성능인증 신청을 하는 때에는 제2항의 규정에 의한 성능시험절차를 생략할 수 있다. 이때 별지 제1호의2 서식의 성능확인 신청서와 해당 시험성적서를 제출하여 적정성 검토를 받아야 한다.

⑤ 진단측정 장비 검사기관은 성능시험을 함에 있어 자체적으로 개발하였거나 공동참여 등의 방식으로 개발한 진단측정 장비에 대하여는 스스로 성능시험을 할 수 없다.

제7조(구조·성능에 대한 세부기준 등) ① 규칙 제23조제2항의 규정에 의한 진단측정 장비의 구조·성능에 대한 세부기준은 별표 2과 같다.

② 첨단기술 등을 사용하여 새로이 개발된 측정방법이나 원리의 진단측정 장비(이하 "첨단기술 적용 진단장비"라 한다)는 제1항의 규정에 의한 구조·성능에 대한 세부기준을 만족하여야 한다. 다만, 현행 구조·성능 및 성능시험방법의 세부기준을 적용할 수 없는 새로운 방식의 진단측정 장비는 진단측정 장비 검사기관이 구조·성능에 대한 기준과 현장적용시험이 포함된 첨단기술 적용 진단장비 인증기준을 마련하여 국토교통부장관의 승인을 득한 후 이를 대체할 수 있다.

제8조(첨단기술 적용 진단장비 성능기준 등에 대한 적합성 심의) ① 제7조제2항의 규정에 해당하는 첨단기술 적용 진단장비는 성능시험신청자가 국토교통부장관에게 신청서를 제출하기 전에 미리 진단측정 장비 검사기관에게 해당 진단측정 장비의 측정원리, 구조, 성능 등에 대한 자료를 제출하여 첨단기술 적용 진단장비 성능기준 등에 대한 사전 적합성 검토를 받아야 한다.

② 진단측정 장비 검사기관은 제1항의 규정에 의한 사전 적합성 검토를 함에 있어 5인 이상의 관계전문가 회의를 통하여 첨단기술 적용 진단장비 성능기준의 타당성, 성능시험방법, 성능시험기간, 정도검사방법, 성능시험 및 정도검사의 수수료 등에 관한 내용을 검토하고, 작성한 성능기준(안)을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다.

③ 국토교통부장관은 제2항의 규정에 의하여 제출된 첨단기술 적용 진단장비 성능기준 등의 적합성에 대하여 별표 3의 「첨단기술 적용 진단장비 성능기준 적합성 등에 관한 심의절차」에 따라 제출일로부터 20일 이내

에 심의하고, 적합하다고 인정하는 경우에는 해당 첨단기술 적용 진단장비의 성능시험기준, 성능시험방법, 성능시험기간, 정도검사방법, 정도검사기간, 성능시험 및 정도검사의 수수료 등에 대한 구체적인 사항을 결정하고, 이를 진단측정 장비 검사기관에게 통보하여 첨단기술 적용 진단장비 성능시험 절차가 신속히 진행 되도록 하여야 한다.

제8조의2(첨단기술 적용 진단장비 성능시험의 절차·방법) ① 첨단기술 적용 진단장비 성능시험 신청자는 국토교통부장관에게 규칙 제23조의2제1항에 따른 적합성인증 신청서를 제출하기 전에 미리 진단측정 장비 검사기관에게 별지 제1호의3 서식의 첨단기술 적용 진단장비 성능시험 신청서를 제출하여야 한다.

② 첨단기술 적용 진단장비 성능시험신청자로부터 신청 받은 진단측정 장비 검사기관은 해당 진단측정 장비에 대하여 제8조제3호에 따라 심의를 받아 결정한 인증기준, 시험방법, 시험기간, 시험 수수료에 따라 성능시험을 실시하고, 그 결과를 별지 제2호의2 서식의 첨단기술 적용 진단장비 성능시험 성적서를 신청자에게 발급하여야 한다.

③ 진단측정 장비 검사기관은 첨단기술 적용 진단장비 성능시험을 함에 있어 자체적으로 개발하였거나 공동참여 등의 방식으로 개발한 진단측정 장비에 대하여는 스스로 첨단기술 적용 진단장비 성능시험을 할 수 없다.

제9조(성능인증 및 적합성인증표시) 규칙 제23조의2 규정에 의하여 성능인증 및 적합성인증을 얻은 자가 당해 진단측정 장비에 부착하여야 하는 성능인증 및 적합성인증표는 별표 4과 같다.

