한국환경분석학회지 제12권 (제4호) 257~265, 2009
J. of the Korean Society for Environmental Analysis

도로 건설이 국지 바람장에 미치는 영향

송동웅†
상지대학교 환경공학과

Effect of Road Construction on Local Wind Field

Dong-Woong Song†
Department of Environmental Engineering, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

Received September 19, 2009/Accepted December 31, 2009

In this study, the effect of road construction on local wind field was evaluated using Envi-met™, a numerical microscale atmospheric model. The change of wind pattern which had an impact on cattle sheds nearby was also analyzed by modeling wind patterns before and after a road construction carried out near Huam Bridge in Seocheon-Gun located in the Seocheon-Gongju Highway. The result shows that the wind velocity was expected to decrease by 25% with the change of wind direction.

Key words: Wind field, Envi-met, Wind speed

1. 서 론

국가경제의 발전에 따라 자동차가 급격히 증가되어 왔으며 이에 따라 지속적인 도로망 확충이 이루어져 왔다. 전 국토의 65%가 산지로 구성된 우리나라의 지형적 특성으로 인해 도로 건설이 직접적으로 환경 훼손에 영향을 끼치고 있는 것이 사실이다.

각종 개발사업은 필연적으로 주변 환경의 변화를 가져올 수 있음에도 불구하고 이들 개발사업에 의해 유발될 수 있는 여러 환경 문제들에 대한 과학적 예측 및 진단이 여러 가지 측면에서 제대로 수행되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 개발사업중 도로 건설로 인해 도로 구조물과 지형 변화로 발생될 수 있는 국지 바람장 분석을 통해 도로 건설로 인한 주변 지역에 미치는 영향을 살펴 보았다.

일반적으로 바람장 분석에 사용되는 수치모형은 여러 가지가 있으며 이들 수치모형을 이용하여 국지적 규모의 대기 순환계 중요성과 그 특징을 상세하게 분석한 연구들도 많이 있다[1-3].

본 연구에 사용된 Envi-met 모형은 독일 Bochum대학의 Bruse[4]에 의해 개발되었고 2004년에 최종 개선된 모형이다. Envi-met 모형의 장점은 도시 지역에 있어서의 지면, 건물, 식생, 그리고 대기의 상호작용에 관한 미세규모 모형으로서 뚜렷한 미세규모 기상의 패턴을 만들어낸다는 점과 딱딱한 건물의 벽면체 뿐만 아니라 숲과 같은 부드러운 모형도 모사할 수 있다는 점이다.

Envi-met 모형의 구성은 대기모형, 식생모형, 토양모형, 그리고 지면의 건축물에 관한 식으로 이루어져 있는 데 이러한 구성적 특성은 공간적으로 넓은 영역보다 좁은 영역에서의 상세한 기상정보를 도출하는 데 장점을 가지고 있다. 즉, Envi-met 모형은 미기상에 영향을 미칠 수 있는 물리적 과정에 대한 고려를 구체적으로 하고 있다. 대기모형의 경우, 공기의 평균흐름, 난류과정, 복사과정 등을 구체적으로 고려하여 계산할 수 있으며 토양모형은 지면으로부터 2 m 깊이까지 14개층으로 구성되어 있다. 또한 식생모형에는 열과 수증기

†To whom correspondence should be addressed.
Tel: 82-33-730-0442, Fax: 82-33-730-0442, E-mail: dwsong@sangji.ac.kr

의 난류흐름, 기공저항, 잎의 에너지 평형식, 식생/토양 물수지 등이 계산되도록 구성되어 있다. 더불어 지표면과 건축물에 대해서도 이들에 관계된 복사속, 난류속, 열속 등이 자세하게 고려되어 있다[5-14].

Envi-met 모형은 기존의 대기 유동장 수치모형과는 다른 사용 환경적 특성을 가지고 있다. 기본적으로 Microsoft PC 운용체제에서 사용이 가능하게 되어 있으며 화면상으로 연구대상 지역의 3차원 공간적 구조(전체영역, 격자간격 등) 및 지표면 특성(토지이용도, 식생의 고려 등) 그리고 지형적 조건(해륙의 분포, 지형경사, 건축물의 배치 및 구성)을 바로 확인하여 화면상에서 쉽게 수정 및 보완 과정을 처리할 수 있는 편리함이 있다. 또한 계산 결과는 형식 전환 없이 바로 '레오나르도(LEONARDO version 3.5 Beta)'라는 결과 표출 전용 프로그램을 통해 여러 가지 물리량에 대한 계산 결과를 가시화하여 확인할 수 있다. 또한 ASCII 형태로 여러 가지 물리량에 관한 시,공간적 결과를 도출할 수 있다. 이는 사용자의 연구 목적에 따라 결과파일의 전환 및 재처리 작업에 있어 유용하게 활용이 가능하다.

