

서울 도심지 내 소규모 공사현장 비산먼지 감소방안에 관한 연구

조정규* · 박형근**

Cho, Jeong Gyu*, Park, Hyung Keun**

A Study on the Reduction Plan of Dust Dispersion at Small-Scale Construction Sites in Downtown Seoul

ABSTRACT

As public concern for fine dust has increased, so too has the interest in fugitive dust. Fugitive dust generated at construction sites, which is then scattered by vehicles moving around the sites, accounts for a significant portion. Small construction sites, which comprise the majority of construction sites, are often not adequately managed, because there are no regulations on fugitive dust for such sites. Therefore, in this study, in order to contribute to the establishment of fugitive dust management regulations on small-scale construction sites and to prepare measures to reduce fugitive dust, we measured and analyzed fugitive dust generated at small-scale building sites in Seoul. The fluctuations of fugitive dust generated at small-scale sites over time were checked, and the relatively low concentration when measured behind fences and railings suggested that fence installation is an appropriate method of reducing fugitive dust.

Key words : Fugitive dust, Small construction site, Measurement, Simple fence

초록

최근 미세먼지에 대한 국민들의 불안감이 증가함에 비산먼지에 대한 관심이 증가하고 있다. 비산먼지는 도로재비산먼지 다음으로 건설현장에서 많이 발생하는데 이 중 대부분을 차지하는 소규모 현장은 비산먼지 관련 규정이 없어 제대로 된 관리가 이뤄지지 않고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 소규모 현장 비산먼지 관리 규정 수립에 기여하고 비산먼지 저감방안을 마련하고자 서울시 소규모 현장에서 발생하는 비산먼지를 측정 및 분석을 진행했다. 소규모 현장에서 발생하는 비산먼지의 시간별 변동을 확인했고 담장과 난간 뒤에서 측정했을 때 상대적으로 농도가 낮은 것을 통해 비산먼지 저감방안으로 간이 펜스 설치 방안을 제시했다.

검색어 : 비산먼지, 소규모 공사장, 측정, 간이 펜스

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

미세먼지의 위험성이 밝혀지면서 비산먼지에 대한 관심이 높아지고 있다. Ministry of Environment(2017) 비산먼지 관리 매뉴얼에 따르면 전국 미세먼지 발생량 중 비산먼지가 46 %를 차지하고 있고, 그 중 건설공사에서 발생하는 비산먼지 발생량은 32 %로, 도로재비산 다음으로 크게 나타났다. 특히 Ministry of Environment(2017) 비산먼지 관리 선진화 방안 연구에서는 수도권 지역은 전체 미세먼지 배출량 중 비산먼지가 차지하는 비중이 약 70 %인 것으로 조사되어 건설현장이 밀집되어있는 도심지가 비산먼지의 영향을 크게 받고 있다.

* 충북대학교 토목공학과 석사과정 (Chungbuk National University · colde95@naver.com)

** 종신회원 · 교신저자 · 충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사 (Corresponding Author · Chungbuk National University · parkhk@chungbuk.ac.kr)

Received February 8, 2021/ revised March 10, 2021/ accepted April 7, 2021

전국 공사 현장 중 연면적 1,000 m² 미만인 공사장이 대부분을 차지하는데 이는 비산먼지 신고 대상기준에 못 미쳐 관련 규정과 법적 장치가 미비하여 제대로 된 관리가 이뤄지지않아 민원과 피해사례가 속출하고 있어 소규모 공사장에 대한 비산먼지 저감 대책 수립 필요한 것이 본 연구의 배경이다.

본 연구의 목적은 서울시 내 소규모 공사장에서 발생하는 비산먼지를 측정하고 분석함으로써 소규모 공사장 비산먼지 저감방안을 제시하고 관리 규제 수립 기여 할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구 범위는 2020년 4월부터 12월까지 서울시 내 1,000 m² 미만 소규모 토공 굴착작업 공사장 3곳이며 작업 진행 시 발생하는 비산먼지의 PM-1, PM-2.5 PM-10 농도를 대상으로 연구를 수행했다.

