

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 1/11

Đánh giá khả năng áp dụng tại hiện trường của chất giảm bụi phát tán/tái phát tán trong xây dựng sử dụng polymer hybrid thân thiện môi trường

Chuyên đề 3, tạp chí tập 20 số 4, tháng 12/2020.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh quan tâm tới bụi mịn, nhiều nghiên cứu công nghiệp đang được thực hiện. Bài viết trình bày phát triển chất giảm bụi xây dựng và đánh giá hiện trường thuộc nhóm nghiên cứu bụi đường, dự án Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng và Giao thông Hàn Quốc (04/2019–12/2023).

Thứ nhất: so sánh 13 sản phẩm trong/ngoài nước về khô se bề mặt và bốc hơi cho đường tạm. Thứ hai: chọn 2 sản phẩm có tính năng tốt, phân tích thành phần/tỷ lệ để phát triển công thức mới có hiệu năng và giá trị cạnh tranh với sản phẩm của công ty Walker (Đức, cách viết theo bản gốc).

Nhóm tác giả từ trung tâm R&D POSCO E&C, công trường gói 11 đường Seobu Naeryuk và Đại học Inha. Tên tác giả bị lỗi mã hóa trong lớp chữ của PDF; giữ nguyên tên ở trang gốc đối chiếu.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.



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

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 2/11

1. Giới thiệu (tiếp)

Công thức mới đã được nộp đơn sáng chế. Dùng dầu cọ thực vật để giảm lượng polymer tổng hợp, đồng thời tăng cấu trúc sắp xếp hạt polymer hybrid acryl-silicate nồng độ thấp, cải thiện hấp phụ bụi và tạo màng.

Thứ ba: do chưa có tiêu chuẩn đánh giá chất giảm bụi của Bộ tại thời điểm nghiên cứu, xây dựng hệ thống thử nghiệm định lượng trong phòng; đồng nhất vận tốc gió, khoảng cách gió và điều kiện biên, đo lượng mất khối lượng còn lại để so sánh khả năng giảm bụi.

Thứ tư: chia đường tạm gói 11 thành đoạn phun nước, không xử lý và phun sản phẩm phát triển để đánh giá thực địa. Các nghiên cứu phòng thí nghiệm trước đó chưa giải quyết đầy đủ khác biệt hiện trường do gió, xe, tái phát tán và thời gian duy trì.

Nghiên cứu phối hợp hệ thống đo bụi di động Đại học Inha theo ES 01318.1a và tài liệu NIER 2008, Han Se-hyun và cộng sự 2007. Tại thời điểm bài viết, dùng chất giảm bụi tại công trường chưa là nghĩa vụ pháp lý; xe tưới nước là cách phổ biến. Kết quả sẽ hỗ trợ đề xuất hướng dẫn thi công.

2. Đánh giá phòng thí nghiệm

2.1. Phân tích khô se bề mặt và bốc hơi của 13 sản phẩm, tập trung PM10 và thành phần polymer. Chọn thời gian khô se (giai đoạn tạo gel) và tốc độ bốc hơi (liên quan duy trì hiệu quả) làm chỉ tiêu. Vinnapas 548ND nhanh nhất về khô/bốc hơi.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.



수 있는 신규 배합을 최초로 개발하여 특허 출원을 완료하였다. 이 과정에서 친환경 성능을 증대시키기 위해 식물성 아자유를 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 실험장에서의 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

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 3/11

2.1. Tiếp theo

Vinnapas 240HD và ETONIS 1400S nổi bật về khả năng làm chậm. Phân tích Vinnapas 548ND, 240HD, ETONIS 1400S cho thấy polymer tổng hợp ưa nước như sodium polyacrylate, polyvinyl acetate và chất hoạt động bề mặt tổng hợp chiếm ưu thế.

Nghiên cứu tạo hybrid copolymer từ polymer acryl-silicate, copolymer acetate-ethylene và ethylene qua phản ứng trùng ngưng; bổ sung chất điều chỉnh độ nhớt, chất kết dính và chất hạ điểm đông/chảy, nhằm cải thiện màng, cường độ uốn và tính năng môi trường, giảm bụi (POSCO E&C 2020a/b).