Envi-met를 활용한 연구로는 아파트 단지 건설에 있어 주변 바람장 분석을 위해 실시된 적이 있으며[15] 또한 도심 건물 밀집 지역 주변의 바람장 분석을 위한 연구[16]가 수행되기도 하였다.

2. 연구대상

2.1. 대상지역

본 연구대상지역은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 충청남도 서천-공주간 고속도로 구간 중 서천군 문산면 후암리 후암교 일대로 Fig. 2에서 보는 바와 같이 도로 동쪽 방향으로 약 30 m 거리에 축사가 위치해 있으며, 주변의 낮은 구릉지를 남북 방향으로 절개하여 도로가 건설되고 있음을 보여주고 있다(Fig. 3, Fig. 4).

2.2. 모델링 영역

대상지역에서의 바람 특성을 분석하기 위해 다음과 같은 조건으로 계산 영역을 설정하였다. x방향으로 48격자(격자 간격 15 m), y방향으로 25격자(격자 간격 15 m)로 구성하여 각각 720 m와 375 m의 범위로 설정하였고, 연직방향(z방향)으로는 25개 층으로 설정하였으며 첫 격자 간격은 2 m로 설정하고, telescoping 옵

Fig. 1. Study area and surroundings.

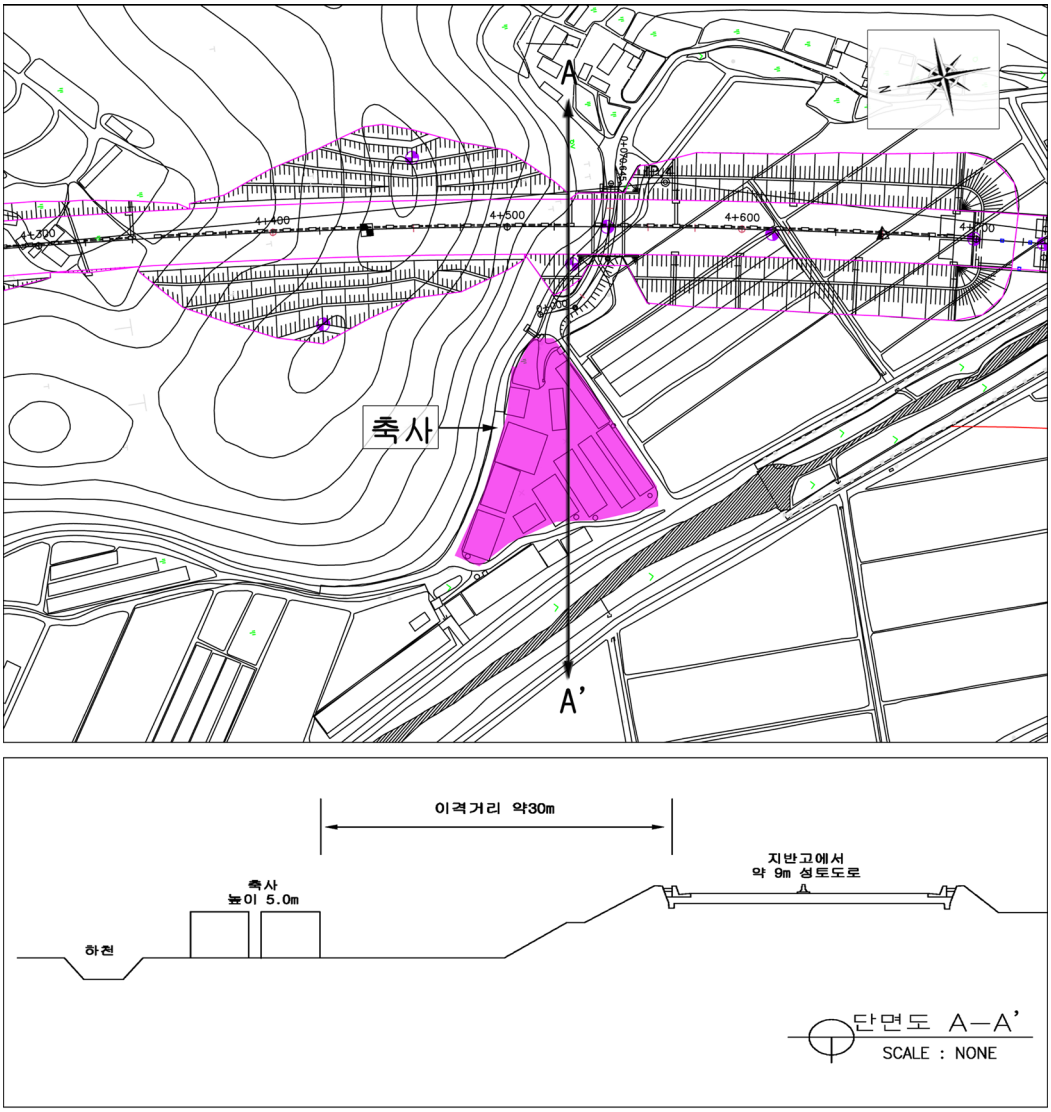


Fig. 2. A plane view of the study area.

