

## 기상대 적설 측정 바람막이팬스의 성능평가

### Performance of Windbreak Fence for Snowfall Measurement of Regional Meteorological Office

유 기 표\*

김 영 문\*\*

유 장 열\*\*\*

백 선 영\*\*\*\*

You, Ki-Pyo

Kim, Young-Moon

You, Jang-Youl

Paek, Sun-Young

#### Abstract

Meteorological observatories use measuring boards on even ground in open areas to measure the amount of snowfall. However, it is very difficult to evaluate the accurate amount of snowfall because of the effects of the wind. Therefore, this study tried to determine the internal wind flow inside a windbreak fence to identify an area that was not affected by wind in order to measure the snowfall. We performed a computational fluid dynamics analysis, wind tunnel test of the type and height of the windbreak fence, and analyzed the wind flow inside the fence. The results showed that a double windbreak fence was better than a single windbreak fence for reducing the wind velocity. The reduction of the wind velocity was highest in the middle of a windbreak fence with a width of 4 m and a height of 60cm, where the windbreak fences were fixed to the ground.

**Keywords :** Meteorological, Snowfall, Internal wind flow, Windbreak fence

#### 1. 서 론

신적설은 새로 내려 평평한 수평면을 덮고 있는 눈으로 정의한다. 또한 적설 깊이는 통상적으로 관측시간에 지상에 쌓인 눈의 총 깊이를 의미한다. Open된 지면의 신적설 깊이는 눈금이 새겨진 자나 설척(雪尺)으로 직접 측정하는데 지상에 덮여있거나 쌓인 눈의 깊이는 설척이나 눈금을 새긴 막대를 지표면까지 수직으로 눈 속에 밀어 넣어 측정한다. 그러나 지상에 덮인 눈은 바람에 의해 이동하기 때문에 설척을 밀어 넣을 수 있는 한계가 있으며 지표면이 아닌 얼음 층일 가능성이 있기 때문에 이러한 방법으로는 Open된 지역

에서 대표성 있는 깊이의 측정치를 얻기 어렵다. 깊이는 관측소 별로 수차례 측정한 결과의 평균으로 나타내어지며 관측소가 멀리 떨어진 지역에서는 초음파측정기(Ultrasonic ranging device)를 이용하여 자동기상관측소에서 신뢰성 있는 적설 관측자료를 제공받을 수 있게 되었다. 이 장치는 적설(Snow depth)과 신적설(Fresh snow fall) 모두에 대하여 표준관측을 대체할 수 있을 정도로 타당성이 있다<sup>1)</sup>. 현재 미국의 ASOS(Automated Ground Observing System)에서는 All weather Precipitation Gauge를 채택하여 고체형 강수 시에도 정확한 강설량을 측정하고 있다<sup>2)</sup>. 그리고 NWS(National Weather Service)의 전천후 강수량계는 바람막이를 사용한다.(Photo 1참고)

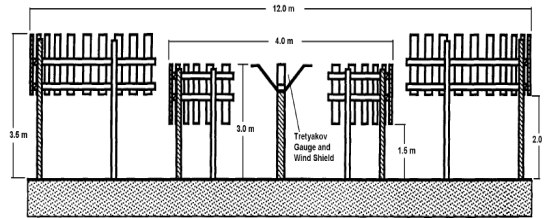
또한 농무성 산하의 NRCS(Natural Resources Conservation Service)에서는 눈이 많이 오는 지역에 정확한 수자원확보를 위하여 SNOTEL이라는 자동 적설관측망을 운영한다. SNOTEL 관측소에는 무게형 강수량계, 초음파 적설계, Snow Pillow가 설치되어 있다. 유럽의 경우 러시아 및 동구권

\* 교신저자, 전북대학교 건축공학과 부교수, 공학박사  
Architectural Engineering, Chonbuk National University.  
Long-span Steel Frame System Research Center.  
Tel: 063-270-4057 Fax: 063-270-2285  
E-mail : youkp@jbnu.ac.kr  
\*\* 정회원, 전북대학교 건축공학과 교수, 공학박사  
Architectural Engineering, Chonbuk National University.  
\*\*\* 정회원, 전북대학교 대형풍동실험센터 연구원, 공학박사  
KOCED Wind Tunnel Center, Chonbuk National University.  
\*\*\*\* 학생회원, 전북대학교 건축공학과 박사과정, 공학석사  
Architectural Engineering, Chonbuk National University.

