



# 친환경 하이브리드폴리머를 활용한 건설 비산/재비산 먼지저감제의 현장 적용성 평가

Field applicability evaluation of fugitive dust/resuspended dust reduction agents for construction using eco-friendly hybrid polymer



**이창홍**  
포스코건설 R&D센터  
인프라연구그룹  
차장  
changhong@  
poscoenc.com



**정현태**  
포스코건설 R&D센터  
인프라연구그룹  
리더대우  
asrrecycle@  
poscoenc.com



**황민규**  
포스코건설  
서부내륙민자도로  
11공구 품질팀장  
encA20328@  
poscoen.com



**김종권**  
포스코건설  
서부내륙민자도로  
11공구 현장소장  
kjk538805@  
poscoenc.com



**김철환**  
포스코건설 R&D센터  
인프라연구그룹  
그룹장  
kimchi@  
poscoenc.com



**전기준**  
인하대학교  
환경공학과  
교수  
kijeon@  
inha.ac.kr

## 1. 서론

최근 미세먼지에 대한 국가적 관심과 함께 관련 산업분야에서도 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 현재 국토 교통부 건설기술연구사업(19.4~23.12)으로 진행 중인 도로미세먼지연구단내 건설현장 비산먼지저감제의 개발 내용 및 현장 적용성 평가에 관한 진행 경과를 기술하고자 한다.

첫 번째로 가설 도로용 비산/재 비산 먼지저감제의 개발을 위해 기존 국내/외 13종류의 제품에 대한 성능 비교 분석을 수행하여 비산먼지저감제 자체의 지촉 성능 및 증발 성능을 비교하였다.

두 번째로는 상기 국내외 13개 제품 군 가운데, 지촉 성능 및 증발 속도의 성능이 우수한 2개 제품을 최종 선택한 후, 이의 구성성분 및 배합비를 분석하여 현 세계최고 수준인 독일의 Walker사 대비 비산먼지 제품 군의 비산먼지저감제의 성능과 가성비를 확보할



수 있는 신규 배합을 최초로 개발하여 특허 출원을 완료하였다. 이 과정에서 친환경 성능을 증대시키기 위해 식물성 야자유를 활용하여 합성 폴리머의 함량을 낮추되, 저농도 아크릴실리케이트계 하이브리드 폴리머의 입자 배열 구조를 강화시켜 비산 먼지의 흡착 및 멤브레인 생성 기능을 강화시켰다.

세 번째로는 현행 국토교통부의 비산먼지저감제의 성능평가 기준이 마련되지 않은 관계로, 정량적 실내 실험에 기반한 성능평가방법을 모사하고자, lab test 기반의 정량화 실험 분석 연구를 수행하였다. 여기서, 개발 비산먼지저감제의 수월성을 평가하기 위해 풍속 조건, 풍속 거리, 경계조건 등을 동일화 하여 비교대상 비산먼지 시편의 잔존 무게 감량에 의한 비산먼지저감률을 정량적으로 측정 및 비교하였다.

네 번째로, 개발 비산먼지저감제의 현장 적용성을 평가하기 위해 당사가 현재 공사 수행중인 서부내륙민자도로 11공구 현장의 가설 도로 현장에서 ① 일반 살수 구간, ② 무 살포 구간, ③ 개발 비산먼지저감제 구간으로 분류하여 실험현장에서의 비산먼지 저감 성능을 정량적으로 평가하고자 하였다.

그간 실내 실험을 통한 비산먼지저감제의 성능에 대해서는 다수의 연구논문들이 발표되고 있고, 이에는 다양한 외적 환경 구속 조건이 적용되어 실제 현장 적용 시와의 측정 편차에 대한 궁금증이 대두되고 있는 실정이었다. 이는 실 현장 적용 측면에서 외적 환경 변수(풍속, 건설 차량 순환, 재 비산, 비산먼지저감제의 유지 시간 등)에 대한 다양한 구속 조건을 제어할 수 있는 방안에 대한 논의가 여전히 풀리지 않는 의문으로 남아있었기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 국책연구과제로써 건설분야 가설 도로 현장 등에서 주로 발생하는 건설 비산먼지를 신규로 개발한 친환경 비산먼지저감제를 통해 정량화 평가하였고, 대기오염공정시험기준(ES 01318.1a, 도로 재비산먼지 연속측정방법)에 따른 인하대학교 도로 비산먼지

이동차량 측정시스템(국립환경과학원, 2008; 한세현 외, 2007)과의 협업을 통해 교차 비교를 수행하였다.

현재 건설현장 비산먼지저감제의 사용과 관련된 법적 인 의무 기준은 없는 상태이다. 따라서 사실상 건설현장에서는 선택적으로 살수차를 이용하여 비산먼지 등을 제어하는 방법이 일반적인 현황이며, 향후 본 국책연구과제를 통해 제안될 건설현장 비산먼지저감제의 시공 지침(안)등이 마련되며 관련분야 기초자료로써 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 개발 비산먼지저감제의 실내 실험 성능 평가

### 2.1 국내/외 현행 비산먼지저감제의 지축건조성능 및 증발 속도 비교 분석

국내 가설 도로의 건설현장 맞춤형 비산먼지저감제를 개발하기 위해 아래와 같이, 국내외적으로 알려진 비산먼지저감제 13개 제품에 대한 성능 비교 분석을 아래와 같이 수행하였다.