Fig. 3. Surrounding terrain as seen from the east.

Fig. 4. Surrounding terrain as seen from the north.

션을 선택하여 상층으로 갈수록 5%씩 증가하도록 하여 95 m까지를 모델링 영역으로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대상지역 풍환경

대상지역 인근에는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 부여, 군산, 보령 관측소가 있으며 본 연구에서는 이 중 대상지역과 가장 가까이 위치한 부여 기상대의 기상 자료를 이용하였다. 부여 기상대의 10년간 기상 자료를 분석한 결과 10년 평균 풍속은 1.3 m/sec로 나타났으며 연도별로는 Table 1에서와 같이 1.1~1.5 m/sec의 분포를 보였다. 계절별 풍향 발생 빈도는 봄과 여름에는 남서(SW)풍이, 가을에는 북북동(NNE)풍이, 겨울에는 북북서(NNW)풍이 주풍으로 나타났다(Fig. 6).

3.2. 도로 건설로 인한 풍향별 풍속 변화

일반적으로 건물 등 구조물 주변에서는 난류 현상이 발생하며 이를 기계적 난류라 한다. 특히 풍하방향으로 구조물 뒤편에서는 역류현상이 발생하는 공동현상이나 풍속의 감소가 나타나는 꼬리흐름현상이 발생한다.

본 연구를 위해 도로공사 완공 후 풍환경 변화를 전산 유체 역학 모형을 이용하여 수치모의 하였으며 주변 축사에 미치는 영향을 분석하기 위해 고도 2 m에서

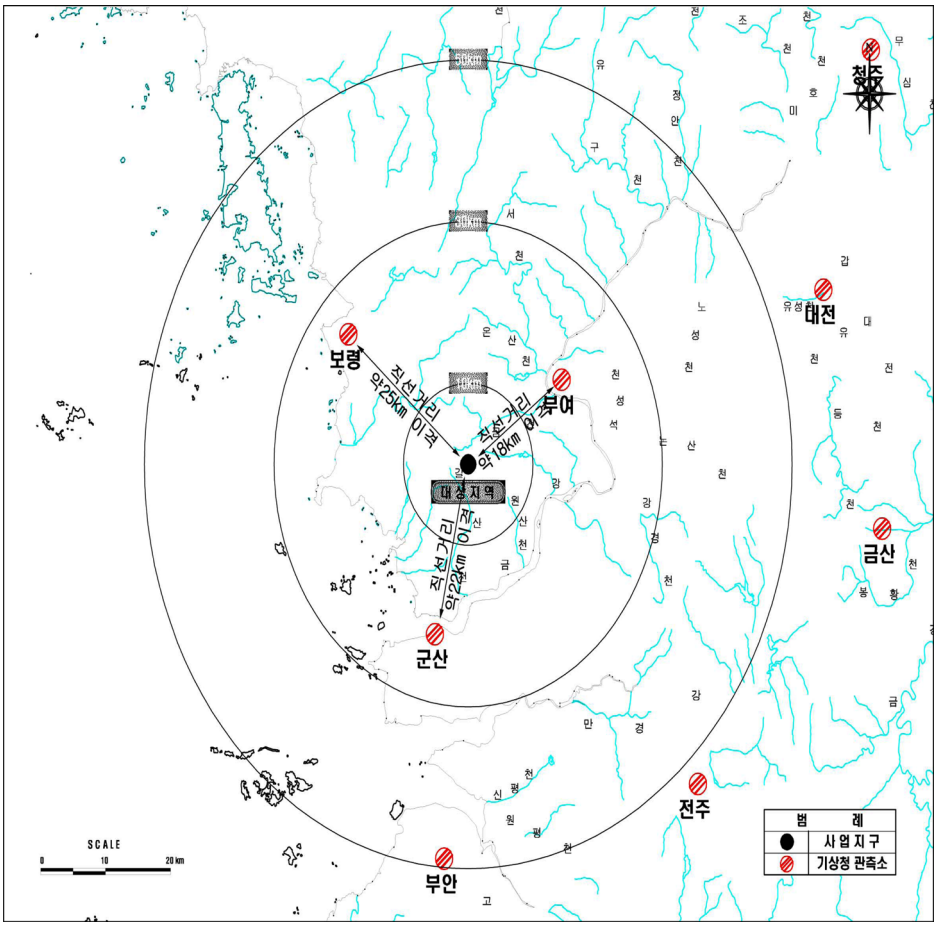


Fig. 5. Weather stations around study area.