제10조(정도검사 신청) 규칙 제23조의2 규정에 의한 정도검사를 받고자 하는 자는 진단측정 장비 검사기관에게 별지 제3호 서식에 의하여 정도검사 신청을 하여야 한다.

제11조(정도검사의 기준·방법·주기) ① 진단측정 장비의 정도검사 기준과 방법은 다음 각 호와 같다.

1. 공통

- 1.1. 균열폭측정기 정도검사 점검표(별지 제4-1-1호 서식)
- 1.2. 반발경도측정기 정도검사 점검표(별지 제4-1-2호 서식)
- 1.3. 초음파측정기 정도검사 점검표(별지 제4-1-3호 서식)
- 1.4. 철근탐사장비 정도검사 점검표(별지 제4-1-4호 서식)
- 1.5. 철근부식도측정장비 정도검사 점검표(별지 제4-1-5호 서식)
- 1.6. 염분측정장비 정도검사 점검표(별지 제4-1-6호 서식)
- 1.7. 코어채취기 정도검사 점검표(별지 제4-1-7호 서식)
- 1.8. 도막(塗膜)두께측정장비 정도검사 점검표(별지 제4-1-8호 서식)
- 1.9. 측량기 정도검사 점검표(별지 제4-1-9호 서식)
- 1.10. 강재비파괴시험장비 정도검사 점검표(별지 제4-1-10호 서식)
 - 1.10.1 자분(磁粉)탐상기(Magnetic Testing, MT)
 - 1.10.2 초음파시험기(Ultrasonic Testing, UT)

2. 교량 및 터널분야

- 2.1. 정적 변형측정장치 정도검사 점검표(별지 제4-2-1호 서식)
- 2.2. 동적 변형측정장치 정도검사 점검표(별지 제4-2-2호 서식)
- 2.3. 내공변위측정기 정도검사 점검표(별지 제4-2-3호 서식)

3. 수리시설분야

- 3.1. 유독가스탐지기 정도검사 점검표(별지 제4-3-1호 서식)
- 3.2. 관로누수탐지기 정도검사 점검표(별지 제4-3-2호 서식)
- 3.3. 금속관탐지기 정도검사 점검표(별지 제4-3-3호 서식)

4. 항만분야

- 4.1. 유속계 정도검사 점검표(별지 제4-4-1호 서식)

5. 건축분야

- 5.1. 진동측정기 정도검사 점검표(별지 제4-5-1호 서식)
- 5.2. 정적 변형측정장치 정도검사 점검표(별지 제4-5-2호 서식)

6. 진단 선택과업장비 정도검사 점검표

제4장 진단 측정장비 정보의 관리 등

제12조(진단 측정장비 정보의 등록 및 관리) ① 진단측정 장비 제작·판매자등이 진단측정 장비를 판매하는 경우에는 별지 제5호 서식의 진단측정 장비 등록 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

1. 제작·판매 진단측정 장비의 규격 및 성능 관련 정보
2. 규칙 제23조의2 규정에 의한 진단측정장비 성능검사 결과
- ② 국토교통부장관은 제출받은 정보에 근거하여, 진단측정 장비 규격 및 성능기준 안내문(카탈로그)을 발행하여 공개하여야 한다.
- ③ 국토교통부장관은 제1항에 따라 제출받은 진단측정장비 규격 및 성능 관련 정보를 관리하여야 하며, 안전진단전문기관이나 유지관리업자가 신청을 하는 경우에는 확인서를 발급할 수 있다.
- ④ 영 제23조제1항 및 제2항에 따라 안전진단전문기관으로 등록하려는 자가 진단측정 장비를 진단업무에 사용하려 할 경우 별지 제6서식의 진단측정 장비 관리 신청서를 작성하여 다음 각 호에 해당하는 사항을 시설물통합정보관리체계에 등록해야 한다. 등록된 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.
1. 제조일 등 사용 진단측정 장비의 제품정보
2. 안전점검 및 진단업무 사용 이력

제13조(시험 또는 검사결과 기록·보존) ① 진단측정 장비 검사기관은 시험 또는 검사의 결과를 기록한 성능시험성적서, 정도검사 점검표, 검사성적서 등과 이를 입증하는 원자료를 2년간 보존하여야 한다.

- ② 해당자료는 출력물이 아닌 전산화된 시스템으로 보관되어도 기록보존으로 인정하나, 전산으로 기록된 자료는 수정이 불가하여야 하며 기록을 수정하여야 하는 경우 수정사항을 추적할 수 있도록 원래의 데이터와 수정된 데이터를 모두 보유하고 있어야 한다.