당 연구 수행의 핵심내용은 건설현장 비산먼지의 다수 농도를 차지하는 PM10급 먼지의 발생을 저감하는 일이었으므로, 현행 비산먼지저감제의 구성 성분 중 비산먼지 저감 능력의 key를 좌우하는 폴리머의 선택과 구성에 중점을 두었다. 따라서 다양한 폴리머의 혼합, 합성, 융합 사례 등을 재분석할 필요가 있었으며, 이의 대표적인 평가 인자를 각 비산먼지저감제의 겔화 형성 단계인 지축 건조시간과 이의 지속 유지 시간에 관여하는 증발 속도를 주 인자로 평가하였다.

따라서, 그림 1에서는 국내외 13개 대표 제품 군의 폴리머 종류별 지축 건조 및 증발 시험결과를 제시하였는데, 지축 및 증발 최고속도 측면에서는 Vinnapas 548ND

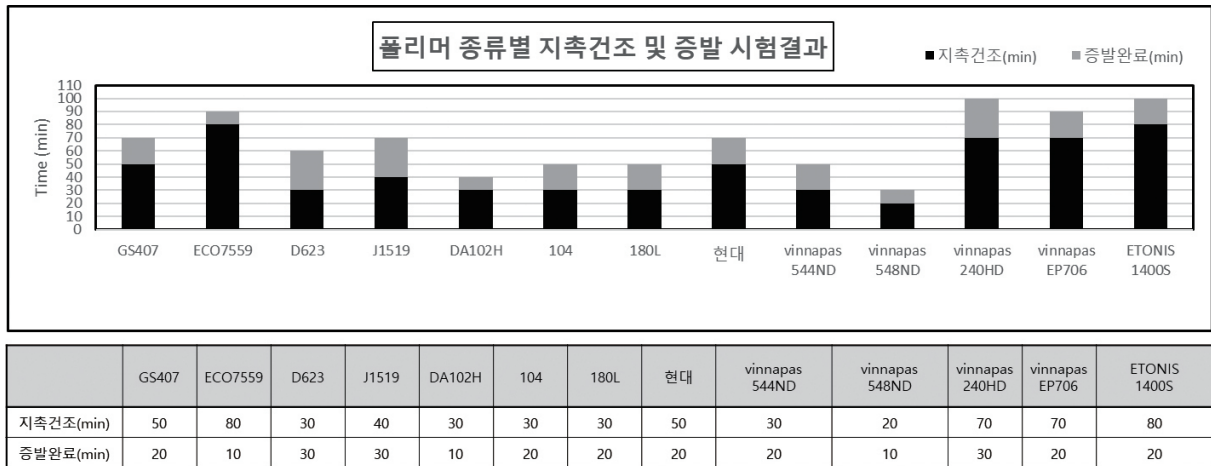


그림 1. 국내외 현행 비산먼지 저감제의 지촉건조성능 및 증발 속도 측정 실험

가 지연 속도 측면에서는 Vinnapas 240HD와 ETONIS 1400S가 우위에 있음을 확인 가능하였다.

그림 3에서는 상기 지촉 건조 시간 및 증발 속도에 기반한 실험결과를 통해 추출된 대표적인 기존 비산먼지저감제의 기술 구성을 비교분석 해놓았는데, 앞서 Vinnapas 548ND, Vinnapas 240HD 및 ETONIS 1400S 등의 특성을 분석결과, 폴리머 계열은 Sodium Polyacrylate, polyvinyl acetate 계열은 친수성 합성 고분

자가 주류를 이루고 있었으며, 계면활성제로서는 다양한 합성 제품 군이 주류를 이루고 있음을 확인 가능하였다.

이후 본 연구에서는 폴리머 계열을 아크릴릴리케이트 계 폴리머와 아세테이트-에틸렌 코폴리머와 에틸렌등의 중 축합 반응을 시켜 구성된 하이브리드 코폴리머를 구성하였으며, 그 외 점도 조정제, 결합재, 유동점 강하제 등의 배합비율 구성을 통해 ① 도막 개선, ② 횡강도 개선, ③ 친환경 성능 및 비산먼지 발생량을 저감한 비산먼

지저감제를 고안하였다(참고 : 포스코 건설 2020 a, 포스코건설 2020 b).

한편, 그림 2와 같이 본 비산먼지저감제의 핵심연구항목 중 하나인 하이브리드 폴리머의 구조를 나타내었는데, 이는 기존의 폴리머와는 장기 강도, 친환경, 힘 저항응력 측면에서 월등한 차별을 나타내고 있으며, 이의 비교를 위해 국내외 기존 비산먼지저감제와의 동등 조건에서의 비산먼지 저감률에 관한 비교를 수행하였다.

