

18TBIP-C
124893-02

100m 이상 시정확보를 위한 교량용 안개제거장치 개발 최종보고서

2019

국
토
교
통
부
국토교통과학기술진흥원

100m 이상 시정확보를 위한 교량용 안개제거장치 개발 R&D Report

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

국토교통기술사업화 지원 최종보고서

R&D /
18TBIP-C124893-02

100m 이상 시정확보를 위한 교량용 안개제거장치 개발 최종보고서

2019. 03.

주관연구기관 / (주) 누리플랜
협동연구기관 / (주) 평화엔지니어링

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘100m이상 시정확보를 위한 교량용 안개제거장치 개발’(연구개발 기간 : 2017. 04. 01 ~ 2018. 12.31) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 03.

주관연구기관명 : (대표자) 이 규 홍 (인)

협동연구기관명 : (대표자) 권 재 원 (인)

주관연구기관책임자: 이 규 홍

협동연구기관책임자: 김 성 중

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	18TBIP-C124893-02	해당 단계 연구 기간	2018.01.01~ 2018.12.31	단계구분	(2차년도)/(2차년도)
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	100m 이상 시정확보를 위한 교량용 안개제거장치 개발			
연구책임자	이 규 홍	해당단계 참여 연구원 수	총: 14명 내부: 14명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부: 630,000천원 기업: 420,000천원 정부 외: 0천원 계: 1,050,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: 0명	총 연구개발비	정부: 1,117,000천원 기업: 753,340천원 정부 외: 0천원 계: 1,870,340천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)누리플랜 기술연구소			참여기업명	(주)평화엔지니어링
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
하천이나 바다를 가로지르는 교량과 같은 곳에서 발생하는 바람을 동반한 농도가 매우 심한 안개를 제거하기 위하여 건조공기와 음이온 응결핵과 같은 안개제거 물질을 시스템에 최적화하여 교량의 차량 진행방향으로 효율적으로 분사함으로써, 농무를 300초 이내에 제거하여 교량에서 상시 100m 이상의 시정을 확보될 수 있도록 “100m 이상 시정확보가 가능한 교량용 안개제거장치” 개발				보고서 면수	

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	1. 안개제거 장치의 최적화 개발 : 교량내 도로의 상시 시정거리 100m이상 확보 목표 2. 저소음 안개제거 장치 개발 : 송풍장치에서 발생하는 소음의 최소화 목표 3. 경량화된 안개제거장치 개발 : 교량설치 가능한 경량화 목표 4. 표준설계시방서 및 유지관리 매뉴얼 구축 : 기존교량이나 신설 교량설치시 필요한 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 구축 5. 테스트베드 구축 : 테스트베드 운영 및 보완 〈 1차 연도 〉 1) 자료조사 및 관련 기초 연구 2) 안개제거장치의 성능개선을 위한 설계 및 제작 • 초기방출 습도 40% 미만의 장치 개발 • 초기방출 음이온의 수가 백만개 이상의 장치 개발 • 송풍기기의 흡입구로 인입되는 안개입자를 제거하는 그물망 개발 3) 시작품제작 및 시험 • 시작품 제작 및 현장적용 시험 • 시작품의 성능검증 및 보완 4) 안개제거장치의 합체 경량화 연구 • 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 합체내부 구조의 최적화 연구 • 경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안전성 검토 • 경량화 부재를 사용한 합체 시작품 설계 및 시작품 제작 〈 2차 연도 〉 1) 자료조사 및 관련기초연구 2) 저소음 안개제거장치의 개발을 위한 설계 및 제작 • 송풍장치의 흡입구와 토출구로 방사되는 팬소음을 저감시킬 수 있는 사일런스 개발 • 안개제거장치내의 차음장치 개발 • 안개제거장치 측방부의 방음구조물 개발 • 시작품 제작 및 현장적용 시험 3) 기존교량 및 신설교량에 설치 및 운영을 위한 표준설계시방서 및 유지관리매뉴얼 작성 • 표준설계시방서 및 도면 작성 • 유지관리매뉴얼 작성 4) 기존 교량에 안개제거장치 테스트베드 구축 5) 테스트베드의 운영 및 보완 6) 성능평가 검증보고서 작성
------------------------	---

연구개발성과	〈 1차 연도 〉 1) 관련기초 연구보고서 2) 안개제거장치의 성능개선을 위한 설계도 및 요소기술의 시작품 • 초기방출 습도 40% 미만의 장치 시작품 • 초기방출 음이온의 수가 백만개 이상의 장치 시작품 • 송풍기기의 흡입구로 인입되는 안개입자를 제거하는 그물망 시작품 3) 안개제거장치의 시작품 및 실험보고서 • 시작품 제작 및 현장적용 시험보고서 • 시작품의 성능검증 및 보완 보고서 4) 안개제거장치의 합체 경량화 연구보고서 및 시작품 • 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 합체내부 구조의 최적화 연구 보고서 • 경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안전성 검토 보고서 • 경량화 부재를 사용한 합체 시작품 설계도 및 시작품 〈 2차 연도 〉 1) 관련기초 연구보고서 2) 저소음 안개제거장치의 개발을 위한 설계도 및 시작품 • 송풍장치의 흡입구와 토출구로 방사되는 팬소음을 저감시킬 수 있는 사일런스 시작품 • 안개제거장치내의 차음장치 시작품 • 안개제거장치 측방부의 방음구조물 시작품 • 저소음 안개제거장치의 시작품 및 현장적용 보고서 3) 기존교량 및 신설교량에 설치 및 운영을 위한 표준설계시방서 및 유지관리 매뉴얼 • 표준설계시방서 및 도면 • 유지관리매뉴얼 4) 기존 교량에 안개제거장치 테스트베드 5) 테스트베드의 운영 보고서 6) 성능평가 검증보고서
--------	--

연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	〈 활용 계획 〉 1) 이상기후에 대처할 수 있는 인공적인 기후조절시스템의 기초 2) 기존 산업과 차별되는 새로운 사업분야로 관련 부품산업의 시장확대 기여 3) 연구개발 성과물에 대하여 국가차원의 공동 활용을 통한 부가가치 창출 〈 기대 효과 〉 1) 원천기술 확보를 통한 국가 경쟁력 강화 • 국내외 관련 기업체들에 대한 기술적 파급효과가 매우 클 것으로 예상되며, 특히 주요부품 중 하나인 대형송풍기기 산업의 활성화와 소음방지기술 산업에도 매우 중요한 기술적 발전을 이룩할 것으로 기대됨. 2) 기상재해 관련 기술 분야의 경쟁력 강화 • 기상재해와 관련된 연구 중 특히 안개 관련 분야는 대외기술 종속성이 매우 높은 분야이므로 관련 기술 독립성을 확보함으로써 기술선진국의 토대를 마련할 것으로 기대됨. 3) 국민의 생명과 재산 보호 • 국내의 여건에 최적화된 안개피해저감시설의 설치로 시행착오적 예산낭비를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 대형교통사고를 미연에 방지할 수 있으며, 안개로 인한 사회적 기회비용의 절감효과를 기대함. 4) 수입대체 효과 및 수출시장 선점 기반 • 연구개발의 성과로 인하여 새로운 기준 및 상용품 출현은 수입대체 효과와 관련분야 수출시장을 선점할 수 있는 기반이 될 것으로 기대됨.				
	핵심어 (5개 이내)	1. 안개제거	2. 교 량	3. 저소음	4. 경량화

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	The final goals for this research are comprised of the followings : 1) Development of optimized counter-fog device which allows to assure over 100m visibility distance constantly on the road of the bridge, 2) Development of low-noise counter-fog device to minimize the noise occurred by the blower system, 3) Development of light-weight counter-fog device suitable for the bridge installation, 4) Set up of standard design specifications and maintenance manual for the installation on the new and existing bridges, 5) Set up and operation of Test-bed.
Purpose & Contents	〈For the first year〉 1) Related reference and report 2) Drawing and prototype of counter-fog device for improvement of performance • Drawing and prototype of device emitting the air with less than 40% of initial relative humidity • Drawing and prototype of device emitting over one million anions per second • Drawing and prototype of optimized mesh able to eliminate the fog particles entering into the air inlet of the blower system 3) Prototype of counter-fog device and report on field application test • Prototype and report on field application test • Qualification report on performance evaluation 4) Report on the light-weight material of counter-fog device • Computer simulation result report on the stability analysis for the installation on the new and existing bridges • Environmental and structural stability report on the light-weight material • Drawing and prototype of housing using the light-weight material 〈 For the second year 〉 1) Related reference and report 2) Drawing and prototype of counter-fog device to reduce the noise • Drawing and prototype of silence to reduce the noise of fan from the inlet and outlet of the blower system • Drawing and prototype of noise insulation material inside the counter-fog device • Drawing and prototype of soundproof structure on the side of counter-fog device • A prototype and report on field application test 3) Standard design specifications for the installation on the new and existing bridges • Standard design specifications and drawing • Maintenance manual for installation and operation 4) Test-bed on counter-fog device for a bridge 5) Operation and modification report on test-bed 6) Qualification report on performance evaluation

Results	<For the first year > 1) Related reference and report 2) Drawing and prototype of counter-fog device for improvement of performance • Drawing and prototype of device emitting the air with less than 40% of initial relative humidity • Drawing and prototype of device emitting over one million anions per second • Drawing and prototype of optimized mesh able to eliminate the fog particles entering into the air inlet of the blower system 3) Prototype of counter-fog device and report on field application test • Prototype and report on field application test • Qualification report on performance evaluation 4) Report on the light-weight material of counter-fog device • Computer simulation result report on the stability analysis for the installation on the new and existing bridges • Environmental and structural stability report on the light-weight material • Drawing and prototype of housing using the light-weight material < For the second year > 1) Related reference and report 2) Drawing and prototype of counter-fog device to reduce the noise • Drawing and prototype of silence to reduce the noise of fan from the inlet and outlet of the blower system • Drawing and prototype of noise insulation material inside the counter-fog device • Drawing and prototype of soundproof structure on the side of counter-fog device • A prototype and report on field application test 3) Standard design specifications for the installation on the new and existing bridges • Standard design specifications and drawing • Maintenance manual for installation and operation 4) Test-bed on counter-fog device for a bridge 5) Operation and modification report on test-bed 6) Qualification report on performance evaluation
-----------------------	---

Expected Contribution	＜ Application plan ＞ 1) Counter-fog device, the result of this research, could be the base of precious research materials on artificial weather control system to deal with the abnormal climate in future. 2) Since it is an mechanical but active system to make sure of the safety against any danger caused by fog, it could create a new business field and could provide the bigger market to the major part suppliers related to this device. 3) Lastly, it could be utilized as R&D business information to add values on research development such as joint utilization and commercialization assistance, etc. through the verification service including specification, patent, prototype, etc. with the government organization for the public advantage as a national level. ＜ Expected contribution ＞ 1) Currently, no counter-fog technology is available in any other countries. As such, this technology could strengthen the national competitiveness and a great ripple effect is anticipated to the related companies in Korea. Particularly, the industry in large air blower, which is one of the major parts of this device, and noise control technology industry could expect to achieve an important technical development. 2) Based on this technology, securing the original technology which will boost the research development in the field of meteorological disaster and related, could improve the national competitiveness in the related industry. Especially fog related field among meteorological disaster studies used to have a high technological dependency. So it is a very important technology to be independent in this field. Moreover, by obtaining the unique technology against the high technology of advanced countries on counter-fog facility or by removing the obstacles while introducing technology, the basic ground of technology advanced country could be ready in front of us. 3) As a Korea based counter-fog facility, we can expect more effective result without wasting budget. And also, it is expected to play a major role of protecting life and property of people through preventing any fatal traffic accident caused by fog in Seohae Grand Bridge or Yeongjong Grand Bridge, etc. It is also expected to save the social opportunity cost through reducing any inconvenience due to fog in the airport or seaport. 4) Counter-fog facility appropriate to the local weather condition can show the new guideline and may provide the opportunities to have the import substitution effect as well as to preoccupy the export market. As a conclusion, it is expected to contribute the advance in the local road environment and weather industries. On top of that, it could eventually increase the user's satisfaction level by providing the safe and pleasant road conditions.				
	1. counter-fog	2. bridge	3. low-noise	4. light-weight	5. visibility distance

〈CONTENTS〉

Chapter 1. INTRODUCTION	12
Chapter 2. Status of domestic and overseas technology	21
Chapter 3. Research performance and achievements	33
Chapter 4. Achievement of goal and contribution to relevant field	99
Chapter 5. Plan to utilize R&D achievements	106
Chapter 6. Overseas science and technology information collected during the research process	107
Chapter 7. Security rating of R & D achievement	109
Chapter 8. Status of research facilities and equipment registered in the National Science and Technology Comprehensive Information System	109
Chapter 9. Implementation of safety measures in laboratories due to R & D tasks	109
Chapter 10. Representative research achievements of R & D tasks	110
Chapter 11. Others	112
Chapter 12. References	113

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	12
2. 국내외 기술 개발 현황	21
3. 연구 수행 내용 및 성과	33
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	99
5. 연구개발성과의 활용 계획	106
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	107
7. 연구개발성과의 보안등급	109
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	109
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	109
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	110
11. 기타 사항	112
12. 참고 문헌	113

제1장. 연구개발과제의 개요

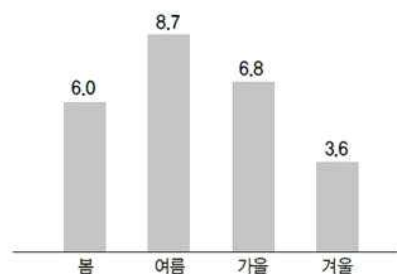
1. 연구개발 목적

- 가. 기존의 안개제거장치는 일반도로의 안개시 100m의 시정거리 확보를 목표로 개발되어 하천이나 바다를 가로지르는 교량과 같은 곳에서 발생하는 바람을 동반한 농도가 매우 심한 안개에 제대로 된 효과를 구현하지 못하였음
- 나. 기존의 안개제거장치가 설치될 경우 가동시 송풍장치의 소음으로 인해 많은 민원이 제기되는 문제점을 나타냈으며, 안개가 주로 새벽녘에 발생된다는 점을 고려할 때 상당히 큰 문제로 이어질 수 있음
- 다. 따라서 이와 같은 문제점을 근본적으로 해결할 수 있는 대책이 반드시 필요함
- 라. 본 연구에서는 교량 내 도로에서 상시 시정거리가 100m 이상이 될 수 있도록 안개제거에 영향을 미치는 각 요소기술을 분석하고 이를 최적화 하는 방법을 적용하여 제거장치의 성능개선을 달성하고자 함
- 마. 또한 사일린스와 경량화된 방음벽 등을 사용하여 장치소음을 대폭 저감하여 발생할 수 있는 민원을 최소화 시켜 미래지향적 차세대 교량용 안개제거시스템을 개발하고자 함
- 바. 기존교량 및 신설교량의 안개제거장치 설치 시방서 마련과 장치 합체 경량화로 안개제거장치 설치의 현장 적용성 향상

2. 연구개발의 필요성

가. 빈번하지만 예측하기 어려운 안개의 발생

- (1) 안개의 발생은 공기와 지표 사이 기상조건, 지형조건, 상공의 바람 상태 등에 예민해 특정 지역, 특정 시간대에 안개 발생을 예측하는 것은 어려움이 있음
- (2) 우리나라의 경우 계절별 평균 안개 발생일수를 살펴보면, 연평균 24일 정도 발생하며 갑작스러운 기온변화와 급격한 일교차에 의해 초여름과 초가을 사이에 가장 빈번하게 발생하는 것으로 조사됨
- (3) 기후변화에 의해 도시열섬 현상이 나타나면서, 도시지역에서의 안개 발생은 보다 잦아지고 있으며, 하천과 저수지 등의 넓은 개방수면이 위치한 지역 인근에서도 빈번하게 발생하고 있음



계절별 평균 안개일수(1981~2010 평균)



월별 안개 교통사고 발생건수 점유율(2011~2013 평균)

그림 1.2.1 계절별 평균 안개일수와 월별 안개 교통사고 발생건수 점유율

나. 안개에 의한 빈번한 대형사고 발생

- (1) 최근 국내뿐만 아니라 미국, 유럽 등 선진국에서도 안개로 인한 교통사고가 빈번하게 발생하고 있으며 상당수가 대형사고로 확산
- (가) 2016년 12월 나주대교에서 14중 추돌사고(부상 8)가, 2015년 2월 영종대교에서 106중 추돌사고(사망 2, 부상 73)가, 2006년 10월 서해대교에서 29중 추돌사고(사망 11, 부상 50)가 발생하는 등 대형사고의 발생
- (나) 미국 버지니아주 : '13년 95중 추돌, 사상자 28명
- (다) 벨기에 브뤼셀 : '13년 130중 추돌, 사상자 77명



나주대교 추돌사고(2016.12)



영종대교 추돌사고(2015.02)



서해대교 추돌사고(2006.10)



벨기에, 브뤼셀 추돌사고(2013.12)

그림 1.2.2 안개 시 교량부에서 발생한 국내외 대형 교통사고

다. 도로교통공단에 따르면, 시야가 확보되지 않는 안개 속 도로에서는 다른 기상상태에 비해 사고 발생 가능성이 크며 치사율은 다른 날 대비 2~4배 가량 높음

표 1.2.1 2015년 기준 날씨별 교통사고 치사율

구분	교통사고(건)	사망자(명)	치사율(%)
맑음	199,816	3,699	2.2
눈/비	19,938	463	2.7
흐림	9,581	364	3.8
안개	428	42	9.8

- (1) 주로 안전거리 미확보에 따른 운전자 부주의가 원인이지만, 사고예방 및 피해 최소화를 위한 도로 관리기관의 역할 강화가 요구되는 상황

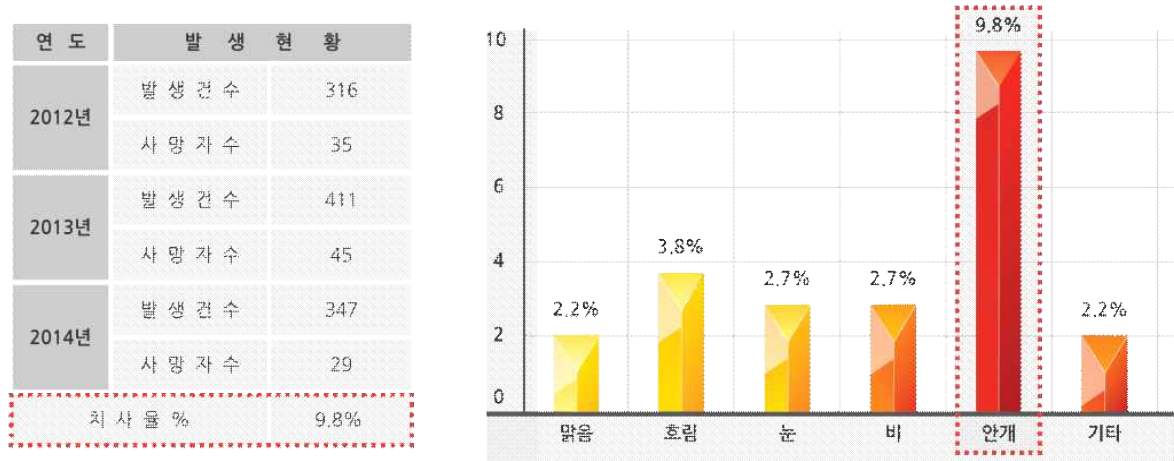


그림 1.2.3 날씨 유형별 교통사고 사망률(도로교통공단 2012~2014)

라. 기존 안개발생에 따른 대형사고 대응방안의 무의미

- (1) 안개발생에 따라 대형사고가 발생함에 따라 정부에서는 종합관리 대책을 수립(15.03 영종대교 사고 이후 관리대책 수립, 16.12 나주대교 사고 이후 관리대책 수립)하여 안개발생에 대한 위험성을 인지하고 대책을 마련하려고 하고 있음
- (2) 안개발생에 따른 기존의 교통안전 대책을 살펴보면, 주로 사전대책과 발생 시 사후대책으로 구분할 수 있음
 - (가) 사전대책은 각종 관리구간의 지정과 안전시설의 설치 등
 - (나) 안개 발생 시 사후대책은 점멸등, 도로전광표지(VMS), 방무벽등의 선형안내 및 정보 제공 등
- (3) 또한, 짙은 안개로 사고위험이 높은 구간(약 405km)을 안개 잦은 지역으로 지정하고 안전시설의 설치 등 집중 관리함
 - (다) 시정거리 250m 이하의 짙은 안개가 연 30일 이상 발생하는 구간
 - (라) 안개로 인한 대형 교통사고가 발생한 구간 등을 안개 잦은 지역으로 지정

구 분	시선유도표지	LED시선유도등	안 개 등
도로 선형 안내 및 차로 이탈 예방			
	낮은 가로등	방 무 벽	노면요철포장
			
정보 제공 안내	도로전광표지(VMS)	가변속도제한표지	차로제어시스템
			
정보 제공 안내	안개주의표지	안개예고표지	안개시정표지
			
정보 수집	CCTV		시정계(안개센서)
			

그림 1.2.4 기존의 소극적인 안개대응방안

마. 능동적인 안개제거 장치의 필요

- (1) 기존 안개발생시 대응대책은 통제와 안내, 정보전달 등에 한정된 소극적이고 정형화된 방법
 - (2) 또한 방무벽 등과 같은 대응방안들은 국부적으로 발생한 짙은 안개발생시 효용성이 크게 떨어지며, 다양한 안개유형에 능동적으로 대응하지 못하는 한계가 있음
 - (3) 앞서 제시된 소극적인 방법들 대신 적극적이고 능동적으로 안개를 제거하는 안개제거장치의 도입이 필요함
- (가) 안개제거장치의 도입은 2015.03 관계부처 합동이 발표한 「도로교통안전 종합대책」에 중장기적 대응방안으로 포함되어 있는 내용임



그림 1.2.5 능동적 안개제거장치의 필요성

3. 연구개발 범위

가. 연구개발 목표 및 내용

구분	내용
최종 목표	1. 최종목표Ⅰ:교량 내 상시 시정거리 100m 이상 확보 가능한 안개제거장치의 최적화 개발 2. 최종목표Ⅱ:교량설치를 위한 1톤이하의 안개제거장치 개발 3. 최종목표Ⅲ:송풍장치에서 발생하는 소음을 줄임으로써 85dB 이하의 저소음 안개제거장치 개발 및 테스트베드 구축 4. 최종목표Ⅳ:기존 교량이나 신설 교량에서 설치 시 필요한 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성
세부 목표	1. 교량 내 상시 시정거리 100m 이상 확보 가능한 안개제거장치의 최적화 개발 - 방사되는 공기의 초기상대습도가 40% 미만인 안개제거장치의 설계 및 제작 - 방사되는 음이온의 수가 초당 100만개 이상이 되는 안개제거장치의 설계 및 제작 - 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거시킬 수 있는 최적화된 메쉬설계 및 제작 - 시작품 제작 및 성능검증 2. 교량설치를 위한 1톤이하의 안개제거장치 개발 - 안개제거장치의 경량화 부재 연구 - 기존교량 및 신설교량에 설치시 안전성검토를 위한 컴퓨터 시뮬레이션 - 경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안전성 검토 - 경량화 부재를 사용한 합체 시작품 설계 및 시작품 제작 - 중량 1톤이하의 시작품 제작 및 성능검증 3. 송풍장치에서 발생하는 소음을 줄임으로써 85dB 이하의 저소음 안개제거장치 개발 및 테스트베드 구축 - 송풍장치의 흡입구와 토출구로 방사되는 팬소음을 저감시킬 수 있는 사일런스 설계 및 제작 - 안개제거장치내의 차음재 설계 및 제작 - 안개제거장치 측방부의 방음구조물 설계 및 제작 - 시작품제작 및 성능검증, 테스트베드 구축 및 운영 4. 기존 교량이나 신설 교량에서 설치 시 필요한 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성 - 기존교량 및 신설교량에 설치를 위한 표준설계시방서 작성 - 안개제거장치의 설치 및 운영 시 유지관리매뉴얼 작성 - 기존 교량에 안개제거장치 테스트베드 구축 및 최대시정거리 150m 확보 - 테스트베드의 운영 및 보완, 성능평가 검증보고서 작성

나. 단계(연차)별 추진내용

(1) 주관기관 : (주)누리플랜

연 차	연구 목표	주요 연구내용
1차 연도	교량 내 도로의 상시 시정거리 100m이상 확보 가능한 안개제거 장치의 최적화 개발	- 자료조사 및 관련기초연구 - 방사되는 공기의 초기상대습도가 40% 미만인 안개제거 장치의 설계 및 제작 - 방사되는 음이온의 수가 초당 100만개 이상이 되는 안개제거장치의 설계 및 제작 - 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거시킬 수 있는 최적화된 메쉬설계 및 제작 - 시작품제작과 현장적용시험 및 성능검증 - VE(value engineering)와 LCC(life cycle cost) 분석
2차 연도	송풍장치에서 발생한 소음을 최소화 시킨 저소음 안개제거 장치 개발 및 테스트베드 구축	- 자료조사 및 관련기초연구 - 송풍장치의 흡입구와 토출구로 방사되는 팬소음을 저감시킬 수 있는 사일런스 설계 및 제작 - 안개제거장치내의 차음재 설계 및 제작 - 안개제거장치 측방부의 방음구조물 설계 및 제작 - 기존 교량에 안개제거장치 테스트베드 구축 - 테스트베드의 운영 및 보완 - 성능평가 검증보고서 작성과 VE 및 LCC 분석

(2) 공동연구기관 : (주)평화엔지니어링

연 차	연구 목표	주요 연구내용
1차 연도	교량 설치를 위한 경량화 된 안개 제거장치 합체 개발	- 국내/외 안전시설물 설치에 관한 사례 및 문헌 조사 연구 - 안전시설물 설치에 따른 규정, 설계 및 관련 시방서 조사 - 교량 위치/유형 별 안개제거장치 설치 최적화 방안 조사 - 안개제거장치 합체 경량화 연구와 VE 및 LCC 분석 (1) 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 합체내부 구조의 최적화 연구 (2) 경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안전성 검토 (3) 경량화 부재를 사용한 합체 시작품 설계 및 시작품 제작
2차 연도	교량설치 시 필요한 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성	- 교량에 안개제거장치 설치시 구조 안전성 검토 매뉴얼 작성 - 표준설계시방서와 표준도면 작성 및 VE와 LCC 분석 (1) 기존교량 및 신설교량에 설치를 위한 표준설계시방서와 도면 작성 (2) 안개제거장치 설치 운영시 유지관리 매뉴얼 작성

다. 개발 단계에 따른 세부내용

(1) 주관기관 : (주)누리플랜

기간	단계별 주요 연구 활동	세부추진내용
1단계 (‘17.3~ ’18.2)	선행연구 사례조사	- 안개제거장치 관련 특허 조사 - 국내외 안개제거관련 최신 연구동향 분석
	목표성능설정(교량 내 시정거리 100m 이상 확보)및 안개제거장치의 요소 기술 확보 및 최적화 설계	- 방사되는 공기의 초기상대습도가 40% 미만인 안개제거장치의 설계-제습관련기기 및 재료특성 극대화 실험 - 방사되는 음이온의 수가 초당 100만개 이상이 되는 안개제거장치의 설계-음이온 발생특성 및 기기 실험 - 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거시킬 수 있는 최적화된 메쉬 설계-공장내 수증기 제거 실험 - 성능에 영향을 주는 각 요소기술에 대한 민감도 분석과 이를 통한 최적화 설계-안개 현장 실험
	목표성능에 대응한 안개제거장치 시작품 제작	- 각 요소기술들을 병합한 안개제거장치 시작품 제작 - 각 요소기술들의 성능을 모니터링하기 위한 센서 기반 제어 S/W 개발 - 교량내 현장시험을 위한 이동식 안개제거장치 구축
	안개제거장치의 성능검증평가 및 보고서 작성	- 목표성능 달성 확인을 위한 공인인증기관 평가 - 교량내 안개 제거성능 평가(영상확인 및 제거시간) - 종합보고서 작성과 VE 및 LCC 분석
2단계 (‘18.3~ ’19.2)	선행연구 사례조사	- 팬소음 저감기술 관련 특허 조사 - 국내외 팬소음 저감기술 관련 최신 연구동향 분석
	소음저감 목표성능 설정 및 관련요소기술 확보 및 최적화설계	- 송풍장치의 흡입구와 토출구로 방사되는 팬소음을 저감시킬 수 있는 사일런스 최적화설계-소음측정실험 - 안개제거장치내의 차음재 최적화설계-소음측정실험 - 안개제거장치 측방부의 방음구조물 최적화 설계
	목표성능에 대응한 저소음 안개제거장치 시작품 제작	- 각 요소기술들을 병합한 저소음 안개제거장치 시작품 제작 1단계 성능구현 시작품에 저소음 안개제거장치 적용 - 현장시험을 위한 테스트베드 구축
	저소음 안개제거장치의 성능검증평가 및 보고서 작성	- 목표성능 달성 확인을 위한 공인인증기관 평가 - 현장여건별 소음영향 평가 - 종합보고서 작성과 VE 및 LCC 분석
	안개제거장치 테스트베드 구축	- 테스트베드 구축 교량 선정 - 테스트베드의 운영 및 보완 - 종합보고서 작성

(2) 공동연구기관 : (주)평화엔지니어링

기간	단계별 주요 연구 활동	세부추진내용
1단계 (’17.3 ~’18.2)	안전시설물 설치에 관한 사례 및 문헌 조사 연구	- 안개잡은 지점 안전관리 현황 및 관련 연구사례 검토 - 안개잡은 지점 특성 및 패턴조사
	안전시설물 설치에 따른 규정, 설계 및 관련 시방서 조사	- 안개제거장치 적용 사례 및 문제점 검토 - 상황별 시나리오 작성을 위한 안개발생 특성 및 지역 분류
	교량 설치를 위한 경량화된 안개 제거장치 함체 개발	- 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 함체내부구조의 최적화 연구 - 경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안전성 검토
	시작품제작 및 평가	- 함체의 시작품 설계 및 제작 - 목표성능 달성 확인을 위한 전문가 평가 - 성능평가와 보고서 작성 및 VE와 LCC 분석
2단계 (’18.3 ~’19.2)	교량 유형별 안개제거장치의 설치 연구	- 장치 설치 시 하중 증가에 의한 기존 및 신설 교량 구조 안전성 검토 - 구조해석에 따른 설치 문제점 검토 및 기술보완을 통한 해결방안 제시 - 교량 내 설치공간이 확보된 경우와 없는 경우를 구분하여 거치방식 고안 및 설계
	안개제거장치 교량 설치를 위한 표준 설계시방서 작성	- 기존교량 및 신설교량에 설치를 위한 표준 설계 시방서와 도면 작성 - 안개제거장치의 설치 운영 시 유지관리 매뉴얼 작성 - VE와 LCC 분석

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 국내 관련기술 특허 동향

가. 안개제거장치관련 특허 기초조사

(1) 자료조사 및 관련기초연구(선행연구사례조사)

(가) 조사대상 검색DB 및 검색범위

- 검색 특허데이터베이스 : 웹스온(WIPSON)
- 조사 대상국가 : 한국특허 및 해외는 미국, 일본, 유럽, 중국 총 5개국
- 조사 대상기간 : ~ 2018. 01 (조사 개시일 이전 공개자료)