본 연구 방법은 첫째, 선정된 공사장에 미세먼지 간이 측정기를 장애물이 없는 공간과 담장이나 펜스 뒤에 하나씩 설치하고 둘째, 공사 시작부터 종료될 때까지 측정한다. 셋째, 측정된 비산먼지 농도값을 시간별 그래프로 나타낸다. 넷째, 나타난 각 현장의 PM-10 농도-시간 그래프에서 농도 최고치, 농도 감소율, 감소하는데 걸린 시간을 비교·분석하여 비산먼지 발생 특성을 파악하고 저감방안을 제시한다. 연구순서는 Fig. 1과 같다.

2. 선행연구조사

비산먼지 관련 기존 선행연구들은 아래와 같다.

Yu et al.(2004)은 건설현장의 공정과 건설기계 종류에 따른 비산먼지 발생정도와 비산먼지로 인한 피해를 조사했고 비산먼지 저감 대책 보완을 주장했다. Im and Yu(2018)는 기존 비산먼지 측정방법을 분석하여 건설현장의 특성에 적합한 비산먼지 측정

기술을 제시하고자 했으며, Yang et al.(2019)은 건설현장에서 광산란방식의 비산먼지 측정 연구를 통해 광산란법 측정기기의 적합성과 사용조건을 제시했다. Kim and Kang(2018)은 중국 대기질 데이터가 국내 미세먼지 오염에 상관관계가 있으며 미세먼지 예측 모델의 정확도를 높이는 것을 확인하고 황산화물, 질산화물의 농도가 미세먼지 오염도에 큰 영향을 주는 것으로 분석했다. Cha and Kim(2018)은 대기질 관측데이터와 기상데이터를 이용하여, PM-2.5와 기상인자 변수를 선정 후 SPSS를 이용해 농도량과 인자간의 양·음적 선형관계를 분석했다. Park(2017)은 수도권 지역의 미세먼지 농도량, 관측소 위치, 기상조건 자료를 바탕으로 미세먼지 농도 발생량과 확산에 기상 조건이 미친 영향을 통계적으로 분석했다. Yoon et al.(2009)은 자동기상관측장비와 AERMOD를 이용하여 공사 시 비산먼지가 풍속 및 계절에 따라 인근 주민에게 미치는 피해를 예측하고 이를 유출계수를 통하여 별도로 산정한 비산먼지 발생량과 비교·분석하였다. Choi et al.(2010)은 석탄회 아적장의 매립 조건과 기상 조건이 매립 석탄회 비산에 큰 영향을 끼치는 것을 분석했고 방풍벽 설치가 비산먼지 감소에 효과적인 것을 확인했다. Noh and Yu(2017)는 건설현장 비산먼지 규정 개선을 위해 국내외 비산먼지 규정을 분석을 통해 개선방안을 도출하였고, 전문가 인터뷰를 통해 효과성을 입증하고자 했다. Kim et al.(2018)은 공사 현장 주변에 방풍벽 설치가 대기오염물질의 영향을 저감시키며 방풍벽의 높이에 따라 흐름과 확산에 미치는 영향 범위가 달라지는 것을 확인했다.

이처럼 비산먼지에 영향을 끼치는 요인, 측정방식, 저감방안 등 다양한 연구가 꾸준히 진행되고 있으나 선행연구 대부분 대규모 공사장에 초점이 맞춰져 있어 소규모 공사현장에 대한 연구가 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 소규모 현장에서 발생하는 비산먼지 발생량을 직접 측정하고자 한다.

3. 비산먼지 측정 및 분석

비산먼지 측정은 여름, 가을, 겨울에 각기 다른 공사장에서 한 번씩 진행했으며 순서대로 A, B, C로 이름을 붙였다. 또한 공사장에서 장애물이 없는 공간과 담장이나 펜스 뒤에 설치한 측정기를 각각 측정기1, 측정기2라고 명명하였다.