한편, 국토교통부 내에 건설용 비산먼지저감제의 성능평가 시험 항목이 없

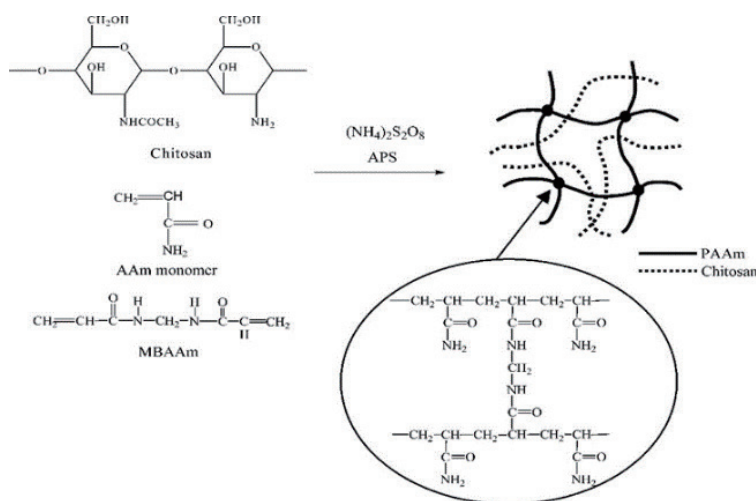


그림 2. 다층형 하이브리드 폴리머의 구조

## 개발 비산먼지저감제 기술 특징

### 기존 기술 (주요 구성)

| 폴리머                                                   |
|-------------------------------------------------------|
| (Sodium Polyacrylate, polyvinyl acetate)<br>친수성 합성고분자 |

| 점도 조정 |
|-------|
| 스타치 겔 |

| 계면활성제                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------|
| 폴리옥시에틸렌, 솔비탄, 아미드류 아민 유도체, 솔비탄 모노라우릴레이트, 라우릴디에틸 아민 옥사이드, 아자유 알칼디메틸아민 옥사이드 |

| 무기물                  |
|----------------------|
| 탈크, TiO <sub>2</sub> |

| 입자 Size   |
|-----------|
| 150~300nm |

실용화 기반

### 개발기술 '20.1 ~ '20.6

|                                      |
|--------------------------------------|
| 하이브리드폴리머<br>(도막 필강도/내구성 증진)          |
| Acryl Silicate Hybrid copolymer, VAE |

|                    |
|--------------------|
| 점도 조정 (재료분리 방지 개선) |
| 타피오카 변성 스타치        |

|                                |
|--------------------------------|
| Tg (온도대응 능력 개선)                |
| 우리나라 온도에 맞게 조정<br>(-20℃ ~ 60℃) |

- 필름경도/도막형성속도 : 조절가능
- 방부제 및 발화억제제 : 모두 사용

|                   |
|-------------------|
| 계면 활성제 (친환경 성능증진) |
| 아자유 겔화            |

|                  |
|------------------|
| 무기물 (장기 내구성)     |
| TiO <sub>2</sub> |

|                    |
|--------------------|
| 입자 사이즈(PM 10 성능맞춤) |
| 300~1μm            |

### 지속 건조속도 및 수분 증발 속도 개선 실험

### 단위 면적당 분진 농도 측정 실험

그림 3. 개발비산먼지 저감제의 기존 기술대비 개발 기술 차이점 비교(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 a)



그림 4. 개발비산먼지 저감제의 실내 성능 실험 통한 비산먼지 저감률 분석(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 a)

는 현 시점에서 이를 평가하기 위한 실내 실험 성능평가 시스템을 제안하여 활용하였다. 즉, 하단의 그림 4와 같이 비산먼지저감제의 저감률의 정량화를 위해 ① 풍속 발생 장치, ② 비산먼지 실험 시료 키트, ③ 풍속 측정기,

④ 미세먼지 농도 측정기(PM1~PM10 등급), ⑤ 비산먼지저감량 측정 정밀 저울, ⑥ 외부환경 제어용 천막, ⑦ 비산먼지 측정용 환경제어 흡 관 등을 시스템화하여 실험을 수행하였다.

## 2.2 실내 실험결과 및 분석

그림 5에는 신 배합을 적용한 개발 비산먼지저감제와 Vinnapas 548ND(W사), 국내 H사 제품의 실내 비산먼지 저감 능력 평가 실험에 따른 무게감량대비 손실률 실험 결과를 도시하였다. 그림 5 및 그림 6의 결과와 같이, 개발 비산먼지저감제 (7:3)type의 경우 W사 제품대비 약 2.4배의 손실률 개선효과를 보이고 있음을 확인하였으며, 국내 H사 대비의 경우는 612.9배의 손실률 개선효과를 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 한편 배합 비를 달리한 개발 비산먼지저감제 (3:7)의 경우에는 W사 제품 (7:3)대비 3.9배정도 성능이 떨어지고, W사 제품(3:7)의 경우에 비해서는 80.7배 증가하는 경향을, 국산 H사 대비해서는 154.8배의 비산먼지저감 성능 향상 비를 보이고 있음을 교차 확인 가능하였다.