Table 1. Annual wind speed for 10 years[17].

Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Average
Wind speed (m/s)	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.3

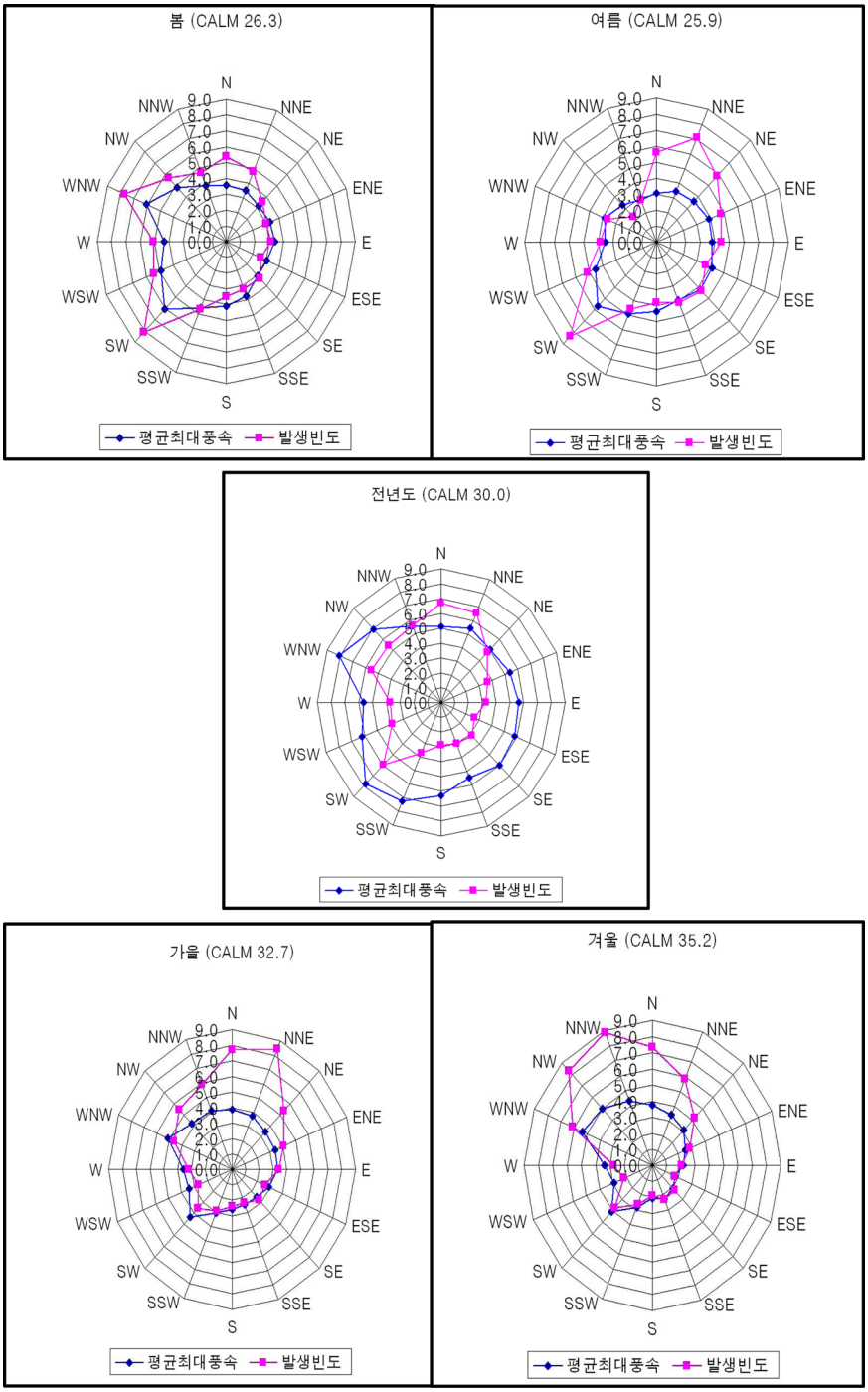


Fig. 6. Wind rose diagram at study area.

의 모델링 결과로 도로 건설로 인한 주변 축사에서의 풍속 변화를 풍향별(4방향)로 비교 분석하였다(Fig. 7~10).