표 2.1.1 특허 검색 범위

국가	사용 DB	분석구간	검색범위
한국	Wipson DB	데이터 검색범위 전체	특허공개 및 공고/등록 전체문서
일본		“	특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표), 특허공고/등록 전체문서
미국		“	특허공개 및 등록 전체문서
유럽		“	EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
중국		“	특허공개 및 등록 초록, 청구항

(나) 관련특허 검색

- 본 안개 제거장치 관련된 특허 검색식은 Keyword를 통한 검색과, IPC(국제특허분류)를 통한 검색으로 구분하여 검색을 실시함
- 각각의 검색식을 통하여 데이터를 입수하고, 중복건을 제외한 결과 총 672건을 선정

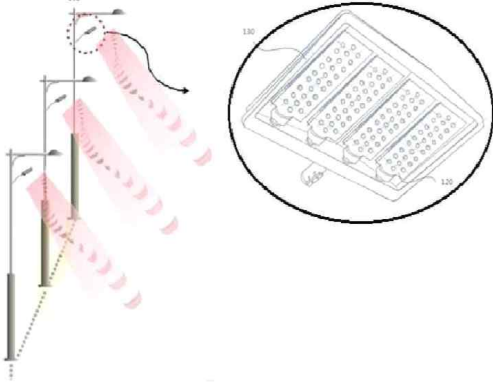
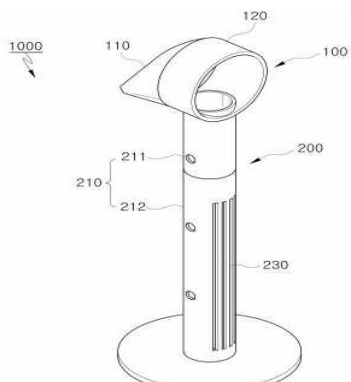
표 2.1.2 특허 검색식

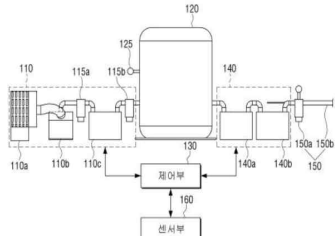
구분	검색식(한국, 미국, 일본, 유럽, 중국 등 5개국)	결과건수
검색식1	(안개 fog mist) and (제거 소산 소거 응결 delet* remove erase dissipation) and (장치 시스템 방법 system apparatus method) and (음이온 ion)	80
검색식2	(E01H-013*).ipc. and (이온* ion plasma 플라즈마 하전 대전 전하 corona electrostatic ionic 음이온 양이온 cation).key.	60
검색식3	(E01H-013*).ipc.	532
중복건 제거 후 총 검색결과 건수		672

(다) 음이온 및 방전기술 이용

- 음이온 발생기 또는 전기적 방전을 통한 이온화 입자를 이용하여 안개를 소산시키는 기술

표 2.1.3 안개제거관련 특허동향

NO	서지사항	기술내용/관련도면	검토의견
1	특허번호: KR2016-0179740 명칭: 음이온 자가확산 안개소산장치 및 이를 포함하는 안개소산 시스템 출원인(국적): 권오준 현재상태: 공개	<관련특허 기술내용> 다수의 단극방전 전자방사식 음이온발생장치를 제공하는 음이온 자가확산 안개소산장치 및 이를 포함하는 안개소산시스템에 관한 것으로 송풍을 위한 장비나 동력이 없이 단극방전 전자방사식 음이온 발생에 따른 이온품에 의하여 스스로 확산하여 안개를 소산하는 음이온 자가확산 안개소산 	단극방전 전자방사식 음이온을 이용한 안개소산장치는 많은 양의 안개를 제거하는 한계가 있는 기술로 동사의 기술과는 상이하하며 실제 적용하게 어려운 기술임
2	특허번호: KR2016-0158408 명칭: 안개제거장치 및 이를 이용한 안개제거장치 출원인(국적): 에스디씨컨스트럭 현재상태: 공개	<관련특허 기술내용> 안개가 발생하는 경우는 공기의 온도가 급격히 떨어지거나 공기 내의 수증기가 다수 발생하는 경우인데, 안개를 유발하는 공기가 공기의 온도보다 더 낮은 온도의 물체를 만나게 되는 경우 공기 내의 수증기가 해당 물체에 응결하여 제거하는 장치 	공기온도보다 낮은 온도의 물체를 만나 응결하는 제거기술은 많은 양의 안개를 제거하는 한계가 있는 기술로 동사의 기술과는 상이하하며 실제 적용하게 어려운 기술임

3	특허번호: KR2015-0168803 명칭: 냉각필터를 포함하는 안개소산 장치 및 그 방법 출원인(국적): 강주한 현재상태: 공개	<관련특허 기술내용> 안개소산장치는 외부공기를 냉각 및 압축시키는 건조 냉각부, 건조냉각부에서 압축 공기를 저장하는 저장탱크, 저장탱크에서 저장된 압축 공기를 건조 및 가열시키는 건조가열부, 저장탱크에 저장된 압축 공기 또는 건조가열부에서 가열된 압축 공기를 배출하기 위한 분사노즐부, 안개 상태를 감지하기 위한 센서부 및 센서부에서 감지된 안개 상태에 따라 건조가열부를 선택적 구동하여 압축 공기 또는 가열된 압축 공기를 배출시키는 제어부를 포함한다. 	냉각된 공기 또는 가열된 공기를 안개 상태에 따라 선택적 분사시키는 기술은 제거하는 한계가 있는 기술로 동사의 기술과는 상이하며 실제 적용하게 어려운 기술임
---	--	---	--

→ 결론 : 현재 누리플랜에서 보유하고 있는 기술은 경쟁사 기술과는 상이하고, 또한 유사기술들은 취하 및 거절되었으며, 현실적으로 적용이 가능하지 않은 기술로 확인되어 분쟁의 여지가 없음.

나. 비 상용화된 분사식 안개제거기술이 다수 차지함

(1) 국내의 안개제거를 위한 기술은 주로 분사식 기술을 활용하는 내용이 다수를 이루고 있으며, 특허 기술들이 상용화되지 못하고 있는 상황임

표 2.1.4 국내관련 기술 특허동향

세부 기술	업체명 (국적)	보유 기술 또는 특허	기술수준
안개 제거	(주) 지비엠 아이엔씨 (한국)	안개를 제거시키기 위한 연소탄을 점화하여 안개를 제거	비상용화
	(주) 콘비전스 (대한민국)	주행도로를 따라 터널형태의 안개 제거 액을 분사하여 안개를 제거.	상동
	(주) 레인보우 스케이프 (대한민국)	도로 양쪽 지지대를 설치하여 안개 발생 시 연결된 분사액을 분사하여 안개를 제거.	상동
	김 춘 산 (대한민국)	공항의 활주로에 스프링클러를 설치하여 물을 토출시켜 발생된 안개를 제거.	상동
	최 은 성 (대한민국)	도로 및 활주로 주변 열 발생수단으로 열을 축열조에 저장하여 히팅된 공기를 에어라인을 통해 분사하여 안개를 제거.	상동
	방 부 현 (대한민국)	활주로 양측을 따라 다수 개 설치되는 파이프에 가압하는 펌프를 더하여 사선방향으로 물을 분사하여 안개를 제거.	상동
	김 성 훈 (대한민국)	안개 발생 상습지역에 따뜻한 공기의 버블을 대기 중에 날려 물 입자나 먼지 입자가 달라 붙어 안개를 제거.	상동
	신 동 헌 (대한민국)	원격제어식 안개제거로 네트워크를 통한 제어신호의 수신에 따라 안개 제거 용수를 분사하여 안개를 제거.	상동

다. 주관기관의 독창적인 특허기술 보유로 안개제거 기술선점

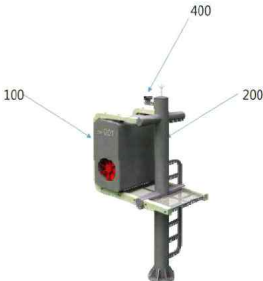
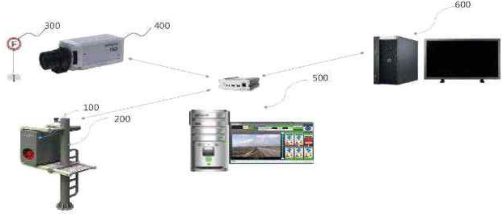
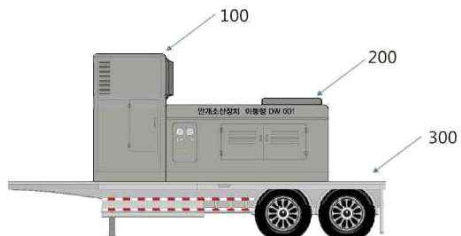
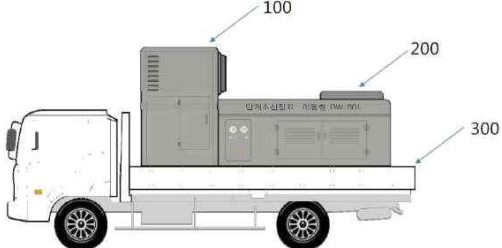
- (1) 본 신청기업은 안개제거장치를 당사의 차세대 기술로 지정하고 지속적인 투자를 하고 있으며, 이러한 성과로 2015년 안개제거 관련 국내특허 4건 등록 및 해외특허 1건을 출원하여 안개제거기술을 선정하고 있음

표 2.1.5 신청기업이 보유한 안개제거기술 특허보유 현황

특허번호	특허명	특허권자(국적)	특허등록년도
10-1559546	안개소산수단	주식회사 누리플랜	2015
10-1559550	안개소산장치	주식회사 누리플랜	2015
10-1556780	이동식 안개소산장치	주식회사 누리플랜	2015
10-1560777	이동식 안개소산장치	주식회사 누리플랜	2015

- (2) 특허, 안개제거장치가 복합적인 시스템이 필요함을 인식하여 당사는 2015년 한국교통대학교와 카메라를 이용한 도로 시정 측정 시스템 및 방법(특허 10-1032160호)에 대한 기술이전계약 및 전용실시권 체결하였음

표 2.1.6 신청기관 보유 특허의 독창성

특허 10-1559546 안개소산수단	특허 10-1559550 안개소산장치
 안개제거를 위한 메인 안개제거장치 기술	 안개상습발생지역의 안개제거를 위한 종합시스템장치
특허 10-1556780 이동식 안개소산장치	특허 10-1560777 이동식 안개소산장치
 이동식 트레일러를 포함한 안개제거장치 기술	 차량에 안개제거장치를 탑재한 이동식 장치기술

2. 국외 관련기술 특허 동향 : 안개 시 간접적 대응방안이 많음

- 가. 국외 안개제거관련 특허는 국외의 경우 공항을 중심으로 안개 제거방법에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 기술적 측면에서 보면 최고 기술을 이루고 있음
- 나. 그러나 외국의 경우도 안개의 제거적 측면보다는 안개경보시스템 등의 간접적인 대응이 주를 이루고 있으며,
- 다. 예시적으로 고속도로의 경우 일반적으로 비용과 환경 측면에서 직접적인 안개제거보다는 영국의 M25와 같은 안개경보시스템을 통한 교통통제 등의 간접적인 대응이 주를 이루고 있음
- 라. Utah DOT는 불량한 시정상태에서 운전자에게 주의경고를 실시간으로 제공하는 시스템인 일명 "ADvise Visibility Information System Evaluation" 혹은 "ADVISE" 프로젝트를 수행하였음
- 마. 이와 별도로, 시설물 유지관리 전용차량에 장착된 액화이산화탄소를 노상으로 분사하여 증발시킴으로써 주변안개의 열을 흡수하고 이 같은 일련의 작용을 통해 안개를 제거시키는 방법이 사용되기도 하였음
- 바. 이태리의 Valerio Abate 등은 음파나 초음파 혹은 전자기파를 공중에 전파시켜 안개입자가 서로 충돌하고 이로 인해 서로 뭉쳐져서 침강하도록 하는 방법을 고안하는 등 안개제거를 위한 다양한 연구가 시도되고 있음
- 사. 위와 같은 연구 외에 국외 관련 기술 특허동향을 살펴보면 아래와 같음

표 2.2.1 국외관련 기술 특허동향

세부 기술	업체명 (국적)	보유 기술 또는 특허	기술수준	비고
안개센서 및 시정측정	BIRAL (미국)	Fog sensor : 모든 기상조건에서 시정을 측정할 수 있는 Forward Scatter meter 개발	세계최고기술 (오차허용범위: ±5~20%)	
	Sten Lofving (스웨덴)	Fog Sensor : Laser backscatter technique을 이용한 저비용 안개센서 개발	세계최고기술 (오차허용범위: ±5~20%)	
방무시설	NIPPON STEEL METAL PROD CO LTD(일본)	특허 : TUNNEL TYPE RISING AND FALLING ANTI-FOG FENCE	세계최고기술	
	찰스우리 (미국)	특허 : 안개제거 시스템 (Fog dispersion system)		

3. 국내외 시장분석 및 사업화 전망

가. 국내시장 및 사업화 전망

(1) 안개제거기술 적용 가능 국내시장

(가) 국내의 안개상습지역은 전국 8개 시도, 16개 지역으로 2014년에 연중 30일 이상 안개발생지역이며 구체적인 발생현황은 아래와 같음

- 인천(옹진 107일, 중구 40일), 강원(철원 33일, 평창 109일), 충남(서산 38일)
- 전북(고창 41일, 군산 32일), 전남(목포 31일, 순천 48일, 신안 92일, 진도 51일)
- 경북(안동 51일, 울릉 43일), 경남(거창 55일, 진주 33일), 제주(제주 39일)

(나) 안개상습도로는 총 329개소로 고속도로가 가장 많은 연장을 차지하고 있으며 세부현황은 아래와 같음

- 329개소, 1,573km(고속국도 49개소 586km, 국도 121개소 498km, 지방도 159개소 489km)

(다) 본 연구의 중심 시장지역인 안개가 잦은 교량구간은 173.5km로 조사되었으며, 이중 중요한 1000m이상 교량은 총 18개소임(고속국도 4, 국도 5, 지방도 9)

- 안개 관측 장비는 고속국도 4개소에만 설치, 국도·지방도 14개소는 미설치

표 2.2.2 지역별 안개상습 발생 도로 및 교량 현황

구분	계	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종
도로	329/1,573	-	-	3/18	2/9	4/10	2/5	1/2	5/12
교량	385/173	-	2/9.3	1/0.14	1/1.2	-	1/0.4	1/0.4	10/5.5
구분	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
도로	25/151	48/263	40/97	21/101	67/375	47/243	12/94	48/154	4/39
교량	42/10.2	49/15.6	48/12	36/18.4	83/34.4	75/34.1	21/22.7	14/8.9	1/0.2

(라) 안개가 자주 발생하는 전국의 지역별 세부 교량현황은 아래의 표와 같으며, 총 연장은 56km구간에 달함

표 2.2.3 안개 잦은 곳 1000m이상 교량 현황

시·도	도로	교량명	위치	연장 (km)	안개관측장비		도로관리청
					설치	미설치	
합 계		18개소		56	4	14	
경기도	고속국도	시화대교	경기 화성	2.7	1	-	제2서해안 고속도로
경기도	고속국도	영종대교	인천광역시	4.4	1	-	(주)신공항 하이웨이
인천광역시	고속국도	인천대교	인천광역시	11.9	1	-	인천대교(주)
충청남도	고속국도	서해대교	충남 당진	9	1	-	도로공사
경기도	일반국도	남해대교	경기 평택	1.2	-	1	국토해양부
전라남도	일반국도	목포대교	전남 목포	3.0	-	1	국토해양부
전라남도	일반국도	압해대교	전남 목포	1.4	-	1	국토해양부
전라남도	일반국도	소록대교	전남 고흥	2.1	-	1	국토해양부
전라남도	일반국도	거금대교	전남 고흥	1.2	-	1	국토해양부
부산광역시	지방도로	광안대교	부산 해운대	7.4	-	1	부산광역시
부산광역시	지방도로	남향대교	부산 서구	1.9	-	1	부산광역시
인천광역시	지방도로	최지대교	인천 강화	1.2	-	1	인천광역시
강원도	지방도로	포동교	강원 횡성	2	-	1	강원도
충청남도	지방도로	황산대교	충남 논산	1.0	-	1	충청남도
전라북도	지방도로	웅포대교	전북 익산	1.3	-	1	전라북도
경상남도	지방도로	사천대교	경남 사천	2.1	-	1	경상남도
경상북도	지방도로	라령교	경북 안동	1	-	1	경상북도
경상북도	지방도로	주진교	경북 안동	1.3	-	1	경상북도

(2) 안개제거를 위한 국내적용 기술현황

(가) 안개피해 방지시설 관점에서 가장 유사한 기술로는 방무벽이 있음

- 바람을 타고 이동하는 안개입자를 도로변에 설치된 차단막을 이용하여 제거하는 방법으로, 일본의 해안가 도로에 많이 설치되어 낮게 깔려서 밀려오는 해무를 수동적으로 차단하는 방식으로 사용됨
- 방무벽은 초기 설치비가 본 대상기술 대비 2배 이상으로 비싸고 구조적인 특성상 높이 10m 이하의 낮은 이류성 안개에만 사용될 수 있다는 치명적인 단점을 가짐

(나) 한국도로공사는 영동고속도로 상습 안개발생구간인 대관령 일대에 방무벽인 특수망을 설치하여 평균시정거리가 76% 정도 향상된 것으로 보고하였음

(다) 그러나 안개제거 특수망은 낮은 높이의 해무나 산안개와 같은 활승안개에 부분적으로 효과적이지만 복사안개에 대해서는 전혀 효과가 없는 것으로 알려져 있음

표 2.2.4 국내관련 업체동향

항목	전문가	소속기관	기술개발현황	해외의 최고기술 보유기관	비고
	기술부	두리시스템	원적외선 방출 방무벽에 관한 연구		
	조혜진	한국건설기술연구원	악천후 도로환경에서의 도로안전시설연구		
	장기호	기상연구소	안개소산재료 특성 연구 이류안개 차단막 개발		



그림 2.2.1 대관령 구간 방무벽 설치 사진

- (라) 이러한 방무벽 시스템은 안개높이가 낮은 이류성 해무나 활승안개에 대해서는 부분적인 효과를 보이고 있으나 안개유형중 대부분을 차지하고 있는 복사안개에 대해서는 매우 취약한 단점을 지니고 있음
- (마) 따라서 보다 능동적이고 스마트한 안개대책 시설물의 설치가 절실히 요구되고 있는 실정이며, 본 기술을 선점한 기업은 당사가 유일함

(3) 국내에서의 능동적인 교량부 안개제거장치의 사업화 전망

- (가) 2.11일 인천 영종대교에서 발생한 106중 추돌사고와 관련하여 정부에서 수립한 안개상습구간 「도로교통안전 종합대책」 중 영종대교 교통안전 개선대책 중 중장기 개선방안은 본 신청기술의 블루오션 시장을 설명해주고 있음
- (나) 영종대교 교통안전 종합대책을 살펴보면 단기적으로 적용하려는 대책이 사고예방과 안개대비 안전시설 보강에 집중되어 있음
- (다) 그러나 이 방안들은 소극적인 대책들로 중장기적으로는 안개제거 시스템을 설치하도록 하고 있음

표 2.2.5 영종대교 교통안전 종합대책 종합

구 분	개선 방안
단 기	▪ 속도통제시설 설치(구간단속카메라, 교량구간 감속유도 소형전광판) ▪ 운전자 정보제공 시설 추가 설치(VMS 4개소) ▪ 기상정보시스템 추가 설치(교량 시점부 및 중앙부 2개소) ▪ 시인증대시설 설치(교량 전구간 낮은 조명등 L =4,4km) ▪ 시선유도시설 설치(안개시정표지 8개소, 안개등 L=400m) ▪ 진입차단시설 설치(진입차단시설 교량 상하행부 2개소) ▪ 안전관리 매뉴얼 개정 (시정거리에 따른 단계별 대처방안 및 인천대교등과 동일한 매뉴얼 개정)
중장기	▪ 안개제거시스템 설치(안개제거장치)

(4) 국외에서의 능동적 안개제거장치 사업화 전망

- (가) 국내와 마찬가지로 국외에서도 안개로 인한 대규모 사고는 지속적으로 발생하고 있음
- (나) 예를 들어, 2012년 11월 22일 미국 텍사스주 고속도로에서 100여대 차량이 짙은 안개로 인해 연쇄추돌 하였고 일부 차량은 차량들이 겹겹이 쌓이는 대참사가 빚어졌음
- (다) 국외에서도 도로부의 안개제거는 안전 확보를 위한 필수요소임



그림 2.2.2 안개로 인한 미국 텍사스 주의 100중 추돌사고

(5) 주관기관과의 공동연구 필요성 및 추진방안

- (가) 본 연구는 안개 시 도로상에 문제가 되는 교량구간에 최적의 방안을 마련하기 위해서는 설계에 대한 기준안이 마련되어야 하기에 국내 최초의 구조설계를 하고 있으며, 해외에 다수의 교량설계를 하고 있는 평화ENG와 공동연구를 수행함
- (나) 따라서 주관기관은 제품개발과 테스트베드 구축을 목표로 하고 공동연구기관은 이와 관련된 표준설계시방을 마련토록 함



그림 2.2.3 연구기관과의 공동연구 추진방안

(6) 본 연구를 통해 개발될 기술의 해외시장 진출방안

- (가) 주관연구기관은 능동적인 안개제거기술의 해외 확대를 위해 도로부에 시범사업을 통한 시제품을 이미 해외의 중요 판매처를 물색 중에 있음
- (나) 중국, 카타르, 스페인 등 안개시범사업 및 수출 등을 위한 접촉을 시도하고 있으며, 본 연구개발을 통한 사업화가 완료되면, 완벽한 안개제거장치를 포함하는 시스템을 수출할 수 있을 것으로 사료됨
- (다) 한편, 현재 미국, 일본, 유럽 등 기술선진국을 비롯한 대부분의 국가에서도 안개 및 시정에 대해 능동적으로 대응할 수 있는 시스템을 구축한 사례는 없음
- (라) 전반적으로 시정거리에 따른 운행속도를 제한하는 수동적 교통통제 방법을 제시하고 있으므로 본 과업을 통한 완벽히 상용화된 미래지향적 차세대 안개제거장치의 개발은 지속적·장기적인 시장규모의 확대가 기대됨

(7) 해외 사업화 계획

- (가) 스페인에 위치한 ACCIONA社와 안개제거장치를 구축하기 위한 협의를 진행하였으며, 향후 신규 교량을 건설할 때 적용할 수 있도록 검토 중에 있음
- (나) 교량과 국도 외에 안개제거장치를 활용하기 위한 방안을 모색하고 있으며, 특히 공항 및 비행장은 안개로 인해 저해되는 시정거리에 민감하기 때문에 현재 안개제거장치를 시범 설치하여 성능을 확인하기 위한 협의를 진행하고 있음



아부다비 경찰청의 주관기관 방문



카타르 경찰청과의 업무협의

그림 2.2.4 해외 판매처 확대를 추진 중인 주관연구기관

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구개발의 최종 목표

가. 최종목표Ⅰ: 교량 내 상시 시정거리 100m 이상 확보 가능한 안개제거장치의 최적화 개발

- (1) 방사되는 공기의 초기상대습도가 40% 미만인 안개제거장치의 설계 및 제작
- (2) 방사되는 음이온의 수가 초당 100만개 이상이 되는 안개제거장치의 설계 및 제작
- (3) 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거시킬 수 있는 최적화된 메쉬설계 및 제작
- (4) 시작품 제작 및 성능검증

나. 최종목표Ⅱ: 교량설치를 위한 1톤이하의 안개제거장치 개발

- (1) 안개제거장치의 경량화 부재 연구
- (2) 기존교량 및 신설교량에 설치시 안전성검토를 위한 컴퓨터 시뮬레이션
- (3) 경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안전성 검토
- (4) 경량화 부재를 사용한 합체 시작품 설계 및 시작품 제작
- (5) 중량 1톤 이하의 시작품 제작 및 성능검증

다. 최종목표Ⅲ: 송풍장치에서 발생하는 소음을 줄임으로써 85dB 이하의 저소음 안개제거장치 개발 및 테스트베드 구축

- (1) 송풍장치에서 발생된 소음을 최소화 시킨 저소음 안개제거 장치 개발 및 테스트베드 구축
- (2) 자료조사 및 관련기초연구
- (3) 송풍장치의 흡입구와 토출구로 방사되는 팬소음을 저감시킬 수 있는 사일런스 설계 및 제작
- (4) 안개제거장치내의 차음재 설계 및 제작
- (5) 안개제거장치 측방부의 방음구조물 설계 및 제작
- (6) 기존 교량에 안개제거장치 테스트베드 구축
- (7) 테스트베드의 운영 및 보완
- (8) 성능평가 검증보고서 작성과 VE 및 LCC 분석

라. 최종목표Ⅳ: 기존 교량이나 신설 교량에서 설치 시 필요한 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성

- (1) 교량에 안개제거장치 설치시 구조 안전성 검토 매뉴얼 작성
 - (2) 표준설계시방서와 표준도면 작성 및 VE와 LCC 분석
 - (3) 기존교량 및 신설교량에 설치를 위한 표준설계시방서와 도면 작성
 - (4) 안개제거장치 설치 운영시 유지관리 매뉴얼 작성
-

2. 최종목표 I : 교량 내 상시 시정거리 100m 이상 확보 가능한 안개제거장치의 최적화 개발 가. 선행 연구 사례 조사

(1) 안개제거장치 관련 특허 조사

(가) 특허조사결과 음이온 발생기 또는 전기적 방전을 통한 이온화 입자를 이용하여 안개를 소산 시키는 기술은 한국, 일본, 유럽 출원인에서 다양하게 나타나며, 현재 누리플랜에서 보유하고 있는 기술은 경쟁사 기술과는 상이하며, 또한 유사기술들은 취하 및 거절됨을 확인하여 분쟁의 여지가 없음

(나) 특허동향 분석결과 가장 많은 기술은 열풍, 적외선 등 열을 가열하여 안개를 소산 시키는 기술에 전체 특허의 37%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 음이온, 플라즈마방전, 전기적 대전 기술이 다음으로 28%를 차지함

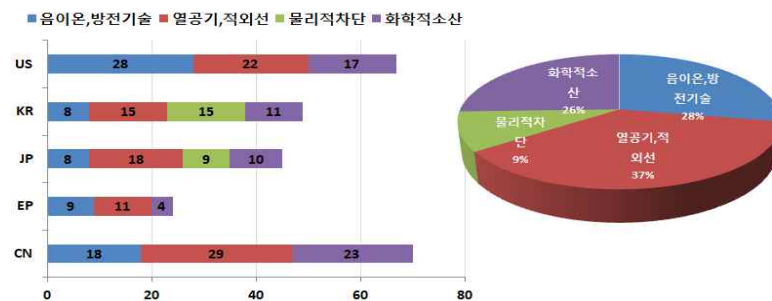


그림 3.2.1 안개제거관련 특허기술 동향 분석

(2) 국내외 안개제거관련 최신 연구동향 분석

(가) 주요 출원인별 특허동향에서는 한국유지관리(주), 누리플랜이 전제 10건의 특허를 보유하고 있으며, 상위권 그룹의 출원인 건수가 전체 비중의 13%에 불과, 나머지 출원인이 87% 비중으로 형성된 것으로서 기술적으로 특정출원인이 기술적으로 독점하고 있는 것은 아님

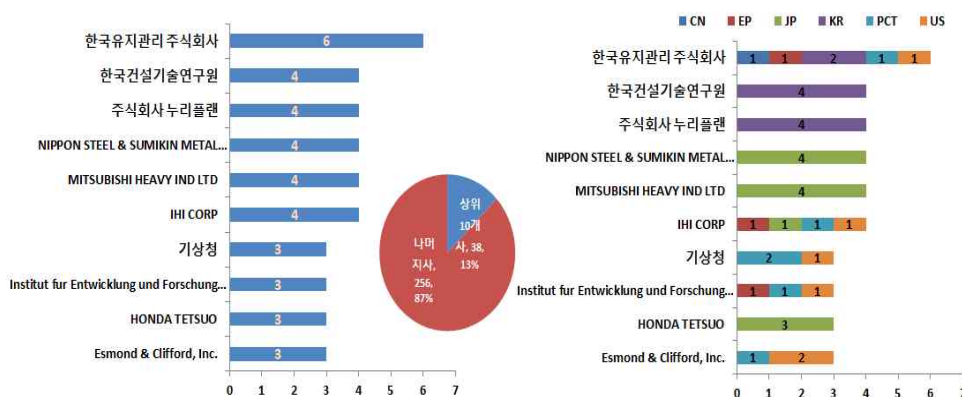


그림 3.2.2 안개제거관련 특허 출원인별 동향 분석

나. 초기방출 상대습도가 40% 미만인 되는 설비설계와 제작 및 제습관련기기 특성화 실험
재료특성 극대화 실험

(1) 측정 장비 - Air Ion Counter COM-3200PRO II

(2) 측정 위치 - 지상 1 m, 열풍 배출구 정면

(3) 측정 시간 - 5분

(가) 기기 가동 전 온습도 - 17.1℃, 40%RH

(나) 기기 가동 후 온습도 - 5분 후 온도47.9℃, 습도14%RH(1m 전방 측정)

다. 초기방출 음이온의 수가 초당 100만개 이상이 되는 전기장치설계와 제작 및 음이온발생 특성화 실험

(1) COM 3200 PRO II - Gerdein capacitor detector,

(2) JIS B 9929 규격품 : 공기 중 이온 밀도 측정방법

(3) 측정 위치 - 지상 1 m, 열풍 배출구 정면

(4) 측정 시간 - 5분

※ 시험환경조건 (온도 5~35도, 습도 40~80% RH, 1기압)

(가) 안개 제거장치의 설계 및 기기 실험 - 5분 후 음이온 2,000,000개(1m 전방 측정)

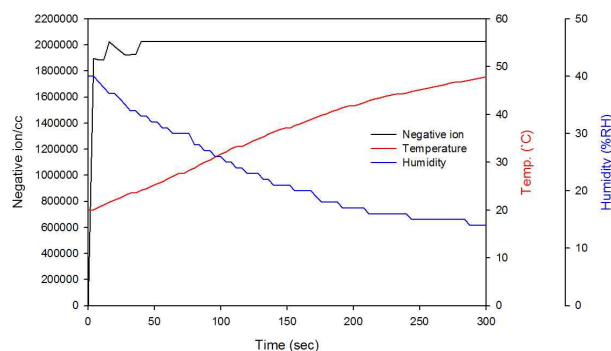


그림 3.2.3 음이온 방출량 실험

라. 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거시킬 수 있는 최적화된 메쉬 설계

(1) 1차 스팀 흡입

(2) 2차 메쉬

(3) 3차 전기장

(4) 4차 미스트

(가) 메인 FAN 42,000(m³/h), 스팀 용량 1,000kg, 음이온발생기 250,000개

(나) 메쉬(80,100, 비전도), 전기장(12V, 24V, 36V, 48V), 미스트, 외기FAN3,300(m³/h)

(다) 최적화된 메쉬 설계 및 공장 내 수증기 제거 실험 - 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거시킬 수 있는 최적화된 메쉬 설계 및 공장 내 수증기 제거 TEST 표와 같이 완전히 제거하는 결과를 얻음

마. 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거하기 위한 최적화된 그물망 설계와 제작 및 공장 내 수증기제거 실험

(1) 송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거시킬 수 있는 최적화된 메쉬 설계 및 실험

표 3.2.1 1차 스팀 흡입 TEST

음이온 발생장치	메쉬	전기장	포집	사진
-	-	-	X	-

표 3.2.2 2차 메쉬 TEST

음이온 발생장치	메쉬	전기장	포집	사진
-	80	-	X	

표 3.2.3 3차 전기장 TEST

음이온 발생장치	메쉬	전기장	포집	사진
7개	80	12V	X	
10개	100	24V	▲	
10개	100	36V	O	
22개	100+비 전도 매쉬	48V	O	

표 3.2.4 4차 미스트 TEST

음이온 발생 장치	메쉬	송풍유입	외기	미스트	수증기배 출	사진
22개	100+비전도 매쉬	ON	OFF	X	O	
22개	100+비전도 매쉬	ON	ON	0	X (zero)	

→ 결과 : 음이온발생장치 및 외기, 미스트 이용하여 TEST 결과 수증기가 제거됨을
확인하였음.