따라서, 본 연구에서는 제안 개발 배합 중 비산먼지저감제 (7:3)type을 통해 최종 시작품을 만들었으며, 이를 통해 비산먼지저감제의 저감 성능측면에서 세계 최고급을, 경제성 측면에서는 국산 대비 20% 절감 및 외산 대

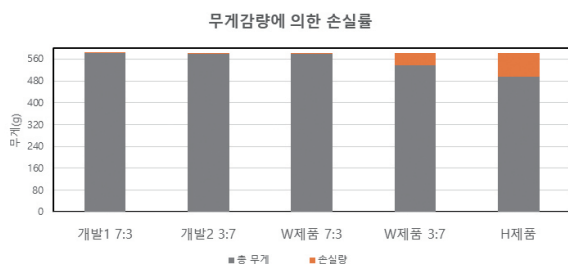


그림 5. 개발 비산먼지 저감제와 국내/외 대표제품과의 비산먼지 무게 감량비 비교  
(참고: 한국건설순환자원학회 2020 a)

|         | 개발1 7:3 | 개발2 3:7 | W제품 7:3 | W제품 3:7 | H제품    |
|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 실험 전 무게 | 581.34  | 580.69  | 580.72  | 580.82  | 580.82 |
| 실험 후 무게 | 581.2   | 580.14  | 580.38  | 536.26  | 495.38 |
| 손실량     | 0.14    | 0.55    | 0.34    | 44.56   | 85.44  |
| 손실률(%)  | 0.024   | 0.095   | 0.059   | 7.67    | 14.71  |

그림 6. 개발 비산먼지 저감제의 비산먼지 저감률에 관한 실험 결과  
(참고: 한국건설순환자원학회 2020 a)

비 80% 절감이 가능한 비산먼지저감제 기술을 확보하게 되었다.

아울러 현행 비산먼지저감제의 동일환경조건 하(풍속, 풍속 거리, 경계 환경 조건) 무게 감량에 따른 잔존 손실률 측정방법을 제안하고 이의 정량적 수치를 제시하였다. 이로써, 그간 국토교통부 내에 평가기준이 없는 상황에서 비산먼지저감제의 저감 효율을 정량적으로 측정할 수 있음을 확인 제시하는 계기를 마련하였으며, 개발 비산먼지저감제의 수월성을 확인할 수 있었다. 향후 국토교통부 내에 실제 건설현장 환경 조건하에서 비산먼지저감제의 저감 효율을 정량화하기 위한 평가방법 등이 제시되면 이의 상관성 분석과 관련된 기초 자료로서의 효율성은 더욱 증대될 것으로 판단된다.

## 3. 개발 비산먼지저감제의 건설현장 적용성 분석

### 3.1 서부내륙민자도로 11공구 현장 개요

본 연구에서는 포스코건설 서부내륙민자도로 현장의 11공구 현장을 시범적용 현장으로 선정하여 도로미세먼지연구단에서 개발한 가설 도로용 비산먼지저감제의 실 현장 측정 실험을 수행하였다. 서부내륙민자도로 11공구 현장의 간략한 개요는 표 1로 요약이 가능하다.

### 3.2 현장 적용 시범적용 개요

그림 7에는 서부내륙민자도로 11공구 현장[평택-부여-익산(서부내륙) 고속도로 민간투자사업 제 11공구]의 개발 비산먼지 저감제의 성능평가를 위한 개요도를 나타내었다. 앞서 국내외 13개 비산먼지저감제의 지축건축 속도 및 증발속도에서 최고 우위를 보인 제품의 화학성

표 1. 서부내륙민자도로 11공구 현장의 현장 공사 개요

| 구분   | 내용                                                              |
|------|-----------------------------------------------------------------|
| 발주처  | 서부내륙고속도로(주)(대전지방국토관리청)                                          |
| 시공사  | 포스코건설(현장소장 : 김종권 PM)<br>[평택-부여-익산(서부내륙) 고속도로 민간투자사업 제 11공구]     |
| 위치   | 충남 아산시 소재(무한천 2교 가설도로 현장)                                       |
| 사업내용 | 교량 15개소(사업연장 11.98km), 배수공 및 포장공                                |
| 공사기간 | 착공후 60개월('19.12 ~'24.12)                                        |
| 수주금액 | 1,225억 원                                                        |
| 계약범위 | 토공, 배수공, 구조물공(본선교량 9개, 연결로 교량 1개, 육교 5개, 생태육교 1개, 복개터널 2개), 포장공 |

## 개요

- 건설 가설도로 현장 등의 비산먼지 저감제에 관한 친환경 신소재 융합 배합비 개발을 수행
- 비산먼지 저감제 활용시 정량적 성능평가법에 관한 실험적 연구를 수행

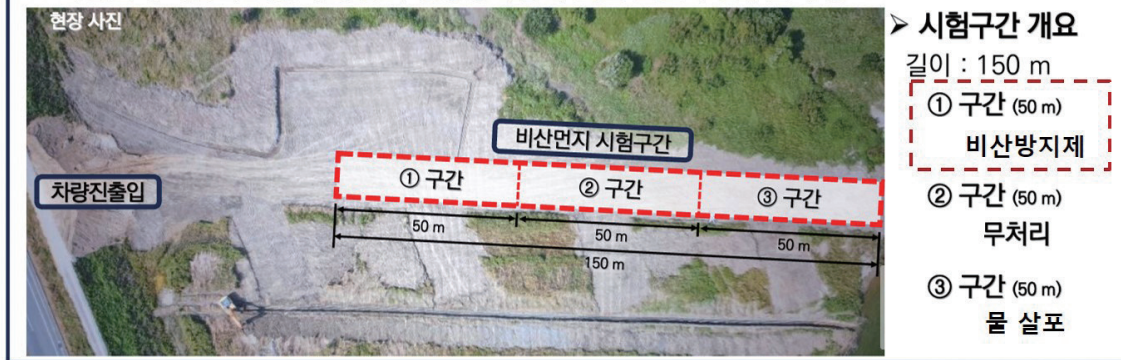


그림 7. 건설 비산먼지저감제 측정을 위한 서부내륙 11공구 현장 Set-up(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 b)

분을 분석하고, 실내 비산먼지저감제 성능평가 실험을 통해 정량화 평가 후, 새롭게 제안된 비산먼지저감제의 시작품을 만들고 이를 실제 가설도로 건설현장에 최초 적용하게 되었다.