제14조(정도검사 기록부 교부·비치 및 부적합 결과 통보 등) ① 정도검사의 신청을 받은 진단측정 장비 검사기관은 제11조의 규정에 의한 해당기기의 정도검사 점검표에 따라 정도검사를 실시하고 그 결과를 별지 7호 서식의 정도검사 점검표, 별지 8호 서식의 정도검사 기록부 및 별지 9호 서식의 정도검사 증명서(적합한 경우에 한함)에 기재한 후 이를 정도검사 신청한 자에게 교부하여야 한다.

- ② 제1항의 규정에 의하여 정도검사를 받은 자는 진단측정 장비 검사기관으로부터 교부받은 정도검사 점검표 및 정도검사 기록부를 비치하여야 하며, 다음번 정도검사 신청시에 정도검사 기록부를 제출하여야 한다.
- ③ 진단측정 장비 검사기관은 제1항의 규정에 의한 정도검사 결과 부적합한 경우에 정도검사 기록부 사본을 국토교통부와 국토안전관리원에 동시에 통보하여야 한다.

제5장 진단측정 장비 성능평가 위원회 설치 및 운영

제15조(성능평가 위원회 설치) ① 국토교통부 장관은 규칙 제23조의2 규정에 따른 성능검사 기준 및 성능검사 결과에 대한 사항을 검토하기 위하여 진단측정 장비 성능평가 위원회(이하 "위원회"라 한다)를 설치·운영하며, 위원회의 효율적 운영과 분야별 전문가의 심도 있는 회의를 위해 분과위원회를 설치할 수 있다.

- ② 위원회는 다음 각 호의 사항을 심의한다.
1. 진단측정 장비 성능검사 결과에 관한 사항
2. 진단측정 장비 성능검사 기준에 관한 사항
3. 진단측정 장비 성능검사 대상·조정에 관한 사항
4. 진단측정 장비 성능검사 방법 및 절차에 관한 사항
5. 진단측정 장비 성능검사 관련 제도의 개선·발전에 관한 사항
6. 성능검사 대행자 등록요건 심사 등에 관한 사항
7. 그 밖의 진단측정 장비 성능검사와 관련된 사항

제16조(위원회 구성) ① 위원회는 위원장 1명과 당연직 위원을 포함한 15명 이내로 구성하며, 위원장은 00000관이 되고, 부위원장은 위원 중 위원장이 지명한 사람으로 한다.

- ② 제1항에 따른 당연직 위원은 업무를 주관하는 00000 및 00000 각 과장과 팀장(이하 "과장"이라 한다)을 포함해 6명 이하의 과장급 공무원으로 임명할 수 있다.
- ③ 당연직이 아닌 위원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 중에서 국토교통부장관이 위촉한다.
1. 시설안전 관련분야 단체·교육기관·연구기관의 임·직원·부교수 이상
2. 진단장비 분야에 관한 학식과 경험이 풍부한 전문가 등
3. 방재분야 단체·교육기관·연구기관의 임원·교수

- ④ 위원회의 위원 중 공무원이 아닌 사람의 임기는 2년으로 하고 두 차례만 연임할 수 있으며, 보궐위원의 임기는 전임자 임기의 남은 기간으로 한다. 다만, 잔여임기가 6개월 미만인 경우에는 보궐위원을 위촉하지 아니할 수 있다.

제17조(위원회 운영) ① 위원회의 위원장은 위원회의 사무를 총괄·대표하며, 위원장이 사고가 있을 때에는 부위원장이 그 직무를 대행한다.

- ② 위원회의 원활한 운영과 회의록 작성 등을 위해 간사 1명을 두되, 간사는 업무 주관부서의 장으로 한다.
③ 위원회(분과위원회를 포함한다, 이하 같다)의 업무수행을 위해 필요한 경우 외부전문가를 출석하게 하거나 관계기관·단체 등에게 자료 및 의견제출 등을 요청할 수 있다.
④ 위원회 회의는 비공개를 원칙으로 하고, 구성원 과반수의 출석으로 개의하며, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.
⑤ 위원회에 출석하거나 서면으로 제출하는 경우 위원, 외부전문가 등에게는 예산의 범위 내에서 수당·여비 그 밖의 필요한 경비를 지급할 수 있다.

제18조(위원회 임무) ① 위원회의 위원은 회의소집을 통보받은 때에는 특별한 사유가 없으면 위원회에 출석하여야 한다.