Cấu trúc hybrid polymer có khác biệt về cường độ lâu dài, môi trường và chịu ứng suất uốn, được so sánh dưới cùng điều kiện.

Hình 1: thí nghiệm khô se bề mặt và tốc độ bốc hơi các sản phẩm hiện có. Hình 2: cấu trúc hybrid polymer nhiều lớp. Chú giải: thời gian khô se bề mặt (phút), hoàn thành bốc hơi (phút); tên sản phẩm giữ nguyên.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

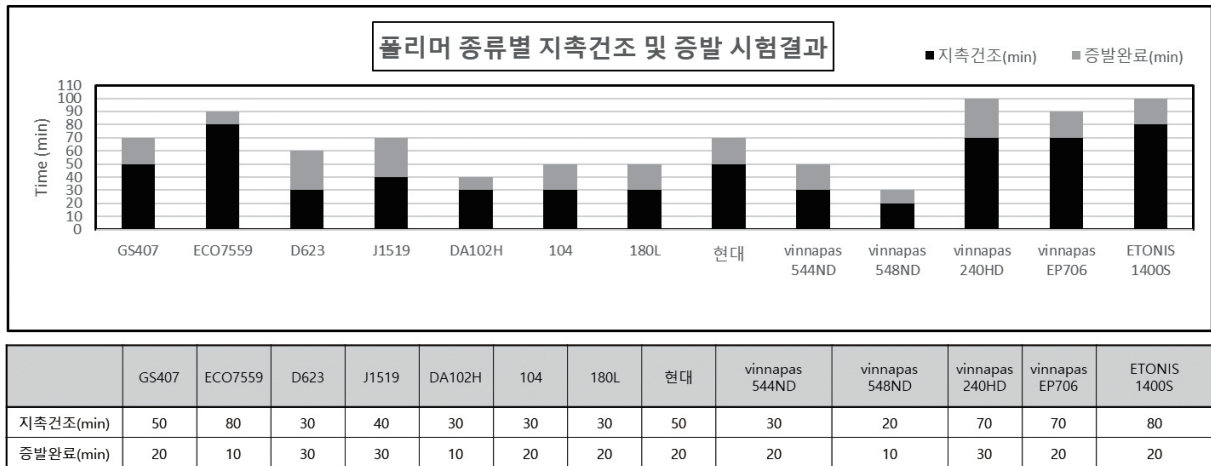


그림 1. 국내외 현행 비산먼지 저감제의 지촉건조성능 및 증발 속도 측정 실험

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 저항능력 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

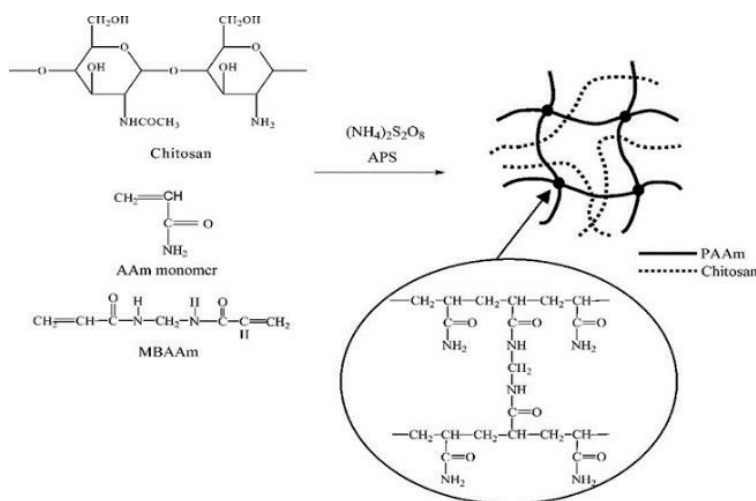


그림 2. 다층형 하이브리드 폴리머의 구조

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 4/11

Hệ thống đánh giá trong phòng

Do chưa có hạng mục thử nghiệm tương ứng tại thời điểm nghiên cứu, tác giả đề xuất hệ thống gồm: 1 thiết bị tạo gió; 2 bộ mẫu thử bụi; 3 máy đo tốc độ gió; 4 máy đo bụi PM1-PM10; 5 cân chính xác đo lượng bụi giảm; 6 lều kiểm soát môi trường; 7 ống hút/ống thử kiểm soát môi trường để đo bụi.