실제 현재 건설현장은 비산먼지저감제의 사용이 법적으로 의무화된 사항이 아니므로, 대부분의 현장이 살수 차량에 의한 물 살포를 수행하고 있는 실정이었으므로, 현장 실험의 조건은 크게 ① 물 살포 구간(50m), ② 무 살포 구간(50m) 및 ③ 개발 비산먼지저감제의 살포 구간(50m)으로 균일하게 분할하여 실제 현장의 측정 조건을

계획하였다.

그림 8에는 서부내륙민자도로 11공구 현장의 전경을 나타내었다. 현장 실험이 이루어진 2020년 9월 24일 서부내륙민자도로 11공구 현장의 평균 풍속은 4.5m/s 수준이었으며, 기상 날씨는 매우 맑음으로써 가설도로용 비산먼지저감제의 성능평가에는 최적의 조건이었다.

그림 9에는 개발비산먼지 저감제를 기존의 일반 살수용 차량(10톤 급)에 1/200로 희석시켜 물과 혼합하는 과정을 도시하고 있다.

그림 10에는 일반 물 살포 구간에서 살수를 하고 있는



그림 8. 서부내륙11공구 전경



그림 9. 비산먼지저감제 혼합



그림 10. 비산먼지 저감제 살포



그림 11. 비산먼지 저감량 측정 1



그림 12. 비산먼지 저감량 측정 2



그림 13. 비산먼지 저감량 측정 3

사진을 도시하였다. 도로 폭 5m에 걸쳐, 양쪽 2방향에 대해 동일하게 1회씩 물을 25km/hour의 차량 속도로 분사하였으며, 이러한 사항은 비산먼지저감제가 회석 배합된 살수차 지역의 경우에도 동일하게 분사하였다.

그림 11에는 당 도로미세먼지연구단 내 연구 협업을 같이하고 있는 한국건설기술연구원의 비산먼지 측정 장비도 교차 체크를 위해 설치를 하였다(참고 : 미세먼지연

구단(2020)).

한편, 그림 12에는 당사에서 수행한 비산먼지저감제 측정장비를 이용한 비산먼지 저감량 측정 장비의 현황 사진을 도시하였으며, ① 물 살포, ② 무 살포, ③ 비산먼지저감제 살포의 각 구간별 중심지역의 중앙부에 각각 동일한 비산먼지 측정장치를 설치하여 실험결과를 모니터링하였다. 아울러 그림 13에는 인하대학교 환경공학

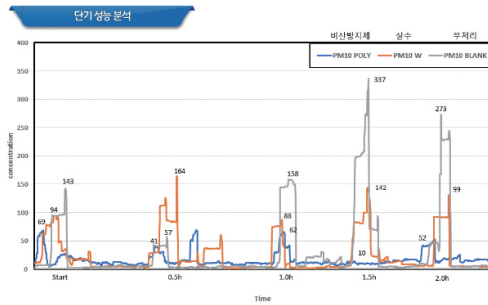


그림 14. 개발비산먼지 저감제의 현장 단기성능 (살수 후 2시간 경과) 결과비교  
(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 b)

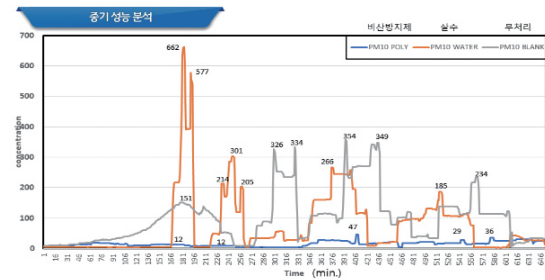


그림 15. 개발비산먼지 저감제의 현장 중기성능 (살수 후 10시간 경과) 결과비교  
(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 b)

과(전기준 교수)의 도로 비산먼지 이동차량 측정시스템을 도시하였고, 실시간 미세먼지 측정장비를 이용하여 차량 주행에 의한 도로 비산먼지 발생량을 측정하여 비산먼지 저감제의 성능을 시범적으로 평가하였다. 이 결과는 다음 절에서 기술하였다.

그림 14 및 그림 15에서는 ① 비산먼지저감제 살포 구간(파란색 선), ② 살수 구간(주황색 선), ③ 무처리 구간(회색 선)의 각 변수 조건에 따른 시간경과 대비 비산먼지 저감제의 농도 측정 결과를 도시하였다. 살포 후 2시간 이내 범위에서는 일반 살수 대비 평균 50% 수준 비산먼지 저감 능력을 보이고 있음을 확인 가능하였고, 개발 비산먼지저감제의 지속적 유지 능력을 평가하기 위한 10시간 이내 범위에서는 일반 살수차 대비 30~120%의 비산먼지 저감 성능을 보이다가 수렴됨을 확인할 수 있었다.