3.1 A 현장

서울시 동작구 사당동에 위치한 A 현장은 연면적 424.92 m²의 소규모 단독주택 건설현장으로 터파기 작업에서 발생하는 비산먼지를 약 9시간동안 측정하였다. 공사 현장은 건물 철거 후 작업을 진행하여 흙 외에도 건물 잔해가 남아있었으며 굴착 작업과 더불어 건물 잔해를 부수는 작업도 진행하였다. 공사 현장 인근에는 도로와

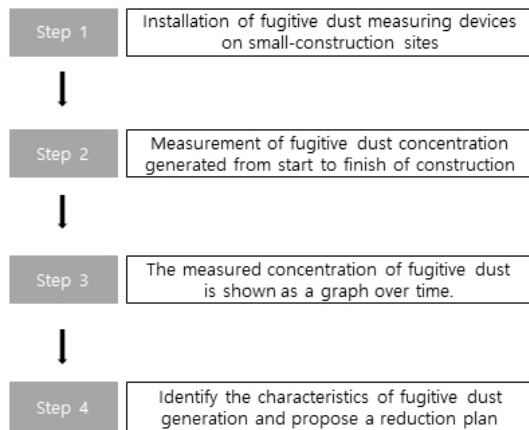


Fig. 1. Research Procedure

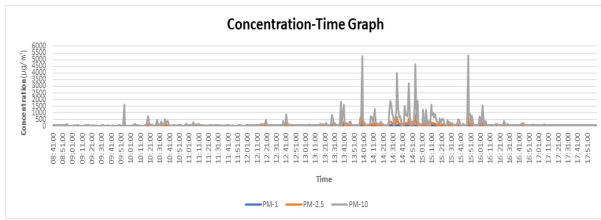


Fig. 2. First Site 1-Measuring Instrument Concentration-Time Graph

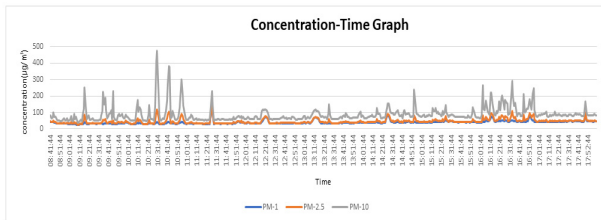


Fig. 3. First Site 2-Measuring Instrument Concentration-Time Graph

Table 1. The PM-10 Maximum and Normalization Concentration of 1-Measuring Instrument at First Site

Maximum concentration (µg/m ³)	Normalization concentration (µg/m ³)	Time normalized from maximum (min)	Concentration reduction rate (%)
187	48	2	74
1,597	49	1	97
747	49	5	93
435	55	2	87
355	56	2	84
542	50	5	91
169	54	3	68
270	50	9	82
445	76	1	83
885	55	6	94
209	60	7	71
853	62	5	93
1,848	59	12	97
5,272	73	4	99
1,262	67	10	95
1,890	118	4	94
4,003	88	5	98
3,240	127	2	96
4,627	138	3	97
1,607	170	8	89
540	74	3	86
5,303	86	6	98
1,544	78	5	95

주택단지가 접해있어 주민들에게 그대로 노출되어 있었으며 현장에서는 살수 작업 진행 및 간이 펜스를 설치하였다. Figs. 2 and 3은 각각 A 현장의 측정기1과 측정기2에서 측정된 비산먼지 농도-시간 그래프이다.

측정기1과 측정기2의 비산먼지 농도가 증가하고 감소할 때의 최고치 농도값 및 정상화 농도값, 정상화되는 시간, 농도 감소율을 Tables 1 and 2에 나타냈다.

Table 1에서 PM-10 최고 농도는 5,272 µg/m³이며 73 µg/m³으로 감소하는데 4분이 소요되었고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때까지 걸리는 시간은 1분에서 12분 사이로 평균 4.8분 걸렸고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때 농도 감소율은 68~99%로 평균 89% 감소하는 것으로 나타났다. Table 2에서 PM-10 최고 농도는 474 µg/m³으로 58 µg/m³으로 감소하는데 3분이 소요되었고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때까지 걸리는 시간은 1분에서 23분 사이로 평균 5.8분 걸렸고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때 농도 감소율은 48~88%로 평균 64

Table 2. The PM-10 Maximum and Normalization Concentration of 2-Measuring Instrument at First Site

Maximum concentration (µg/m ³)	Normalization concentration (µg/m ³)	Time normalized from maximum (min)	Concentration reduction rate (%)
251	57	5	77
226	60	9	73
228	55	2	76
175	50	6	71
145	65	1	55
474	58	3	88
383	59	6	85
303	63	4	79
229	53	2	77
120	61	4	49
116	67	9	42
151	66	2	56
126	66	4	48
155	75	23	52
240	77	6	68
144	73	10	49
264	88	7	67
222	85	3	62
204	85	6	58
294	76	5	74
246	87	2	65
167	86	8	49

% 감소하는 것으로 나타나 측정기2의 비산먼지가 측정기1보다 낮게 측정되었다.