- ② 위원은 위원회의 활동으로 알게 된 정보 등을 다른 사람에게 누설하거나 자신의 이익을 위해 이용해서는 아니 된다.
③ 위원회에 출석한 위원 중 공무원이 아닌 위원은 해당 심의 안건과 이해관계가 있는 경우 스스로 심의·의결에서 회피할 수 있다.
④ 제3항에 따라 위원이 스스로 회피하지 않아 공정한 심의에 적합하지 않다고 인정되면 위원장은 해당 안건과 이해관계가 있는 위원을 심의·의결에서 제외할 수 있다.

제18조의2(위원의 해임 및 해촉) 국토교통부장관은 위원이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 해당위원을 해임 또는 해촉할 수 있다.

1. 심신장애로 인하여 직무를 수행할 수 없게 된 경우
2. 직무와 관련된 비위사실이 있는 경우
3. 직무 태만, 품위 손상, 그 밖의 사유로 인하여 위원의 직을 유지하는 것이 적합하지 아니하다고 인정되는 경우
4. 위원 스스로 직무를 수행하는 것이 곤란하다고 의사를 밝히는 경우

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

□ 성능평가 체계 및 기준

(1) 진단장비(기준) 기술수준 분석

- 국내·외 진단장비 기술수준 분석
- 기술수준 분석 등을 위해 진단장비별 활용 시기 및 장비별 모델 업데이트 시기 조사

(2) 시설물안전법 제도화 지원

- 진단장비 활용 및 첨단기술 활용 사각지대 발굴
- 진단장비 성능기준 및 첨단기술 활용 제도화 제안으로 진단장비(기준) 및 첨단기술 활용을 위한 시행령 별표10 개정(안) 및 관계부처 수용

(3) 기술분류 및 코드화

- 진단장비 별 기술분류 및 장비 현행화 실시
- 국내·외 개발/판매 점검 진단 장비 조사 및 점검 진단 장비/기술 코드화(안) 제안

(4) 성능평가 기준 및 방법론 개발

- 손상 시나리오 분류
- 비파괴 기술(장비)의 성능확인 기술개발
- 성능평가 체계 제시 : 예비평가(측정 → 분석·판단 → 예비평가서 작성 → 수준확인(Pass/Fail)) → 본평가(서류 및 예비심사 결과검토 → 본심사 운용계획 → 표준시편 → 현장검증) → 검토위원회(예비심사 및 본 심사의 적정성 검토)
- 표준시험성적서(안) 개발

(5) 테스트베드 적용

- 현장운용성 등의 현장검증 방법과 및 성적서 양식의 제안된 내용의 T/B 검증

(6) 설문조사

- 시설물 점검·진단 기술의 동향 파악 및 도출된 현안을 바탕으로, 향후 검·인증제도 관련 시사점을 도출하기 위한 기술 생산자·소비자 대상 의견조사 수행

□ 첨단기술활용 신규 점검 및 진단 장비 검·인증 기법

(1) 최근 국내 시설물 점검에 활용된 장비 조사

- 국내 시설물 점검 시장에 활용 중인 첨단장비 조사
- 첨단장비 분류 및 성능평가 방법이 부재한 장비 분류(검교정 대상 장비와의 분류)

(2) 성능평가 방법이 부재한 장비 중 검·인증 제도 도입의 우선순위 도출

- 현재 활용되고 있는 첨단장비 중 검·인증 제도 도입의 우선순위를 도출하고 본 연구에서 해당 장비의 성능평가 기술을 개발하고자 함
- 시설물 점검분야 전문가를 대상으로 실시한 설문조사 결과, 성능평가 방법이 부재한 장비 중에는 터널스캐너가 검·인증 제도 도입의 우선순위가 높은 것으로 도출