### 3.3 도로 비산먼지 이동측정차량을 활용한 비산/재비산 먼지 저감량 측정 결과 분석



그림 16. 도로 비산먼지 이동측정시스템(인하대학교 환경공학과)

현행 도로포장 및 가설 도로의 건설 비산/재비산 측정 공인 평가방법은, 환경부 대기오염공정시험기준에 도로에서 차량 주행에 의해 비산되는 미세먼지를 측정하는 “도로 재비산먼지 연속측정방법(ES 01318.1a, 2018)”이 규정되어 있다. 이 방법에 준하는 도로 비산먼지 이동 측정시스템(인하대학교, 환경공학과 전기준 교수 연구팀 협업)을 활용하여 개발 비산먼지 저감제의 교차 성능 평가도 시범적으로 수행하였다.

이 때 측정방법은 이동측정차량을 측정 도로 구간을 주행하면서 도로에서 비산되는 미세먼지를 실시간 미세먼지 측정장비(Grimm #1.109, TSI DustTrak)를 이용하여 각 3개의 구역(비산먼지 저감제 살포구간, 무처리 구간, 살수 구간)에서 측정 구간 진입 후 정지 → 가속 → 정속(약 10km/hr) → 감속 → 정지의 순으로 차량 주행에 따른 비산먼지 발생량을 측정하였다(그림 16). 측정당시 살수구간은 외관상 도로 표면은 거의 건조되어 있는 것으로 확인하였고, 저감제 적용구간은 저감제 적용의 효과로 도로 일부 표면에서 습한 표면 조건을 나타내었다.

그림 17에는 도로 비산먼지 이동측정 시스템을 활용한 비산먼지 실시간 측정결과와 예시(저감제살포 3시간 후)를 나타내었다. 도로 비산먼지(PM10) 농도는 차량의 타이어 후면에서 OPC(optical particle counter, Grimm # 1.109)로 6초 간격으로 측정된 결과이며, 차량 속도는 측

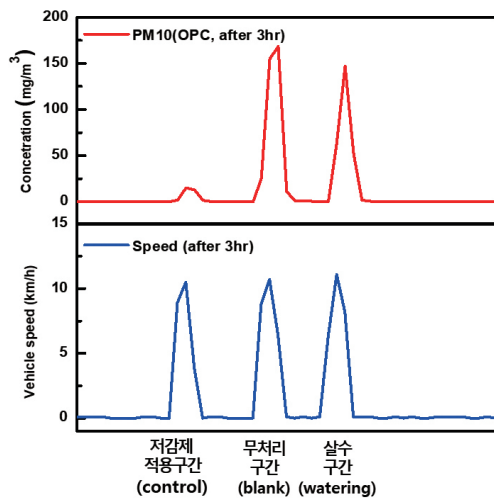


그림 17. 도로 비산먼지 이동측정 시스템을 활용한 비산먼지 실시간 측정결과 예시(저감제 살포 3시간 후)

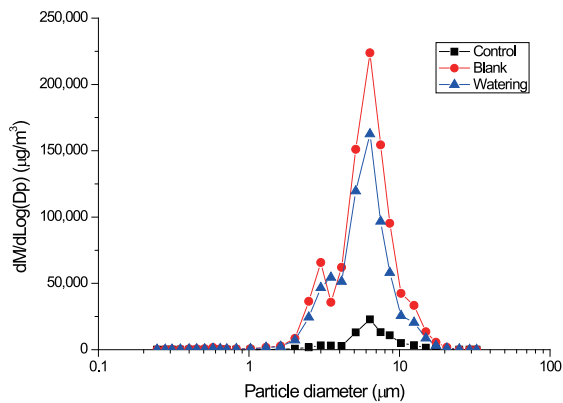


그림 18. 측정구간별 비산먼지 입경별 질량농도 분포 비교 (저감제 살포 3시간 후)

정시스템의 GPS로 계측한 실험 주행 속도이다. 저감제 살포 3시간 후의 각 구간별 도로 비산먼지(PM10) 발생 농도의 평균값을 비교하면, 비산먼지저감제 적용 구간에 무처리 구간(blank)에 비해 약 90% 감소한 농도를 나타냈으며, 일반 살수 구간에 비해서는 약 88% 감소한 것으로 분석되었다. 참고로 일반 살수 구간의 비산먼지 발생 평균 농도는 무처리 구간에 비해 약 20% 정도 감소한 것으로 측정되었다.

그림 18에는 저감제 살포 3시간 후 측정구간별로 측정 한 도로 비산먼지의 평균 입경별 질량 농도 분포(Grimm 사 OPC 측정)를 도시하였다. 무처리 구간에서 측정 한 도로 비산먼지는 2.75~3.25 $\mu\text{m}$ 의 입경에서 가장 높은 농도 피크, 다음으로 0.54~0.615 $\mu\text{m}$ 에서 피크를 나타내고 있다. 저감제 살포 구간에서 측정 한 입경별 농도는 무처리 구간 측정 결과와 비교할 때, 2.25~3.25 $\mu\text{m}$  입경범위에서 약 95% 감소하였고, 0.475~0.615 $\mu\text{m}$  입경범위에서 약 97% 감소한 것으로 측정되었다.