바. 안개 현장 실험

- (1) 1차 시작품
- (2) 발전기
- (3) 스팀 1,000kg/hr

1차 현장실험



그림 3.2.4 공장 내 자체실험

2차 현장실험I



그림 3.2.5 현장실험(분당 중앙공원 맨홀)

2차 현장실험II



그림 3.2.6 현장실험(한국지역난방공사 동탄지사)

(가) 외부관계자 참석(서울에너지공사, 한국지역난방공사)

○ 시연결과 제품에 대한 성능, 내구성, 환경적응성 등에 대한만족

○ 정량적 목표 성과 : 매출 기여(한국지역난방공사)

라. 각 요소기술들을 병합한 안개 제거장치 시작품 제작 및 교량내 현장시험을 위한 이동식 안개제거장치 구축

(1) 각 요소기술들을 병합한 안개 제거장치 시작품 제작



그림 3.2.7 안개제거장치 시작품

(가) 1차 시작품(1.1KW급 함체)

(나) 2차 시작품(수증기제거)

(다) 3차 시작품(음이온발생)

표 3.2.5 시작품 제원I

모델 스펙	1.1kw 안개제거장치	수증기제거장치	음이온발생장치
송풍성능(풍압)	18mm Ap	28mm Ap	
전력소비량	1.1kw	1.6kw	
사용연료	등유		등유
무게	600kg	200kg	50kg
제원(H×W×D)	1750×700×2000	1079×1079×2000	452×300×980
연료소모량	24ℓ /hr		5.2ℓ /hr
연료탱크 용량	100Liter		50Liter
음이온발생장치	20개	20개	10개

- (라) 4차 시작품(30KW급 합체)
 (마) 5차 시작품(3.5KW급 합체)
 (바) 6차 시작품(132KW급 합체)

표 3.2.6 시작품 제원II

스펙 \ 모델	30kw 안개제거장치	3.5kw 안개제거장치	132kw 안개제거장치
송풍성능(풍압)	50mmAp	43mmAp	180mmAp
전력소비량	30Kw	3.5Kw	132Kw
사용연료	등유	등유	등유
무게	1t	1t	1.3t
제원(H×W×D)	3126×1500×2140	3000×1500×1700	3327×1700×2229
연료소모량	36ℓ/hr	31.2ℓ/hr	72ℓ/hr
연료탱크 용량	360Liter	300Liter	216Liter
음이온발생장치	20개	20개	20개

(2) 교량내 현장시험을 위한 이동식 안개제거장치 구축



1차 현장



2차 현장

그림 3.2.8 안개제거장치 구축

(가) 1차 2017.10.25. 오전 7시

- 장소 : 세종시 인근 비도로
- 온도 : 영상 1도



가동 前



가동 後

그림 3.2.9 안개제거장치 현장실험I

(나) 2차 2017.11.09. 오전 6시 30분

○ 장소 : 일산 LG Display 저류지

○ 온도 : 영상 10도



가동 前

가동 後

그림 3.2.10 안개제거장치 현장실험II

○ 결론 : 각 요소들이 병합한 안개제거장치 시작품을 설치하고 시정거리 100m 표시한 표지판을 육안으로 식별 장치 성능을 확인함(전문가평가의견서 첨부)

마. 각 요소기술들의 성능을 모니터링하기 위한 센서 기반 제어 S/W 개발



그림 3.2.11 센서 기반 요소 모니터링 구성도

(1) 적용센서

(가) 온습도센서 : 안개소산장치의 내부 온도 및 습도 센싱을 통한 내부 환경 관리용도

(나) 진동가속도센서 : 안개소산장치 동작에 따른 내부 진동 및 외부로부터의 충격 감지 관리용도

(2) 트랜스미터

(가) 센서의 아날로그 계측 신호를 디지털로 변환/전송 기능

(나) 유무선통신이 적용 가능한 트랜스미터 적용으로 구축 환경에 적합한 통신 적용 가능

(다) 이상 발생 시 외부로 영향을 미치지 않게 설계된 방폭 제품 적용으로 안개소산장비에 2차 피해 최소화

바. 각 요소기술들의 성능을 모니터링하기 위한 제어 S/W 개발

(1) 현장 적용을 위한 상태 모니터링 SW 개발

(가) 안개소산장치, 송풍기, 열풍기, 연료, 도어 개폐에 대한 상태 모니터링 기능 개발



그림 3.2.12 각 요소기술의 제어시스템

(2) 상태 과거 이력 조회 기능 개발

(가) 효율적인 장비 관리를 위해 과거 이력 조회 기능 개발

(나) 조회 조건 설정 기능 개발



그림 3.2.13 장비운영이력 조회

(3) 장비 동작 시 알람 기능 개발

(가) 장비별, 조건별 알람 설정 기능 개발

알람 발생 조건 관리 추가작업

Search:

선택	장비	센서	등급	기준값	조건	내용	알람유형
☐	공덕대교1번	안개소산장치	정보	1	같을 경우	ON 되었습니다.	SMS
☐	공덕대교1번	안개소산장치	정보	0	같을 경우	OFF 되었습니다.	SMS
☐	공덕대교2번	안개소산장치	정보	1	같을 경우	ON 되었습니다.	SMS
☐	공덕대교2번	안개소산장치	정보	0	같을 경우	OFF 되었습니다.	SMS
☐	공덕대교3번	안개소산장치	정보	1	같을 경우	ON 되었습니다.	SMS
☐	공덕대교3번	안개소산장치	정보	0	같을 경우	OFF 되었습니다.	SMS

Showing 1 to 6 of 20 entries

PREVIOUS 1 2 3 4 NEXT

알람 발생 조건 등록

장비: 공덕대교1번

센서: 안개소산장치

기준값: 1

조건: 같을 경우

등급: 정보

알람 유형: SMS

알람 내용: 장비가 ON되었습니다.

취소 등록

그림 3.2.14 각 요소기술의 알람설정 기능

(4) 장비 컨트롤 모드 별 중복 알람 취합 기능 개발

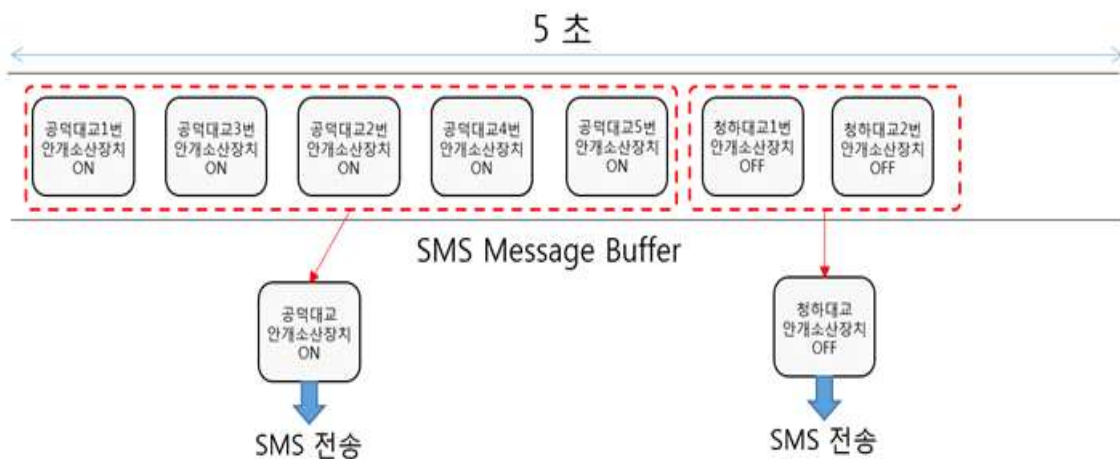


그림 3.2.15 장비 컨트롤모드에 따른 알람 취합 기능

(5) 알람 조건 발생 시 관리자 및 등록자에게 SMS 알람 기능 개발

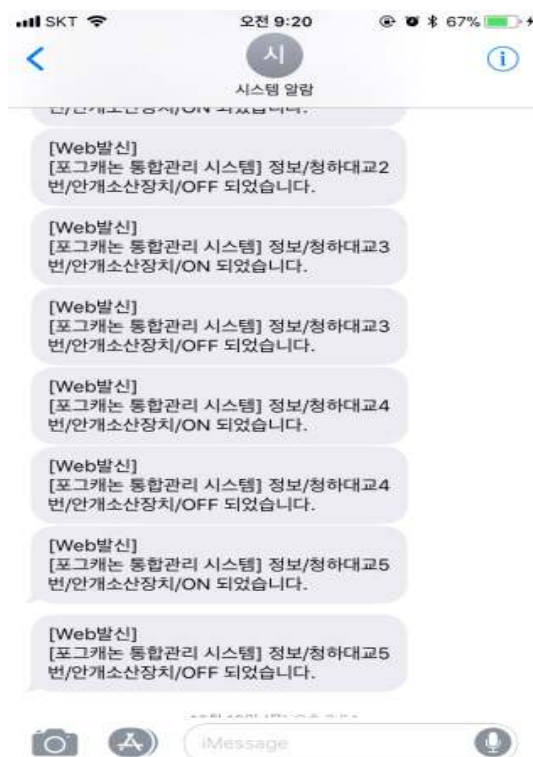


그림 3.2.16 문자 알람 기능



그림 3.2.17 운영보고서 자동 생성 기능

(6) 보고서 생성 및 출력 기능 개발

- (가) 사용자 기반 보고서 생성 조건 설정에 따른 장비 운영보고서 생성 기능 개발
- (나) pdf, word, excel, power point 등 파일 추출, 출력 기능 개발

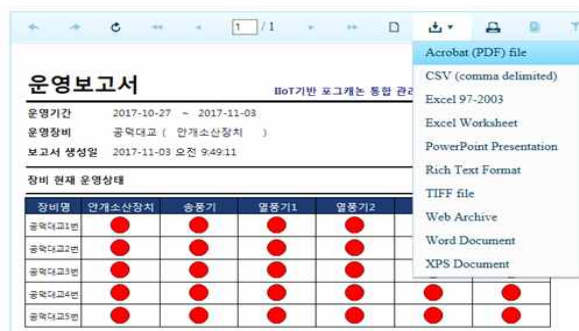


그림 3.2.18 파일포맷별 운영보고서 출력

3. 최종목표Ⅱ: 교량설치를 위한 1톤 이하의 안개제거장치 개발

가. 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 함체내부구조의 최적화 연구와 경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안정성 검토

(1) 설계 기준 및 참고 문헌

(가) 도로교 설계기준 해설, WIND EFFECTS ON STRUCTURES 서적(ASCE) : 풍하중

(나) END2000 (전기 1급 기기 내진 검증) : 지진하중

(다) 유한요소법의 기본개념 자료(Midas IT 사이트) : 유한요소법의 기본개념

(2) 설계 조건

(가) 해석 조건은 아래와 같음

(나) 자중

(다) 풍하중 : 40 m/s (설계 풍속)

(라) 지진하중 : 재현주기 2400년

(마) 원심력 하중 : 1,750 RPM (모터 RPM)

(3) 주요 재질

(가) Aluminum 6063-T5 (송풍장치, 함체 프레임, 덕트, 열풍기, Casing, 전장제어장치)

Modulus of elasticity (Es) = 145,000 N/mm²

Poisson's Ratio = 0.33

Weight Density = 2,700 kgf/m³

Tensile Strength = 186 N/mm²

Yield Strength = 145 N/mm²

(나) Stainless steel (연료통)

Modulus of elasticity (Es) = 195,000 N/mm²

Poisson's Ratio = 0.31

Weight Density = 8,030 kgf/m³

Tensile Strength = 485 N/mm²

(4) 해석 프로그램 : Midas FEA Version 3.6.0

(5) 모델링

(가) 전체 모델링은 Shell 요소를 사용하였으며, Casing, 함체 프레임, 송풍장치, 덕트, 열풍기, 전장제어장치 및 연료통에 대해서 실제 형상과 두께를 반영하여 모델링하였음. 비 모델링 부분인 모터는 질량 요소(359.22 kg)로 치환하여 적용하였고 볼트 및 용접 부분은 강체 요소로 치환하여 적용.

- 절점개수 : 246,099 개
- 요소개수 : 248,357 개 (Shell 요소, 평균 요소 사이즈 : 20 mm)



그림 3.3.1 합체 모델링

(6) Shell 요소 (Shell element)

(가) Shell 요소는 두께가 얇아 박판구조물(두께가 길이의 1/10 보다 작은 구조물)이 굽힘 변형(bending)을 받을 때 주로 이용되며, 2차원 응력상태, 굽힘 및 전단변형 등을 고려

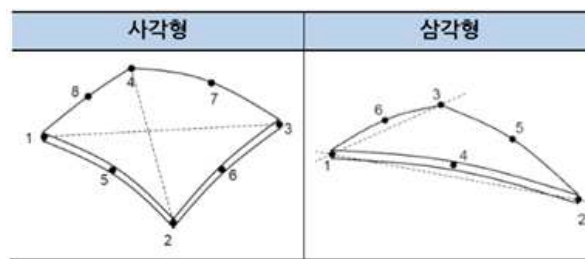


그림 3.3.2 Shell 요소 종류

(나) Shell 요소는 아래와 같이 절점당 기본적으로 3개의 병진자유도 $\{T_x, T_y, T_z\}$ 와 2개의 회전자유도 $\{R_x, R_y\}$ 를 갖으며, Shell 요소의 자유도는 요소 별로 정의되는 요소좌표계(element coordinate system)를 따름

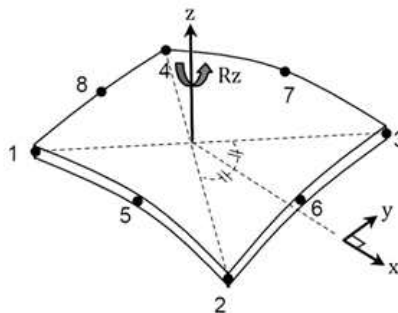


그림 3.3.3 Shell 요소 요소좌표계

(다) Shell요소를 사용한 Casing, Frame, 덕트, 송풍장치, 열풍기, 전장제어장치 및 연료통 등을 실제 형상과 두께를 반영한 모델링을 통해 합체의 구조적 안전성 검토

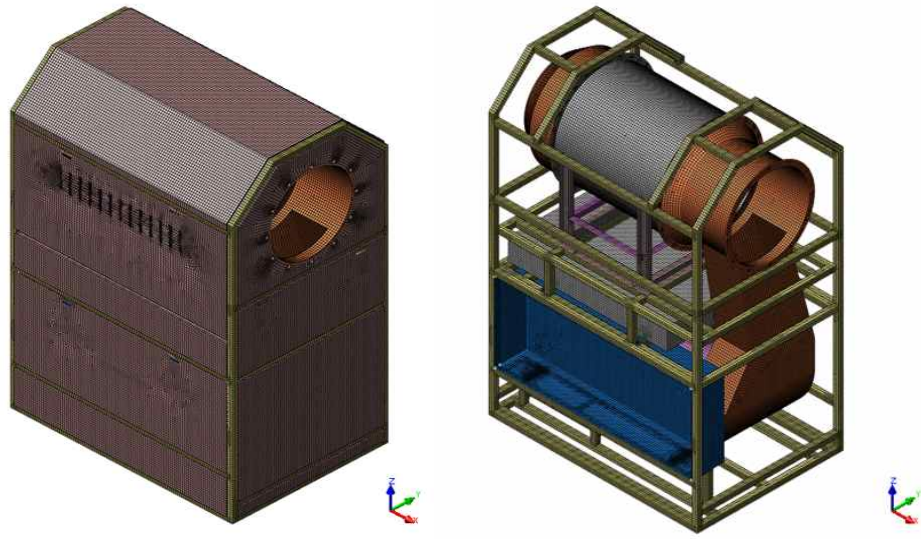


그림 3.3.4 전체 모델 ISO View 및 Inside View

표 3.3.1 알루미늄 부재의 적용 두께(mm)

Casing	Frame	Duct	연료통	전장제어장치
1.5	3	3	2	2

(라) 합체의 자중 및 풍화중, 지진하중을 조합하여 조합 Case별로 응력검토 및 변위검토를 시행

표 3.3.2 안개제거장치 구조검토

하중조합	최대응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	변위 (mm)	검토
1:자중+풍 하중(+X)	72.70	87.0	10.42	O.K
2:자중+풍 하중(-X)	71.06	87.0	11.79	O.K
3:자중+풍 하중(+Y)	70.78	87.0	11.08	O.K
4:자중+풍 하중(-Y)	70.79	87.0	11.30	O.K
5:자중+지진 하중	58.20	87.0	20.05	O.K

(마) 결론 : 하중조합별 최대응력은 허용응력 범위 안에 있고, 함체 내부의 송풍기기의 모터에 의한 원심력이 발생할 경우에 대해 피로검토를 수행 한 결과 함체 프레임 및 케이싱부분의 Damage는 발생하지 않았으며, 피로수명은 무한대에 가까운 값이 도출되어 설계 함체는 피로하중에 대해서도 충분한 안전성을 확보한 것으로 볼 수 있음.

(바) 1톤 이하의 시제품 제작 : 무게 측정 : 987 kg

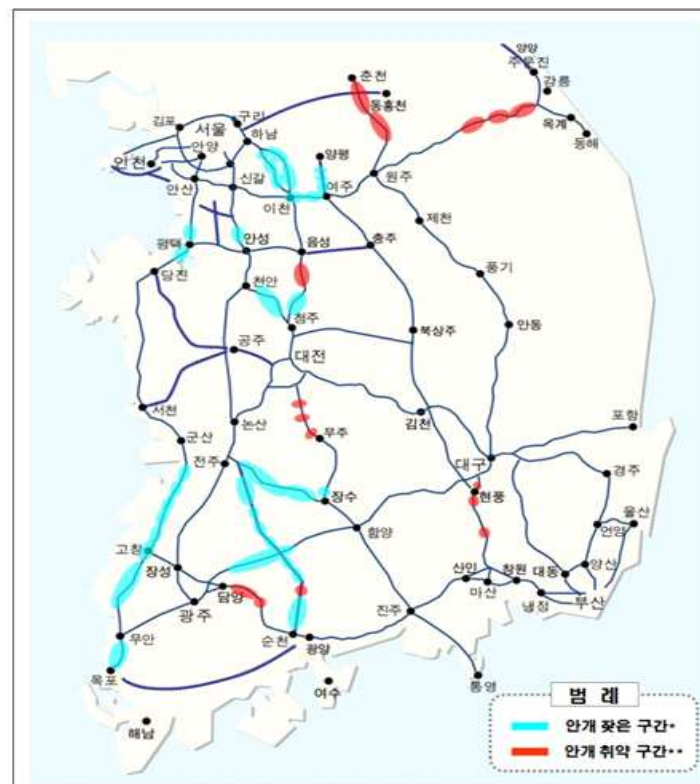


그림 3.3.5 안개제거장치 시제품 무게 측정

4. 최종목표Ⅲ: 송풍장치에서 발생하는 소음을 줄임으로써 85dB 이하의 저소음 안개제거 장치 개발 및 테스트베드 구축

가. 안개제거장치 설치를 위한 국내 교량 현황 분석

- (1) 지난 2016년 2월 11일 인천 영종대교에서 발생한 106중 추돌사고와 관련하여 국토교통부에 서는 안개 취약구간에 대한 “도로교통안전 종합대책”을 발표. 이에 따르면 2014년 기준으로 전국 51개 기상대에서 관측한 연중 30일 이상 안개가 잦은 지역은 인천(옹진, 중구), 강원(철원,평창), 충남(서산), 전북(고창, 군산), 전남(목포, 순천, 신안, 진도), 경북(안동,울릉), 경남(거창, 진주), 제주(제주) 8개 시도, 16개 시군으로 알려짐.
- (2) 현실적으로 모든 국내의 교량에 대해서 안개제거장치의 적용 가능성에 대해서 논하기는 불가능함. 따라서 다음과 같이 4개의 카테고리로 분석하였음.
- (3) 안개 소산장치의 적용성에 관한 연구를 위해서는 국내 적용가능 교량에 대한 통계적 분석이 우선시되며, 국토교통부 발간 “도로 교량 및 터널 현황조서(2018)”에 따르면 현재 전국적으로 교량은 총 33,572개소, 연장은 33,381km로 조사되고 있음. 이는 10년전인 2007년에 대비하여 교량수 8,649개소, 연장은 1,092가 증가한 것으로 연평균 교량 수는 3.03%, 연장은 3.99%의 비율로 꾸준히 증가한 것을 알 수 있음



* 안개잦은구간 : 시정거리가 400m이하로서 연중 안개가 30일 이상 발생한 구간
** 안개취약구간 : 시정거리가 250m이하로서 연중 안개가 30일 이상 발생된 구간

그림 3.4.1 전국 안개구간 지도

기준년도	개소	연장(m)	비고
2007년 12월말	24,923	2,289,088	
2016년 12월말	32,325	3,243,800	
2017년 12월말	33,572	3,381,471	
비율 (2017년 12월말 기준)	2007년 대비	증가수	8,649개소
		연간비율	3.03%(연평균)
	2016년 대비	증가수	1,247개소
		비율	3.86%

【 연도별 교량 개소 및 연장 증가 추이 】

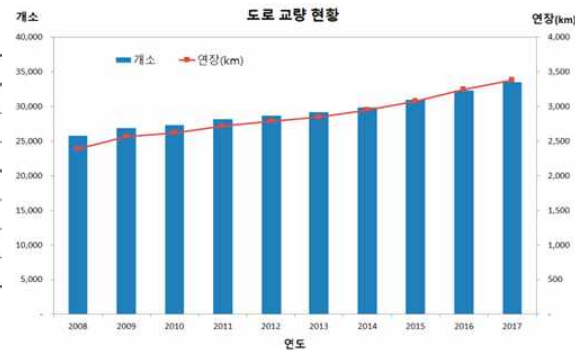


그림 3.4.2 연도별 도로교량 현황

- (4) 한편 국내의 현실을 살펴보면 장대교량의 설계와 시공은 교량 기술력의 큰 상징이 되고 있는 것은 사실이나 하나 현실적으로 볼 때 이러한 장대 교량의 수요가 그다지 많지 않음.
- (5) 다음 표는 2018년 국토부 발표 우리나라의 도로 교량 및 터널 현황조서의 국내 총 교량 현황임.

표 3.4.1 교량유형별 현황

합 계	합 계		고속국도		일반국도		특별, 광역시도	
	개소	연장	개소	연장	개소	연장	개소	연장
합 계	33,572	3,381,471.3	9,833	1,314,382.1	8,233	862,007.1	1,328	328,082.2
RC슬래브교	8,255	347,739.6	241	11,814.3	1,187	55,715.2	226	19,726.9
RC중공슬래브교	237	22,005.2	112	7,116.7	46	4,731.2	22	4,849.1
RC T형교	760	36,420.6	30	2,256.0	58	2,938.4	24	1,715.3
강I형교	193	22,677.9	34	3,061.2	30	3,717.3	9	2,195.9
PSC상자형교	631	337,353.6	384	214,791.4	92	33,715.0	36	50,231.2
강판형교	312	61,365.3	133	21,608.5	68	14,035.2	48	15,633.7
라멘교	7,859	166,589.4	2,663	43,428.9	1,895	35,649.9	178	9,392.7
트러스교	13	8,457.2	2	1,263.2	1	60.0	2	2,200.0
아치교	215	37,231.4	54	5,355.4	25	9,406.6	26	8,963.0
사장교	53	69,438.5	4	26,706.0	18	17,084.0	14	11,790.0
현수교	8	20,316.0	1	5,926.0	4	3,560.0	2	8,570.0
프리플렉스형교	1,332	86,481.3	372	18,032.8	375	20,299.2	105	11,473.6
PSC I형교	7,546	987,655.0	3,642	535,089.3	2,286	246,694.2	224	37,740.4
PSC슬래브교	476	39,153.4	120	8,428.8	136	11,810.5	33	1,979.1
PSC중공슬래브교	37	5,692.8	1	50.0	8	1,775.0	8	1,340.3
RC상자형교	214	9,245.2	30	425.1	23	1,255.1	18	1,254.9
강상자형교	4,590	1,030,264.5	1,765	372,634.3	1,826	380,107.2	302	131,408.0
엑스트라도즈도교	21	13,574.8	1	801.0	9	8,708.6	2	357.0
기타	820	79,809.6	244	35,593.2	146	10,744.5	49	7,261.1

-
- (6) 표에서 알 수 있듯이, 일반적으로 지간 200m 이상의 장대교라 일컬어지는 사장교, 아치교 및 현수교는 총연장 3,381,471m 중 각각 사장교 69,438m, 아치교 37,231m, 그리고 현수교 20,316km로서 비율로 나타내면 각각 2.1%, 0.11% 그리고 0.6%에 불과하여 미미한 수준에 불과 한 것을 알 수 있음.
- (7) 한편, 실제로는 지간 40m~100m의 중지간 교량들이 우리가 흔히 접할 수 있으며 그 수요가 많다는 것을 알 수 있음. 앞선 표를 조금 더 분석해보면, 40m~100m의 중지간에 해당하는 PSC상자형교, 강상자형교가 이에 해당됨 아래는 전체 연장을 교량의 수로 나누어서 개소당 길이로 나타낸 PSC상자형교와 강상자형교를 나타냄.
- PSC 상자형교 : $337,353.6/631 = 534.6 \text{ m/개소}$
 - 강상자형교: $1030264.5/4590 = 224.5\text{m/개소}$
- (8) 참고로 소지간 교량 중 대표적인 PSC-I형 교량의 경우는 다음과 같음.
- PSC-I 형교: $987,655/7546 = 130.9\text{m/개소}$

→ 실제로 가장 잘 알려진 두개의 교량상 질은 안개에 의해 발생한 교통사고인 서해대교 안개 교통사고(2006년), 그리고 영종대교 안개 교통사고(2015년)는 모두 주경간인 사장교 구간에서 발생한 것이 아니라 중지간 교량인 접속교에서 발생됨.



서해대교 안개 교통사고(2006.10.03)



영종대교 안개 교통사고(2015.02.11)

그림 3.4.3 대표적인 국내 도로교 안개시 추돌 사고

나. 송풍장치에서 발생된 소음을 최소화 시킨 저소음 안개제거 장치 개발 및 테스트베드 구축

(1) 교량용 안개제거장치의 최적화를 위한 전산유동해석 수행

(가) 안개제거장치 작동할 경우 기류 및 온도분포해석

○ 유선 분포(streamline)

① 왼쪽에 팬을 통과하는 유동의 흐름을 나타내고, 오른쪽에 전체 영역의 유동의 흐름을 나타내는 유선을 표현함.

② 팬에 의해 가속된 공기가 팬의 하류로 분사되는 현상에 의해 주위의 유동도 같이 흐르는 현상을 확인 할 수 있음.

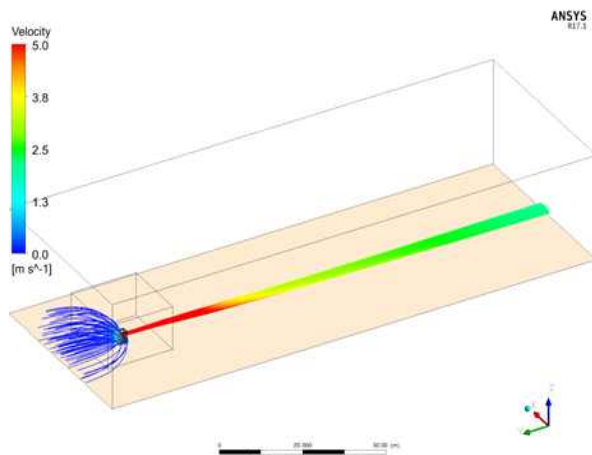


그림 3.4.4 팬을 통과하는 유선

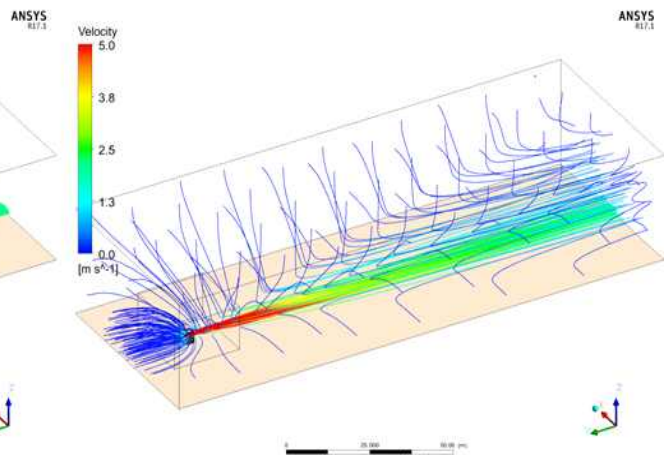


그림 3.4.5 전체 영역의 유선

○ 속도 분포

① 왼쪽에 팬을 중심으로 수직 수평단면에 속도분포를 contour로 나타내고, 오른쪽은 전체 영역에서의 속도분포를 volume rendering으로 나타냄.

② 안개제거장치 후방 20m 거리까지는 속도가 높지만, 그 이후는 속도가 크지 않음.