3.2 B 현장

서울시 동작구 상도동에 위치한 B 현장은 연면적 338.30 m²의 소규모 단독주택 건설현장으로 CIP 작업으로 발생하는 비산먼지를 약 5시간 동안 측정하였다. 공사 현장은 인근에는 도로와 주택단지가 접해있어 주민들에게 그대로 노출되어 있었으며 살수 작업 진행 및 간이 펜스는 설치하지 않았다. 아래 Figs. 4 and 5는 각각 B 현장의 측정기1과 측정기2에서 측정한 비산먼지 농도-시간 그래프이다.

측정기1과 측정기2에서 비산먼지 농도가 증가하고 감소할 때의 최고치 농도값 및 정상화 농도값, 정상화되는 시간, 농도 감소율을

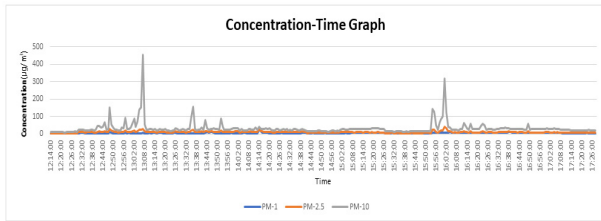


Fig. 4. Second Site 1-Measuring Instrument Concentration-Time Graph

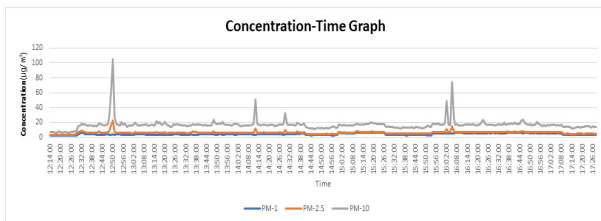


Fig. 5. Second Site 2-Measuring Instrument Concentration-Time Graph

Table 3. The PM-10 Maximum and Normalization Concentration of 1-Measuring Instrument at Second Site

Maximum concentration (µg/m ³)	Normalization concentration (µg/m ³)	Time normalized from maximum (min)	Concentration reduction rate (%)
150	35	2	76
90	26	1	71
457	24	2	87
155	28	1	80
81	34	1	58
86	22	1	74
144	23	3	84
320	35	3	80

Tables 3 and 4에 나타났다.

Table 3에서 PM-10 최고값은 457 µg/m³이며 24 µg/m³으로 감소하는데 2분이 소요되었다. PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때까지 걸리는 시간은 1분에서 3분 사이로 평균 1.8분 걸렸고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때 농도 감소율은 58~87 %로 평균 76 % 감소하는 것으로 나타났다. Table 4에서 PM-10 농도 최고값 105 µg/m³이며 18 µg/m³으로 감소하는데 2분이 소요되었고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때까지 걸리는 시간은 1분에서 2분 사이로 평균 1.3분 걸렸고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때 농도 감소율은 64~82 %로 평균 69 % 감소하는 것으로 나타나 측정기2의 비산먼지 농도값이 측정기1보다 낮게 측정되었다.

3.3 C 현장

서울시 영등포구 양평동에 위치한 C 현장은 연면적 424.92 m²의 소규모 단독주택 건설현장으로 터파기에서 발생하는 비산먼지를 약 4시간 동안 측정하였다. 공사현장은 인근에는 도로와 주택단지

Table 4. The PM-10 Maximum and Normalization Concentration of 2-Measuring Instrument at Second Site

Maximum concentration (µg/m ³)	Normalization concentration (µg/m ³)	Time normalized from maximum (min)	Concentration reduction rate (%)
105	18	2	82
51	18	1	64
49	17	1	65
74	25	1	66