Hình 3: so sánh công nghệ mới và hiện có. Thuật ngữ: polymer hữu cơ, thành phần vô cơ, chất hoạt động bề mặt, chất điều chỉnh độ nhớt, liên kết, công nghệ thân thiện môi trường.

Hình 4: bố trí thí nghiệm trong phòng để phân tích tỷ lệ giảm bụi, gồm các thiết bị nêu trên. Số liệu và ảnh được giữ nguyên ở trang đối chiếu.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

개발 비산먼지저감제 기술 특징

기존 기술 (주요 구성)	폴리머	점도 조정	계면활성제	무기물	입자 Size
	(Sodium Polyacrylate, polyvinyl acetate) 친수성 합성고분자	스타치 겔	폴리옥시에틸렌, 술포탄, 아미드류 아민 유도체, 술포탄 모노라우릴레이트, 라우릴디에틸 아민 옥사이드, 아자유 알칼디메틸아민 옥사이드	탈크, TiO2	150~300nm

실용화 기반

하이브리드폴리머
(도막 필강도/내구성 증진)

Acryl Silicate Hybrid
copolymer, VAE

계면 활성제 (친환경 성능증진)

아자유 겔화

점도 조정 (재료분리 방지 개선)

타피오카 변성 스타치

무기물 (장기 내구성)

TiO₂

Tg (온도대응 능력 개선)

우리나라 온도에 맞게 조정
(-20℃ ~ 60℃)

입자 사이즈(PM 10 성능맞춤)

300~1μm

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

개발기술
'20.1 ~ '20.6

지속 건조속도 및 수분 증발 속도 개선 실험

10분 후

30분 후

60분 후

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 홈 관 등을 시스템화하여 실험을 수행하였다.

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 5/11

2.2. Kết quả và phân tích

So sánh công thức mới với Vinnapas 548ND (W) và sản phẩm H trong nước qua lượng mất khối lượng. Công thức phát triển 7:3 cải thiện chỉ số tổn thất khoảng 2,4 lần so với W, 612,9 lần so với H. Công thức 3:7 kém W (7:3) khoảng 3,9 lần, tốt hơn W (3:7) khoảng 80,7 lần và H khoảng 154,8 lần. Giữ nguyên cách so sánh và tỷ lệ của bài gốc.

Chọn 7:3 cho nguyên mẫu cuối cùng; bài viết nêu chi phí có thể giảm 20% so với sản phẩm trong nước và 80% so với ngoại nhập. Đề xuất đo khối lượng mất còn lại trong cùng điều kiện gió, khoảng cách và biên để định lượng hiệu suất, hỗ trợ nghiên cứu tương quan khi có phương pháp hiện trường.

3. Phân tích áp dụng hiện trường

3.1. Chọn gói thầu 11 đường cao tốc tư nhân Seobu Naeryuk làm hiện trường thí điểm.

3.2. Sơ đồ gói 11 thuộc dự án cao tốc Pyeongtaek-Buyeo-Iksan. Sản phẩm được lựa chọn sau phân tích hóa học, khô se, bốc hơi và kiểm chứng phòng thí nghiệm.

Hình 5: so sánh tỷ lệ mất khối lượng với sản phẩm trong/ngoài nước. Hình 6: kết quả tỷ lệ giảm bụi. Chú giải: công thức phát triển 7:3, 3:7; W 7:3, W 3:7; sản phẩm H; khối lượng trước/sau thử, lượng mất và tỷ lệ mất.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

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

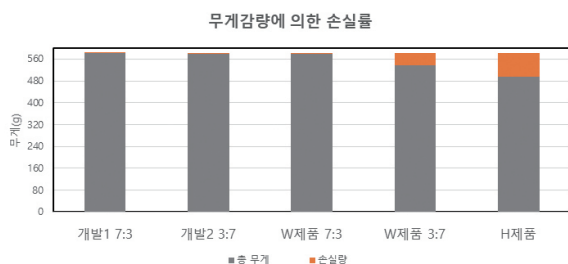


그림 5. 개발 비산먼지 저감제와 국내/외 대표제품과의 비산먼지 무게 감량비 비교
(참고: 한국건설순환자원학회 2020 a)

	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 지축건조 속도 및 증발속도에서 최고 우위를 보인 제품의 화학성

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 6/11

Thiết lập thử nghiệm hiện trường

Nguyên mẫu mới được áp dụng lần đầu tại đường tạm sau đánh giá định lượng trong phòng. Chia thành 3 đoạn đồng đều: phun nước 50 m, không xử lý 50 m, phun chất giảm bụi 50 m.