국가에서는 강설량 관측에 Tretyakov 바람막이를 한 강수량계를 사용하며, 스웨덴, 핀란드 쪽에서는 변형 Nipher 바람막이를 한 강수량계를 주로 사용한다. 일본의 경우는 원통형 바람막이에 히터 달린 전도형 우량계 혹은 온수식 우량계를 사용한다. 일본의 경우 AMeDas(Automated Meteorological Data Acquisition System) 관측소에서는 초음파형 적설계를 사용하고 있다.

JMA(Japan Meteorological Agency) 기상관서에서는 레이저형 적설계를 사용한다. 이와 같이 적설량을 측정하기 위한 다양한 적설 측정장비에 대한 연구가 이루어지고 있다. 국내에서는 적설량을 측정하기 위한 장비보다는 바람의 영향을 받지 않는 정확한 적설평가를 위해 적설관 주변의 바람을 감소시키기 위한 바람막이팬스에 대한 연구들이 많이 이루어지고 있다. 현재 바람막이팬스에 대한 연구는 다공율 변화에 따른 바람의 세기를 감소시키는 연구들이 많이 이루어지고 있는데, Perera(1981), Ranga(1988)등은 방풍 팬스의 다공율 변화에 대한 방풍 팬스 후면에서 발생하는 평균풍속과 난류강도의 변화를 중심으로 연구를 진행하였다<sup>3)4)</sup>. 연구결과 다공률이 30% 이상이 되었을 때 방풍벽 후면에서 발생하는 회전 와류현상이 사라지는 것을 알아냈다.

Lee, Park(1999, 2001)은 방풍 팬스의 높이, 다공률, 간격에 따른 삼각형 야적장에 대한 풍압실험을 실시하여 다공률이 30-40%일 때 방풍팬스의 최적 방풍효과를 발휘한다는 것을 발표하였다<sup>5)6)</sup>. 이와 같은 연구들은 바람막이 팬스를 이용하여 주변의 풍속을 감소시키는데 연구의 중심이 있었다<sup>7)</sup>. 본 연구에서는 바람막이 팬스내부의 풍속을 감소시켜 적설량 측정시 바람의 영향을 최소화시킬 수 있는 효과에 대해서 알아보았다. 실험에 사용되어진 적설바람막이의 형태와 폭의 크기와 높이는 기존에 고창기상대에서 설치되어 활용되고 있는 바람막이를 기본으로 하였으며, 바람막이의 풍속감소효과를 알아보기 위하여 전산유체 해석(CFD)과 풍동실험을 실시하였다.



〈Photo 1〉 Dobule-fence international reference

## 2. 기상데이터

바람막이 팬스의 높이와 실험풍속은 기존의 기상데이터를 이용하여 결정하였다. 서해안 지역 3곳(고창, 군산, 목포)기상대에서 측정된 최근 5년간(2008.11-2012.2)의 적설량과 겨울철 적설시 풍속에 대하여 분석을 실시하였다. 〈Table 1〉은 최근 5년간 측정된 기상대별 평균, 최대, 최소 신적설량과 적설시 풍속을 나타내고 있다. 3개 지역의 평균 신적설량은 3.53cm이고, 적설시 평균풍속은 3.03m/s이다. 바람막이 팬스의 높이는 최대 신적설량 25cm의 2배인 60cm로 하였다. 실험풍속도 기상청의 적설시 풍속을 근거로 하여 3m/s-9m/s 범위에서 실시하였다.