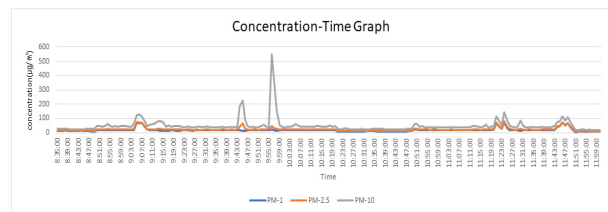


Fig. 6. Third Site 1-Measuring Instrument Concentration-Time Graph

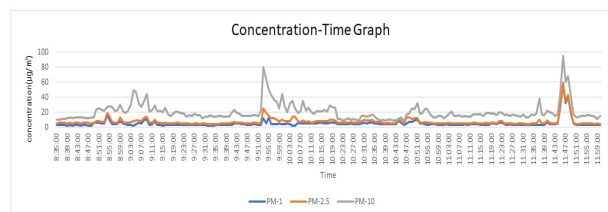


Fig. 7. Third Site 2-Measuring Instrument Concentration-Time Graph

가 접해있어 주민들에게 그대로 노출되어 있었으며 살수 작업 진행 및 간이 펜스는 설치하지 않았다. Figs. 6 and 7은 각각 C 현장의 측정기1과 측정기2에서 측정된 비산먼지 농도-시간 그래프이다.

측정기1과 측정기2의 비산먼지 농도가 증가하고 감소할 때의 최고치 농도값 및 정상화 농도값, 정상화되는 시간, 농도 감소율을 아래 Tables 5 and 6에 나타냈다.

Table 5에서 PM-10 농도 최고값은 550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 감소하는데 3분이 소요되었고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때까지 걸리는 시간은 1분에서 4분 사이로 평균 2.5분 걸렸고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때 농도 감소율은 37~81 %로 평균 64 % 감소하는 것으로 나타났다. Table 6에서 PM-10 농도 최고치는 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 감소하는데 4분이 소요되었고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때까지 걸리는 시간은 3분에서 4분 사이로 평균 3.7분 걸렸고 PM-10 농도 최고치에서 정상화 될 때 농도 감소율은 44~82 %로 평균 60 % 감소하는 것으로 나타나 측정기2의 비산먼지 농도값이 측정기1보다 낮게 측정되었고 특히 공사 진행 시 비산먼지 농도가 확연한 차이 발생하였다.

3.4 측정 데이터 분석

3개 현장 데이터에서 PM-2.5, PM-1의 경우 작업 진행에 따른 농도 변화가 PM-10과 비슷한 경향을 보이지만 변화폭이 PM-10에 비해 상대적으로 적게 나타남에 따라 소규모 현장 굴착 공사 시

Table 5. The PM-10 Maximum and Normalization Concentration of 1-Measuring Instrument at Third Site

Maximum concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Normalization concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Time normalized from maximum (min)	Concentration reduction rate (%)
126	47	3	62
223	47	2	78
550	52	3	81
144	51	2	64
85	53	1	37
112	39	4	65

Table 6. The PM-10 Maximum and Normalization Concentration of 2-Measuring Instrument at Third Site

Maximum concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Normalization concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Time normalized from maximum (min)	Concentration reduction rate (%)
49	27	3	44
80	36	4	55
95	17	4	82

PM-10의 발생량이 비산먼지 변동에 많은 부분을 차지하며 비산되는 형태 또한 광범위한 것을 확인하였다.

A 현장 측정기1 PM-10 농도가 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘는 횟수가 11번이나 측정된 반면 측정기2는 대부분 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만으로 측정, PM-10 최고치 농도는 측정기1에서 5,272 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 측정기2 최고치는 474 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로써 약 11배 차이를 보였다.

B 현장도 측정기1 PM-10 농도는 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘는 횟수가 6번 측정된 반면 측정기2에서는 대부분 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만으로 측정, PM-10 최고치 농도는 측정기1에서 457 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 측정기2에서는 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로써 4배 차이가 나타났다.

C 현장 또한 측정기1의 PM-10 농도는 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘는 횟수가 5번 측정된 반면 측정기2에서는 대부분 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만으로 측정되었고, PM-10 최고치 농도는 측정기1에서 550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 측정기2에서는 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로써 4배 차이 발생하여 모든 현장이 공통적으로 측정기2의 비산먼지 농도가 적게 측정되었다.

위 분석을 통해 담장과 같은 구조물이 현장 주변 비산먼지를 감소시키는 효과를 확인했으며 이에 소규모 현장 비산먼지 감소 방안으로 간이 펜스 설치가 효과적일 것으로 예상된다.