이는 당사에서 일반 미세먼지 측정기로 모니터링한 결과값인 일반 살수 구간 대비 50% 이상의 비산먼지 저감 효과를 훨씬 웃도는 값을 나타내어 도로 비산먼지 이동 측정 시스템의 경우에 비해 더욱 보수적인 결과를 나타내고 있음을 공식적으로 교차 확인이 가능하였다.

## 4. 결론

본 연구에서는 현재 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 건설기술연구사업(과제번호 20POQW-B152342-02)로 진행중인 도로미세먼지연구단 내 건설현장 비산먼지저감제의 개발, 실내 성능 검증 및 현장 시범 적용을 통한 비산먼지저감량 평가를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

가. 가설 도로용 비산/재 비산 먼지저감제의 최적 배합 개발을 위해 기존 국내/외 13종류의 제품에 대한 성능 비교 분석을 수행하고자 비산먼지저감제 자체의 지축 건조 성능 및 증발 속도를 비교한 후, 상기 성능이 최고로 우수한 제품을 최종 선택하고, 이의 구성성분 및 배합 비를 분석하여 현 세계최고 수준의 비산먼지 제품의 비산먼지저감제 성능과 가성비를 확보할 수 있는 신규 배합을 국내 기술로 제시하였다.

나. 개발 비산먼지 저감제의 경우, 친환경 성능을 증대시키기 위해 식물성 아자유를 활용하여 합성 폴리머의 함량을 낮추되, 저 농도 아크릴실리케이트계 하이브리드 폴리머의 입자 배열 구조를 강화시켜 비산 먼지의 흡착 및 멤브레인 생성 기능을 강화시킴으로써 소요의 비산먼지억제 성능을 최적화시켰다.

다. 현행 국토교통부의 비산먼지저감제의 성능평가 기준이 마련되지 않은 관계로, 정량적 실내 실험에 기반한 성능평가방법을 모사하고자, lab test 기반의 정량화 실험 분석 시스템을 제시하여 정량화 방법으로 비산먼지 저감률을 평가하였다. 결과적으로, 개발 비산먼지저감제 (7:3)type의 경우 W사 제품대비 약 2.4배의 손실률 개선효과를 보이고 있음을 확인하였으며, 국내 H사 대비의 경우는 612.9배의 손실률 개선효과를 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 한편 배합비를 달리한 개발 비산먼지저감제 (3:7)의 경우에는 W사 제품(7:3)대비 3.9배 정도 성능이 떨어지고, W사 제품(3:7)의 경우에 비해서는 80.7배 증가하는 경향을, 국산 H사 대비해서는 154.8배의 비산먼지 저감 성능 향상 비를 보이고 있음을 교차 확인하였다.

라. 개발 비산먼지저감제의 현장 적용성을 평가하기 위해 당사가 현재 공사 수행중인 서부내륙민자도로 11공구 현장의 가설 도로 현장에서 ①일반 살수 구간, ②무 살포 구간, ③개발 비산먼지저감제 구간으로 분류하여 실험장에서의 비산먼지 저감 성능을 정량적으로 평가하였다. 살포 후 2시간 이내 범위에서는 일반 살수 대비 평균 50% 수준 비산먼지 저감 능력을 보이고 있음을 확인 가능하였고, 개발 비산먼지저감제의 지속적 유지 능력을 평가하

기 위한 10시간 이내 범위에서는 일반 살수차 대비 30~120%의 비산먼지 저감 성능을 보이다가 수렴됨을 확인할 수 있었다.

마. 한편, 도로 비산먼지 이동측정차량 시스템을 활용한 측정 구간의 평균 비산먼지(PM10) 농도를 저감제 살포 3시간 후에 측정한 결과, 비산먼지저감제 적용 구간에서 무처리 구간(blank)에 비해 약 90% 감소한 농도를 나타냈으며, 일반 살수 구간에 비해서는 약 88% 감소한 것으로 분석되었다. 또한 입경별 질량 농도는 2.25~3.25 $\mu\text{m}$  입경 범위와 0.475~0.615 $\mu\text{m}$  입경범위에서 약 95% 이상 크게 감소한 것으로 측정되었다.