Ngày thử 24/09/2020: gió trung bình 4,5 m/s, trời rất quang. Pha sản phẩm tỷ lệ 1/200 trong xe tưới 10 tấn.

Bảng 1 — công trình: chủ đầu tư Seobu Naeryuk Expressway Co., Ltd. (Cơ quan Quản lý đất đai khu vực Daejeon); nhà thầu POSCO E&C, trưởng công trường Kim Jong-gwon PM; vị trí Asan, Chungnam, đường tạm cầu Muhan-cheon số 2.

15 cầu, chiều dài 11,98 km, công tác thoát nước và mặt đường. Thời gian 60 tháng (12/2019–12/2024). Giá hợp đồng 122,5 tỷ KRW (1.225 eok won). Phạm vi: đất, thoát nước, kết cấu (9 cầu tuyến chính, 1 cầu đường nối, 5 cầu vượt, 1 cầu sinh thái, 2 hầm phủ), mặt đường.

Hình 7: bố trí thử đo giảm bụi tại gói 11 (POSCO E&C 2020b).

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

표 1. 서부내륙민자도로 11공구 현장의 현장 공사 개요

구분	내용
발주처	서부내륙고속도로(주)(대전지방국토관리청)
시공사	포스코건설(현장소장 : 김종권 PM) [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

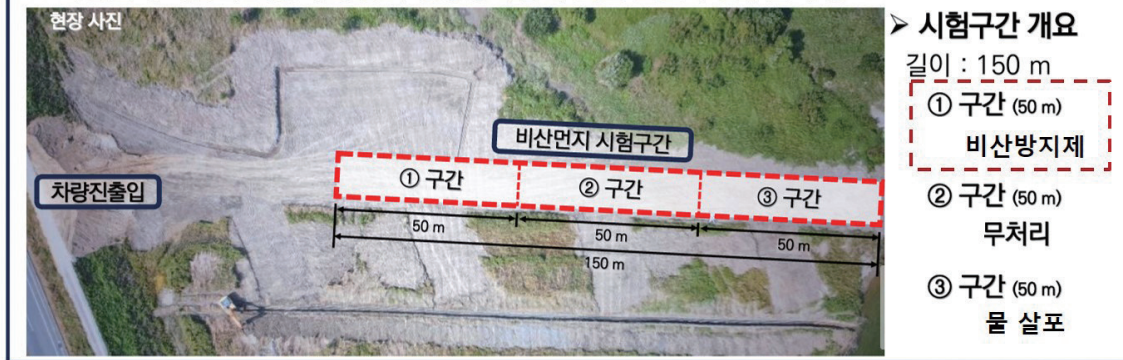


그림 7. 건설 비산먼지저감제 측정을 위한 서부내륙 11공구 현장 Set-up(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 b)

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

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 7/11

Phun và thiết bị đo

Đường rộng 5 m, phun 1 lượt mỗi hướng, vận tốc xe 25 km/h; áp dụng giống nhau cho nước và hỗn hợp giảm bụi.

Thiết bị của Viện Công nghệ xây dựng Hàn Quốc được bố trí để kiểm tra chéo. Các máy đo bụi giống nhau đặt ở giữa từng đoạn nước, không xử lý, và sản phẩm để theo dõi. Hệ thống đo di động của nhóm GS Jeon Ki-jun, Khoa Kỹ thuật môi trường Đại học Inha, cũng tham gia.

Hình 8: toàn cảnh gói 11. Hình 9: pha chất giảm bụi. Hình 10: phun chất giảm bụi (phần nội dung trước đó mô tả ảnh đoạn phun nước; giữ hình/chú thích gốc). Hình 11, 12, 13: thiết bị đo mức giảm bụi 1, 2, 3.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.