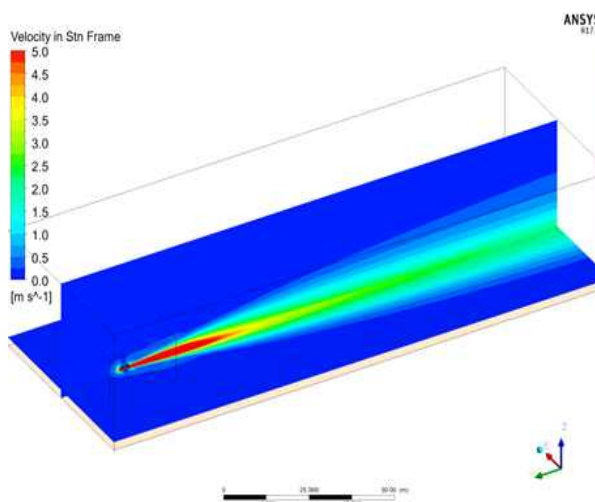


그림 3.4.6 수직 및 수평단면에서의 속도분포

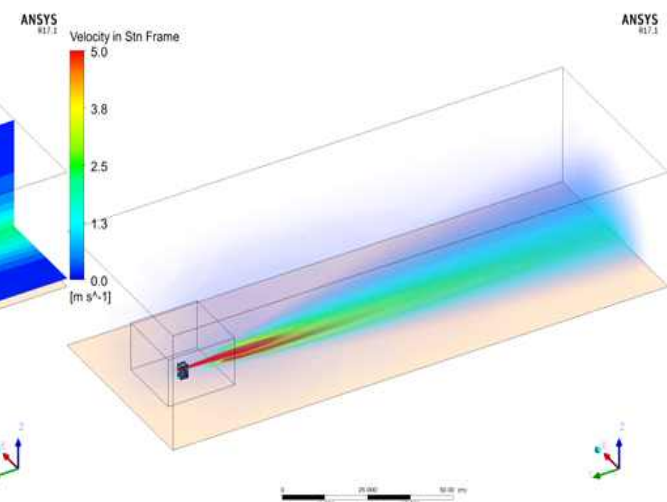


그림 3.4.7 전체 영역의 속도분포

(나) 안개제거장치에 의한 습도감소효과 및 제거범위 분석

○ 온도분포 및 상대습도 분포

- ① 왼쪽에 팬을 중심으로 수직 수평단면에서의 온도분포를 contour로 나타내고, 오른쪽은 상대습도분포를 나타냄.
- ② 열풍기에 의해 가열된 공기가 섞이면서, 안개제거장치 입구로 유입된 저온의 공기가 고온의 공기로 바뀌어 분사됨 이에 의해 상대습도가 낮아지는 현상을 오른쪽 그림에서 확인할 수 있음

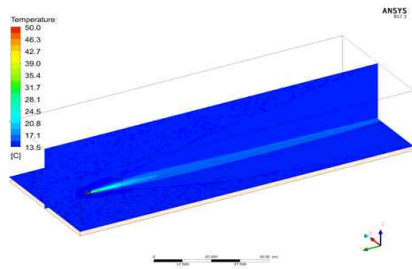


그림 3.4.8 수직 및 수평단면에서의 온도분포

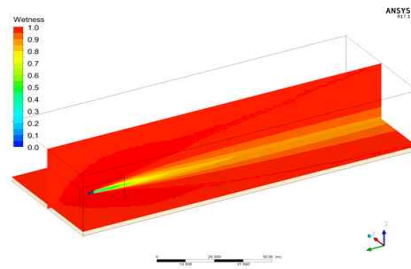


그림 3.4.9 전체 영역의 습도분포

○ 습도 iso volume

- ① 안개제거장치 후방에서 상대습도로 Rendering 한 그림
- ② 상대습도가 작아지면 투명하게 보이게 표현하여 가시도가 향상되는 결과처럼 나타냄

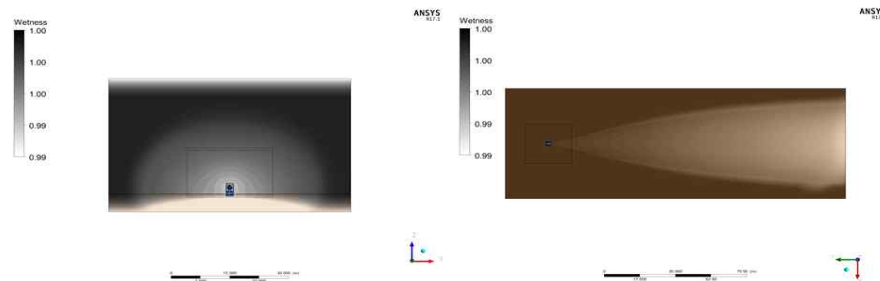


그림 3.4.10 상대습도 Rendering

○ 풍량에 따른 안개제거영역 검토

- ① 저속인 경우 근거리의 안개제거 범위가 크고, 선명한 View를 제공할 것으로 예정

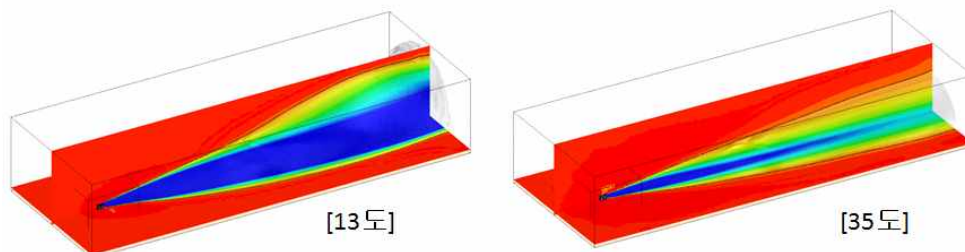


그림 3.4.11 풍량에 따른 안개제거영역 비교

→ 풍량이 작을 경우 저속으로 고온의 열풍이 분사되므로 근거리에서의 안개제거 효율이 좋을 것으로 예상됨

다. 송풍장치에서 발생된 소음을 최소화 시킨 저소음 안개제거 장치 개발 및 테스트베드 구축
(1) 소음저감에 영향을 주는 각 요소기술에 대한 민감도 분석과 최적화설계

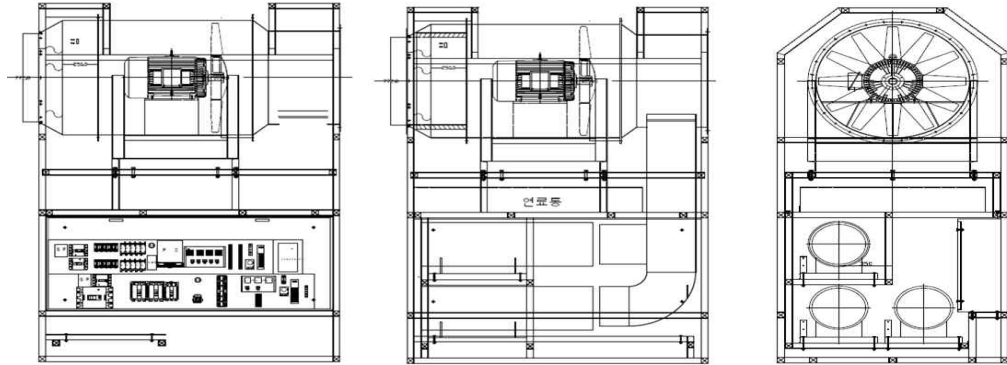


그림 3.4.12 교량용 안개제거장치 30KW 설계도(시작품1)

스펙	모델	30kw 안개제거장치(기존)	30kw 안개제거장치(변경)
정 압		50mmAp	50mmAp
풍 량		700m ³ /min	980m ³ /min
출 력		30Kw	30Kw
사용연료		등유	등유
무 게		987kg	987kg
제 원 (H×W×D)		3126×1500×2140	3000×1500×1700
연료소모량		36ℓ/hr	36ℓ/hr
연료탱크 용량		360Liter	360Liter
음이온발생장치		20개	20개



그림 3.4.13 안개제거장치 제원 비교(시작품1)

(2) 송풍장치의 흡입구와 토출구로 방사되는 팬소음을 저감시킬 수 있는 사일린스 설계 및 제작

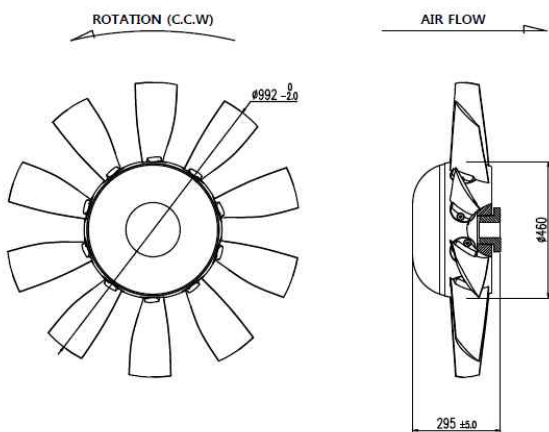
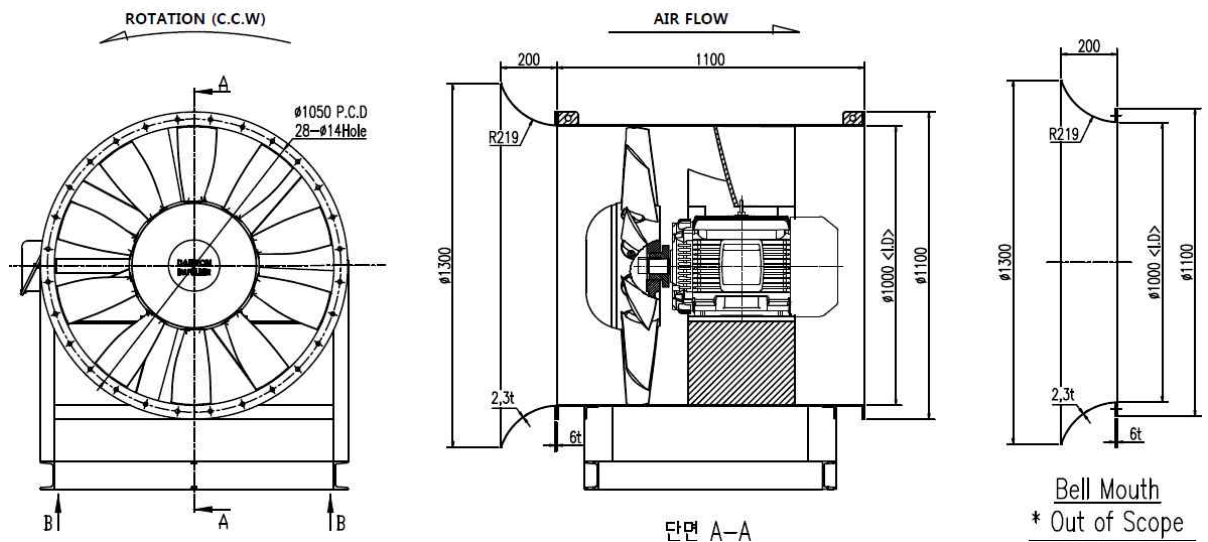


그림 3.4.14 Impeller 설계



그림 3.4.15 Impeller 실물



공기 조건	풍량	980	m ³ /min	전동기	형식	-		베어링	구동축	-
	정압	50	mmAq		출력	30	kw		반대축	-
	회전수	1760	rpm		전압	380	V	동력 전달	커플링	-
	동력	45	kw		전류	50.7	A		V-벨트	-
	온도	20	℃		회전수	1760	rpm		폴리	-
	밀도	1.2	kg/m ³		주파수	60	Hz	FAN 토출직경(mm)		1000
	습도	-	%		제조번호	-		DUCT 직경(mm)		1000
	효율	-	%		제조자명	-		운전시간		30

그림 3.4.16 송풍기 도면 및 제원

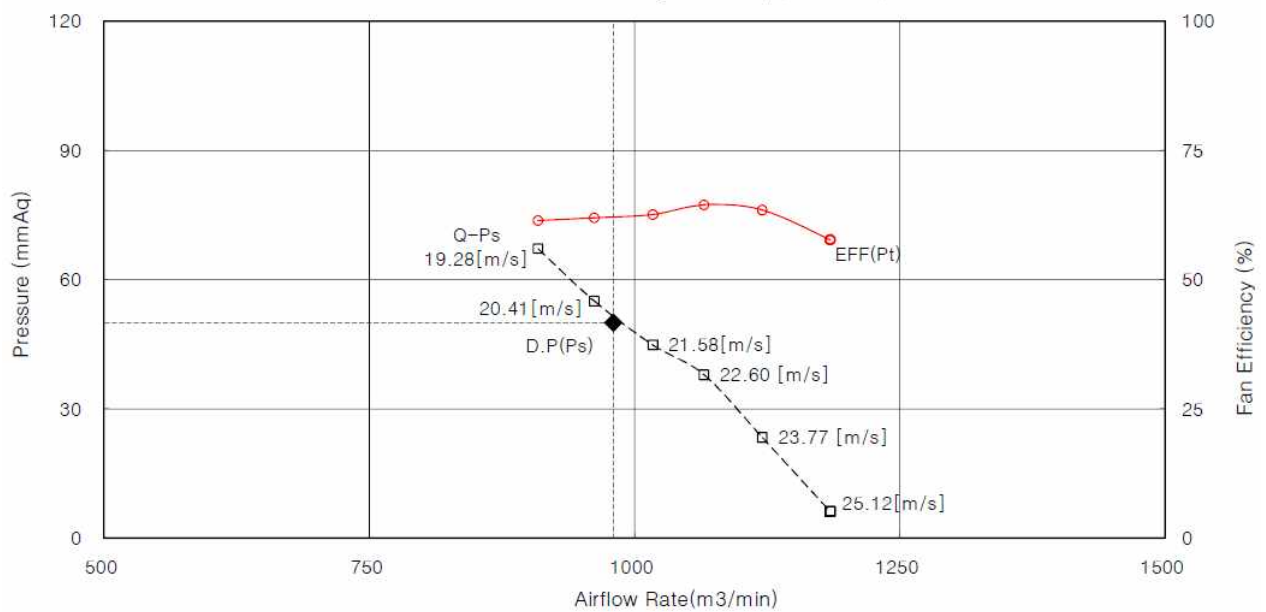


그림 3.4.17 송풍기 정압

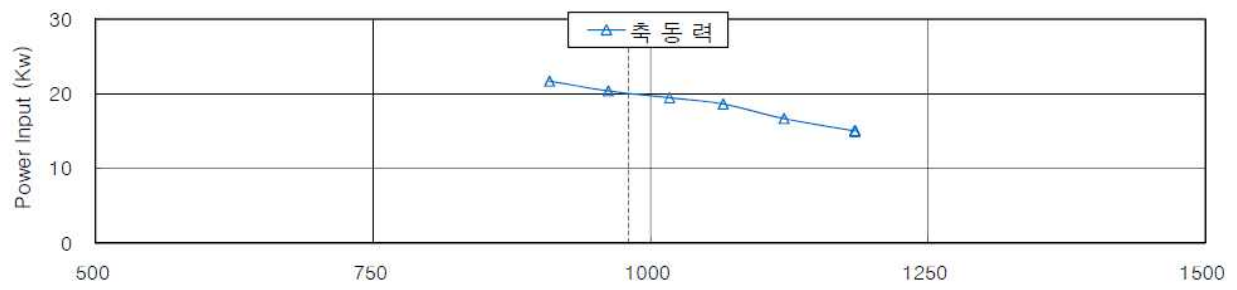


그림 3.4.18 송풍기의 축동력



그림 3.4.19 안개제거장치 내부 송풍장치

(3) 안개제거장치내의 차음재 설계 및 제작

(가) 차음성 제진 시트

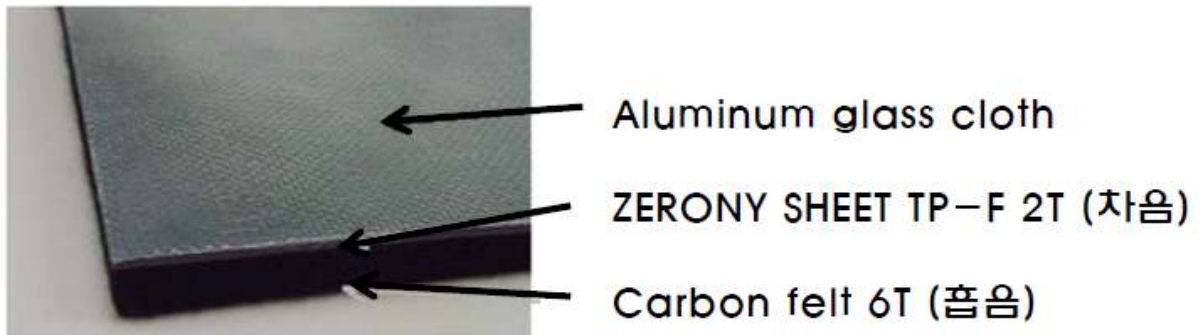


그림 3.4.20 흡차음재

TEST ITEMS		TEST RESULTS	REMARKS
구 성		Aluminum glass cloth + ZERONY SHEET TP-F 2T + Carbon felt 6T	
차음특성		STC = 27 dB	KS F 2808 ISO 140-3
선박용	화염전파	벽체용 만족	IMO. FTP Code Part 5
화재특성	연기 및 독성	벽체용 만족	IMO. FTP Code Part 2

TEST ITEMS		TEST RESULTS	REMARKS
비 중		2.0 ± 0.2	
인장강도 (kg/cm ²)		Min 10	KS M 6518

그림 3.4.21 차음층 제원

TEST ITEMS		TEST RESULTS	REMARKS
면 밀 도		600 g/m ²	
두께 (mm)		6 ± 1	
인장강도 (N)	Length	290	KS K 0520, CRE
	Width	460	
인열강도 (N)	Length	145.1	KS K 0796, CRE, Trapezoid method
	Width	110.9	
열전도율 (W/mK)		0.035	ASTM D 1518
흡음특성		NRC = 0.40 (at 10mm) NRC = 1.00 (at 50mm)	KS F 2805, ISO 354

그림 3.4.22 흡음층 제원

(4) 안개제거장치내의 차음재 설계 및 제작

(가) 함체 내부 흡차음재 시트 시공



적용 前

적용 後

그림 3.4.23 흡차음재 시트 시공

(나) 흡차음재 소음 TEST(적용 전) - 공장 내

표 3.4.2 흡차음재 소음 시험

측정 위치	적용 전	적용 후	적용 결과	비고
정면	108.3	107.0	평균 -3.5	
	109.6	106.1		
	111.1	105.3		
측방 최대소음	106.1	102.4	평균 -4.8	
	105.2	101.4		
	107.4	100.5		
배면	111.1	108.8	평균 -2.7	
	109.7	107.8		
	110.4	106.6		

→ 공장 내 흡음차음재 적용 후 소음 TEST 결과 : 101.4dB

(5) 안개제거장치 측방부의 방음구조물 최적화 설계와 제작 및 현장실험

(가) 방음구조물 설계 및 시공

○ 방음구조물 합성 목재(Wood Polymer Composite)

○ 합성목재는 목분과 재활용 플라스틱을 활용한, 목재와 플라스틱 복합재

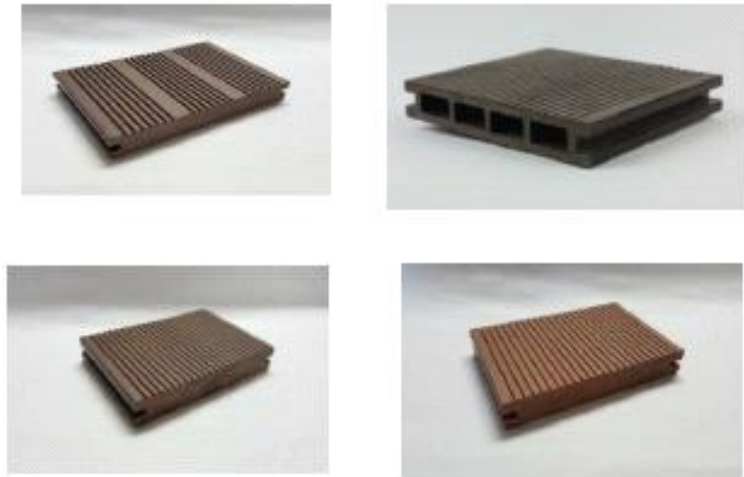


그림 3.4.24 방음구조물 합성 목재

(나) 폴리에스터 흡음재(계란판흡음재)

○ 폴리에스트 50T 최대 89% 흡음율

○ 추후 TEST : 목모보드(나무섬유 흡음재), 패브릭 흡음재, 폴리우레탄 흡음재



그림 3.4.25 폴리에스터 흡음재

(6) 안개제거장치 측방부의 방음구조물 최적화 설계와 제작 및 현장실험
(가) 방음구조물 설계 및 시공

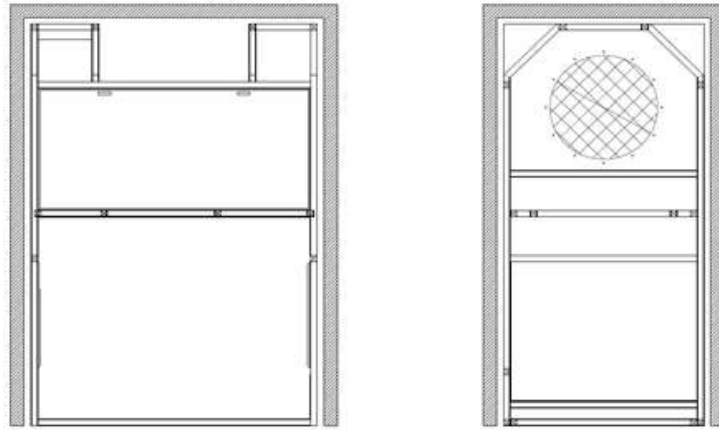


그림 3.4.26 방음구조물 설계도

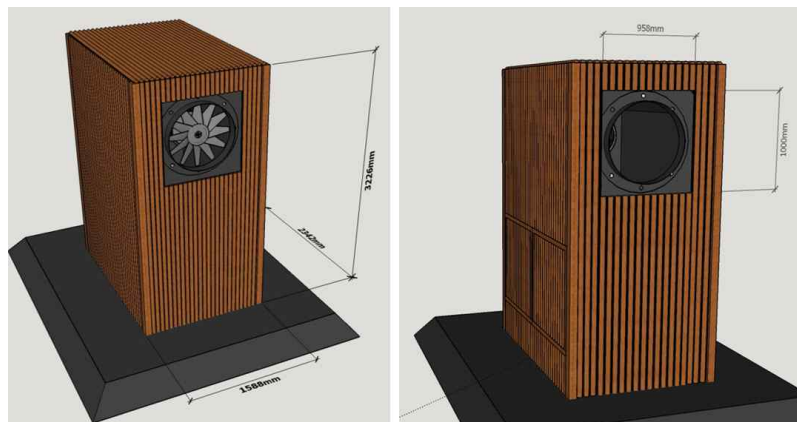


그림 3.4.27 방음벽 스케치업



그림 3.4.28 방음벽 시공

(7) 안개제거장치 측방부의 방음구조물 최적화 설계와 제작 및 현장실험

(가) 방음구조물 제작

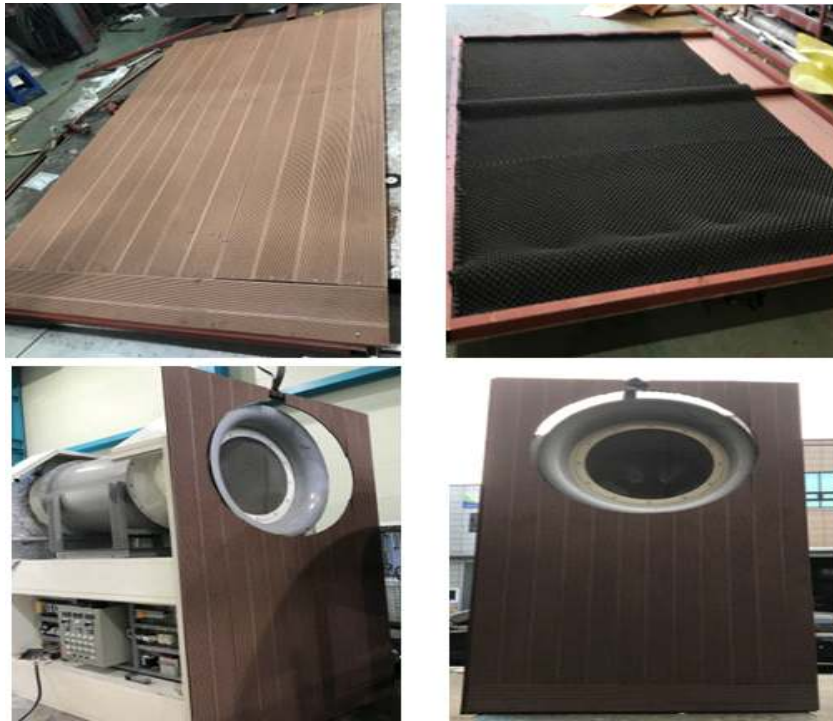


그림 3.4.29 방음벽 제작

(나) 방음벽 소음 TEST(적용 전) - 외부

표 3.4.3 방음벽 소음 시험

측정 위치	적용 전	적용 후	적용 결과	비고
정면	106.8	104.5	평균 -2.0	
	105.5	103.2		
	104.3	102.8		
측방 최대소음	101.5	96.9	평균 -4.9	
	100.4	95.7		
	99.8	94.3		
배면	107.4	105.4	평균 -1.2	
	106.6	105.2		
	105.2	104.9		

→ 공장 외 방음시설물 설치 후 소음 TEST 결과 : 정성적 목표 85dB

(8) 안개제거장치의 최적화 및 성능평가

(가) 안개제거장치 최적 설계에 의한 송풍기의 소음 저감

- 송풍기 성능 개선 및 소음 저감 설계
- 함체 내부 흡·차음재 사용으로 소음 감소

표 3.4.4 송풍기 제원

규정항목	풍 량	1200	m ³ /min	전동기	형 식	TEAO/180L	
	정 압	45	mmAq		출 력	30	kW
	회전수	1770	rpm		전 압	440	V
	동 력	45	kW		전 류	54.3	A
	온 도	20	°C		회전수	1770	rpm
	밀 도	1.2	kg/m ³		주파수	60	Hz

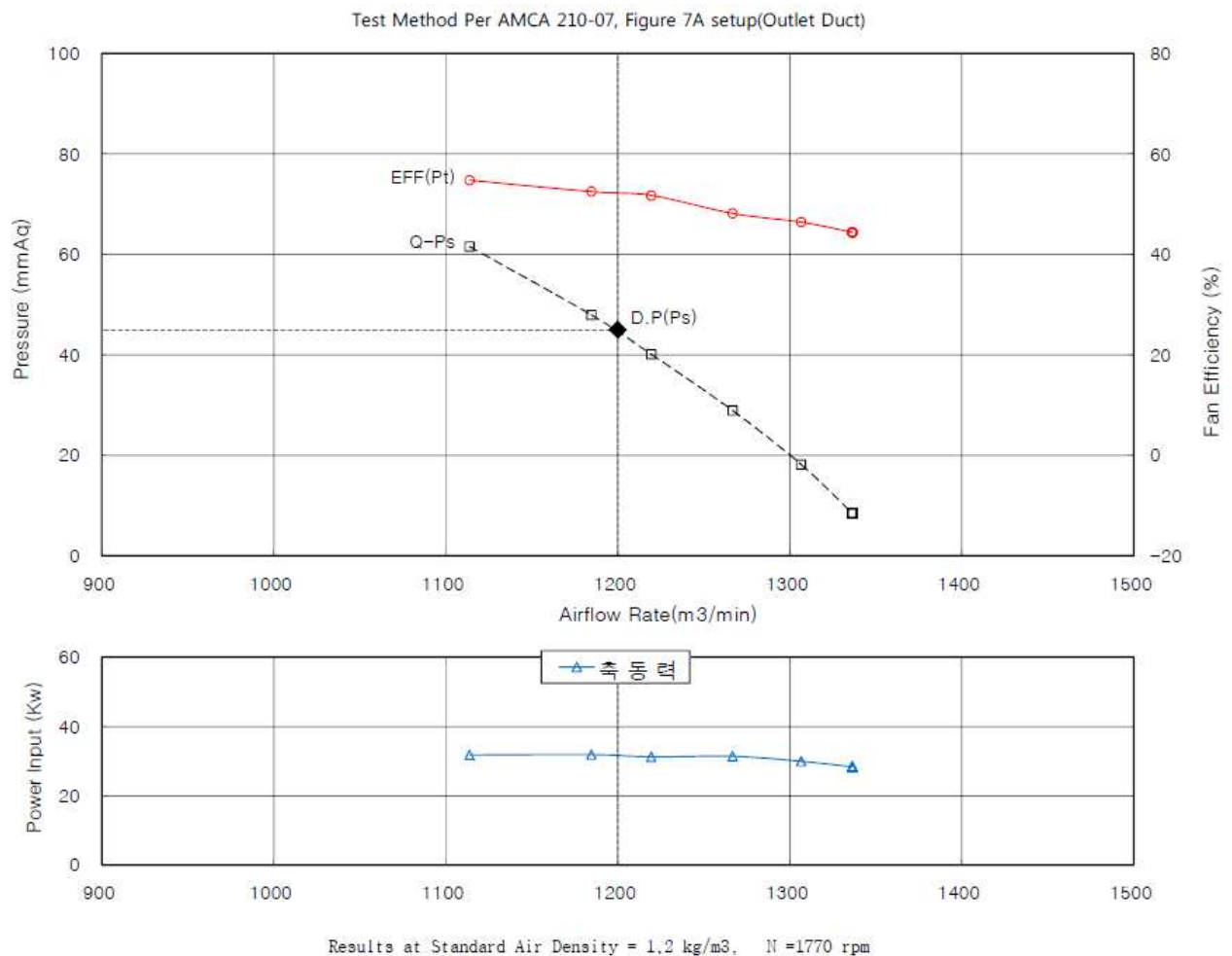



그림 3.4.30 송풍기 정압 및 축동력

(나) 공인시험성적서 - 소음 측정

- 발행기관 : 한국화학융합시험연구원
- 시험날짜 : 2018년 12월 18일 ~ 2019년 01월 02일
- 제 품 명 : 안개제거장치
- 시 료 명 : 안개제거장치(송풍부재)
- 인용규격 : 시험결과는 KS Q 5002(4.4.2항) 수치의 댁음법에 의함
- 시험방법
 - ① 정격전원 인가 후 제품 안정화
 - ② 시료 외곽 표면으로부터 1m, 바닥으로부터 1.5m 위치에서 소음 측정(전면부, 좌측면부, 우측면부)
 - ③ 배경소음 : 53dB(A)
- 시험결과 : 소음원의 전방 및 측방소음을 측정한 결과, 검증기준인 85dB(A) 이하 수준으로 만족

표 3.4.5 소음측정 평가항목 및 분석 결과

검증항목	검증기준	검증결과	분석 내용
안개제거장치 (송풍부재)	85dB(A) 이하	전 면 부 : 77dB(A) 좌측면부 : 72dB(A) 우측면부 : 70dB(A)	적합