〈Table 1〉 Meteorological data(2008.11.-2012.2)

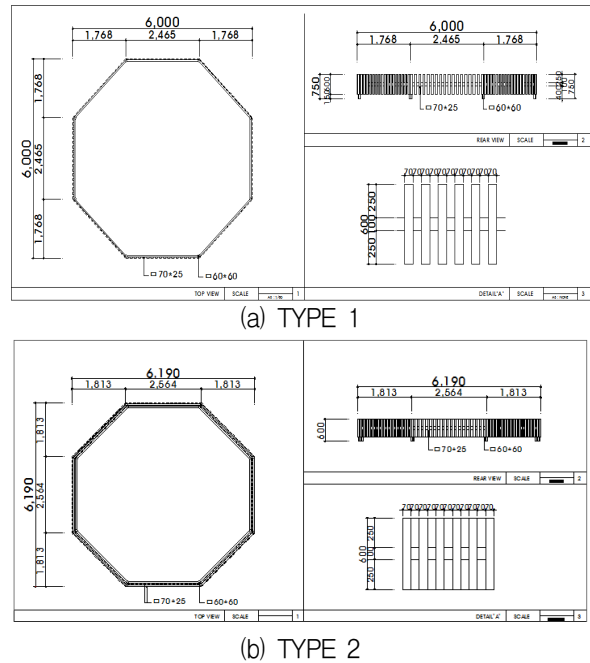
구분	Gochang	
	Fresh snowfall	Velocity
Mean	5.0 cm	2.6 m/s
Maximum	24.5 cm	9.5 m/s
Minimum	0.1 cm	0.0 m/s
구분	Gunsan	
	Fresh snowfall	Velocity
Mean	3.1 cm	1.7 m/s
Maximum	20.1 cm	6.6 m/s
Minimum	0.1 cm	0.0 m/s
구분	Mokpo	
	Fresh snowfall	Velocity
Mean	2.6 cm	4.8 m/s
Maximum	24.3 cm	11.2 m/s
Minimum	0.1 cm	0.0 m/s

### 3. 전산유체해석을 이용한 바람막이 팬스의 성능평가

바람막이 팬스의 높이와 풍속의 범위를 결정 한 후 팬스의 폭은 기존 기상대에서 사용되고 있는 폭 6m인 팔각형 바람막이 팬스를 기본으로 하였다. 기존의 바람막이 팬스는 날개가 1줄로 구성되어 있는 단일팬스 형태로 되어 있으나 팬스 내부의 풍속을 저감하기 위해 팬스의 날개가 2줄로 구성된 이중팬스를 구성하여 팬스내부의 풍속감소효과에 대해 알아보았다. 팔각형 내부풍속분포는 CFD프로그램을 이용하여 분석을 실시하였다.

CFD 해석은 STREAM 9.0 소프트웨어<sup>8)</sup>를 사용하였고 난류모델은 Standard  $k-\epsilon$ 를 사용하였다. 해석도메인의 크기는 10m(x)×14m(y)×4m(z)이다. 해석도메인의 메쉬는 0.5mm triangular를 사용하였다. 해석도메인의 메쉬개수는 2,100,000~3,000,000이었다. 해석기류는 교외지역에 해당하는 지표면 조도 C로 가정하였으며, 해석풍속은 팬스의 높이에서 3m/s, 6m/s, 9m/s로 설정하였다. 실험 풍향각은 팬스의 정면부에 대해서 실시하였다. <Table 2>는 해석에 사용된 바람막이 팬스를 결과를 분류한 것이다.

바람막이 팬스를 구성하는 날개의 모양은 직사각형으로 하였으며, 바람막이 팬스의 날개는 1줄로 사용된 단일팬스(TYPE 1)와 2줄로 교차하여 설치한 이중팬스(TYPE 2)로 구분하였다. 팬스 내부의 폭은 6m로 동일하게 하였고, 바람막이 날개는 기존 기상대에 설치된 바람막이 팬스의 특징을 그대로 반영하기 위해 바닥에서 15cm 띄워 해석을 실시하였다. <Fig. 1>은 CFD 해석에 사용된 바람막이 팬스의 제원을 나타내고 있다.



<Fig. 1> Specification of windbreak fence

#### 3.1. 해석결과

<Fig. 2>는 이중바람막이 팬스 내부의 평면과 측면의 풍속분포를 나타내고 있다. 풍속의 크기는 3m/s이며 해석높이는 바닥에서 20cm부분이다.