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

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 8/11

Kết quả theo thời gian và đo kiểm tra chéo

Hình 14-15: xanh lam = chất giảm bụi; cam = nước; xám = không xử lý. Trong 2 giờ sau phun, giảm bụi trung bình khoảng 50% so với nước. Trong 10 giờ, bài gốc ghi mức 30-120% rồi hội tụ; giữ nguyên con số và cách mô tả của tác giả, không diễn giải thành giảm nồng độ tuyệt đối >100%.

3.3. Đánh giá bằng hệ thống xe đo bụi đường di động

Theo ES 01318.1a (2018), sử dụng thiết bị Grimm #1.109 và TSI DustTrak. Xe chạy theo trình tự dừng → tăng tốc → tốc độ đều khoảng 10 km/h → giảm tốc → dừng trong từng đoạn. Đo bụi do xe tạo ra theo thời gian thực. Đoạn phun nước gần như khô; đoạn phun chất giảm bụi còn ẩm ở một số chỗ.

Hình 16: hệ thống xe đo của Đại học Inha. Hình 17 trên trang sau: ví dụ đo sau 3 giờ. PM10 đo sau lớp xe bằng OPC Grimm #1.109 mỗi 6 giây; tốc độ xe ghi bằng GPS. Chú giải đồ thị: nồng độ bụi; thời gian sau phun; vận tốc; đoạn xử lý và không xử lý.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

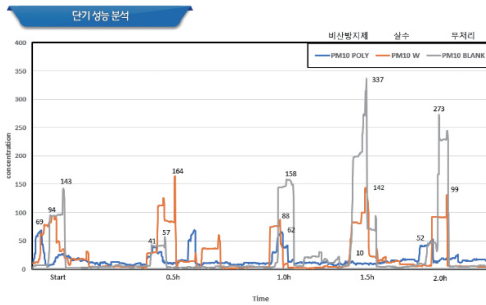


그림 14. 개발비산먼지 저감제의 현장 단기성능 (살수 후 2시간 경과) 결과비교
(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 b)

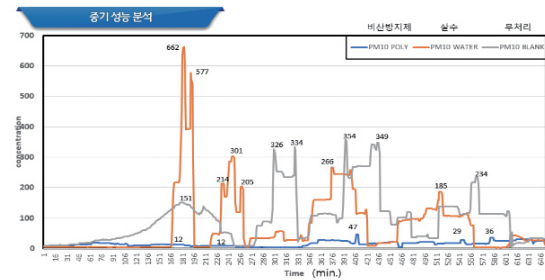


그림 15. 개발비산먼지 저감제의 현장 중기성능 (살수 후 10시간 경과) 결과비교
(참고 : 한국건설순환자원학회 2020 b)

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

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 9/11

Kết quả đo sau 3 giờ

PM10 trung bình tại đoạn dùng sản phẩm giảm khoảng 90% so với không xử lý, khoảng 88% so với chỉ phun nước. Đoạn nước giảm khoảng 20% so với không xử lý.

Phân bố khối lượng theo kích thước hạt (OPC Grimm): đoạn không xử lý có đỉnh ở 2,75–3,25 µm và tiếp theo 0,54–0,615 µm. Đoạn giảm bụi giảm khoảng 95% ở 2,25–3,25 µm, khoảng 97% ở 0,475–0,615 µm.

Kết quả xe di động cao hơn mức >50% so với nước ghi bằng máy đo thông thường của công ty; dữ liệu máy thông thường được tác giả đánh giá thận trọng hơn.

4. Kết luận

Dự án 20POQW-B152342-02 nghiên cứu phát triển, kiểm chứng phòng thí nghiệm và thí điểm hiện trường. (a) So sánh 13 sản phẩm về khô se/bốc hơi, phân tích thành phần và tỷ lệ để đề xuất công thức nội địa có hiệu năng và giá trị cạnh tranh.