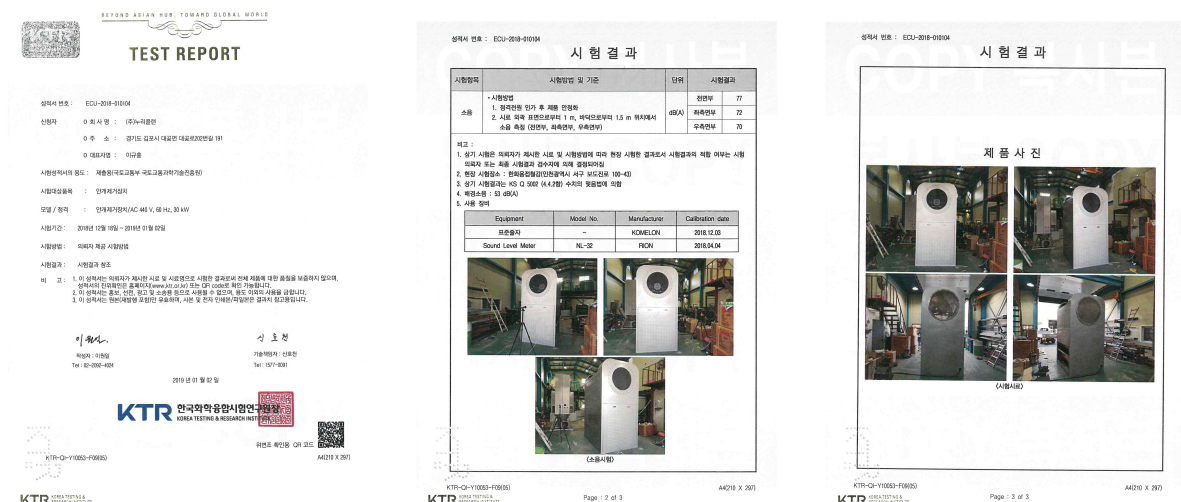


그림 3.4.31 소음측정 성적서

(9) 안개제거장치의 전장제어 조작부 패널 구성

(가) 전장패널 구성

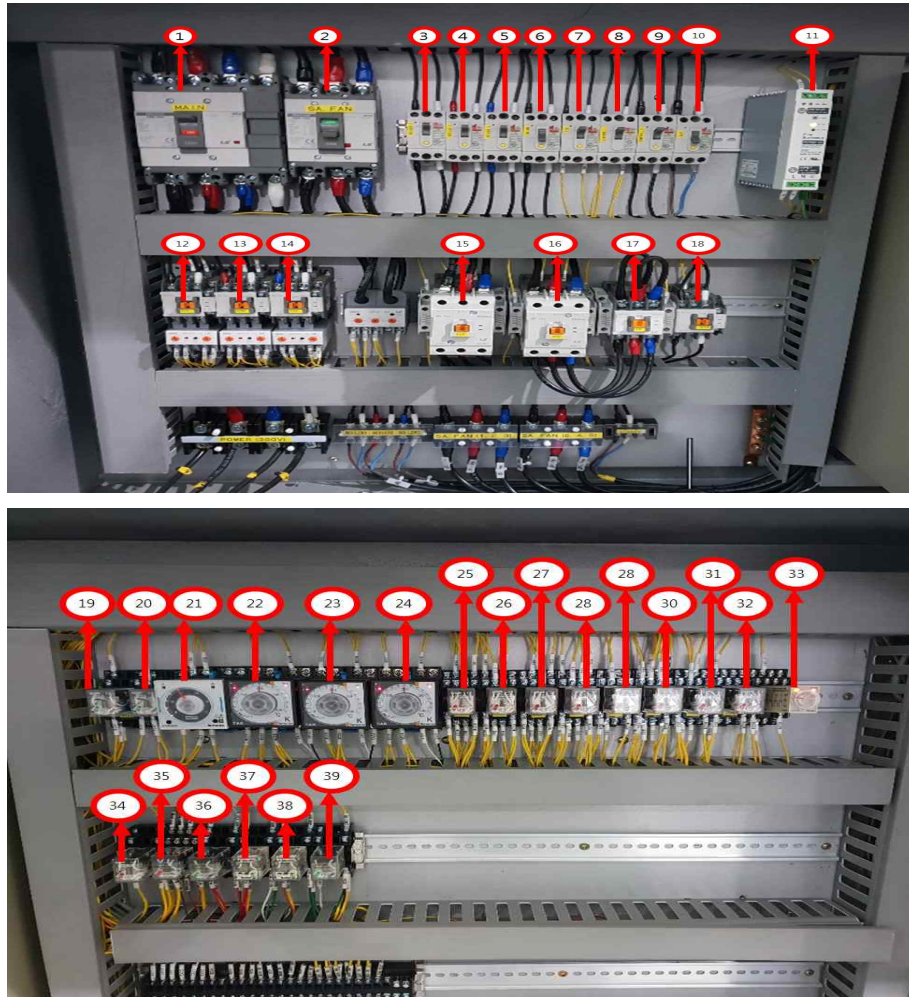


그림 3.4.32 전장제어 패널

○ 전장제어 조작부 기능

1. 장치 메인전원 차단기 : 장치의 전체 전원 공급원 - 3상4선식 380V/220V
 2. 송풍기 전원 차단기 : 송풍기 전원 공급 및 차단
 3. 열풍기 1 전원 차단기 : 열풍기 1 전원 공급 및 차단
 4. 열풍기 2 전원 차단기 : 열풍기 2 전원 공급 및 차단
 5. 열풍기 3 전원 차단기 : 열풍기 2 전원 공급 및 차단
 6. 음이온발생기 : 음이온 발생기 전원 공급 및 차단
 7. PCB 차단기 : PCB 전원 공급 및 차단
 8. 판넬제어용 차단기 : 판넬 제어 보드 전원 공급 및 차단
 9. 콘센트 차단기 : 콘센트 전원 공급 및 차단
 10. 열선 차단기 : 송풍기 앞에 설치된 열선 전원 공급 및 차단
-

- | | |
|------------------------------|--|
| 11. SMPS : 보드 전원 및 릴레이 전원 공급 | 27. 열풍기 3 EOCR TRIP RELAY |
| 12. 열풍기 1 전자 개폐기 | 28. 송풍기 EOCR TRIP RELAY |
| 13. 열풍기 2 전자 개폐기 | 29. BUZZER STOP RELAY |
| 14. 열풍기 3 전자 개폐기 | 30. 수동 선택 RELAY 1 |
| 15. 송풍기 MAIN 전자 접촉기 | 31. 수동 선택 RELAY 2 |
| 16. 송풍기 DELTA 전자 접촉기 | 32. 송풍기 수동 운전 RELAY |
| 17. 송풍기 STAR 전자 접촉기 | 33. 제어전원 투입시 송풍기 동작 지연
TIMER |
| 18. 음이온발생기 전자 접촉기 | 34. Spare |
| 19. 열풍기 운전용 RELAY | 35. 수동모드 열풍기 1,2,3, 전원 공급 릴레이 |
| 20. 송풍기 정지용 RELAY | 36. 수동모드 열풍기 1,2,3, 전원 S/W
ON/OFF 릴레이 |
| 21. 송풍기 STAT-DELTA TIMER | 37. 열풍기1 전원 S/W ON/OFF 릴레이 |
| 22. 열풍기 1 온도조절기 | 38. 열풍기2 전원 S/W ON/OFF 릴레이 |
| 23. 열풍기 2 온도조절기 | 39. 열풍기3 전원 S/W ON/OFF 릴레이 |
| 24. 열풍기 3 온도조절기 | |
| 25. 열풍기 1 EOCR TRIP RELAY | |
| 26. 열풍기 2 EOCR TRIP RELAY | |

(나) 판넬 도면

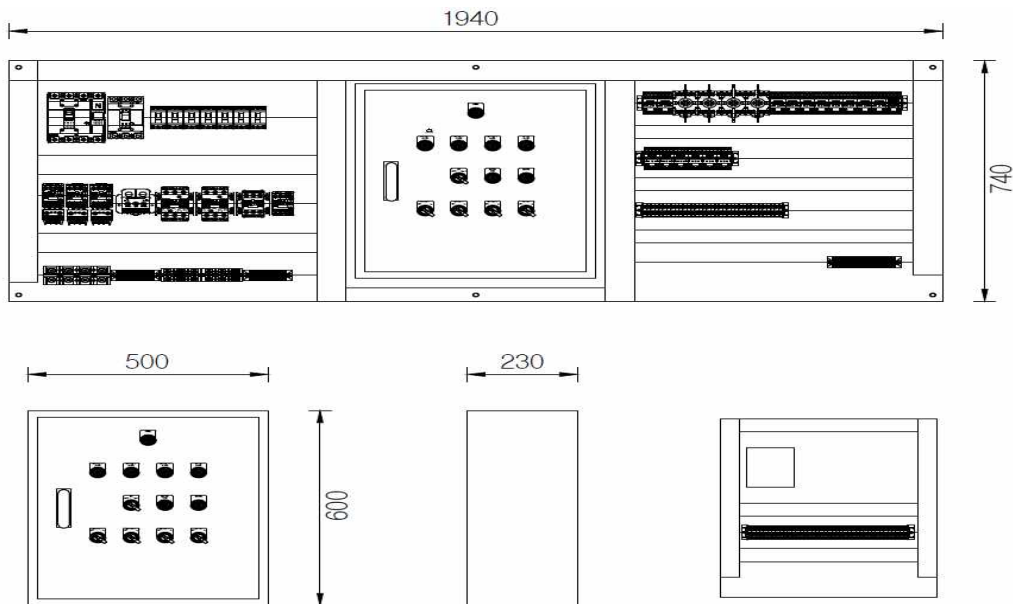


그림 3.4.33 전장제어 판넬 도면

- 장비별 전원 공급 및 차단할 수 있음
- 수동 전환으로 장비별 제어 가능

(라) 수동 전환 장비 제어

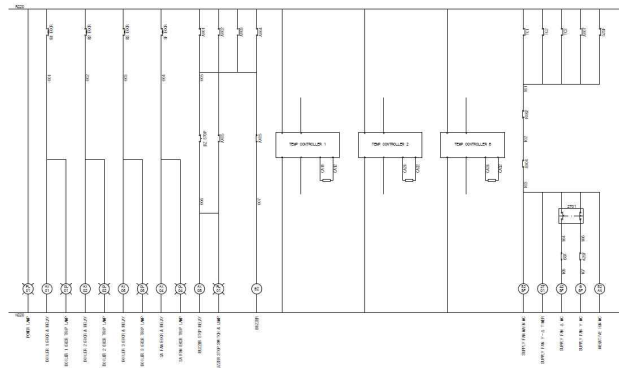


그림 3.4.36 구성도

- 스위치를 이용 장비별 릴레이 동작으로 온풍기1,2,3, 송풍기 동작 제어
- 온풍기는 전원 인가 후 타이머를 이용하여 3초 후 동작
- 송풍기는 온풍기 동작 후 온도센서 컨트롤러에 설정된 온도값 이상일시 동작
- 릴레이를 이용 동작 신호를 컨트롤러 보드에 전송

(마) 데이터 전송

- 장비별 동작상태를 릴레이로 통하여 전송받은 신호를 컨트롤 제어보드에 제공
- 각종 장애 알람 및 연료 유무를 릴레이를 통하여 컨트롤 제어 보드에 제공
- 컨트롤 제어 보드에 수집된 자료는 네트워크망을 통하여 서버로 제공
- 서버에서 받은 자료를 분석 가공하여 웹(WEB)을 통하여 실무자에게 제공

(바) 열풍기 제어 보드 블록도 및 PCB

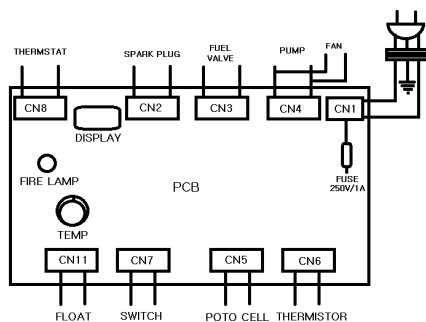


그림 3.4.37 블록도



그림 3.4.38 PCB 외관도

- 에러 기능 및 불량 증상을 확인, 조치를 용의 하게 하기 위하여 FND 기능을 채택하여 설계됨
- 방수 방습 등의 영향으로 인한 장비고장을 방지 하기 위하여 코팅 처리됨

(사) 컨트롤 제어 보드 블로도 및 PCB

- RS232 통신방식으로 무선장비를 연동하여 데이터를 담당자에게 제공함
- Ethernet 통신방식으로 유선통신 전환 가능
- 각종 센서 및 접점 기능을 채택하여 장비 제어 및 감시기능을 적용함

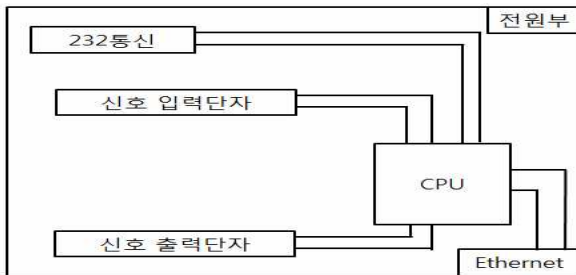


그림 3.4.39 블럭도



그림 3.4.40 PCB 외관도

(아) 적용 센서류

- 온도센서 : 실내 온도를 실시간 수집하는 장치

K-형 서머커플 K- type Thermocouple	-50~ 400℃	센서길이 :200mm 센서두께:3.2mm 선길이: 2m	
-------------------------------------	-----------	--------------------------------------	--

- 연료센서 : 연료(유량)통의 잔량 수집하는 장치

성능 및 사양	
전체 정확도	±0.2mm
조립가능 접속 거리	0~5mm (위 요인 제외외의 재질이나 액체의 종류에 따라 변경 될 수 있는 단순 참조용 자료입니다.)
공급 전압	DC10~30V
소비 전력	10mA 미만
출력 사양	무선 전송 : 최대 200mA
전류 전압	2V 미만 (무선 전송 200mA 에 2m 케이블일 경우)
감출 위치	센서에 표기된 부위 (5mm 및 10mm 및 사용 안내 참조)
감출 LED	YELLOW LED
사용 주위 온도	사용 : -25~70℃ 보관 : -35~80℃
사용 주위 습도	동작/보관 : 25~85%RH
온도 범위	사용 주위 온도를 초과하는 범위에서 사용할 경우 감출 거리에 ±2mm 정도의 오차가 있을 수 있습니다.
전원 전압 범위	정격 전압에서 ±10% 이상 차이가 날 경우 ±0.5mm의 오차가 있을 수 있습니다.
발전 저항	50 MΩ min. (at 500VDC)
내전압	AC2000V 50/60HZ
내진동	10Hz~55Hz, X,Y,Z 방향으로 각각 2시간 동안 15mm 이상 공진
내충격	X,Y,Z 방향으로 각각 10회 500m/s ²
보호 구조	IP67 (IEC 규정)
케이블	2M 케이블
무게	Approx. 60g
재질	내압 ABS
특세서리 (선택)	이코딩 방식 용비4개, 사용 설명서, 핸드 2개



(자) 교량용 안개제거장치 현장 감시제어

○ 교량용 안개제거장치 시스템 개요 : 시스템은 안개 발생시 신속한 대응을 위하여 지사상황실에 중앙감시반을 구축하여 안개제거장치를 자동 제어 및 운영할 수 있도록 하고, 안개발생지역 상황은 CCTV를 이용한 안개제거장치 자동 가동제어 시스템을 이용하여 지사상황실 관리자가 효과적으로 대응할 수 있도록 함. 지사상황실의 중앙감시반은 안개소산장치 설치개소에 대한 종합적인 관리가 용이하게 할 수 있도록 구축되어야 함

○ 교량용 안개제거장치 시스템 구성

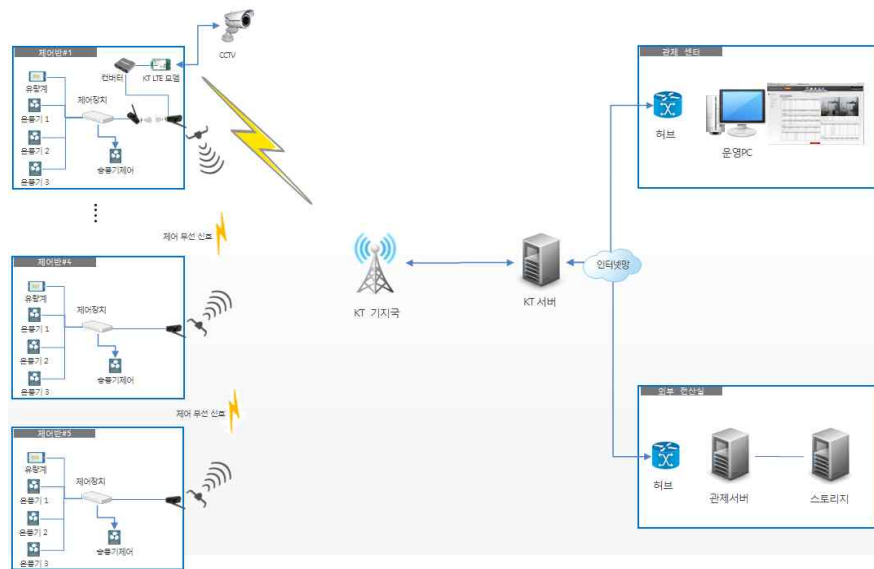


그림 3.4.41 안개제거장치 시스템 구성도

○ SERVER System

- ① 실시간 상태 데이터를 모니터링 PC에 제공
- ② 모니터링 PC에 제어 명령을 받아 안개소산장치 동작 및 정지 제어
- ③ CCTV 영상분석을 통하여 스케줄러에 의한 안개소산장치 동작
- ④ 동작 상태 로그 데이터 보관
- ⑤ 시정거리를 설정으로 자동으로 안개소산장치를 동작
- ⑥ 3단계 시정거리 주의 안내

○ 모니터링PC

- ① 실시간 가동상태 모니터링
- ② 자동 전환하여 스케줄러에 의하여 동작 명령
- ③ 수동 전환하여 장비별 개별 제어
- ④ 장애발생 시 장비별 정지 가능

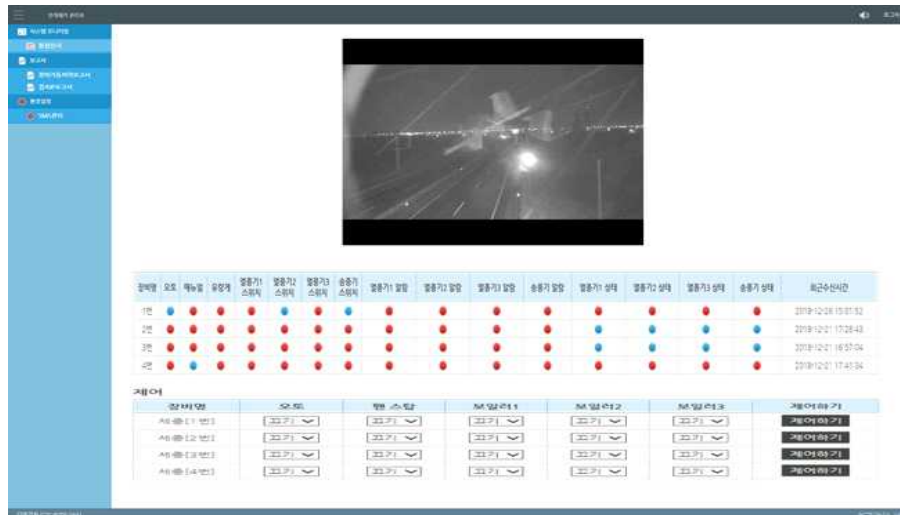


그림 3.4.42 교량용 안개제거장치 제어 프로그램

○ 안개제거장치 자동가동제어 시스템

- ① 실시간 영상 분석을 통하여 안개제거장치 가동 유무를 판단함

○ 모든 시스템은 통한 무선망 통신으로 제어 운용이 가능 하도록 설계

○ 안개제거장치 시스템 운영

- ① 수동 모드 또는 자동 모드 제어가 가능함
- ② 구조는 열풍기1/2/3, 송풍기, 온도, 연료 상태 등을 실시간 모니터링 및 제어 동작상태는 동작 시 파란색 표시 정지 시 적색으로 표시 하여 상태를 확인할 수 있음
- ③ 모든 제어나 상태 감시는 원격으로 가능함

(차) 교량용 안개제거장치 원격 제어 운영

○ 실시간 모니터링

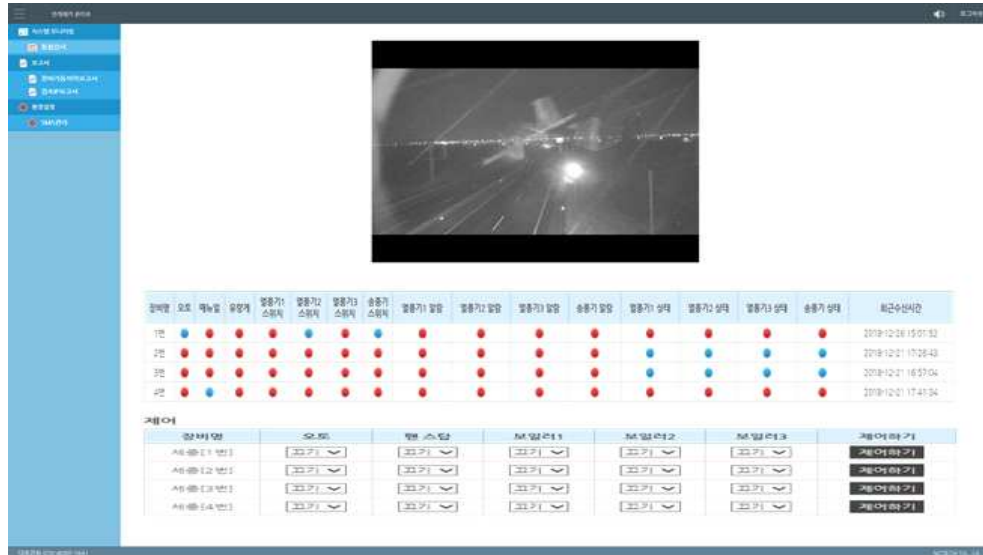


그림 3.4.43 실시간 모니터링(온라인 접속 화면)

○ 실시간 상태

장비명	오도	매뉴얼	유량계	열풍기1 스위치	열풍기2 스위치	열풍기3 스위치	송풍기 스위치	열풍기1 알람	열풍기2 알람	열풍기3 알람	송풍기 알람	열풍기1 상태	열풍기2 상태	열풍기3 상태	송풍기 상태	최근수신시간
1번	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2018-12-26 15:01:52
2번	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2018-12-21 17:26:43
3번	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2018-12-21 16:57:04
4번	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2018-12-21 17:41:34

<장비별 실시간 상태>

문구	내용	●	●
장비명칭	안개소장장치 명칭		
오도	스케줄에 의한 자동 동작 및 수동 원격 제어	자동모드	수동모드
매뉴얼	현장 수동모드 전환 표시(원격제어 불가)	원격모드	현장 수동 전환
유량계	보일러 동작에 필요한 경유 부족 표시	정상	부족
열풍기1 스위치	열풍기 1번 동작 표시	동작	정지
열풍기2 스위치	열풍기 2번 동작 표시	동작	정지
열풍기3 스위치	열풍기 3번 동작 표시	동작	정지
송풍기 스위치	송풍기 동작 표시	동작	정지
열풍기1 알람	과부하 및 과전류	정상	이상
열풍기2 알람	과부하 및 과전류	정상	이상
열풍기3 알람	과부하 및 과전류	정상	이상
송풍기 알람	과부하 및 과전류	정상	이상
열풍기1 상태	실시간 동작 상태	동작	정지
열풍기2 상태	실시간 동작 상태	동작	정지
열풍기3 상태	실시간 동작 상태	동작	정지
송풍기 상태	실시간 동작 상태	동작	정지

그림 3.4.44 실시간 동작 상태 확인(온라인 접속 화면)

○ 장비 원격 제어

장비명	오토	송풍기 스탭	열풍기1	열풍기2	열풍기3	제어하기
세종[1번]	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	제어하기
세종[2번]	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	제어하기
세종[3번]	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	제어하기
세종[4번]	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	끄기 ▼	제어하기

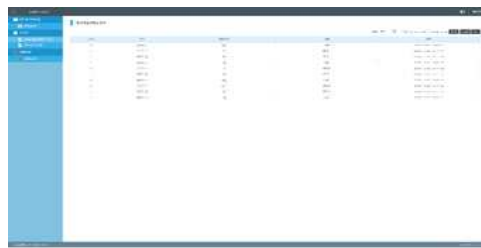
<장비 제어>

문구	내용	켜기	끄기
장비명	안개소장장치 명칭		
오토	자동/수동 선택	자동모드	수동모드
송풍기 정지	송풍기 수동 정지	정지	
열풍기1	열풍기1 동작/정지	동작	정지
열풍기2	열풍기2 동작/정지	동작	정지
열풍기3	열풍기3 동작/정지	동작	정지

* 자동 모드 시 장비별 제어 불가

그림 3.4.45 원격제어기능

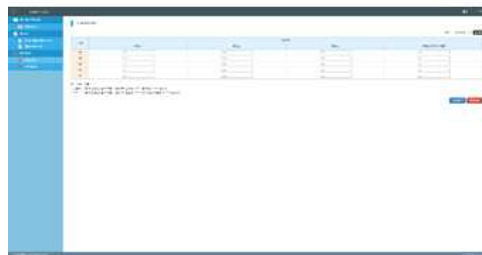
○ 이력 보고서



수동제어나, 자동제어가 실시되었을 때
장소별, 기간별 조회

그림 3.4.46 장비가동 이력보고서

○ 시정거리 설정



<시정거리 설정>

시정거리 3단계 주의 설정이 가능하며,
시정거리를 통하여 안개소산장치를
동작 시킬수 있습니다.

- 주의 내용(팝업)

“주의 1 시정거리 : 000M 이하 입니다.”

“주의 2 시정거리 : 000M 이하 입니다.”

“주의 3 시정거리 : 000M 이하 입니다.”

- 안개소산장치 가동 내용(팝업)

“안개소산장치를 가동 합니다.”

그림 3.4.47 시정거리 설정

* 보고서는 EXCEL, PDF로 출력이 가능함

(카) 교량용 안개제거장치 현장 제어 운영

○ 수동제어 기본 기능

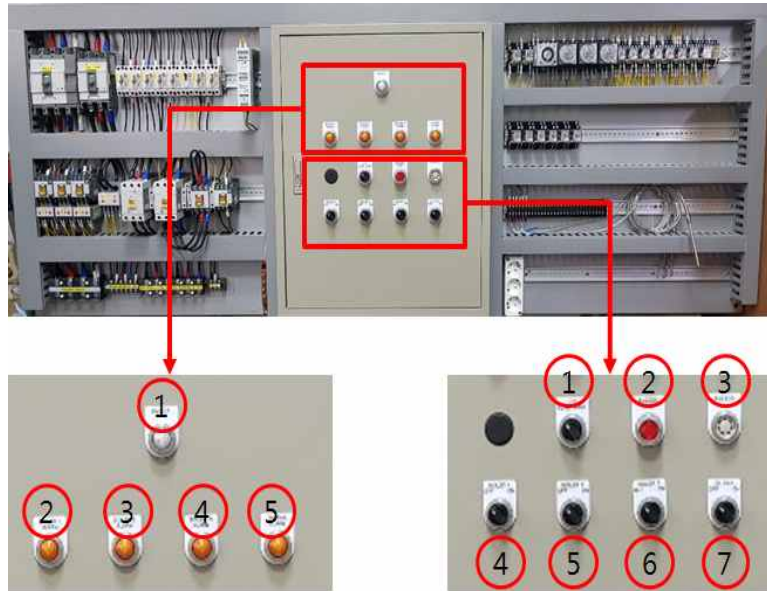


그림 3.4.48 제어판넬 조작부I

램프 점등 시

1. POWER : 전원 인가 중
2. BOLER1 ALARM : 과전류 및 과부하
3. BOLER2 ALARM : 과전류 및 과부하
4. BOLER3 ALARM : 과전류 및 과부하
5. SA FAN ALARM : 과전류 및 과부하

1. AUTO/OFF/MANU 모드 전환
2. 부저 정지 버튼
3. 부저
4. 열풍기1 : ON/OFF
5. 열풍기2 : ON/OFF
6. 열풍기3 : ON/OFF
7. 송풍기 : ON/OFF

○ 수동제어



그림 3.4.49 제어판넬 조작부II

1. AUTO : 원격지에서 제어 가능 상태
OFF : 전원 미인가 상태
MANU : 현장 제어 가능 상태
2. MANU 상태에서 열풍기1 동작, 가동 및 정지
3. MANU 상태에서 열풍기2 동작, 가동 및 정지
4. MANU 상태에서 열풍기3 동작, 가동 및 정지
5. MANU 상태에서 송풍기 동작, 가동 및 정지

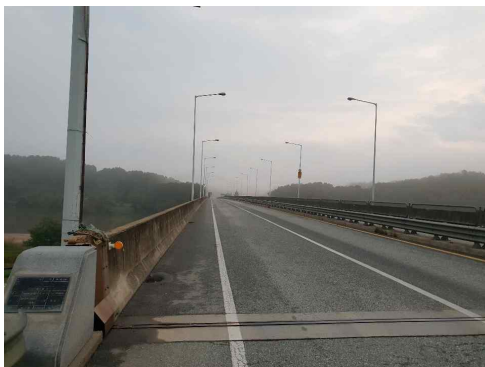
(10) 기존 교량에 안개제거장치 Test-Bed 구축

(가) Test-Bed 구축 교량의 제원

- 시설물명 : 월산교
- 제 원 : 연장 L=390.0m / 폭 B=18.0m(왕복4차로)
- 위 치 : 세종특별자치시 연기면 세종리 67-54
- 구조형식 : 상부 Steel Box Girder / 하부 역T형(교대), V형(교각)
- 현장사진 :



월산교



교량 상부



교량 하부

그림 3.4.50 세종시 월산교 현장

(나) Test-Bed 설치 계획

○ 설치방안

- ① 캔틸레버 설치 및 경사재를 이용하여 교각에 지지
- ② 슬래브 하단 Steel Box를 회피하여 교각에 직접 지지함으로써 안정성 확보
- ③ 50m 간격으로 교량 양단에 설치하여 안개저감 효과 극대화
- ④ 도로의 안개를 효과적으로 저감시키기 위해서 도로방향으로 10° 회전하여 설치 예정

○ 작업공간 및 유지보수가 용이하도록 설치 위치 검토

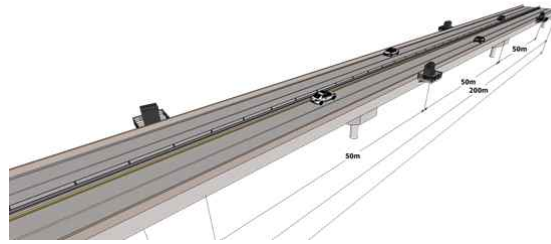


그림 3.4.51 설치 계획

○ 구조설계 및 검토 I

- ① 유한요소법에 의한 구조해석으로 안전성 검토
- ② 장치 가동 시 적용되는 자중, 풍하중 및 지진하중을 고려한 안전성 평가
- ③ 설계조건 : 자중, 풍하중 40m/s(설계 풍속), 지진하중 재현주기 2400년
- ④ 구조 검토 결과(프로그램 : Midas FEA Version 3.6.0)

표 3.4.6 안개제거장치 구조검토

하중 조합	결과 구분	발생 위치	최대응력	허용응력	비고
LCB 1 : 자중 + 풍하중(+X 방향)	응력	접합부 (Casing : 합체 프레임)	72.7 MPa	87 MPa	O.K.
	변위	Casing 개구부	10.4 mm	-	-
LCB 2 : 자중 + 풍하중(-X 방향)	응력	볼트 연결부 (Casing : 덕트)	71.1 MPa	87 MPa	O.K.
	변위	Casing 중앙부	11.8 mm	-	-
LCB 3 : 자중 + 풍하중(+Y 방향)	응력	접합부 (Casing : 합체 프레임)	70.8 MPa	87 MPa	O.K.
	변위	Casing 중앙부	11.1 mm	-	-
LCB 4 : 자중 + 풍하중(-Y 방향)	응력	접합부 (Casing : 합체 프레임)	70.8 MPa	87 MPa	O.K.
	변위	Casing 중앙부	11.3 mm	-	-
LCB 5 : 자중 + 지진하중	응력	볼트 연결부 (Casing : 덕트)	58.2 MPa	87 MPa	O.K.
	변위	전장제어장치 상단부	20.1 mm	-	-