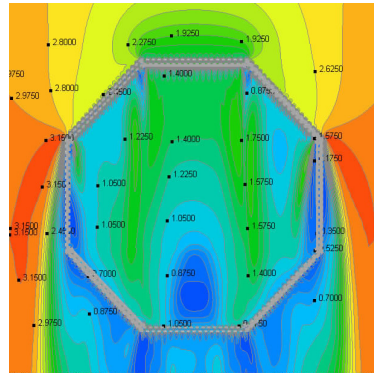
팬스내부의 풍속은 거리에 따라 변하고 있었다. 팬스중앙 후면부의 풍속감소효과가 다른 위치보다 많이 감소하고 있었다. 측면분포에서는 팬스가 지상에서 15cm 떨어진 상태로 설치되어 있어 팬스바닥으로 바람이 들어와 팬스 중앙부분의 풍속보다는 팬스후면에 풍속감소효과가 크게 나타나고 있었다. 단일팬스와 이중팬스의 중앙지점의 풍속값을 분석한 결과는 <Table 2>와 같다.

해석결과 단일팬스보다 이중팬스의 바람막이의 풍속감소폭이 크게 나타나고 있었다. 이는 기준 풍속이 증가를 하여도 동일하게 나타나고 있었다. 팬스내부의 높이별 풍속분포를 분석한 결과 낮은 지점(10cm)에서는 10%범위로 이중팬스의 풍속감소효과가 크게 나타나고 있었다. 그러나 팬스높이가 높아질수록 풍속감소효과는 증가하여 팬스높이에서는 45%정도로 이중팬스가 단일팬스보다 풍속의 감소효과가 크게 나타나고 있었다.

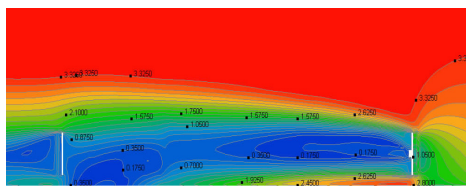
풍속 크기별 풍속감소효과에서는 풍속이 낮을수록 풍속의 감소효과가 크게 나타나고 있었다.

팬스의 형태는 단일팬스보다는 이중팬스가 풍속의 감소효과가 있는 것으로 나타났다.