(3) 터널스캐너 성능평가 시나리오 제시

- 터널스캐너의 성능평가를 위한 시나리오 제시

- 전문가 자문회의를 통해 예비 평가(서면 평가), 본 평가(현장 평가), 최종검토 평가로 구성
 - 최소요구성능 검증과 성능 카탈로그 제작의 방향을 모두 포함
- (4) 터널스캐너 성능평가 지표 도출
- 터널스캐너의 검·인증에 있어 평가가 필요한 지표(항목) 도출
 - 터널스캐너의 결과물 도출에 있어 영향을 미치는 요인(촬영품질), 결과물의 정확도(손상계측), 현장 운용성(운용성능)을 고려한 지표 세분화
 - 전문가 자문회의를 통한 성능평가 지표의 타당성 검토
- (5) 터널스캐너 성능평가 지표별 성능값 측정 방법론 개발
- 터널스캐너의 성능평가 지표별 성능값 도출 방법론 개발
 - 촬영품질 지표는 테스트 차트를 활용하는 성능평가 기법 적용, 손상계측 지표는 정답 결과물과의 비교를 통한 일치율 산정 방법론 적용, 운용성능은 성능평가자의 능동 측정을 기반으로 구성되는 성능평가 기법 적용
- (6) 현장실험을 통한 성능평가 방법론 검증
- 실제 터널 현장에서 3대의 터널스캐너를 대상으로 개발한 성능평가 방법을 적용한 시범사업 수행
 - 도출된 지표의 한계점 및 Feedback 도출
- (7) 터널스캐너 성능평가 지표 확장
- 기존에 개발된 성능평가 지표의 확장
 - 균열뿐만 아니라, 모든 손상에 대해 선손상과 면손상으로 구분된 통합된 성능평가 지표 및 성능값 측정 방법론을 개발
- (8) 시설물 점검 및 진단에 활용되는 장비의 성능평가 기술개발 매뉴얼(안) 제작 및 터널스캐너 시험성적서(안) 작성
- 터널스캐너 성능평가 방법을 토대로 타 장비의 성능평가 기술개발에 가이드라인이 되어줄 매뉴얼(안)을 제작
 - 터널스캐너 시험성적서(안) 작성

□ 시설물 점검 및 진단 장비 성능평가체계 제도 수립

- (1) 성능평가체계 관련 국내외 사례조사 및 도입방안 분석
- 총 186개 국내 인증제도 가운데 유사분야 장비 및 기기에 대한 성능 인증제도 가운데 검토가 필요한 25개 제도를 대상으로 그 구조를 분석
 - 국외 : 일본에서는 경제산업성 산하의 NEDO를 중심으로 성능평가 절차를 개발하고 있음
 - 진단장비에 대한 검인증이 필요함에도 불구하고 관련 제도가 열악한 실정
- (2) 성능평가체계 제도안 제안
- 건설신기술/검교정 대상 장비 등 진단장비의 특성에 따른 세분화된 성능평가체계를 개발
 - 현행 법령 및 제반 여건 등을 이유로 진단장비에 대해 즉시 검인증제도가 적용되는 것은 어렵기 때문에 단기/중장기로 구분한 성능평가체계를 개발
 - 단기에는 평가 데이터 및 내부 시스템이 충분히 확보되지 않았기 때문에 검사제로 운영하며, 충분한 평가 데이터 및 내부 시스템이 구축된 중장기 이후에는 인증제로 전환하는 성능평가체계를 개발
- (3) 성능평가체계 고도화 로드맵
- 단기 검사제에서 중장기 인증제로 전환하기 까지를 3단계로 구분하고, 2022년부터 2030년까지의 시나리오 수립
 - 제도 및 운영 기반 마련, 조직 및 인프라 기반마련, 인증기준 및 실증시설 건설로 구분하여 세부 Action Plan을 작성
 - 단계별 조직, 인력, 시설, 장비 구축안을 제시
- (4) 진단장비 운영을 위한 매뉴얼
- 연구내용에 따른 제도 운영을 위한 매뉴얼 작성 수행
 - 적용범위 및 성능검사 대상, 성능검사 절차 및 방법, 성능검사 주기, 진단 측정장비의 정보 관리 등에 대한 매뉴얼 작성

(2) 정량적 연구개발성과

[국토안전관리원]

구분		1차년도	2차년도	3차년도	합계
국내·외 논문 게재	SCI	-	0.5	-	0.5
	비SCI	-	-	2	2
	계	-	0.5	2	2.5
학술발표	국내	-	1	1	2
	계	-	1	1	2
기타	시제품	-	1	1	2
	S/W	-	1	1	2
	정책제안	1	-	-	1
	법 제정 및 개선	1	-	-	1
	계	2	2	2	6
특허	출원	-	1	-	1
	계	-	1	-	1

[인하대학교]

구분		1차년도	2차년도	3차년도	합계
국내·외 논문 게재	SCI	-	-	2	2
	비SCI	1	1	1	3
	계	1	1	3	5
학술발표	국내	1	1	-	2
	계	1	1	-	2
기타	시제품	-	1	1	2
	S/W	-	1	1	2
	홍보	-	9	-	9
	연구인력양성	-	2	3	5
	계	-	13	5	18
특허	출원	-	-	1	1
	계	-	-	1	1