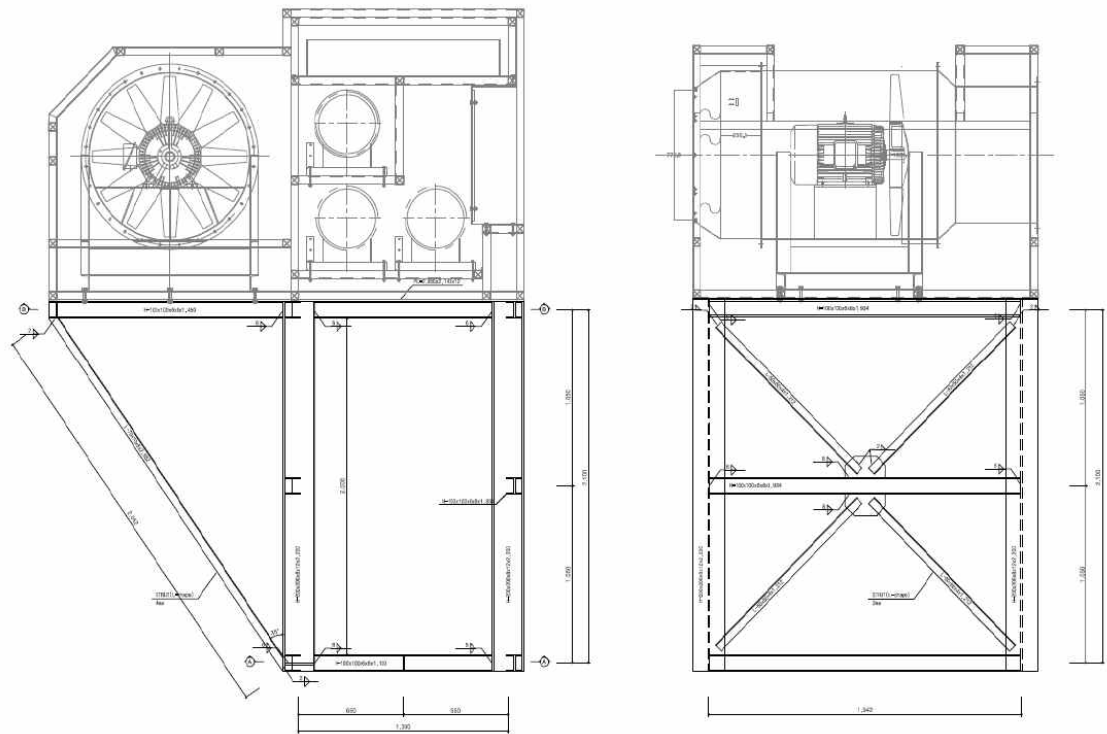


그림 3.4.52 안개제거장치 개요도

평면도

단면 A-A

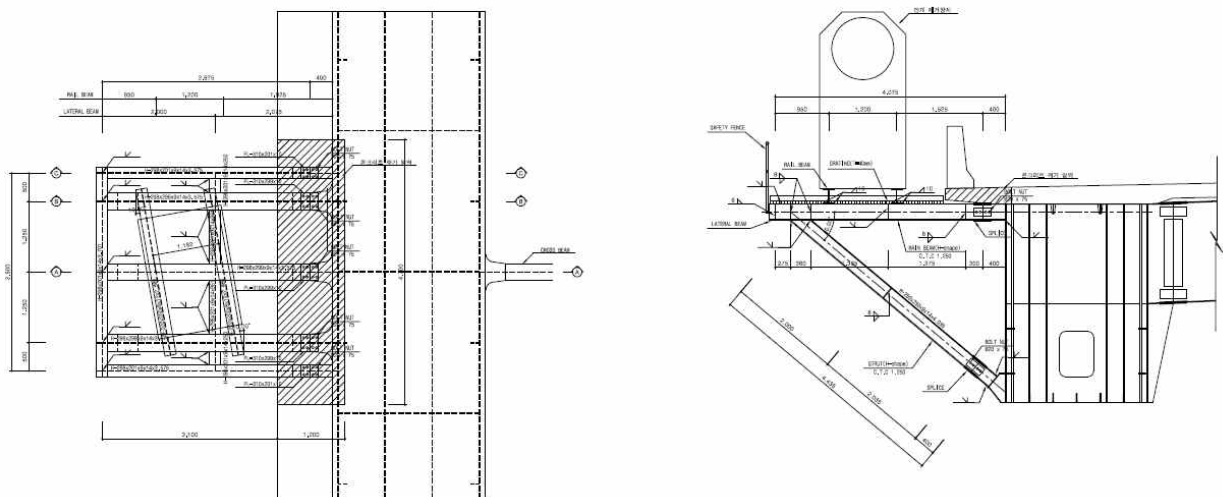


그림 3.4.53 안개제거장치 브라켓 상세도 설계안

○ 구조설계 및 검토 II

- ① 설계조건 : 고정하중(자중), 활하중 5.0kN/m²(상부 발판 작업하중), 풍하중 강도 3.0kN/m²(도로교 설계기준)
- ② 설계방법 : 허용응력 설계법(프로그램 : Midas CIVIL, STRAND7)

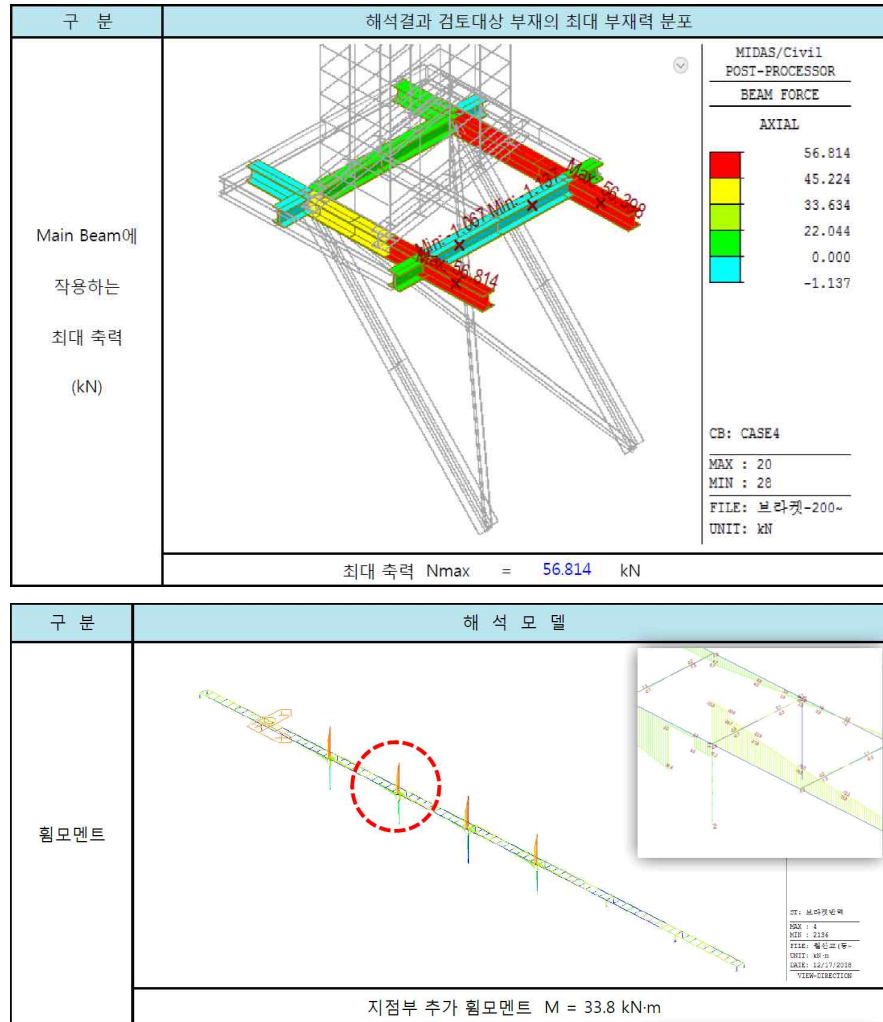


그림 3.4.54 구조해석에 의한 안전성 검토

○ 강합성교 상부구조 안전성 검토 결과

- ① 안개제거장치 설치에 따른 강합성 주형의 추가하중 영향이 미미하며, 시설 설치 후에도 교량의 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단되어짐

○ Test-Bed 설치에 따른 기대효과

- ① 안개가 상습적으로 발생하는 구간으로 안개저감장치를 설치하여 안전성 확보
- ② 향후 세종시에 기부채납을 통해 장기적으로 안개에 따른 사고를 미연에 방지

(다) 안개제거장치 Test-Bed 현장 설치

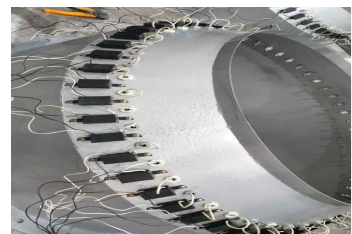
○ 안개제거장치 제작 과정



프레임 제작



프레임 도색



음이온 발생장치 결합



송풍기 및 이중겔로필터 결합



열풍기 결합



전장제어 제작 및 결합



완성품

그림 3.4.55 안개제거장치 제작 공정

○ 캔틸레버 및 경사재 설치



자재 준비



지지대 제작



자재 운반



지지대 조립 및 운반



교각 하단 설치



설치 완료

그림 3.4.56 교량 지지대 제작 및 설치



그림 3.4.57 안개제거장치 지지부재

- ① 사전 계획 및 설계에 따라서 교각에 캔틸레버 및 경사재를 사용하여 지지대 제작·설치
- ② 안개제거장치를 도로방향으로 회전하여 설치하기 위한 지지부재 부가 설치

(라) 안개제거장치 Test-Bed의 운영 및 보완

○ 안개제거장치 테스트베드 구축



그림 3.4.58 월산교 테스트베드 구축



그림 3.4.59 도로 방향 10° 회전 - 안개제거 효과 극대화

○ 안개제거장치 테스트베드 시험 및 성능평가 검증보고서

- ① 시험일시 : 2019.01.23.(수) 07:00~09:00AM
- ② 시험목적 : 월산교 테스트베드 구축에 따른 안개 제거 효과 검증
- ③ 가동시간 : 3분
- ④ 현장검증 :



그림 3.4.60 안개제거장치 가동 前



그림 3.4.61 안개제거장치 가동 後

- 안개제거장치를 가동하여 교량 주변에서 발생한 안개를 제거함으로써 운전자의 시야를 확보함
- 짧은 시간의 가동을 통해 안개가 제거되는 효과를 확인하여 경제적이고 실용적인 장치임을 확인함
- 세종시 월산교에 설치한 안개제거장치의 정상 가동 및 안개가 제거되며 100m 이상 시정거리가 향상되는 효과를 전문가의 현장평가를 통해 검증함(전문가평가의견서 첨부)
- 현재 안개제거장치의 소음은 7~80dB 수준이지만 교량용 안개제거장치가 설치되는 위치 특성상 주로 거주지와 멀리 떨어져 있으므로 소음에 의한 문제의 소지가 적을 것으로 판단됨
- 그러나 안개제거장치를 개선하기 위해서 현재보다 소음을 더 줄이는 방안을 모색할 예정이며, 본 연구과제에서 활용한 흡·차음재 및 방음판과 같은 방음 소재를 고려하거나 주요 소음원인 송풍장치를 개선함으로써 소음으로 인한 피해를 최소화할 수 있을 것으로 사료됨

(마) 교량용 안개제거장치 유지관리방안

- 세종시 월산교의 테스트베드는 연장 390m, 폭 18m 규모의 강상형(Steel Box) 교량이며 총 4대의 안개제거장치를 설치함

표 3.4.7 교량용 안개제거장치의 제원

구분	교량용 안개제거장치
풍량	1,200 CMM
풍압	45 mmAq
전력소비량	30kW
사용연료	등유
연료소모량	36 L/hr
연료탱크 용량	360 L

- 유지관리비는 1SET 4대에 대하여 인건비, 점검비, 기타 비용이 포함된 정기 점검비와 1년간 유지하는데 필요한 운영비, 내부 부품 등의 고장을 해결하는데 필요한 수리수선비로 구분하여 산정
- 정기 점검비는 안개제거장치 시설 성능유지를 위한 비용이며, 운영비는 안개제거장치 가동을 위한 유류비와 전력비로 산정함
- 수리수선비는 안개제거장치 제작비의 1%를 연간 비용으로 산정함
- 가동시간은 1년 동안 전국 지역에 평균적으로 안개가 발생하는 일수를 대략 30일 이상이 되어야 안개제거장치를 설치할 것으로 가정하여 1년에 30일, 하루 2시간 동안 가동하는 것을 가정함

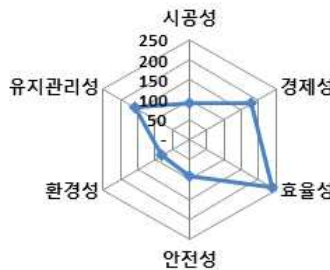
표 3.4.8 교량용 안개제거장치의 유지관리비용(1대 기준)

(단위 : 원)

구분	연간 유지관리비용
정기점검비	1,580,000
운영비	2,402,000
수리수선비	602,000
합계	4,584,000

(바) 안개제거장치의 VE/LCC 분석

표 3.4.7 교량용 안개제거장치와 도로용 안개제거장치의 비교 평가

구분		안개제거장치 기술			
평가항목	가중치	교량용 안개제거장치		도로용 안개제거장치	
		등급	점수	등급	점수
A.시공성	10	8	80	9	90
B.경제성	20	8	160	9	180
C.효율성	30	10	300	8	240
D.안전성	10	8	80	9	90
E.환경성	10	10	100	8	80
F.유지관리성	20	10	200	8	160
합계		54	920	51	840
DIAGRAM					
설계기능점수(F)		92		84	
LCC 상대비(C)		1.09		1.00	
가치평가(V=F/C)		84.4		84	
최적안		◎			
분석결론		- 기능점수와 수명주기비용을 고려한 가치평가는 교량용 안개제거장치가 높은 가치를 기록 - 기존의 도로용으로 설치되는 도로용 안개제거장치, 방무벽 등의 기술은 교량에 설치될 수 없는 한계를 가지며, 교량용 안개제거장치의 안정성, 효율성 및 유지관리의 편의성과 안개로 인한 교량에서의 사고예방 기능을 고려한다면 교량용 안개제거장치가 합리적인 설계안이라는 것이 입증 됨			

(10) 교량용 안개 및 백연 제거장치 최적화 설계 및 현장 측정실험(시작품2 파생상품)

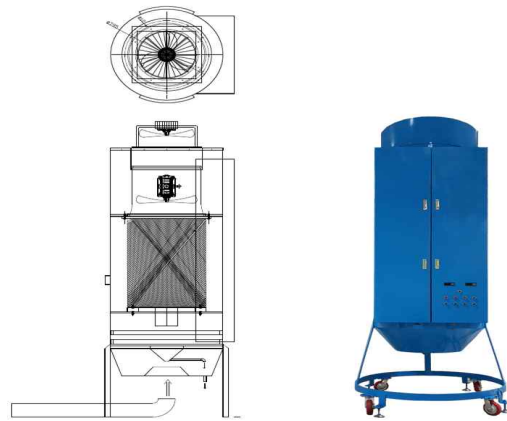


그림 3.4.62 백연제거장치(시작품2)

(가) 교량용 안개 및 백연 제거장치 제거 원리

- 통체 외부는 양압을 가지고 내부는 음압상태를 유지시켜 매우 조밀한 외부 필터를 통해 빠른 속도로 통과하도록 하여 서로 충돌, 냉각시켜 내부필터 표면에 결로를 유도하면서 제거(교량용 안개제거장치 적용, 특허출원완료)

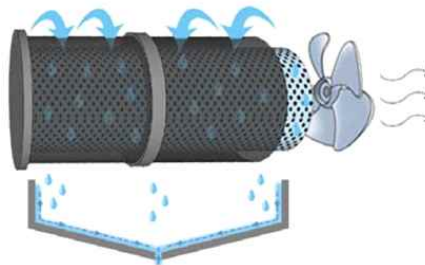


그림 3.4.63 냉각결로필터

(나) 백연 제거 시험 95% 제거 확인

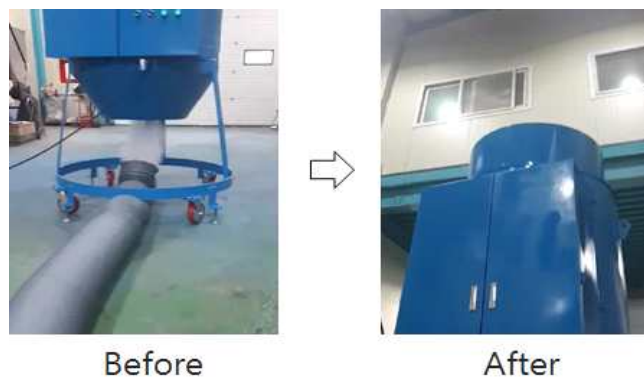


그림 3.4.64 백연제거장치 성능시험

→ 정량적 목표 성과 매출 기여(다국적기업 “F사” 계약체결완료)

(11) 교량용 안개 및 백연 제거장치 최적화 설계 및 현장 측정실험(시작품3 파생상품)

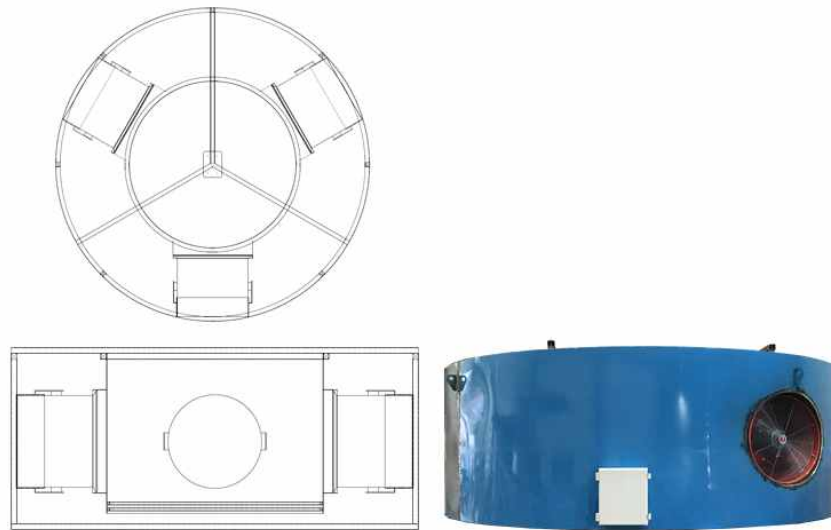


그림 3.4.68 백연제거 냉각탑

(가) 백연 제거 냉각탑

- 백연 제거 냉각탑은 냉각탑 본체의 상측부에 설치되고, 냉각탑 본체로부터 발생하는 백연 입자가 유도되면서 냉각되는 배기로 구조를 제공하는 냉각결로필터수단을 통하여 백연 입자가 응축 또는 결로된 후 냉각탑 본체의 집수 수단으로 침강 제거되도록 할 수 있는 장치임

(나) 백연 제거 시험 95% 제거 확인

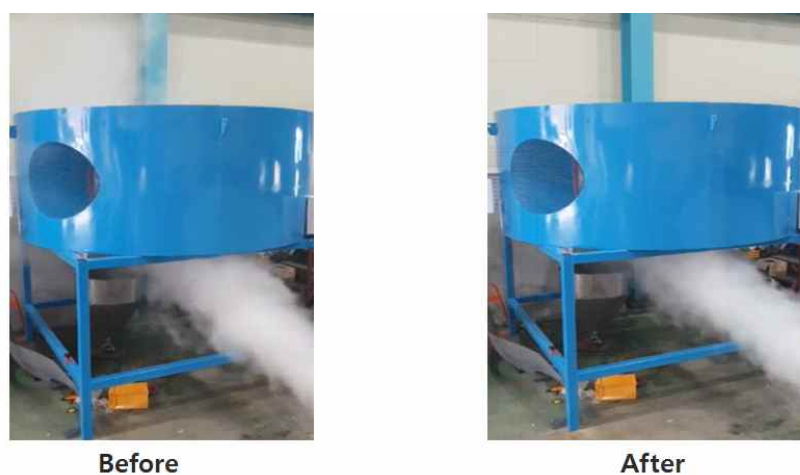


그림 3.4.69 백연제거 냉각탑 성능시험

→ 정량적 목표 성과 매출 달성을 위해 냉각탑 업체와 TEST 진행 중

5. 최종목표Ⅳ: 기존 교량이나 신설 교량에서 설치 시 필요한 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성

가. 교량에 안개제거장치 설치시 구조 안전성 검토 매뉴얼 작성

(1) 안개제거장치의 교량 설치시 교량타입별 설치 위치 분석

(가) 일반 슬래브교

- 본 연구에서는 각 교량 타입별로 안개제거장치의 설치 형태에 대해서 분석하고 함. 우선 일반적인 슬래브교의 경우 아래와 같이 상부구조가 슬래브로만 이루어진 다리를 일컫음. 주로 10~15m 이하의 지간장 (span length)을 갖는 교량에 널리 사용되며, 슬래브교의 가장 큰 특징은 일반 거더교에 비해 형고가 작다는데 있음.
- 슬래브의 두께는 지간의 1/16~1/20 정도가 적당한 것으로 알려져 있음.

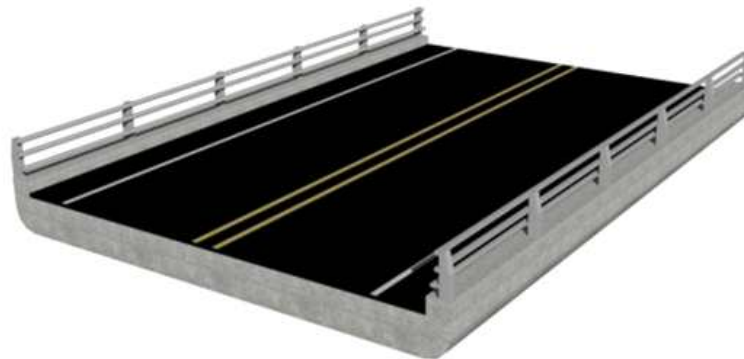


그림 3.5.1 일반적인 슬래브교량

- 슬래브교에 대한 안개제거장치의 적용성에 관한 분석
 - ① 슬래브교의 경우 안개제거장치가 슬래브 바깥쪽에 설치될 수 있음. 이 방안은 신설교량이 아닌 기존교량에 안개제거장치를 설치 시 설치 공간 확보가 되어있지 않은 경우에 채택할 수 있음.
 - ② 안개제거장치를 슬래브 바깥쪽에 설치할 경우 안개제거장치의 폭(1.5m)와 효율적인 입사각을 고려하면 브라켓 (bracket) 설치가 필수로 판단됨.
 - ③ 브라켓 설치시 안개제거장치 하중으로 인하여 슬래브 바깥쪽으로 작용하는 인장력에 저항하는 앵커가 기존 슬래브의 측면 또는 방호벽에 설치되어야 함.
 - ④ 이 경우 브라켓이 캔틸레버형식으로 슬래브교의 측면에 위치하게 되며, 슬래브의 두께가 두꺼울수록 유리함.

(나) PSC-BOX 교량

- PSC-box 거더교는 콘크리트 박스형태의 거더에 프리스트레스를 가한 교량으로 총 교량 길이가 50m에서 100m가 넘는 교량까지 다양하게 적용되고 있음.
- PSC-box 거더교는 최근에 일반 교량으로는 가장 많이 시공되는 형식으로, 강교에 비해 일반적으로 설계가 조금 더 까다로운 것으로 알려져 있음.
- 이는 콘크리트 재료의 물성치가 강재처럼 선형이지 않고 크리프, 건조수축 등 콘크리트의 물성치를 고려하여 설계해야 하기 때문임.
- PSC-box 거더교의 시공방법은 FSM, ILM, MSS, FCM, PSM 등이 있으며 시공 방법에 따라 하는 적용할 수 있는 지간 길이가 다르고 박스의 모양도 조금씩 다름. 일반적인 모습은 아래 그림과 같음.

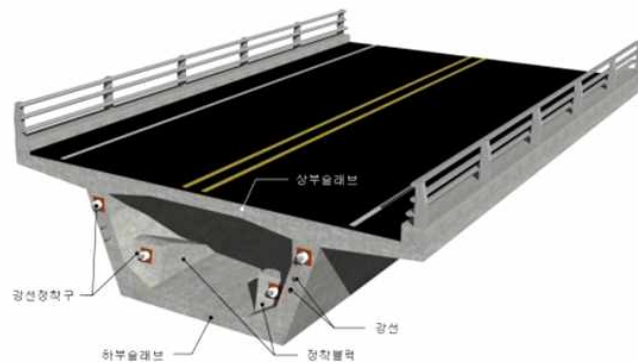


그림 3.5.2 PSC-BOX 교량

○ PSC-BOX 교에 대한 안개제거장치의 적용성에 관한 분석

- ① PSC-box교의 경우도 슬래브교의 경우와 마찬가지로 안개장치의 설치 위치를 슬래브 바깥쪽으로 고려해 볼 수 있음.
- ② 측면의 캔틸레버 구간이 비교적 길기 때문에 단독으로 설치하기는 어려울 것으로 판단됨.
- ③ 아래 그림(붉은 선)과 같이 박스단면의 복부에 경사재를 두어 지지하는 방안을 고려해볼 수 있음.

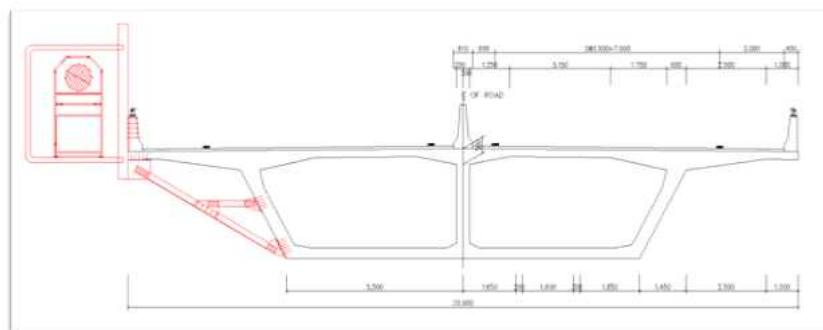


그림 3.5.3 PSC-BOX 교량 안개제거장치 설치 일반도

(다) 강상형(Steel-Box) 교량

- 강박스 교량의 경우 일반적으로 지간장 50~60m가 경제적으로 알려져 있음.
강박스 교량의 경우 아래 그림과 같이 강합성 형태가 가장 일반적임.
- 이는 강교중 가장 많이 사용되는 교량 형식으로서, 곡선교나 확폭부에 적용하기에 유리함. 고속도로 IC 상의 곡선교는 거의 대부분 강박스형 교량임.
- 보통 공장에서 제작된 강박스를 현장에서 볼트나 용접 이음으로 조립하여 크레인으로 가설.
- 공기가 빠르고 콘크리트 교량 대비 가설이 수월한 편임.

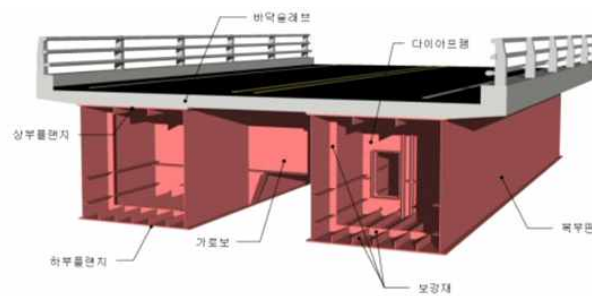


그림 3.5.4 Steel Box 교량

- 강상교에 대한 안개제거장치의 적용성에 관한 분석
 - ① Steel박스교의 경우도 PSC박스교의 경우와 마찬가지로 안개제거 장치는 슬래브 외측에 설치 가능할 것으로 판단됨.
 - ② PSC박스교량에 비해서 강박스 교량의 경우 일반적으로 내부에 강연선이 존재하지 않으므로 이에 대해서 고려할 필요가 없음.
 - ③ 또한 슬래브 캔틸레버구간이 일반적으로 PSC 박스교량에 비해서 짧으므로 PSC 박스에 비해 소규모의 브라켓만으로 설치 가능할 것으로 판단됨.
 - ④ 아래 그림은 이러한 점을 고려하여 설계된 안개제거장치 브라켓 단면도임.
 - ⑤ 이 방안은 Test bed 대상 교량인 세종시 소재 월산교에 안개제거장치 설치에 적용되었고 이 방안의 세부설계를 수행 완료하였음.

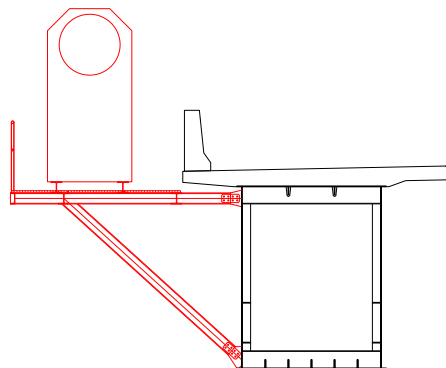


그림 3.5.5 Steel Box 교량의 안개제거장치 설치 방안

(라) 아치형(Arch) 교량

- 아치교는 곡선형 또는 곡선 트러스를 상향으로 하여 양단을 수평방향으로 이동할 수 없게 지지한 아치를 주부재로 하는 교량임. 아치교는 지간 50~300m 이상의 교량에 광범위하게 적용될 수 있으며 미관이 수려하여 예로부터 국내/외에 많이 건설된 교량형식임.
- 아치의 힌지갯수에 따라 2-hinged 아치, 3-hinged arch로 분류하며, 구조형식에 따라 로제아치, 닐슨아치, 랭거아치, 타이드 아치교 등으로 분류됨. 또한 아치리브의 형식에 따라 솔리드리브 아치 (solid rib arch), 브레이스트 리브 아치 (braced rib arch), 파이프 아치 (pipe arch), 부수아르 아치 (voussoir arch) 등이 있음. 아치교를 주행로별로 나눈 형태인 하로교, 상로교를 다음 그림에서 나타내었음. 본 연구에서 고려한 아치형식은 그림 6 과 같은 하로 아치교임.