4. 결론

현재 소규모 공사 현장에 대한 비산먼지 규제방안이 없어 민원이 지속적으로 제기되고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 소규모 공사 현장 비산먼지 규정 수립이 필요하지만 관련 연구나 기초자료가 부족한 실정으로 이에 본 연구는 기초자료를 제공하고자 서울시 소규모 굴착 현장을 대상으로 공사 수행 시 발생하는 비산먼지 측정하고 분석하였다.

측정을 통해, 소규모 공사장에서 작업 수행 시 발생하는 비산먼지는 PM-10 농도가 큰 변화를 보이는 것과 비산먼지 농도 변화 양상을 확인했으며 현장 모두 측정기2가 측정기1보다 비산먼지 농도가 낮게 측정된 것 즉 담장과 같은 구조물이 공사현장에서의 비산먼지 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 연구 결과를 바탕으로 소규모 공사 현장에서 간이 펜스를 설치 방안이 비산먼지 저감 대책으로 효과가 클 것으로 기대되며, 간이 펜스 설치 시 공사 현장과 도로 및 주택과 맞닿는 경계면에 설치하는 것이 비산먼지 감소 효과 발생할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 환경부 서울녹색환경지원센터의 2020년도 연구과제 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자분들에게 감사드립니다.

References

- Cha, J. W. and Kim, J. Y. (2018). "Analysis of fine dust correlation between air quality and meteorological factors using SPSS." *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 22, No. 5, pp. 722-727 (in Korean).
- Choi, J. W., Lee, Y. S. and Kim, J. J. (2010). "Effects of meteorological and reclaiming conditions on the reduction of suspended particles." *Journal of Environmental Sciences, The Korea Environmental Sciences Society*, Vol. 19, No. 11, pp. 1423-1436 (in Korean).
- Im, S. Y. and Yu, J. H. (2018). "Analysis of fugitive dust measurement technique for fugitive dust management in construction site." *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea, Architectural Institute of Korea*, Vol. 38, No. 1, pp. 672-673 (in Korean).
- Kim, D. J., Wang, J. W., Park, S. J. and Kim, J. J. (2018). "A study on the effects of wind fence on the dispersion of the particles emitted from the construction site using GIS and a CFD model." *Korean Journal of Remote Sensing, The Korea Society of Remote Sensing*, Vol. 34, No. 5, pp. 763-775 (in Korean).
- Kim, J. H. and Kang, S. W. (2018). "Analysis of factors influencing PM10 pollution in Korea." *Proceeding of Annual Conference The Korea Resource Economics Association, The Korea Resource Economics Association*, Vol. 2018, pp. 779-791 (in Korean).
- Ministry of Environmrnt (MOE) (2017). *Fugitive dust management manual* (in Korean).
- Noh, H. J. and Yu, J. H. (2017). "Improvement plan of fugitive dust regulations in construction site." *Korean Journal of Construction Engineering and Management, Korea Institute of Construction Engineering Management*, Vol. 18, No. 5, pp. 68-76 (in Korean).
- Park, C. S. (2017). "Variations of PM10 concentration in Seoul during 2015 and relationships to weather condition." *Journal of the Association of Korean Photo-Geographers, The Association of Korean Photo-Geographers*, Vol. 27, No. 2, pp. 47-64 (in Korean).
- Yang, J. H., Tae, S. H. and Lee, K. S. (2019). "Basic study on the measurement of finedust based on light scattering method in construction site." *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea, Architectural Institute of Korea*, Vol. 39, No. 2, pp. 476-479 (in Korean).
- Yoon, B. G., Seo, J. B., Kim, Y. S., Choi, W. J., Kim, Y. S. and Oh, K. J. (2009). "A study of the amount of fugitive dust generated from new harbor construction site and the prediction of effect using AERMOD" *Journal of Environmental Health Sciences, The Korea Society of Environmental Health*, Vol. 35, No. 4, pp. 304-314.
- Yu, J. H., Han, K. Y., Kwang, S. K., Kim, S. K. and Yang, K. Y. (2004). "A study on the actual condition and effect of dust scattering in construction field." *Journal of the Korea Institute of Building Construction, KIBC*, Vol. 4, No. 4, pp. 109-115 (in Korean).