[대한건설정책연구원]

구분		1차년도	2차년도	3차년도	합계
국내·외 논문 게재	비SCI	1	1	1	3
	계	1	1	1	3
기타	매뉴얼	-	-	2	2
	계	-	-	2	2

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Parameterization of the representative sizes of microstructural features in rocks using 3D X-ray computed tomographic images	Computers & Geosciences	정연중 (하성준)	144	영국	ELSEVIER	SCI	2020.8.15	0098-3004	50
2	Performance Evaluation Methodology for Image-Basd Tunnel scanner	Sensors	배성재	-	스위스	MDPI	SCI	심사 중	1424-8220	100
3	Performance Evaluation Methodology of Crack Location Accuracy	Sensors	김찬진	-	스위스	MDPI	SCI	심사 중	1424-8220	100
4	첨단기술을 활용한 시설물 점검 및 진단 기술 검·인증을 위한 성능평가 방법론	한국재난정보학회 논문집	이영호	16.1	대한민국	한국재난정보학회	비SCI	2020.3	1976-2208	100
5	첨단 시설물 점검 및 진단장비 검증 제도 도입의 필요성에 대한 연구	한국재난정보학회지	홍성호	16.1	대한민국	한국재난정보학회	비SCI	2020.3.31	1976-2208	100
6	터널 균열 검출에 활용되는 터널스캐너의 검·인증을 위한 성능평가 방법론	한국재난정보학회 논문집	배성재	17.1	대한민국	한국재난정보학회	비SCI	2021.3	1976-2208	100
7	첨단 시설물 점검 및 진단장비 성능인증체계에 대한 연구	한국재난정보학회지	홍성호	17.1	대한민국	한국재난정보학회	비SCI	2021.3.31	1976-2208	100
8	환경적 요인에 따른 비파괴 철근 탐사의 오차율에 관한 연구	한국건설순환자원학회	김영민	9.4	대한민국	한국건설순환자원학회	비SCI	2021.12	2288-3320	100
9	모아레 현상을 이용한 가설 기자재 수직 부재의 수평 변위 모니터링 방법	한국건설관리학회 논문집	박준범	23.1	대한민국	한국건설관리학회	비SCI	2022.1	2005-6095	100
10	교량 상태평가를 위한 딥러닝 기반 손상 탐지 프로토타입 개발	대한토목학회	남우석	42.1	대한민국	대한토목학회	비SCI	2022.2.1	1015-6348	100
11	시설물 진단장비의 성능인증제 도입에 관한 연구	한국재난정보학회지	홍성호	18.1	대한민국	한국재난정보학회	비SCI	2022.3	1976-2208	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	KSCE 2020 CONVENTION	3D X-ray CT디지털영상을 활용한 시설물 균열부 건전성 평가 및 기술검증 연구	정연중	2020.10.22.	제주도	대한민국
2	한국구조물진단유지관리공학회 2021 가을학술발표회	표준시편을 활용한 콘크리트 압축강도 추정식의 신뢰성분석	정유진	2021.11.17.	제주도	대한민국
3	한국건설관리학회 2019 정기학술발표대회	시설물 점검 및 진단장비의 성능평가 방법 개발 방향	이영호	2019.11.15	일산 킨텍스	대한민국
4	한국재난정보학회 2020 정기학술대회	정밀안전진단에 활용되는 터널스캐너의 성능평가 방법론 개발	배성재	2020.11.13	서울시 송파구	대한민국

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
1	2019	연차(단계)실적·계획서	2019.12.16	-
2	2020	연차(단계)실적·계획서	2020.12.23	-

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	구조물을 검사하기 위한 장치	대한민국	국토안전관리원	2020.12.10	10-2020-0172475	등록 진행 중	등록 진행 중	등록 진행 중	100	-
2	특허	터널 균열 검출 자동화 장비의 성능평가 시스템	대한민국	인하대학교 산학협력단	2020.11.14.	10-2021-0150637	등록 진행 중	등록 진행 중	등록 진행 중	100	-