Hình 17: PM10 theo thời gian sau 3 giờ. Hình 18: phân bố khối lượng theo kích thước hạt sau 3 giờ; trục kích thước hạt µm và nồng độ khối lượng; đường không xử lý/nước/chất giảm bụi.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

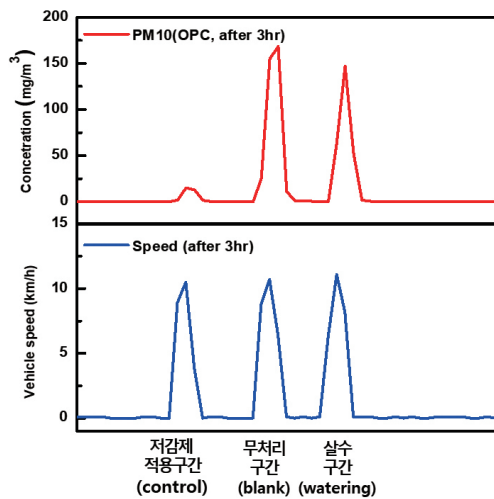


그림 17. 도로 비산먼지 이동측정 시스템을 활용한 비산먼지 실시간 측정결과 예시(저감제 살포 3시간 후)

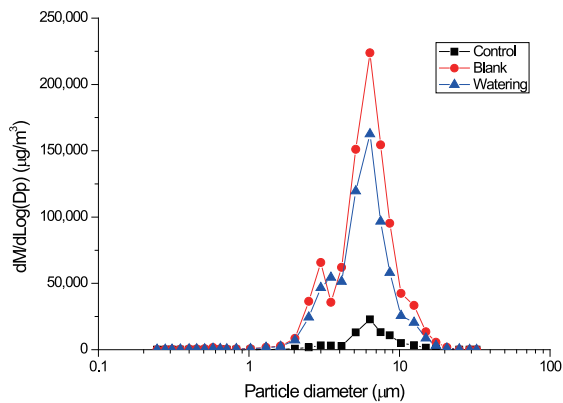


그림 18. 측정구간별 비산먼지 입경별 질량농도 분포 비교 (저감제 살포 3시간 후)

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 μm 의 입경에서 가장 높은 농도 피크, 다음으로 0.54~0.615 μm 에서 피크를 나타내고 있다. 저감제 살포 구간에서 측정 한 입경별 농도는 무처리 구간 측정 결과와 비교할 때, 2.25~3.25 μm 입경범위에서 약 95% 감소하였고, 0.475~0.615 μm 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.

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 10/11

4. Kết luận (tiếp)

(b) Dầu cọ giảm lượng polymer tổng hợp, tăng cấu trúc hạt hybrid acryl-silicate nồng độ thấp, hấp phụ bụi và tạo màng.

(c) Đề xuất hệ thống định lượng phòng thí nghiệm: công thức 7:3 cải thiện tổn thất 2,4 lần so với W và 612,9 lần so với H. Công thức 3:7 kém W 7:3 khoảng 3,9 lần, tốt hơn W 3:7 khoảng 80,7 lần, H khoảng 154,8 lần.

(d) Hiện trường chia nước/không xử lý/sản phẩm; trong 2 giờ giảm trung bình khoảng 50% so với nước; trong 10 giờ tác giả ghi 30–120% rồi hội tụ.

(e) Xe đo sau 3 giờ: PM10 giảm khoảng 90% so với không xử lý, 88% so với nước; giảm >95% ở các dải hạt 2,25–3,25 μm và 0,475–0,615 μm .

Tài liệu tham khảo

1. POSCO E&C 2020a, thành phần giảm bụi Hybrid-Co-Polymer; đơn sáng chế 10-2020-0140082.
2. POSCO E&C 2020b, phát triển công nghệ giảm bụi xây dựng, báo cáo tiến độ năm thứ 2.
3. Nhóm nghiên cứu bụi mịn 2020, phát triển và trình diễn công nghệ giảm bụi đường, báo cáo năm thứ 2.
4. Hội Tài nguyên xây dựng tái chế Hàn Quốc 2020a, đánh giá trong phòng polymer hybrid, 24/06/2020.
5. Hội này 2020b, nghiên cứu hiện trường polymer hybrid, 26/11/2020.
6. Han Se-hyun, Won Gyeong-ho, Jang Gi-won, Son Yeong-min, Kim Jeong-suk, Hong Ji-hyeong, Jeong Yong-won (2007), đo tải lượng bụi đường theo thời gian thực, Tạp chí Môi trường khí quyển Hàn Quốc 23(5), 596–611.
7. NIER (2008), cải tiến tính phát thải và đo bụi tái phát tán đường, báo cáo cuối, Đại học Inha.
8. Bộ Môi trường (2018), ES 01318.1a, đo liên tục bụi tái phát tán đường.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

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 실험현장에서의 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 μm 입경 범위와 0.475~0.615 μm 입경범위에서 약 95% 이상 크게 감소한 것으로 측정되었다.