수치모의 결과 서풍(Fig. 8)과 북풍(Fig. 10)이 부는 경우는 도로 개설로 인한 축사에서의 풍속 변화는 크지 않은 것으로 나타났으나, 동풍(Fig. 7)과 남풍(Fig. 9)이 부는 경우에는 최대 25%의 풍속이 감소되는 것으로 예측되어, 도로 개설 후 Fig. 6에서와 같이 비교적

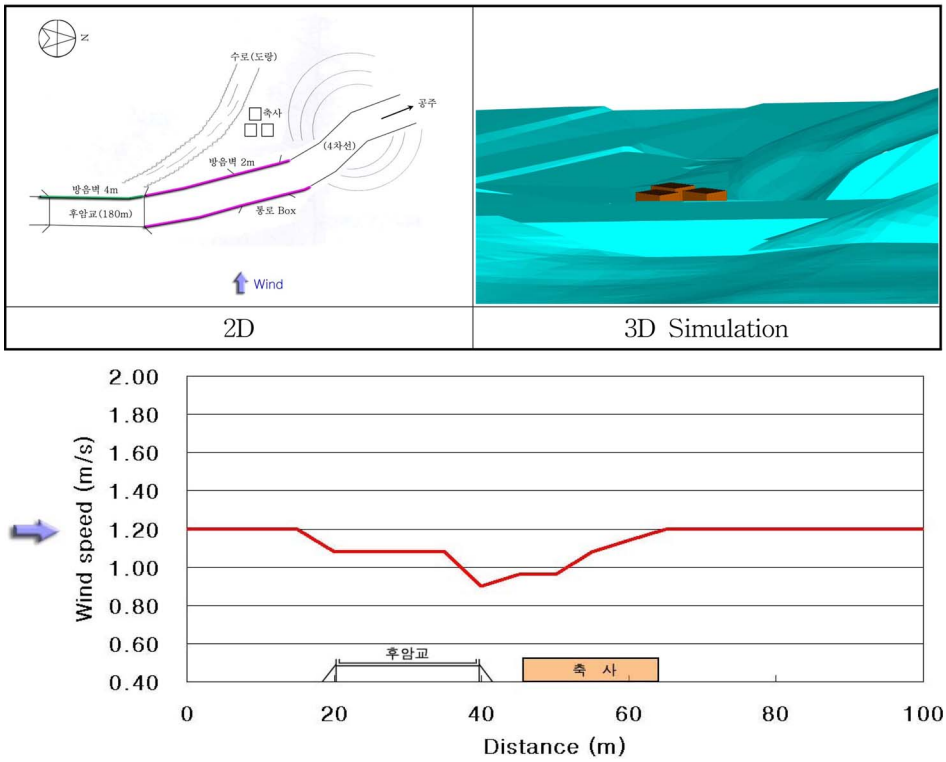


Fig. 7. Distance variation of wind speed calculated in terms of the east wind.

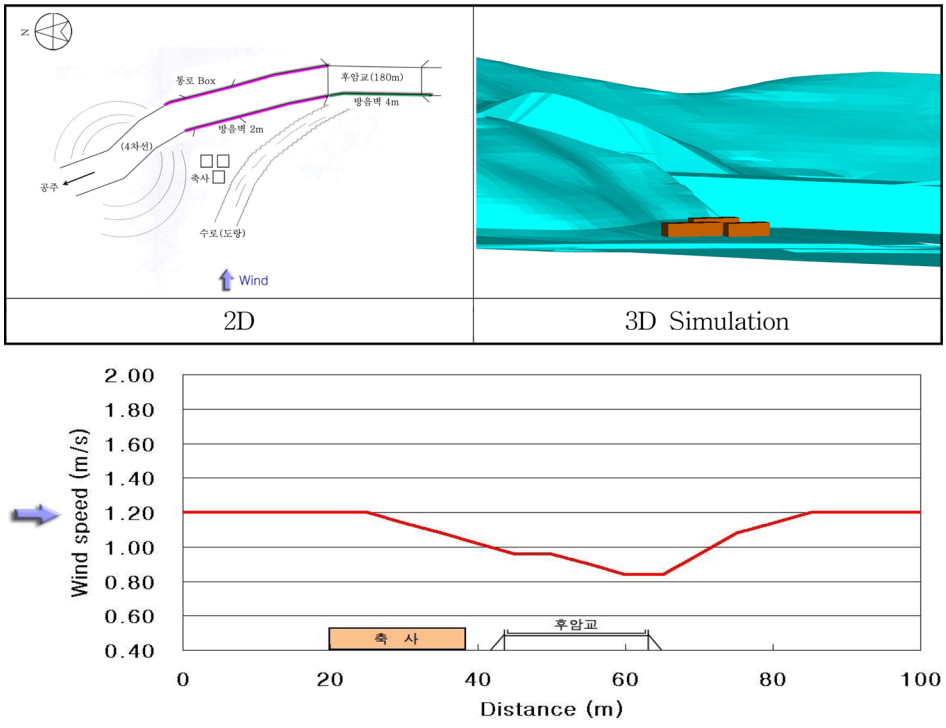
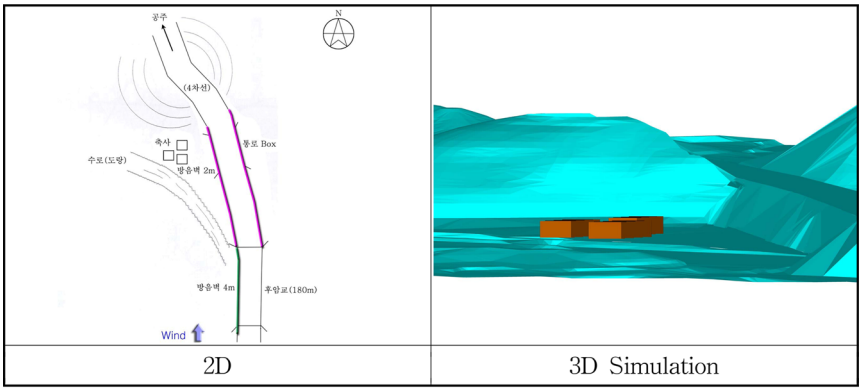