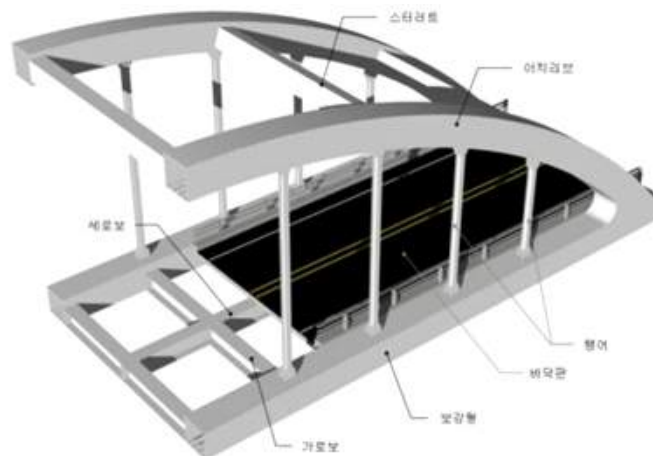


그림 3.5.6 일반적인 국내 하로(下路) 아치교

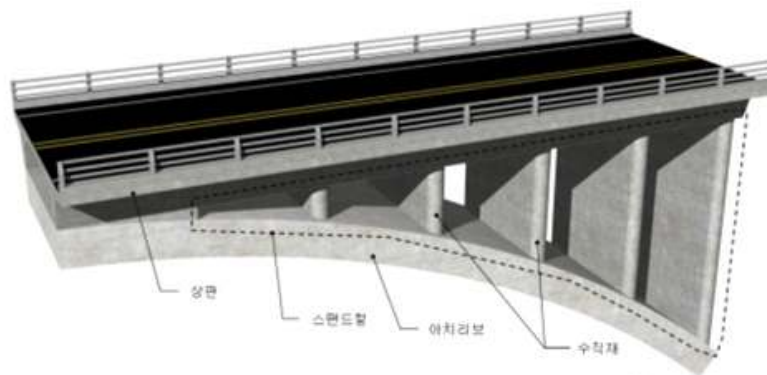


그림 3.5.7 일반적인 국내 상로(上路) 아치교

○ 아치교에 대한 안개제거장치의 적용성에 관한 분석

- ① 아치교의 경우 주거터 측면에 안개제거장치 설치를 위한 공간이 확보될 것으로 판단됨.
- ② 또한 종방향으로 아치 설치에 영향을 줄 수 있는 행어의 일반적인 간격이 대략 10m 로서 안개제거장치 설치에 필요한 종방향 최소 간격 3m (안개제거장치 크기) 이상을 여유롭게 확보할 수 있음.
- ③ 아래 그림은 안개제거장치를 설치하였을 경우에 종방향으로 행어와의 이격을 보여주고 있음.

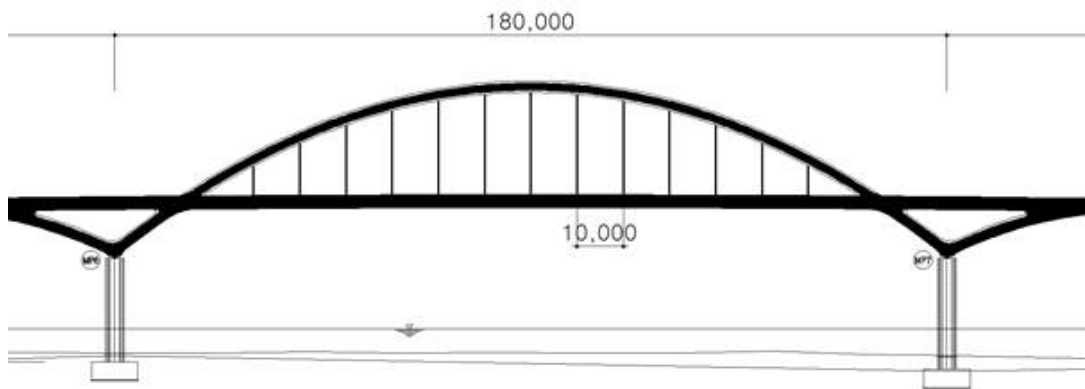


그림 3.5.8 국내 아치교 종단교 (행어간격 = 10m)

- ④ 이상으로부터 알 수 있듯이 아치교 거터 측면 공간에 안개제거장치 설치가 가능하리라고 판단. 다음 그림은 아치교에 적용 가능한 안개제거장치 설치 방안을 보여주고 있음.

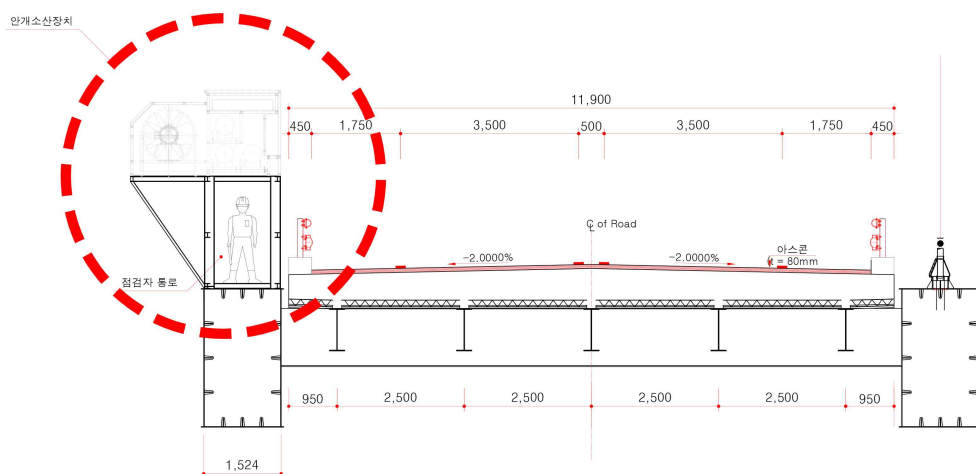


그림 3.5.9 아치교 안개제거장치 설치 일반도

(마) 사장교 (Cable stayed bridge)

- 사장교는 교량 거더를 주탑에 연결된 사장 케이블로 지지하는 형식의 교량임. 사장교는 사장 케이블의 인장강도와 주탑 및 보강형의 휨, 압축강도를 효과적으로 결합시켜 구조적 효율을 높일 수 있으며, 케이블의 강성과 장력을 조절함으로써 보강형에 발생하는 휨모멘트를 현저하게 감소시킬 수 있어 경제적인 설계가 가능함.
- 사장교의 구조적인 효율성 이외에도 외관이 수려하고 주행시 비교적 개방감이 있으며 보강형의 구성형식, 주탑의 형상, 케이블 배치 등 설계시 선택 방안이 많아서 주변환경을 고려한 설계가 가능함.
- 국내의 경우 현재 총 53개의 사장교가 설치/운용되고 있으며 총연장은 약 69km 임. 일반적으로 사장교의 주경간장 400m 이상급은 강상형거더로, 그 이하 급은 콘크리트 거더를 적용하며 설계여건에 따라서 일면식 케이블 혹은 이면식 케이블 등으로 나눌 수 있음.

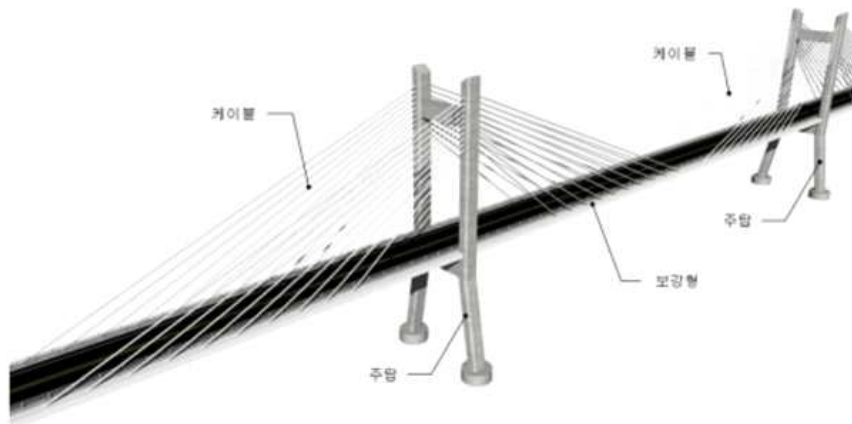


그림 3.5.10 사장교의 구성

- 사장교에 대한 안개제거장치의 적용성에 관한 분석
 - ① 본 연구에서는 국내의 대표적인 사장교형식인 인천대교 및 압해암태교에 대해서 안개제거장치의 설치 적용성에 대해서 고찰해 보았음. 인천대교의 경우 교량단면 양단에 점검용 통로가 폭 약 1.0m 정도로 구성되어 있음.
 - ② 안개제거장치는 교통의 흐름을 방해하지 않기 위해서 점검용 통로 근처에 설치될 수 있을 것으로 판단되며, 케이블의 간섭을 최소화하고 유지관리 점검자의 통로를 확보하기 위하여 열풍기 하단에 점검자 통로를 설치하였음. 일부 사장교의 경우 점검용 통로가 협소하여 브라켓 또는 스티프너 (stiffener) 보강을 통한 거치방법이 타당할 것으로 판단됨.

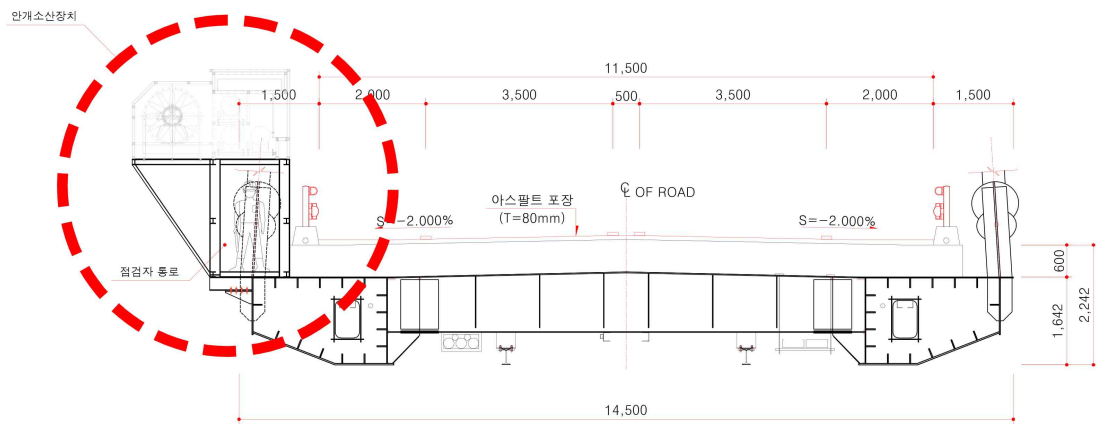


그림 3.5.11 사장교에서 안개제거장치 설치

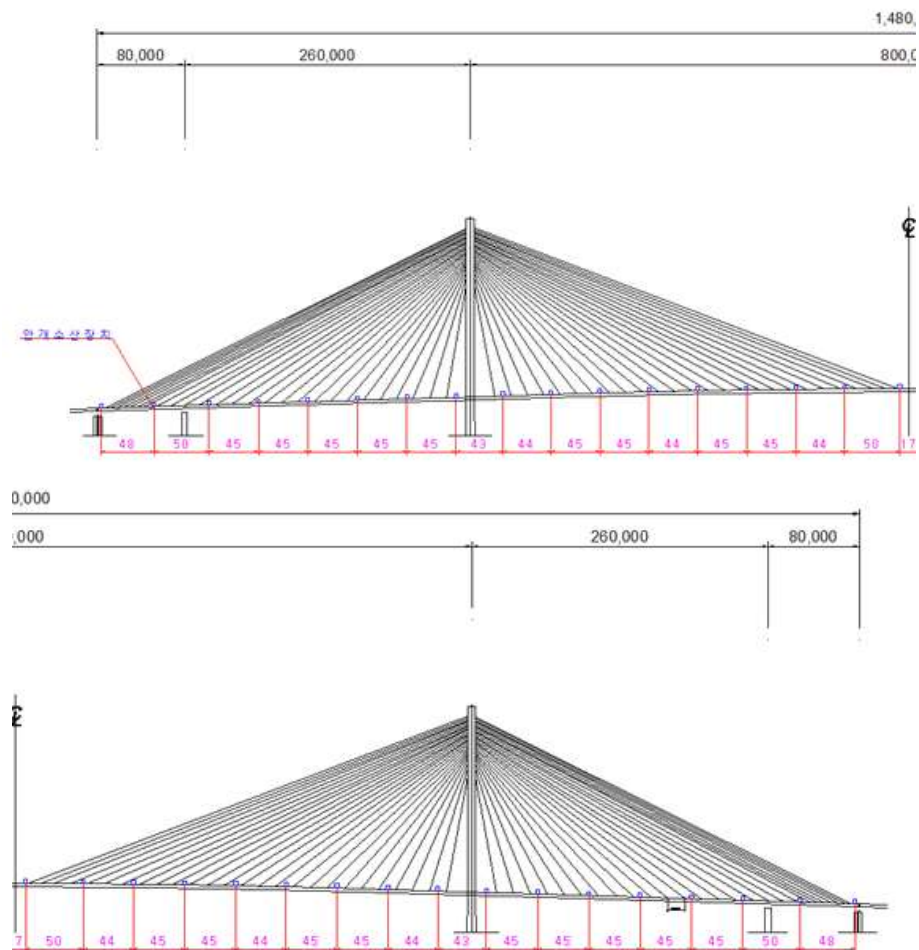


그림 3.5.12 인천대교 안개제거장치 - 종방향 설치 위치 개념도

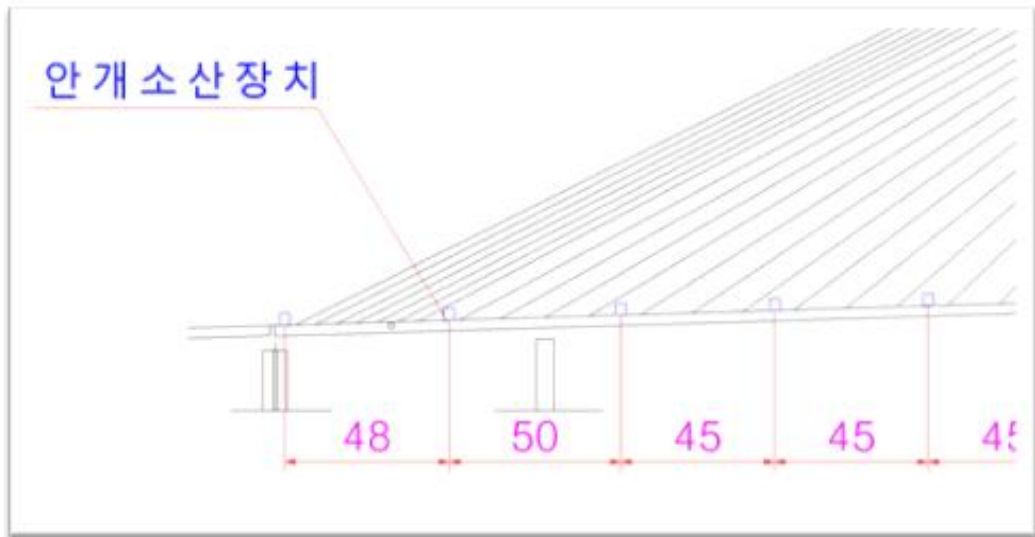


그림 3.5.13 인천대교 안개제거장치 - 측경간부 설치 형태

- ③ 한편 사장교나 현수교와 같은 장대교의 경우 다음 그림과 같이 이동식 점검차가 설치되는 것이 일반적임. 이 경우 측면 이동식 점검차와의 간섭은 없는 것으로 판단됨.

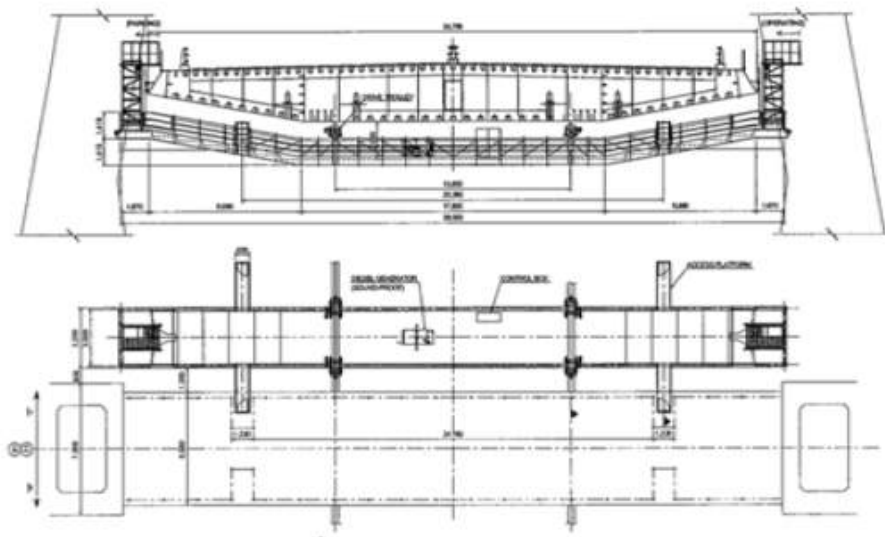


그림 3.5.14 사장교 이동식 점검차

(바) 현수교 (Suspension bridge)

- 현수교란 주탑(Tower) 및 앵커리지(Anchorage)로 주케이블(Main Cable)을 지지하고 이 케이블에 행어(Suspender 또는 Hanger)를 매달아 보강형(Stiffening Girder)을 지지하는 교량형식을 말함.
- 현수교의 현수(懸垂)는 줄을 늘어뜨려 매단다는 의미임. 주케이블을 늘어뜨려 양끝단을 고정시키고 주케이블에 수직부재(케이블)를 매달아 보강형을 지지하는 교량을 말함.
- 현수교는 여러가지 교량형식중 가장 긴 지간장에 적용되는 형식임.
- 또한 보강형을 수직으로만 지지하므로 사장교와 같이 보강형에 축력이 걸릴 염려가 없어 작은단면으로도 적용 가능함. 다만 보강형 강성이 작을 경우 진동의 우려가 있으므로 이에 대한 검토가 필요함.
- 보강형의 형식은 트러스와 박스형태가 주로 사용되며, 주케이블의 고정방법에 따라 타정식(earth-anchored)과 자정식(self-anchored) 현수교로 분류됨.

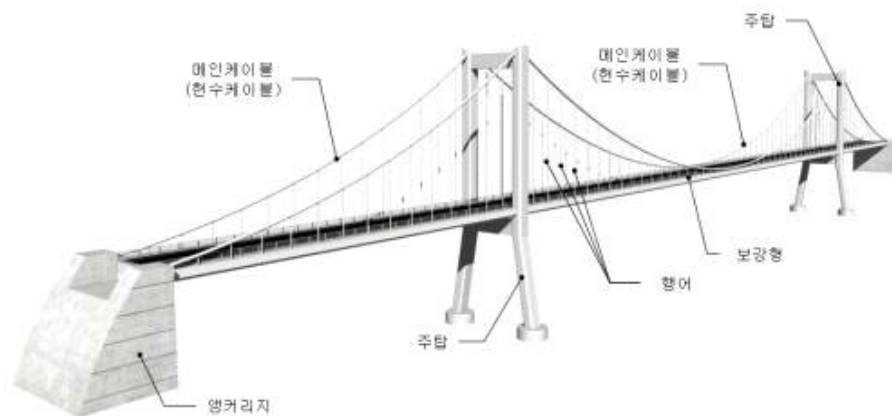


그림 3.5.15 현수교의 구성

- 현수교에 대한 안개제거장치의 적용성에 관한 분석
 - ① 본 연구에서는 국내의 대표적인 현수교형식인 영종대교에 대해서 안개제거장치의 설치 적용성에 대해서 고찰함. 영종대교의 경우 교량단면 양단에 점검용 통로가 폭 3.7m 정도로 구성되어 있음. 안개제거장치는 교통의 흐름을 방해하지 않기 위해서 점검용 통로 근처에 설치될 수 있을 것으로 판단되며, 케이블의 간섭을 최소화하고 유지관리 점검자의 통로를 확보하기 위하여 열풍기 하단에 점검자 통로를 설치하였음. 일부 사장교의 경우 점검용 통로가 협소하여 브라켓 또는 스티프너 (stiffener) 보강을 통한 거치방법이 타당할 것으로 판단됨.

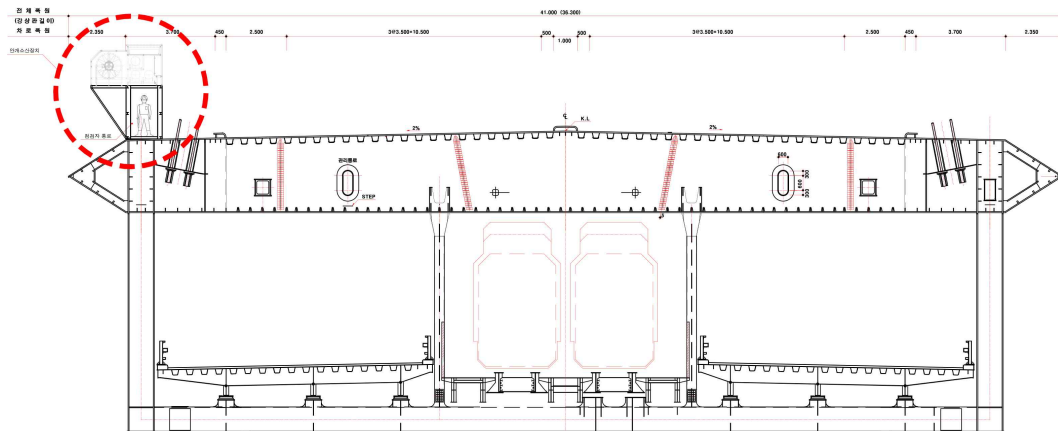


그림 3.5.16 현수교에서 안개제거장치 설치

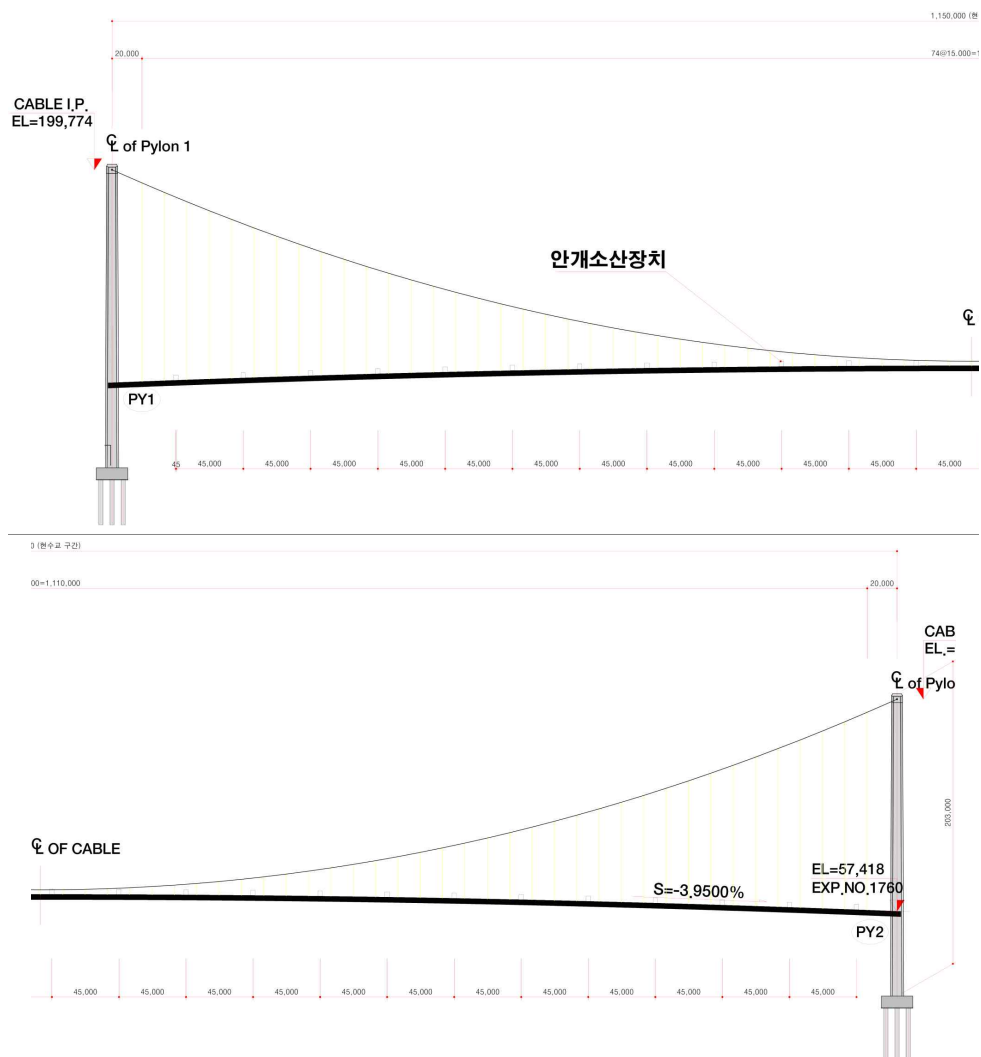


그림 3.5.17 영종대교 안개제거장치 - 종방향 설치 위치 개념도

(2) 안개제거장치의 교량 설치시 교량형식별 교량의 구조 안전성 검토

(가) 운용중인 교량에 안개제거장치를 설치하는 경우, 이로 인하여 교량의 구조안전성에 어떤 영향이 있는지에 대한 검토가 필요함. 교량형식별, 즉, PSC-BOX 교량, 아치교, 사장교, 현수교에 대하여 구조 안전성 검토를 수행하였음. 자세한 검토 결과는 부록에 첨부하였음.

(나) 검토결과로부터 안개제거장치 설치로 인한 각 교량의 자중증가 비율을 검토한 결과 아래의 표와 같이 0.4~2%의 자중 증가율을 보였음. 각 교량의 활하중 및 다른 고정 하중의 크기와 영향이 더 크다는 점을 감안하면 안개제거장치 설치로 인해 각 형식별 교량에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단됨.

표 3.5.1 안개저감장치 안전성 검토

구분	안개저감장치 전체자중(kN)	교량의 상부구조물 자중(kN)	교량상부자중대비 안개저감장치 비율	비고
사장교	690 kN	31,204 kN	2%	
현수교	360 kN	27160 kN	1%	
아치교	60 kN	15452 kN	0.4%	

(3) 안개제거장치의 설치 지지대의 구조 안전성 검토

(가) 일반교에 설치 시 지지대의 구조 안전성 검토

- 일반 교량 형식중에서 강박스 (steel box) 거더 교량을 선정하여 이 형식의 교량에 안개제거장치를 설치하는 방안에 대하여 검토를 실시하였음. 이 방안은 콘크리트 슬라브 바깥쪽으로 설치대를 설치하는 것으로서 횡방향 보 (beam) 와 경사재 (bracket)을 연결하여 설치함. 이 방안은 Test bed 대상 교량인 월산교에 적용되었음. 자세한 구조 검토 계산은 부록을 참조.

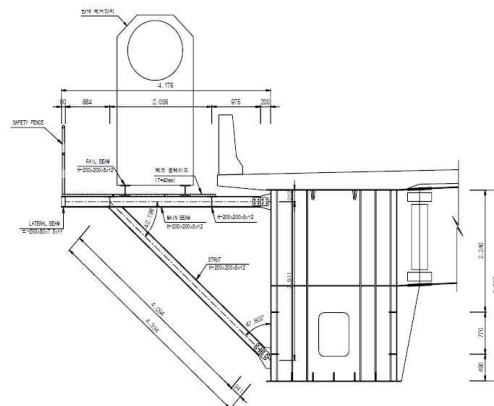


그림 3.5.18 Steel Box 교량의 안개제거장치 상세도 (다이아프램 지지부)

(나) 아치교, 사장교 및 현수교 설치 시 지지대의 구조 안전성 검토

- 긴 지간장을 갖는 사장교 등의 교량에서는 거더 바깥쪽에 안개제거장치를 위한 지지대를 설치하는 것이 구조적 안전성 측면에서 바람직하지 않음.
- 따라서 아래 그림과 같이 거더의 유지관리 통로 위로 장치를 거치하는 방안을 제안함. 이를 위해서 송풍기와 연료탱크를 분리하여 설치하는 것이 필요함.
- 자세한 구조 검토 계산은 부록을 참조.