#### 4. 풍동실험을 이용한 바람막이팬스 성능평가



(a) Plan

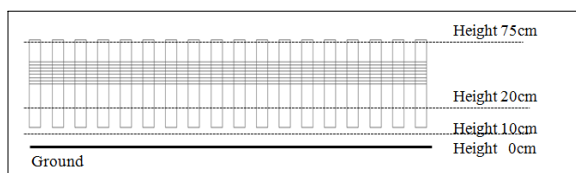


(b) Side

〈Fig. 2〉 Wind speed map of lateral side by height of dual wind break Fence

〈Table 2〉 Distribution of windvelocity at center of windbreak fence

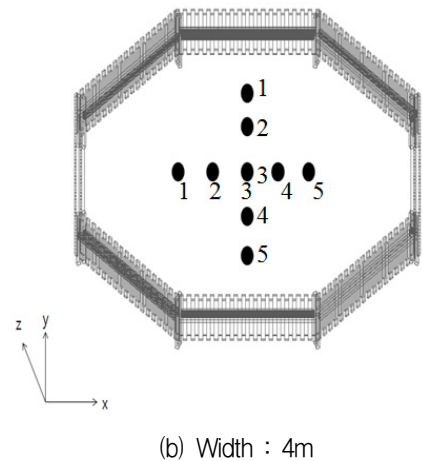
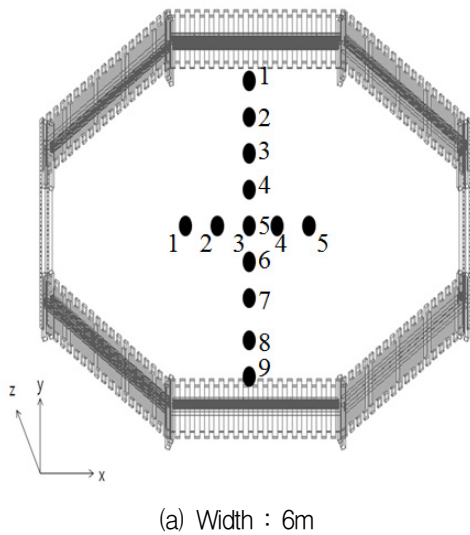
구분	Type1 (Single fence)		Type2 (Double fence)	
	3m/s	6m/s	9m/s	12m/s
Height :0cm	2.10822	4.31437	6.51158	8.71426
	1.80123	3.82452	5.77852	7.71486
	1.96905	3.98157	5.98897	8.00153
	1.54954	3.23802	4.8448	6.51378
Height :10cm	1.47295	2.98239	4.49054	6.00289
	1.05383	2.14944	3.19564	4.32799
	1.08494	2.21265	3.34971	4.48887
	0.671901	1.17855	1.89556	2.40755
Height :20cm	1.08494	2.21265	3.34971	4.48887
	0.671901	1.17855	1.89556	2.40755
	1.08494	2.21265	3.34971	4.48887
	0.671901	1.17855	1.89556	2.40755
Height :75cm	1.08494	2.21265	3.34971	4.48887
	0.671901	1.17855	1.89556	2.40755
	1.08494	2.21265	3.34971	4.48887
	0.671901	1.17855	1.89556	2.40755



적설 바람막이 팬스 내부의 풍속감소율을 알아보기 위하여 풍동실험을 실시하였다. 풍동실험은 전북대학교 경계층 풍동연구실에서 보유한 Eiffel 형 경계층 풍동장치를 이용하였다. 측정부의 폭은 2.1m이고 높이는 1.7m이며 길이는 18m이다. 적설 바람막이 팬스의 풍동실험을 위한 모형은 전산유체해석결과에 따라 이중팬스만을 제작하였다.

적설 바람막이 팬스는 폭 6m, 4m 바람막이 날개를 바닥에 붙은 모형과 바닥에서 3cm(실체 높이 15cm) 띄운 모형 2가지 종류에 대해서 실험을 실시하였다. 팬스높이는 12cm(실체 팬스높이 60cm)로 동일하다. 팬스 모형의 스케일은 1/5로 하였다. 팬스 내부의 풍속측정을 위하여 팬스 중앙부분의 수직과 수평방향에서 풍속을 측정하였다. 풍속측정지점은 팬스폭 6m의 경우 수직방향 9개 지점과 수평방향 4개 지점으로 총 13개 지점에서 측정하였다. 팬스폭이 4m일 경우 수직방향 5개 지점과 수평방향 4개 지점으로 총 9개 지점을 측정하였다. 또한 팬스 내부의 풍속흐름을 알아보기 위하여 위치별로 측정된 풍속데이터를 팬스 내부의 X-Z면과 Y-Z면으로 분리하여 해석을 실시하였다. 실험풍속은 1.5m/s, 2.5m/s, 4m/s이며 실제풍속은 3m/s, 6m/s, 9m/s에 해당하는 풍속이다. 실험기준풍속은 팬스 높이인 12cm에서 측정을 하였다. 측정높이는 바닥에서 4cm, 6cm, 8cm 총 3개 높이에서 측정을 하였다. 모형은 발사로 제작하였으며, 풍속측정은 열선타입 풍속계를 이용하였다. 〈Table. 3〉은 팬스의 좌표와 풍속 측정지점을 나타내고 있다. 〈Table. 2〉는 실험모형의 제원 및 실물크기를 나타내고 있다.

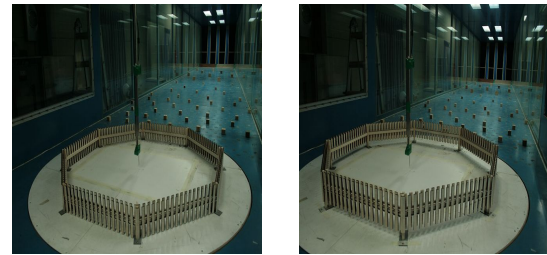
〈Photo 2〉는 적설바람막이 팬스의 실험사진을 보여주고 있다.