Fig. 8. Distance variation of wind speed calculated in terms of the west wind.



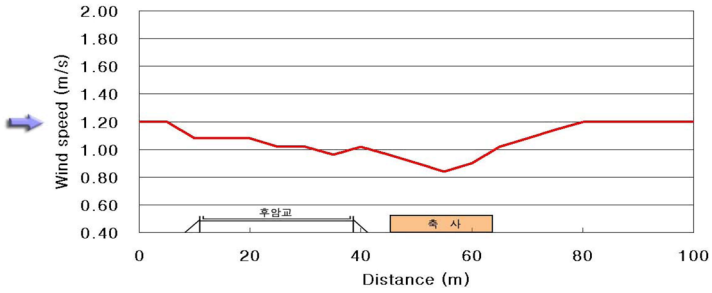
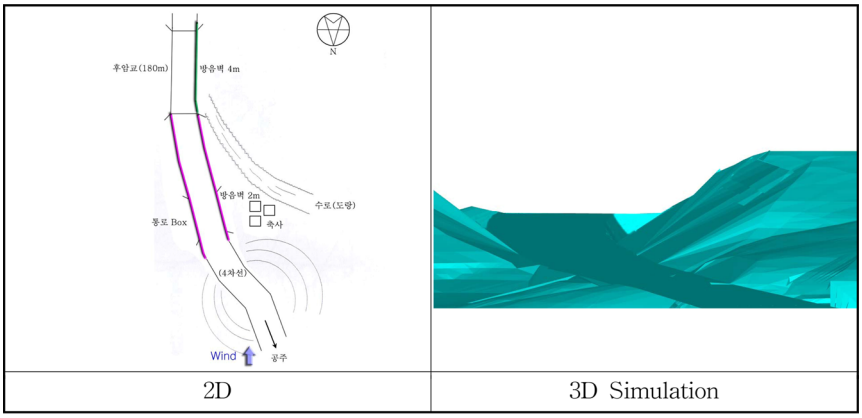


Fig. 9. Distance variation of wind speed calculated in terms of the south wind.



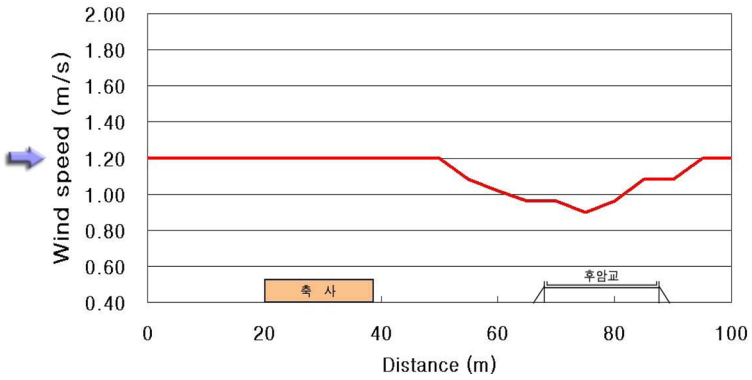


Fig. 10. Distance variation of wind speed calculated in terms of the north wind.

남풍계열의 빈도가 높은 여름철에 주변 축사에 통풍의 영향이 비교적 클 것으로 예상된다.