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	(소프트웨어) 디지털 영상기반 균열계측 및 통계화 프로그램	2020. 10. 27.	정연중, 조아영, 김영민	2020. 12. 03.	C-2020-047597	정연중, 조아영, 김영민	100%
2	(소프트웨어) GUI 기반 성능평가 정량화 프로그램	2021. 10. 27.	조아영, 김영민, 박경한	2021.12. 22	C-2021-057134	조아영, 김영민, 박경한	100%
3	(소프트웨어) 터널스캐너 카메라의 성능 검·인증 지표인 선명도 측정을 위한 프로그램 프로토타입	2020. 11. 06	김정렬, 정욱, 짬릿스레이와, 배성재, 김찬진	2020. 11. 16	C-2020-041923	김정렬, 정욱, 짬릿스레이와, 배성재, 김찬진	100%
4	(소프트웨어) 터널스캐너 카메라의 성능 검·인증 지표인 속도에 의한 왜곡 보정 성능 측정을 위한 프로그램 프로토타입	2020. 11. 06	김정렬, 정욱, 짬릿스레이와, 배성재, 김찬진	2020. 12. 03	C-2020-047403	김정렬, 정욱, 짬릿스레이와, 배성재, 김찬진	100%

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

○ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	시설물 점검 및 진단장비 검·있으을 위한 시험체	2020.10	토탈피씨	경상 국립대학교	장비 성능평가	-	-	-
2	점검 진단 장비/기술 성능평가를 위한 시험체	2021.08	(주)브리콘랩	경상 국립대학교	장비 성능평가	-	-	-
3	터널스캐너 성능평가를 위한 테스트차트	2020.10	동문인쇄출판	인하대학교	터널스캐너 성능평가에 활용	-	-	-
4	터널스캐너 성능평가 테스트베드 구축을 위한 균열 유도 시편	2021.12	건설재료시험 연구소	인하대학교	터널스캐너 성능평가 테스트베드 구성	-	-	-

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
합계						

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수 출				

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용
1	시행령	개정	제도화 방안 제안 및 관계부처 수용	시설물안전법 시행령 별표10	2019.09.05	국토교통부	[별표10] 하도급 가능한 전문기술 1.~13. 생략 14. 「건설기술 진흥법」 제14조에 따라 지정·고시된 신기술 또는 점검로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	시설물안전법 하도급가능한 전문기술 별표10	국토교통부	2019	[별표10] 하도급 가능한 전문기술 1.~13. 생략 14. 「건설기술 진흥법」 제14조에 따라 지정·고시된 신기술 또는 점검로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	인력 양성	2020		2			2		2				
2	인력 양성	2021		1	2		2	1	2				1

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	언론 홍보	국토일보	시설안전공단, 민간기업 혁신기술 판로지원 '성능검증 서비스' 실시	2020.12.09
2	언론 홍보	뉴시스	한국시설공단, 민간기업 판로지원 성능검증 서비스 실시	2020.12.09
3	언론 홍보	건설산업신문	시설안전공단, 민간기업 혁신기술 '성능검증 서비스'	2020.12.09
4	언론 홍보	경남도민신문	한국시설안전공단, 민간기업 혁신기술 판로 지원	2020.12.10
5	언론 홍보	신아일보	시설안전공단, 기업 혁신기술 판로지원 '성능검증 서비스'	2020.12.09
6	언론 홍보	매일일보	한국시설안전공단, 민간지원 판로지원 위해 성능검증 서비스 실시	2020.12.09
7	언론 홍보	로이슈	한국시설안전공단, 민간기업 혁신기술 판로지원 위한 '성능검증 서비스' 실시	2020.12.09
8	언론 홍보	cnbnews	시설안전공단, 민간기업 혁신기술 판로지원 '성능검증 서비스' 실시	2020.12.09
9	언론 홍보	BIGDATAnews	한국시설안전공단, 혁신기술 판로지원 위한 '성능검증 서비스' 실시	2020.12.09

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

□ 현장시험·검증

번호	명칭	일시	장소·기관	목적	수행 내용
1	민간기업 기술의 성능검증서비스 시범사업	2020.12	수도권제1순환고속 도로 수락산터널	성능평가체계 검증 및 문제점 도출을 통한 개선방안 마련을 위해 본 민간기술 성능검증체계 및 평가 시범사업 실시	서울 수락산터널에서 터널스캐너를 보유한 3개의 업체를 대상으로 성능평가를 실시하여 본 연구에서 개발한 성능평가 방법론을 검증함
2	민간기술 성능검증 테스트베드	2021.12	문곡터널	문곡터널 GPR 기술검증 현장 테스트베드	문곡터널 GPR 기술검증 현장 테스트베드

□ 매뉴얼

번호	매뉴얼 명	연도	비고
1	진단측정 장비 성능검사 기준에 관한 운영 매뉴얼	2021	검사제
2	진단측정 장비 성능시험 및 적합성 인증 기준에 관한 운영 매뉴얼	2021	인증제