참고 문헌

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 연차 평가 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)

Đánh giá hiện trường — Seobu Naeryuk, gói thầu 11

Bản dịch tiếng Việt · Trang gốc 11/11

Giới thiệu nhóm tác giả (thông tin tại thời điểm bài viết 2020)

Tác giả có email changhong@poscoenc.com: tiến sĩ kỹ thuật dân dụng/môi trường Đại học Yonsei năm 2009; nghiên cứu bê tông siêu tính năng tại Viện Công nghệ xây dựng từ 11/2009; R&D vật liệu và hỗ trợ hiện trường POSCO E&C từ 12/2011. Nghiên cứu độ bền bê tông, vết nứt, silica fume, xỉ ferronickel, lưu huỳnh và vật liệu thứ cấp; hoạt động tại Hội Bê tông Hàn Quốc và các ủy ban KS.

Tác giả asrrecycle@poscoenc.com: tiến sĩ môi trường Yonsei 2008 về nhiệt phân/khí hóa/nấu chảy chất thải polymer ô tô; POSCO E&C từ 01/2007, tái chế chất thải, thu hồi năng lượng, môi trường không khí và hỗ trợ hiện trường; hoạt động tại các hội nhiệt môi trường, tài nguyên chất thải và năng lượng chất thải.

Tác giả encA20328@poscoenc.com: nghiên cứu bê tông cường độ cao tại Kolon Global 1991; quản lý chất lượng metro Seoul tuyến 7, Daejeon tuyến 1, cao tốc Yeongdong; POSCO E&C từ 2000 với cao tốc Seocheon-Gongju, Donghongcheon-Yangyang, Kazakhstan, thủy điện Nam Lik Lào, Ciawi-Sukabumi Indonesia; trưởng chất lượng gói 11 Seobu Naeryuk.

Tác giả kjk538805@poscoenc.com: POSCO từ 1993, giám sát công trình COREY và nhà máy tấm dày số 3; kinh nghiệm cao tốc Daegu-Pohang, Busan-Ulsan; PM mỏ Roy Hill Úc; trưởng công trường quốc lộ 77 Songsan Green City; trưởng công trường gói 11.

Tác giả kimchi@poscoenc.com: tiến sĩ kỹ thuật dân dụng Hanyang về bản mặt cầu kiểm chế ngang bằng steel strup (cách viết trong gốc); Hyundai E&C từ 1992, POSCO E&C từ 2002; trưởng nhóm hạ tầng R&D. Quan tâm thi công cầu đặc biệt, D/T dựa trên BIM và vật liệu từ phụ phẩm thép/dầu.

Tác giả kjeon@inha.ac.kr: tiến sĩ Đại học Florida 2007 về hấp thu/giải phóng hydro trong vật liệu nano magie; Đại học Ulsan từ 2011, Đại học Inha từ 2013; vật liệu năng lượng thân thiện môi trường và môi trường không khí; tham gia các ủy ban quản lý phát thải và kỹ thuật kiểm soát ô nhiễm. Tên tiếng Hàn nguyên vẹn ở trang gốc.

Bản dịch tham khảo, không phải chứng thư do cơ quan thử nghiệm/chứng nhận cấp. Trang gốc được đính kèm ngay sau phần dịch của từng trang. Số liệu, phạm vi, thời hạn và điều kiện theo tài liệu gốc; không suy rộng thành hiệu năng ở mọi hiện trường.

이창홍 박사는 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 박사는 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 품질팀장은 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 소장은 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 그룹장은 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 특수고 시공기술 최적화와 BIM 기반 건설 D/T 확보기술, 특화 제철/정유 부산물 활용 건자재 개발이다.

e-mail : kimchi@poscoenc.com

전기준 교수는 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