3.3. 도로 건설로 인한 주변 축사에 미치는 영향

도로 건설로 인한 풍향별 풍속 변화 분석 결과 주변 축사에 가장 영향이 큰 조건(Table 2)에서 도로 건설 전素컥« 바람장 분석을 실시하여 도로 건설로 인한 인근 축사에 미치는 영향을 분석하였다.

도로 건설 전 바람장의 변화는 Fig. 11에서 보는 바와 같이 축사 주변 일부 지역을 제외하고는 풍향과 풍속이 거의 일정하였다.

한편, 도로 건설 후 영향이 가장 크게 나타날 것으로 예상되는 동풍의 조건(Table 2)에서 바람장 분석을 수치모의한 결과 Fig. 12와 같이 도로 건설에 따라 풍속과 풍향이 국지적으로 급변하여 유선이 흐트러진 흐름을 관찰할 수 있다. 또한 건설되는 도로 주변으로 속도가 변화하면서 소용돌이가 생기는 현상을 수치모의 결과로 확인할 수 있었으며 건설 전과 비교해 보면 풍향과 풍속이 많은 변화를 보이는 것으로 분석되었다.

Table 2. Input parameters for modeling in this study.

Temperature	Wind speed	Wind direction	Humidity
20	1.3m/s	E(90°)	60%

4. 결 론

본 연구에서는 충청남도 서천-공주간 고속도로 구간 중 서천군 후암교 일대의 도로 건설로 인한 풍환경의 변화를 분석하기 위해 미기상 수치모델인 Envi-met 모델을 이용하여 풍향별(4방향) 도로 주변에서의 풍속 변화를 분석하였고 인근에 위치한 축사를 대상으로 그중에 가장 영향이 클 것으로 예상되는 풍향(동풍)에 대하여 국지 바람장을 수치모의하여 주변 축사에 미치는 영향을 분석하였으며 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 4개의 풍환경 조건에 따른 국지 바람장 분석 결과, 북풍과 서풍인 경우는 도로 건설에 따라 큰 변화를 보이지 않은 반면 도로 건설로 인하여 지대가 높아짐에 따라 영향을 받게 되는 남풍과 동풍의 경우 국지 풍향의 변화와 함께 풍속 또한 25% 정도 감소하는 것으로 분석되었다.
2. 특히 도로 건설로 인해 구조물 주변에서 난류현상이 발생하며 풍하 방향으로 구조물 뒤편에서는 역류현상이 발생하는 공동현상이나 풍속의 감소가 나타나

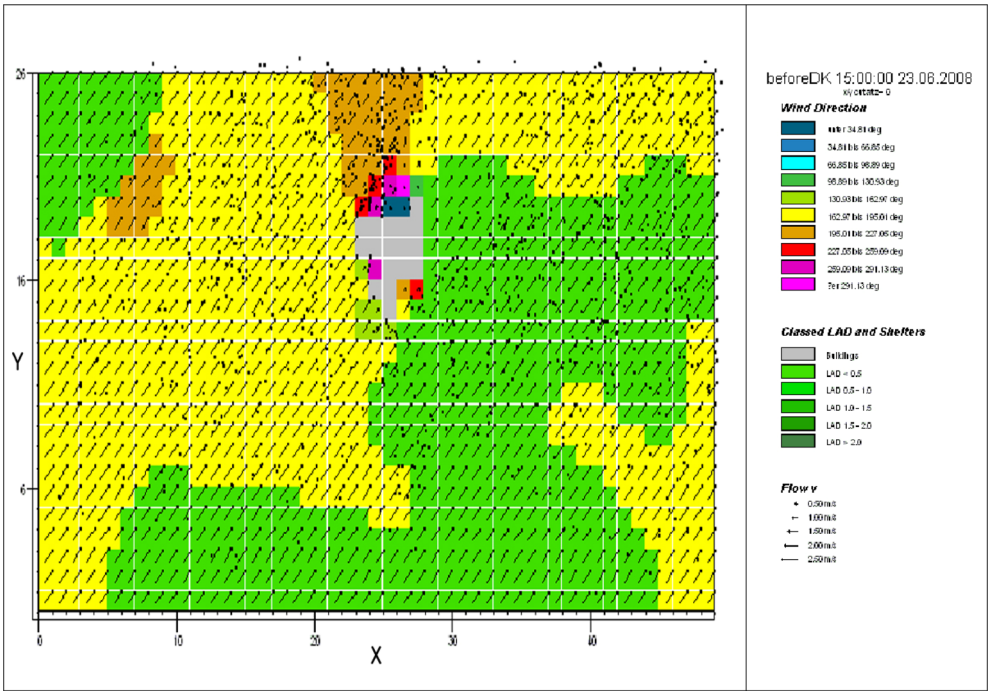


Fig. 11. Distributions of wind pattern (before road construction).