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

○ 해당없음

<참고 1> 연구개발성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기를 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	지식재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등

<참고 2> 「국가연구개발혁신법」 시행령 제33조 제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설 · 장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상(부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동 활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보(소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함)
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

연구 개발 목표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 진단장비 기술분류 및 성능분석	○ 진단장비 기술수준 분석, 기술분류 및 코드화, 성능평가 기준 및 방법론 제시를 위한 손상 시나리오 분류	○ 100%
○ 성능평가 체계 개발	○ 예비 평가 → 본 평가 → 최종검토(예비, 본 평가에 대한 최종검토)로 진행되는 성능확인 체계 개발	○ 100%
○ 첨단장비 활용 현황 및 성능평가 기본방향 제시	○ 국내외 사례 및 설문조사를 통하여 첨단장비 활용 현황을 분석하고 첨단기술의 성능평가를 위한 기본방향을 제시함	○ 100%
○ 첨단장비 성능검증을 위한 성능평가 지표 및 방법론 개발	○ 첨단장비에 대한 표준화 및 성능평가 기준연구를 통하여 터널스캐너에 대한 성능평가 방법론을 제시하였음	○ 100%
○ 첨단장비의 현장 기반 성능평가 기법 개발	○ 현장시험을 통해서 터널스캐너 성능평가 방법론에 대한 검증을 실시하였으며, Feedback을 통하여 성능평가 지표 및 측정 방법론을 보완하고 다른 첨단장비의 성능평가 기술개발에 있어 가이드라인이 되어줄 매뉴얼(안)을 작성	○ 100%

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

-
- 논문게재 및 특허등록 일정 지연
-

2) 자체 보완활동

-
- 논문게재 : 인하대 2건(SCI, 심사중, '22.11 게재예정), 건정연 1건(비SCI, '22.3 게재완료)
 - 특허등록 : 관리원 1건(등록진행중), 인하대 1건(등록진행중)
-

3) 연구개발 과정의 성실성

-
- 본 연구는 국내외 사례조사, 건설 안전 및 시설물 유지관리 분야 종사자들에게 설문조사를 통하여 그 결과를 분석하고, 관련 학계, 업계, 관리주체 등 다양한 의견을 반영할 수 있도록 노력했으며, 시작품 제작, 실내실험, Testbed 현장시범적용 등 연구결과의 신뢰성 제고를 위해 성실하게 수행함
-

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

-
- 시설물 점검에 활용되는 첨단장비의 성능을 검증함으로써, 부실한 시설물 유지관리를 예방하고 시설물의 안전을 도모할 수 있음
 - 본 연구개발성가로 작성된 ‘시설물 점검 및 진단에 활용되는 장비의 성능평가 기술개발 매뉴얼 (안)’을 통하여 다른 첨단장비의 성능평가 기술개발의 기준을 제시함
 - 성능평가를 통해 도출되는 성능 카탈로그를 통하여 시설물 유지관리 업체는 해당 시설물 점검에 적합한 장비를 선택할 수 있으며, 장비 개발자는 장비의 성능에 대한 공인된 검증을 받을 수 있음
-

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

-
- 시설물 점검 및 진단장비(기술)의 성능확인 체계 검증 수행
 - 향후 성능확인 체계 활용하여 검·인증 프로세스 구축
 - 개선된 성능평가 방법을 적용한 현장 시험을 실시하여 본 성과물에 대한 최종 검증을 수행
 - 본 성과물에서 제안하는 성능평가 방법이 적용된 통합 성능평가 프로그램 개발
 - 향후, 검·인증 제도의 도입 시 본 성과물을 활용하여 터널스캐너의 검·인증 프로세스 구축
 - 국토교통부는 4차 시설물 안전 및 유지관리 기본계획의 세부 추진과제로 “첨단기술 테스트베드 및 성능검증 체계 구축”을 선정하였으며, 본 연구결과는 이에 대한 기초자료로 활용될 수 있음
 - 시설물 점검 및 진단장비 검인증 체계 수립 시에 단기 및 중장기 매뉴얼을 통해 효율적인 제도 수립 및 운영 가능
-

7. 참고 문헌

-
- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단편) 해설서, 2019.12., 한국시설안전공단(국토안전관리원)
-

< 별첨 >

별첨 자료

1. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료
2. 세부 정량적 연구개발성과 증빙자료(총 연구개발기간 성과점검기준표 실적 증빙자료에 기 포함되어 있는 증빙자료 제외)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 ‘국토교통기술촉진연구사업’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.