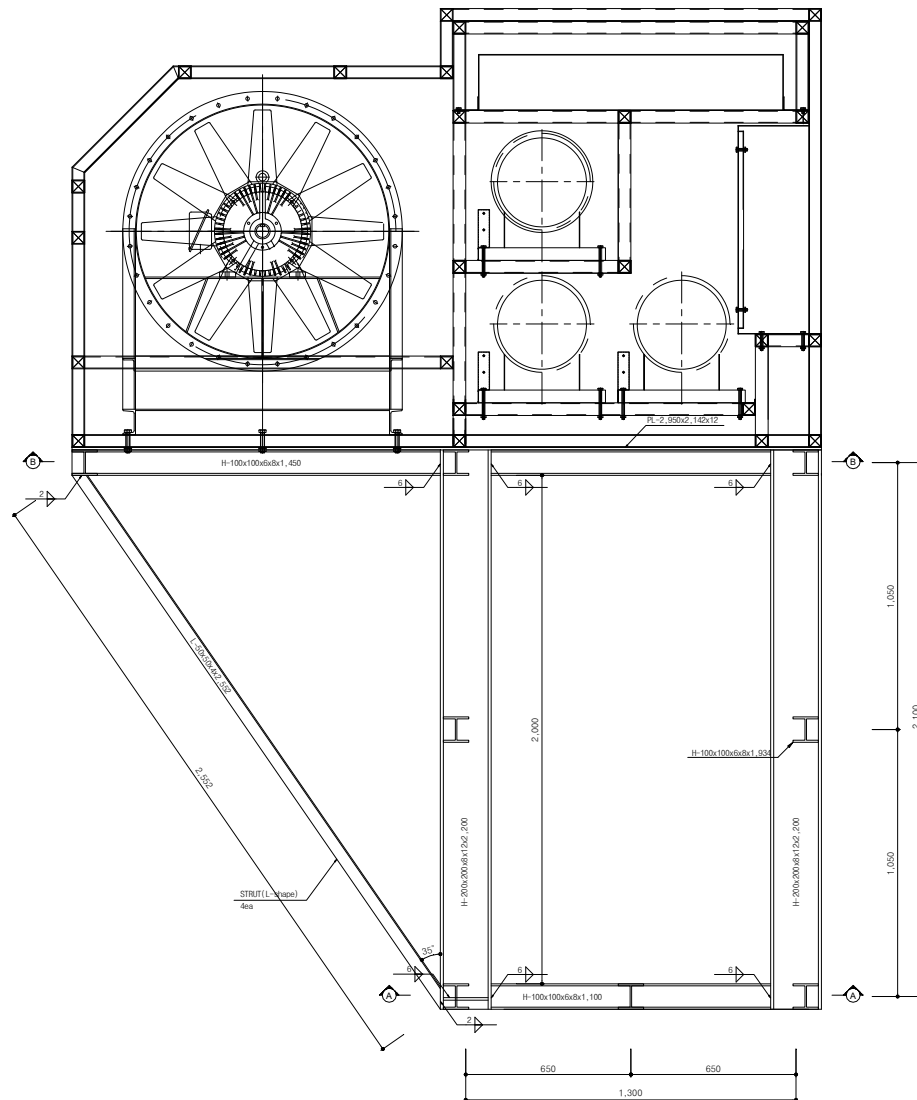
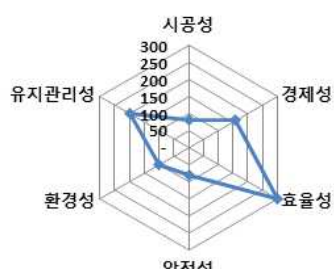
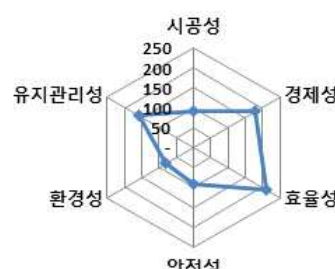


그림 3.5.19 사장교 거더용 안개제거장치 지지대 상세도

나. 표준설계시방서와 표준도면 작성 및 VE/LCC 분석

- (1) 기존교량 및 신설교량에 설치를 위한 표준설계시방서와 도면 작성(부록 참조)
- (2) 교량용 안개제거장치 VE/LCC 분석

표 3.5.2 설치장소의 특수성에 따른 안개제거장치의 VE/LCC 분석

구분		안개제거장치 기술			
평가항목	가중치	교량용 안개제거장치		도로용 안개제거장치	
		등급	점수	등급	점수
A.시공성	10	8	80	9	90
B.경제성	20	8	160	9	180
C.효율성	30	10	300	7	210
D.안전성	10	8	80	9	90
E.환경성	10	10	100	8	80
F.유지관리성	20	10	200	8	160
합계		54	920	50	810
DIAGRAM					
설계기능점수(F)		92		81	
LCC 상대비(C)		1.01		1.00	
가치평가(V=F/C)		91.5		81	
최적안		◎			
분석결론		- 기능점수와 수명주기비용을 고려한 가치평가는 교량용 안개제거장치의 설치방법이 도로용 안개제거장치에 비해 높은 가치를 기록 - 기존의 도로용으로 설치되는 도로용 안개제거장치, 방무벽 등의 기술은 교량에 설치될 수 없는 한계를 가지며, 교량용 안개제거장치의 의 경우 설치의 안전성이나 경제성은 떨어지지만 안정성, 효율성 및 유지관리의 편의성과 안개로 인한 교량에서의 사고예방 기능을 고려한다면 교량용 안개제거장치가 합리적인 설계안이라는 것이 입증 됨			

다. 안개제거장치 설치 운영시 유지관리 매뉴얼 작성(부록 참조)

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 1차년도 목표 달성도

가. 수행 달성도

구분	연구과제명 (연구수행기관)	세부 추진내용 (연구수행 Activity)	산출물	2차 연도												달성도
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
총괄																
주관	교량내 시정거리 100m 이상 확보 가능한 저소음 안개제거 장치 개발 (주)누리 플랜	선행 연구사례 조사	관련문 헌 및 보고서													100%
		성능개선에 영향을 주는 각 요소기술에 대한 민감도분석과 최적화설계 및 현장안개실험	설계변 수도출 및 설계도													100%
		초기방출 상대습도가 40% 미만이 되는 설비설계와 제작 및 제습관련기기 특성화 실험	시작품 및 실험 보고서													100%
		초기방출 음이온의 수가 초당 100만개 이상이 되는 전기장치설계와 제작 및 음이온발생 특성화 실험	시작품 및 실험 보고서													100%
		송풍장치의 흡입구로 유입되는 안개입자를 제거하기 위한 최적화된 그물망 설계와 제작 및 공장내 수증기제거 실험	시작품 및 실험 보고서													100%
		각 요소기술들을 병합한 안개제거장치와 전장제어시스템이 포함된 시작품제작	시작품													100%
		각 요소기술들의 성능을 모니터링 하기 위한 센서 기반제어 S/W와 센서 시스템 개발	S/W와 시작품													100%
		교량내 현장실험을 위한 이동식 안개제거시스템 구축	시작품 및 실험보 고서													100%
		안개제거장치의 성능검증평가 및 VE 와 LCC 분석	공인인 증평가 서													100%
		다양한 교량에서의 안개제거성능실험 및 보고서	종합보 고서													100%

구분	연구과제명 (연구수행기관)	세부 추진내용 (연구수행 Activity)	산출물	2차 연도												달성도
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
총괄																
공동	안개제거 장치 교량설치 현장 적용성 향상 (주) 평화엔지니어링	안전시설물 설치에 관한 규정, 시방서 조사	보고서													100%
		컴퓨터 시뮬레이션을 통한 함체 내부구조의 최적화 연구	보고서													100%
		경량화 부재의 내환경성 및 구조적 안전성 검토	보고서													100%
		함체의 경량화 연구를 통한 시작품 설계 및 시작품,	시작품													100%
		성능평가와 보고서 작성 및 VE 와 LCC 분석	보고서													100%

2. 2차년도 목표 달성도

가. 수행 달성도

구분	연구과제명 (연구수행기관)	세부 추진내용 (연구수행 Activity)	산출물	2차 연도												달성도
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
총괄																
주관	교량내 시정거리 100m 이상 확보 가능한 저소음 안개제거 장치 개발 (주)누리 플랜	선행연구 사례조사	관련문 헌 및 보고서													100%
		소음저감에 영향을 주는 각 요소기술에 대한 민감도 분 석과 최적화설계 및 현장측 정실험	설계변 수도출 및 설계도													100%
		송풍기에서 방출되는 소음 을 저감시킬 수 있는 사일런 스 최적화 설계와 제작 및 현장실험	시작품 및 실험보 고서													100%
		안개제거장치 측방부의 방음구조물 최적화 설계와 제작 및 현장실험	시작품 및 실험보 고서													100%
		목표성능에 대응한 저소음 안개제거장치시작품제작	시작품													100%
		저소음 안개제거장치의 성능 검증평가및 VE와 LCC 분석	공인인 증평가 서													100%
		교량내 안개제거장치 테스트 베드 구축과 원격모니터링 시스템 구축 (100m구간 총4 대 설치) 및 최대시정거리 150m이상 확보	운영 보고서 및 현장진 문가평 가													100%
		테스트베드 구간에서의 현장 성능평가실험	종합보 고서													100%

구분	연구과제명 (연구수행기관)	세부 추진내용 (연구수행 Activity)	산출물	2차 연도												달성도
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
총괄																
공동	안개제거장치 교량설치 현장 적용성 향상 (주) 평화엔지니어링	교량 유형별 안개제거장치 설치 연구	보고서													100%
		교량에 안개제거장치 설치시 구조 안전성 검토 및 구조계산서 작성	보고서													100%
		현수교에 안개제거장치 설치시 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성	보고서													100%
		사장교에 안개제거장치 설치시 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성	보고서													100%
		아치교에 안개제거장치 설치시 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성	보고서													100%
		일반교에 안개제거장치 설치시 표준설계시방서와 유지관리 매뉴얼 작성	보고서													100%
		전문가평가와 종합보고서 작성 및 VE 와 LCC 분석	보고서													100%

나. 정량적 달성도

성과목표	성과지표	1차년도 목표치	1차년도 달성치	2차년도 목표치	2차년도 달성치	비고
지적 재산권	특허 출원건수	2건	4건	4건	9건	초과달성
	특허 등록건수	0건	0건	3건	8건	초과달성
논문	학술발표	1건	1건	1건	1건	달성완료
	논문발표	0건	0건	1건	1건	달성완료
매출 및 계약	매출액	1억	8,332만원	5억	2억 6,510만원	달성완료
	계약금액				2억 9,700만원	
건설신기술	신기술 신청	0건	0건	1건	1건	달성완료

(1) 특허출원

해당기관	구분	출원 번호	특허명	출원일	비고
(주)누리플랜	특허	10-2017-0084991	백연 및 안개 제거장치	2017.07.04	1차년도
	특허	10-2017-0145197	백연 및 안개 제거장치	2017.11.02	1차년도
	PCT	KR2017/012698	백연 및 안개 제거장치	2017.11.09	1차년도
	특허	10-2017-0174545	백연 및 안개 제거장치	2017.12.18	2차년도
	특허	10-2017-0178403	백연 및 안개 제거장치	2017.12.22	2차년도
	특허	10-2018-0023437	백연 및 안개 제거장치	2018.02.27	2차년도
	특허	10-2018-0023439	백연 및 안개 제거장치	2018.02.27	2차년도
	특허	10-2018-0023440	백연 및 안개 제거 장치용 냉각결로 필터수단	2018.02.27	2차년도
	특허	10-2018-0111983	안개제거장치 및 이를 이용한 안개제거시스템	2018.09.19	2차년도
	특허	10-2018-0125132	백연 및 안개제거장치용 냉각결로필터수단	2018.10.19	2차년도
(주)평화엔지니어링	특허	10-2017-0152078	안개제거장치 하우징	2017.11.15	1차년도
	특허	10-2018-0091449	안개소산장치의 지지구조물	2018.08.06	2차년도
	특허	10-2018-0091450	안개제거장치의 교량설치구조	2018.08.06	2차년도

(2) 특허등록

해당기관	구분	등록번호	특허명	등록일	비고
(주)누리플랜	특허	1811429	백연 및 안개 제거장치	2017.12.15	2차년도
	특허	1848882	백연 및 안개 제거장치	2018.04.09	2차년도
	특허	1883427	백연 및 안개 제거장치	2018.07.24	2차년도
	특허	1857158	백연 및 안개 제거장치	2018.05.04	2차년도
	특허	1867848	백연 및 안개 제거장치	2018.06.08	2차년도
	특허	1911928	백연 및 안개 제거장치	2018.10.25	2차년도
	특허	1911924	백연 및 안개제거장치용 냉각결로 필터수단	2018.10.19	2차년도
(주)평화엔지니어링	특허	1920808	안개제거장치 하우징	2018.11.15	2차년도

(3) 논문

해당기관	학회명	게재자	게재일자	학회지	비고
(주)누리플랜	한국방재안전학회	이규홍 등	2018.12.31	한국방재안전학회	2차년도

(4) 학술발표

해당기관	회의 명칭	발표자	발표일자	장소	비고
(주)평화엔지니어링	대한토목학회	이기선	2017.10.20	부산 백스코	1차년도
(주)평화엔지니어링	대한토목학회	이준석	2018.10.18	경주 하이코	2차년도

(5) 매출액

사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액	매출 발생 연도	기술 수명	비고
						국내			
R&D	파생상품	파주	백연저감장치 시범설치	안개/백연 신속히 제거하는 장치	환경관리 주식회사	1,072만원	2017	20	1차년도
R&D	파생상품	판교	누출증기 신속제거장치	안개/백연 신속히 제거하는 장치	한국지역 난방공사	7,260만원	2017	20	1차년도
R&D	파생상품	부천	고효율 백연저감장치	백연을 저감하는 장치	한국 호세코(주)	9,350만원	2018	20	2차년도
R&D	파생상품	안양	누출증기 신속제거장치	안개/백연 신속히 제거하는 장치	(주)GS파워	3,960만원	2018	20	2차년도
R&D	파생상품	판교	누출증기 신속제거장치	안개/백연 신속히 제거하는 장치	한국지역 난방공사	1억3,200만원	2018	20	2차년도

(6) 계약현황

사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액	매출 발생 연도	기술 수명	비고
						국내			
R&D	파생상품	안성	고효율 백연저감장치	백연을 저감하는 장치	(주)대경피 앤씨	2억2,000만원	2019	20	2차년도
R&D	파생상품	서울	누출증기 신속제거장치	안개/백연 신속히 제거하는 장치	서울에너 지공사	7,700만원	2019	20	2차년도

(7) 건설신기술

구분	기술개발	분야	접수일자	비고
건설신기술	(주)누리플랜	토목/도로/도로안전시설/기타도로안전시설	2019.03.25	2차년도

3. 관련 분야 기여도

가. 과학기술적 측면

- (1) 현재 국내에는 안개피해 저감기술 관련 원천기술을 가지고 있지 않은 상태로 새로운 안개피해 저감기술의 개발로 기술적 측면에서 국가 경쟁력을 강화할 수 있음
 - (가) 주요 부품 중의 하나인 대형송풍기기 산업의 활성화와 대형기기의 소음방지 기술 산업에도 매우 중요한 기술적 발전을 이룩할 수 있을 것으로 판단됨
 - (나) 안개피해 저감과 관련된 원천기술을 확보하게 됨으로써 기상재해관련 기술 분야의 국가 경쟁력 향상에 크게 기여할 수 있다고 판단됨
- (2) 선진국의 안개피해 저감시설 관련 첨단기술에 대응하는 자체 원천기술을 확보하며 해외 선진국의 기술도입에 따른 여러 가지 장애요소를 제거함으로써 과학기술 선진국의 토대 마련 가능함
 - (가) 기상재해와 관련된 연구 중 안개 관련 분야는 대외 기술 종속성이 매우 높은 분야로 기상재해 관련 기술독립성을 확보하여 대외의존에서 탈피하게 되는 주요한 기술 분야 중의 하나임

나. 사회·경제적 측면

- (1) 대상기술은 국내여건에 적합한 안개피해 저감시설 설비로, 교량과 도로에서의 안전하고 쾌적한 주행환경 제공 및 만족도 향상을 기대할 수 있으며, 서해대교와 영종대교에서처럼 안개로 인한 대형교통사고를 미연에 방지할 수 있어 국민의 생명과 재산을 보호하는데 매우 큰 역할을 수행할 수 있음
- (2) 안개로 인한 공항과 항만의 불편을 줄일 수 있어 이로 인해 파생되는 사회적 기회비용의 절감효과 기대됨
- (3) 국내 기상환경에 적합한 안개제거 시설로 인해 중복투자 및 불필요한 예산낭비를 절감할 수 있으며, 장치와 관련된 새로운 기준 및 상용품 출현으로 수입대체 효과와 수출시장 선점 효과를 기대할 수 있음

다. 사회적 측면

- (1) 반복되는 기상이변으로 인한 자연재해에 의한 사고와 피해는 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 대비한 사회기반시설 운영을 통해 효과적인 안개피해방지 및 사회적 안전망 확보가 가능함
 - (2) 안개피해 저감시설을 통해 효과적인 교통사고 등의 안개로 인해 발생하는 각종 사건·사고를 방지하고, 안전한 교량 및 도로 이용과 안전하고 효율적인 공항운영 등이 가능하여 국가경쟁력 제고 및 국가이미지 향상에 기여할 수 있음
 - (3) 또한, 안개제거장치를 통해 새로운 장비 및 인력의 구성 및 확충이 필요하며, 안개 관련 안전관리시스템 분야의 선진화를 통한 개발·운영부문에서의 전문인력 배출로 인한 기술력 증대 도모 및 타산업과의 연계를 통한 시너지 효과가 기대됨
-

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 성과물의 활용방안

가. 본 연구 사업을 통해 개발되는 교량용 안개제거장치는 성능검증을 위해 안개가 잦은 고속도로나 국도상의 교량 중 한 구간을 선정하여 관계기관과의 협의를 통해 시범 설치를 운영할 예정임

(1) 현장적용 및 시범사업을 통해 제품 출시 후 발생할 수 있는 문제를 사전에 보완하고 제품의 완성도를 높여 완벽한 상용화를 구현할 계획임

나. 개발될 성과물은 본 연구의 주관기관인 (주)누리플랜의 신성장 동력산업의 토대가 되어 매출신장에 크게 기여할 것으로 기대됨

(1) 교량에 적용하기 위해서 경량화뿐만 아니라 요구조건을 정확히 반영한 최적화 설계를 수행하고 제조 및 자재비용에 따르는 원가 절감을 바탕으로 국내·외 시장에서 판매할 수 있도록 지속적인 연구개발을 수행할 계획임

(2) 교량에 설치할 때 설치간격, 입사각도 및 설치위치에 따르는 안개제거 효과를 검토하여 안개제거장치 설치에 따르는 안개제거 효율의 개선 방안을 마련할 계획임

다. 또한, 개발되는 안개제거장치는 향후 이상기후에 대처할 수 있는 인공적인 기후조절시스템의 귀중한 연구 자료를 제공하는 토대가 될 수 있음

(1) 안개제거장치는 안개로 인해 안전에 위협을 줄 수 있는 일정 부문에 대해 안전을 담보할 수 있도록 하는 인공적이고 능동적인 시스템임

(2) 기존의 산업과는 차별화된 새로운 사업분야라 할 수 있으며, 본 장치를 구성하는 주요 부품의 관련 산업들에게도 더 많은 시장을 제공하는데 일조할 수 있을 것으로 판단됨

라. 마지막으로 국가 차원의 공동 활용을 위해 성과물 전담기관과 연계해 규격서, 특허, 시제품 등 연구성과 검증 서비스를 통해 유망 연구 성과의 공동 활용 및 사업화 지원 등 연구 개발 성과를 부가가치 창출로 연계할 수 있는 R&D 사업정보로 활용될 수 있을 것으로 판단됨



그림 5.1.1 성과물의 활용방안

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 해외 안개관련 교통안전시설 현황

가. 선진국에서는 가변형속도제한표지(VSL)를 설치하고 운영하고 있으며, LED, 혼합식, 재귀+LED, CMS 등 다양한 방식이 있음



그림 6.1.1 해외의 VSL 설치 사례



그림 6.1.2 호주 VLS 설치 사례

나. 미국

- (1) (안전시설) 짙은 안개로 위험한 구간에는 시정감시 경고시스템, 포장조명, 점등형 표지병 및 고광도 표지판 등 다양한 시설 설치 중
- (2) (속도제한) 경찰이 아닌 주 교통부에서 직접 속도제한을 실시하며, 도로전광판에서도 트럭 우측통행 등 다양한 행동요령 제공

다. 이탈리아

- (1) (안전시설) 안개시 운전자 스스로가 시정거리를 인지해 안전운전을 유도시키기 위해 시정거리 안내표지를 설치
 - ※ 노측에 안개시정거리 노면표지(반원형 노면표시)를 20m 간격으로 설치하여 인지가 가능한 도색 수에 따라 속도를 낮추어 주행하도록 안내표지 설치

라. 일본

- (1) (안전시설) 방무벽, 안개전용 경고표지판 등의 장비 운영중이나 주로 통행제한을 실시
- (2) (교통운영) 시정 70m미만의 경우 통행금지 규정을 적용하여 도로관리 기관에서 통행금지 조치 중
 - ※ 통행금지시 레이더를 갖춘 도로관리 차량이 에스코트한 사례도 있음



그림 6.1.3 안개관련 안전시설물 설치사례(해외)

→ 해외 기술 동향을 확인한 결과 안개관련 교통안전시설물 설치사례는 많으나, 직접 안개를 제거하는 장치로는 누리플랜의 전 세계 유일함을 알 수 있었음.

제7장. 연구개발성과의 보안등급

일반과제

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

1. 일상점검

- 가. 연구활동 전에 각 실험실을 육안검사로 장비 및 시설물 매일 점검
- 나. 퇴근 시 최종 퇴실자가 실험실 모든 시험기기, 수리장비등의 전원 off 확인후 소등
- 다. 도면 및 기타 보안문서 별도의 Server System 보관
- 라. 연구소 도난정보기 구축

2. 정기 안전 교육

- 가. 반기 1회 연구실 안전 환경 조성 및 사고예방을 위한 환경안전교육 실시

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	학술 발표	100m이상 시정확보를 위한 교량용 안개제거 장치 개발 연구에 관한 소개	(주)평화엔 지니어링		대한민국		2017.10.21	단독 사사	대한토목학회
2	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2017.07.04	단독 사사	출원 (10-2017-0084991)
3	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.02	단독 사사	출원 (10-2017-0145197)
4	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.09	단독 사사	출원 (KR2017/012698)
5	특허	안개제거장치 하우징	(주)평화엔 지니어링		대한민국		2017.11.15	단독 사사	출원 (10-2017-0152078)
6	인증	유해환경시험분석	(주)누리 플랜		대한민국		2017.09.26	단독 사사	한국화학융합 연구원
7	인증	실내환경분석	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.02	단독 사사	한국화학융합 연구원
8	시험 성적서	안개제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.10	단독 사사	한국분석시험 연구원
9	S/W저작 권등록	안개제거장치 요소기술 성능 모니터링 시스템	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.13	단독 사사	등록
10	매출	물품계약서	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.27	단독 사사	한국지역난방공사 (금액:6600만원)
11	수상	안전기술대상 국무총리상	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.15	단독 사사	국무총리 이낙연
12	기타	전문가 평가 의견서	(주)누리 플랜		대한민국		2017.11.09	단독 사사	단국대 김준희 교수
13	기타	전문가 평가 의견서	(주)누리 플랜		대한민국		2017.12.05	단독 사사	전주대 김경원 교수
14	논문	안개제거장치를 이용한 도심 저류지 시설에서의 안개 저감 효과 연구	(주)누리 플랜		대한민국		2018.12.31	단독 사사	한국방재 안전학회
15	학술 발표	100m 이상 시정확보를 위한 교량용 안개제거 장치 교량 적용성에 관 한 검토	(주)평화엔 지니어링		대한민국		2018.10.17	단독 사사	대한토목학회
16	학술 발표	시정확보를 위한 안개 제거장치의 교량 설치 검토	(주)평화엔 지니어링		대한민국		2018.10.17	단독 사사	대한토목학회
17	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2017.12.15	단독 사사	등록 (1811429)
18	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2017.12.18	단독 사사	출원 (10-2017-0174545)
19	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2017.12.22	단독 사사	출원 (10-2017-0178403)
20	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2018.02.27	단독 사사	출원 (10-2018-0023437)
21	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2018.02.27	단독 사사	출원 (10-2018-0023439)

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
22	특허	백연 및 안개 제거 장치 용 냉각결로 필터수단	(주)누리 플랜		대한민국		2018.02.27	단독 사사	출원 (10-2018-0023440)
23	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2018.07.24	단독 사사	등록 (1883427)
24	특허	안개소산장치의 지지 구조물	(주)평화엔 지니어링		대한민국		2018.08.06	단독 사사	출원 (10-2018-0091449)
25	특허	안개제거장치의 교량 설치 구조	(주)평화엔 지니어링		대한민국		2018.08.06	단독 사사	출원 (10-2018-0091430)
26	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2018.04.09	단독 사사	등록 (1848882)
27	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2018.05.04	단독 사사	등록 (1857158)
28	특허	백연 및 안개 제거장치	(주)누리 플랜		대한민국		2018.06.08	단독 사사	등록 (1867848)
29	수상	우수디자인 상품선정증	(주)누리 플랜		대한민국		2018.02.23	단독 사사	한국디자인 진흥원
30	인증	소음측정분석	(주)누리 플랜		대한민국		2019.01.02	단독 사사	한국화학융 합연구원
31	매출	물품계약서	(주)누리 플랜		대한민국		2018.07.19	단독 사사	한국호세코 (금액:8500만원)
32	매출	물품계약서	(주)누리 플랜		대한민국		2018.12.18	단독 사사	GS POWER (금액:3600만원)
33	매출	물품계약서	(주)누리 플랜		대한민국		2019.01.09	단독 사사	한국지역난방공사 (금액:1.2억원)
34	매출	물품계약서	(주)누리 플랜		대한민국		2019.01.25	단독 사사	대경피앤씨 (금액:2억원)
35	기타	전문가 평가 의견서	(주)평화엔 지니어링		대한민국		2019.01.09	단독 사사	경희대 주부석 교수
36	기타	전문가 평가 의견서	(주)누리 플랜		대한민국		2019.01.23	단독 사사	단국대 김준희 교수
37	기타	전문가 평가 의견서	(주)누리 플랜		대한민국		2019.01.23	단독 사사	성균관대 박승희 교수
38	기타	건설신기술	(주)누리 플랜		대한민국		2019.03.25	단독 사사	신청서류 접수

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

1. 건설교통부(2004), 건설교통 재해대책편람
2. 국토교통부(2015), 스마트 하이웨이 사업단, 기상재해 예방을 위한 스마트 도로시설물 연구, 최종보고서(1-3)
3. 기상청(2002), 지상기상관측지침, 기상청, pp.145-150.
4. 한국도로공사(2003), 안개대책방안
5. 건설교통부(2000), 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙
6. 경찰청(2000), 도로교통 안전 백서, 333pp
7. 김장욱, 이수범, 오세욱(2005), “안개다발지역 도로의 안전성 제고에 관한 연구”, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp.4163-4166.
8. 노관섭 외(2000), 도로안전시설 실태조사 및 개선연구(최종보고서), 건설교통부 한국건설기술연구원.
9. 배상훈 외(1998), “지능형교통시스템(ITS) 연구·개발사업(1)”, 최종보고서, 교통개발연구원, 한국도로공사
10. 백남준, 김태오, 김용표, 문길주(1994), “시정장애현상 원인과 그 규명방법: 수도권 지역의 시정장애현상 연구를 위하여”, 한국대기보전학회지, Vol.10, No.1, pp.1-23.
11. 삼성교통안전문화연구소(2004), “도로안전시설물의 사고감소 효과도 분석”
12. 오세욱(2005), “안개다발지역 도로의 안전성 제고에 관한 연구”, 서울시립대학교 석사학위논문
13. 백승주(2005), “안개발생과 관련된 기상특성분석 및 예측 가능성 검토”, 부산대학교 석사학위논문
14. 윤재정, 육일동, 장덕현, 홍창의, “안개 잦은 도로구간의 안전제고에 관한 연구”, 도로 및 공학기술사회지 제 12권 1호
15. 김성삼, 이내영(1970), “한국의 안개기후구 설정에 관하여”, 한국기상학회지, 6(1), 1-15
16. 기상연구소(1986), “한국 서해중부원의 해무특성 조사”, 연구보고서 MR86-1. 83pp
17. 이래철, 신은우(2006), “고속도로 안개사고의 문제점 및 대책방안”, 한국구조물진단학회, 제10권, 제6호
18. 이호영(2006), “지방부 간선도로에서 안개영향에 따른 도로의 안전성제고에 관한 연구”, 서울시립대학교 석사학위논문
19. 임광수(2007), “안개로 인한 교통사고 방지대책”, 방재연구 특집, 제9권, 제1호
20. 조혜진(2001), “도로의 위험 안개 강설대비 도로시스템 개발 및 운영방안 연구 (1-4-2) 발생지표의 개발 및 안전관리 대상 선정”, 한국건설기술연구원
21. 조혜진(2003), “도로상 위험안개의 특징분석 및 발생지표의 개발”, 대한지리학회지, 제38권, 제4호, pp.478-489.
22. 조혜진 외 7명(2004), “악천후 등 특수화 도로환경에서의 도로교통 안전성 향상을 위한 도로안전시설 개선방안 연구”, 건설교통부, 한국건설기술연구원
23. 허인혜(1997), “한국의 지역별 안개 특성”, 건국대학교 석사학위논문

참고3

SMK(Sales Material Kit) [서식]

기술명 ①

□ 기술개요 ②

안개소산물질을 강력한 송풍기를 이용하여 도로의 차량진행방향으로 분사함으로써 농무를 300초 이내에 편도 2차선 이하의 도로에서 100m이상의 시정이 확보될 수 있도록 하는 장치

□ 기존 기술의 문제점 ③

- 기존 안개발생 시 대책은 주로 안전시설 설치, 점멸등, 전광표지, 방무벽, 시선유도등
- 온라인 정보제공 등 수동적인 대책

□ 기술의 우수성 및 효과

차별성 ④_국내외 기술과 수준 비교표

구분	안개소산장치	방무/방풍벽
가능/성능	① 대기중에 안개입자를 흡입하여 미세필터를 통해 필터링되면서 안개입자가 물입자로 변환되어 흘러내리는 방식 ② 건조공기, 음이온, 응결핵이 대기중으로 확산되어 안개입자와 결합하여 분화과정을 거쳐 증발시킴	도로에 안개가 발생했을 때 원적외선 방사네트를 사용하여 도로로 이동하는 안개 및 강풍을 신속하고, 효과적으로 차단, 감쇠하며 운전자의 시야확보와 강풍에 따른 안전운전이 되도록 하는 방무/방풍 시설
장/단점	다양한 안개유형에 대하여 능동적 대응 가능	방무벽 위로 넘어오는 안개 제거가 어려움
경제성 (공사비, 유지관리비, 공사기간 등)	- 일반용 100m (시정거리측정50,000,000원, 안개소산장치 100,000,000원) - 교량용 50m (시정거리측정50,000,000원, 안개소산장치 60,000,000원)	100m (85,000,000원) 설계가 m²당 850,000원

우수성 ⑤_국내외 기술대비 경쟁력

특허조사결과 음이온 발생기 또는 전기적 방전을 통한 이온화 입자를 이용하여 안개를 소산시키는 기술은 한국, 일본, 유럽 출원인에서 다양하게 나타나며, 현재 누리플랜에서 보유하고 있는 기술은 경쟁사 기술과는 상이하며, 또한 유사기술들은 취하 및 거절됨을 확인하여 분쟁의 여지가 없음

경제적 효과 ⑥

- 안개로 인한 공항과 항만의 불편을 줄일 수 있어 이로 인해 파생되는 사회적 기회비용의 절감효과 기대됨
- 국내 기상환경에 적합한 안개제거 시설로 인해 중복투자 및 불필요한 예산낭비를 절감 할 수 있으며, 장치와 관련된 새로운 기준 및 상용품 출현으로 수입대체 효과와 수출시장 선점 효과를 기대할 수 있음

- (비용)
 - 일반용 100m (시정거리측정 50,000,000원, 안개소산장치 100,000,000원)
 - 교량용 50m (시정거리측정 50,000,000원, 안개소산장치 60,000,000원)
- (유지관리비)
 - 연간 500만원
- (공사기간)
 - 1개월
- (간접효과)
 - 주요부품인 대형송풍기기, 파급제품인 이동식, 굴뚝용 백연제거장치 산업 활성화
 - 안개 안전관리분야의 선진화를 통한 개발·운영부문에서의 전문인력 배출로 인한 기술력 증대

□ 기술내용 ⑦_시공절차, 적용방법 등 그림 포함



안개제거장치의 폭과 효율적인 입사각을 고려하여, 브라켓과 측면의 캔틸레버 설치하고, 박스 단면의 복부에 경사재를 두어 지지 후 교량용 안개제거장치를 설치

□ 기술활용 실적 및 전망

기술활용 실적 ⑧

- 교량 내 상시 시정거리 100m 이상 확보 가능한 안개제거장치의 최적화 개발
- 교량설치를 위한 1톤이하의 안개제거장치 개발
- 소음을 줄임으로써 85dB 이하의 저소음 안개제거 장치 개발 및 테스트베드 구축

향후 활용전망 ⑨

- 향후 이상기후에 대처할 수 있는 인공적인 기후조절시스템의 귀중한 연구자료를 제공하는 토대가 될 수 있음
- 연구 개발 성과를 부가가치 창출로 연계할 수 있는 R&D 사업정보로 활용될 수 있음

□ 수요처 및 권리현황

기술적용 현장 및 대상 ⑩

- 국내 교량 및 도로부문 건설, 유지, 관리 기관
- 안개가 잦은 교량 및 도로
- 공항 활주로

희망 수요처 및 현장 ⑪

- 국토교통부
- 한국도로공사, 공항공사
- 교량을 관리하는 시설관리공단

권리·인증현황 ⑫_PCT국제출원특허 포함

구분	출원/등록/시험번호	비고
▪ 안개소산수단	10-1559546	등록특허
▪ 안개소산장치	10-1559550	등록특허
▪ 이동식 안개소산장치	10-1556780	등록특허
▪ 이동식 안개소산장치	10-1560777	등록특허
▪ 백연 및 안개제거장치	10-1811429	등록특허
▪ 백연 및 안개제거장치	10-184882	등록특허
▪ 백연제거장치	10-1857158	등록특허
▪ 백연 및 안개제거장치	10-1867848	등록특허
▪ 백연 및 안개제거장치	10-1883427	등록특허

□ 추가기술정보

R&D수행이력 ⑬

사업명	
과제명	
연구기간	
연구비	

기술분류 ⑭

기술 수준	☐ 기술개념확립
	☐ 연구실환경검증
	☐ 시제품제작
	☐ 실제환경검증
	☐ 상용품제작
	☒ 사업화

□ 문의 ⑮

기술 개발 자	(주)누리플랜 이희린 (02-3660-4221) heelin@nuriplan.com
관리 자	국토교통과학기술진흥원 창업사업화지원실 Tel.031-389-6322 techbiz@kaia.re.kr

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.