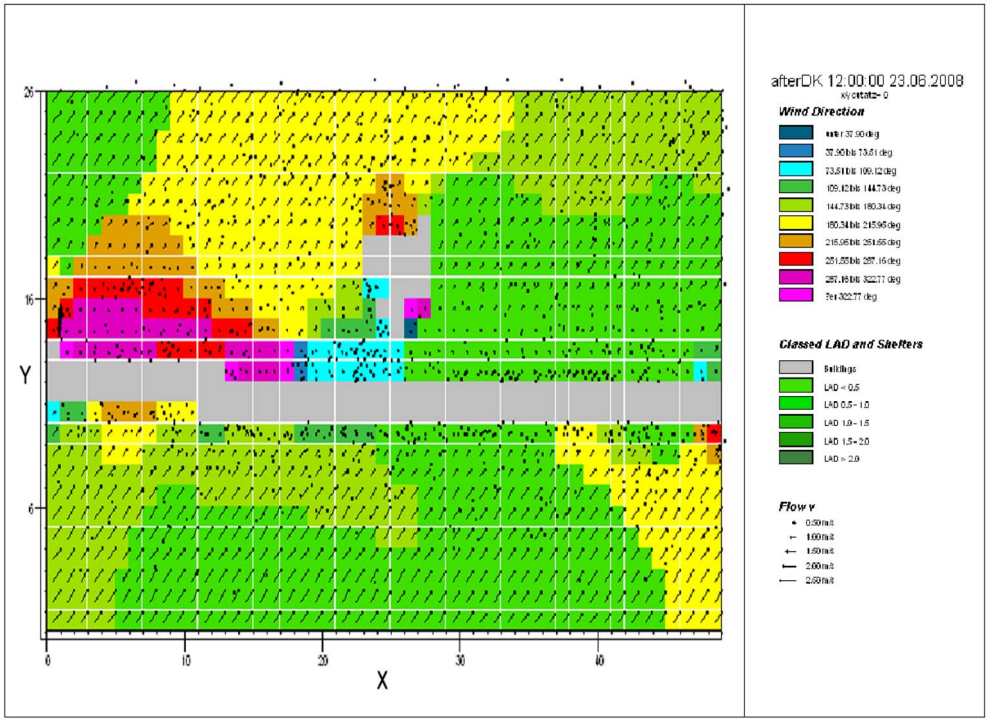


Fig. 12. Distributions of wind pattern (after road construction).

는 꼬리흐름현상이 발생하는 것을 수치모의를 통해 확인하였다.

3. 수치모의를 통해 도로 건설에 따른 풍향과 풍속의 변화로 인하여 인근에 위치한 축사에 미치는 영향을 분석해 본 결과 도로 구조물 풍하 방향에 위치한 축사 주변에서는 풍향의 변화와 함께 풍속의 감소로 인해 통풍과 대기 순환에 악영향을 받을 것으로 예측되며 추후 기상 악조건에서의 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

1. 정우식, 이화운, *한국환경과학회지*, **2002**, 11(4), 289-295.
2. 주현수, 김석철, 반지영, 최순심, *한국환경정책평가연구원*, **2006**, 35-71.
3. 정우식, 박종길, 이화운, *한국대기환경학회지*, **2006**, 22(6), 888-903.
4. M. Bruse, *MSc Thesis*, Inst. Geo. Univ. Bochum, **1988**.
5. B.E. Launder, D.B. Spalding, *Comp. Methods Appl. Mech. Eng.*, **1974**, 269-289.
6. G.L. Mellor, T. Yamada, *J. Atmo. Sci.*, **1975**, 32, 2309-2329.
7. R.B. Clapp, G. Hornberger, *Water Resour. Res.*, **1978**, 14, 601-604.
8. J.W. Deardorff, *J. Geophys. Res*., **1978**, 83, 1889-1903.
9. H. Barden, *Report*, Inst. Met. Univ. Hanover, **1982**, 23.
10. T. Yamada, *J. Meteor. Soc. Japan*, **1982**, 60, 439-454.
11. J.D. Wilson, *Boundary-Layer Met*., **1988**, 42, 371-392.
12. M. Tjernstrom, *Boundary-Layer Met*., **1989**, 48, 33-68.
13. T. Asaeda, V.T. Ca, *Boundary-Layer Met*., **1993**, 65, 159-179.
14. J. Liu, *Boundary-Layer Met*., **1996**, 77, 21-44.
15. 정우식, *한국환경과학회지*, **2007**, 16(4), 467-477.
16. 김민경,이화운,도우근,정우식, *한국환경과학회지*, **2009**, 18(9), 941-952.
17. 기상청, "기상연보", 1999~2008.