#### 참 고 문 헌

1. 포스코건설(2020 a), "Hybrid-Co-Polymer 기반 도막 개선, 점도 개선, 친환경 성능 및 비산먼지 발생량을 저감한 건설용 비산먼지 저감제," (특허출원번호: 10-2020-0140082)
2. 포스코건설(2020 b), "건설비산먼지 저감기술 개발," 2020년 2차년도 중간 성과 요약 보고서
3. 미세먼지연구단(2020), "도로 미세먼지 저감 기술 개발 및 실증 연구", 2차년도 연차평가 보고서
4. 한국건설순환자원학회 봄 학술발표회(2020 a), 친환경하이브리드 폴리머 활용 비산먼지저감제의 실내 성능 실험 평가, 2020. 6.24
5. 한국건설순환자원학회 가을 학술발표회(2020 b), 친환경하이브리드 폴리머 활용 비산먼지저감제의 현장 적용 실험 연구, 2020. 11.26
6. 한세현, 원경호, 장기원, 손영민, 김정숙, 홍지형, 정용원(2007), 포장 도로 재비산먼지 배출계수 산정을 위한 silt loading의 실시간 측정시스템 개발과 적용, 한국대기환경학회지, 23(5), 596-611.
7. 국립환경과학원(2008), 비산먼지 배출량 산정방법 개선 및 도로재비산 먼지 실시간 측정방법 연구, 최종보고서(연구수행기관 : 인하대학교)
8. 환경부 (2018), 대기오염공정시험기준 - 도로 재비산먼지 연속측정방법(ES01318.1a)

**이창홍 박사**는 2009년 연세대학교 토목환경공학과에서 '혼합콘크리트의 염해부식 저항성 및 균열 치유 적용'에 대한 논문으로 박사학위를 취득한 후, 2009년 11월부터 한국건설기술연구원에서 초고성능 콘크리트의 재료 및 전단 구조거동 분석 관련 업무를 수행하고, 2011년 12월부터 현재까지 포스코건설 R&D센터에서 재료분야 연구 개발 및 현장 기술지원 업무를 담당하고 있다. 주요 연구 분야는 콘크리트 재료/내구성 분야, 균열 건전성 평가, 제철 부산물 소재(실리카폼, 페로니켈슬래그)와 정유 부산물(유황) 소재를 활용한 시멘트 혼화제 개발 및 2차 건자재 제품 기술 개발 등 다양한 분야에서 활동 중이다. 현재 한국콘크리트학회에서 실리카폼위원회 위원장을 역임 중이며, 그 외 KS 규격 위원회 간사, 실무지침위원회 및 학술 위원회 위원으로 활동 중이다.

e-mail : changhong@poscoenc.com

**정현태 박사**는 2008년 연세대학교 환경공학과에서 '폐자 동차 분쇄 고분자 폐기물의 열분해/가스화/용융 생성물의 특성에 관한 연구'에 대한 논문으로 박사학위를 취득하였고, 2007년 1월부터 현재까지 포스코건설 R&D센터에서 폐자원 재활용, 에너지 회수, 대기환경 분야의 연구개발 및 현장 기술지원 업무를 담당하고 있다. 현재 한국열환경공학회에서 기획위원장을 역임 중이며, 한국폐기물 자원순환학회 평의원, 한국폐자원에너지기술협의회 기술위원 등으로 활동 중이다.

e-mail : asrrecycle@poscoenc.com

**황민규 품질팀장**은 1991년 코오롱글로벌 기술연구소에서 고강도 콘크리트 배합설계 및 연구를 수행하였으며, 서울지하철 7호선, 대전도시철도 1호선, 영동고속도로(원주~강릉간) 프로젝트에서 품질관리 업무를 수행하였으며, 2000년 (주)포스코건설에서 서천-공주간 고속도로, 동홍천-양양간 고속도로에서 품질관리 업무를 수행하고, 카자흐스탄 남서 고속도로, 라오스 남력 수력발전소, 인도네시아 Ciawi-Sukabumi Package 2&3 고속도로 품질관리 업무를 수행하였다. 현재 평택-부여-익산(서부내륙)고속도로 고속도로 11공구 품질관리 업무를 수행중에 있다.

e-mail : encA20328@poscoenc.com

**김종권 소장**은 1993년 (주)POSCO 건설본부로 입사하여 COREY 및 3후판 공장 토목 감독 업무를 수행하였으며, 이후 (주)포스코건설에서 대구-포항간 고속도로, 부산-울산간 고속도로 등 주로 도로시공 경험을 하였으며, 호주 Roy hill 광산프로젝트 PM, 송산 그린시티 국도 77호선 현장소장 등을 역임하고, 현재 평택-부여-익산(서부내륙)고속도로 11공구 현장소장 업무를 담당하고 있다.

e-mail : kjk538805@poscoenc.com

**김철환 그룹장**은 한양대학교 토목공학과에서 Steel Strup으로 횡구속된 교량바닥판의 구조적 특성에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, 1992년부터 현대건설에서 근무하였으며, 2002년에 포스코건설에 입사하여 현재 R&D센터 인프라연구그룹 그룹장으로 재직하고 있다. 주요 관심분야는 특수교 시공기술 최적화와 BIM 기반 건설 D/T 확보기술, 특화 제철/정유 부산물 활용 건자재 개발이다.

e-mail : kimchi@poscoenc.com

**전기준 교수**는 2007년 미국 Florida 대학교에서 'Enhanced hydrogen uptake and release kinetics and capacity for Magnesium nanocatalyst composites' 연구로 박사학위를 취득하였고, 2011년부터 울산대학교 조교수로 근무하였으며, 2013년부터 인하대학교 환경공학과에서 근무하고 있다. 주요 연구분야는 친환경에너지 재료 및 대기환경 분야이며, 국가 대기오염물질 배출 정보관리 위원회 위원이며, 한국대기환경학회 방지기술분과회 간사 등으로 활동 중이다.

e-mail : kijeon@inha.ac.kr