<Fig. 3> Measurement location of snowfence

<Table 3> Specifications of the windbreak fence used in the wind tunnel test

구분	Width(m)		Height (m)		Distance from the bottom of the windfence wings(m)	
	Full-scale	Model	Full-scale	Model	Full-scale	Model
TYPE A (Gap=0)	6	1.2	0.6	0.12	0	0
TYPE B (Gap=0)	4	0.8	0.6	0.12	0	0
TYPE C (Gap=15)	6	1.2	0.6	0.12	0.15	0.03
TYPE D (Gap=15)	4	0.8	0.6	0.12	0.15	0.03



(a) TYPE A

(b) TYPE B



(c) TYPE C

(d) TYPE D

<Photo 2> Model installed in the wind tunnel.

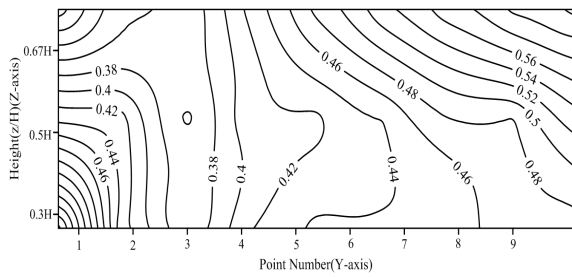
#### 4.1 실험 분석

팬스 4m와 6m의 풍속 1.5m/s, 2.5m/s, 4m/s 3가지 풍속에 대해 풍속실험을 진행하였다. 팬스 내부에서 측정된 실험 데이터는 중앙부 2개면에 대해서(수직(Y-Z면), 수평(X-Z면))에서 분석하였다.

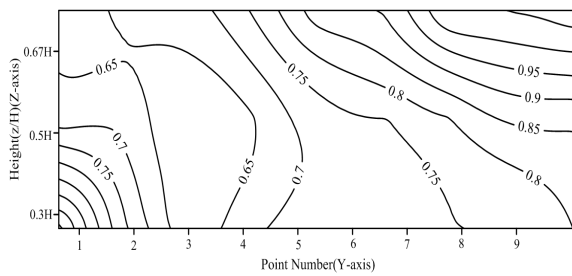
<Fig. 4>-<Fig. 7>은 바람막이 팬스내부의 Y-Z평면에 대한 풍속변화별 풍속분포도를 나타내고 있다. Y-Z평면의 풍속분포를 보면 바람이 불어보는 방향의 팬스에서 풍속이 감소한 후에 중앙지점에서 풍속이 감소하고 후면부에서 다시 풍속이 증가하고 있었다. 팬스폭의 변화에 따른 팬스중앙지점의 풍속감소율은 팬스폭 4m(TYPE B)가 6m (TYPE A)보다 최대 20%정도 크게 감소하고 있었다. 그리고 팬스폭 4m의 내부 풍속감소형태가 팬스 중앙지점을 중심으로 좌우로 일정하게 감소하고 있었다. 팬스날개의 바닥고정에 따른 팬스내부의 바람감소효과는 바닥에 고정되는 경우가 지반에서 띄우는 경우보다 풍속감소율이 팬스의 폭에 따라 다르게 나타나고 있었다. 팬스폭이 6m일 경우 팬스날개가 바닥에 고정된 TYPE A보다 팬스날개가 바닥에서 15cm띄운 TYPE C의 경우에 낮은 풍속에서 20%정도 풍속이 감소되지만 풍속이 증가하게 되면 풍속감소율이 6.7%까지 낮아지고

있었다. 팬스폭이 4m일 경우에는 팬스날개가 바닥에 고정된 TYPE B의 경우 팬스날개가 바닥에서 15cm 띄운 TYPE D보다 풍속감소율이 50% 이상 적게 나타나고 있었다. 전체적으로 바람막이 팬스날개가 바닥에서 떨어진 경우보다는 바닥에 고정된 경우가 유리하게 나타났다.

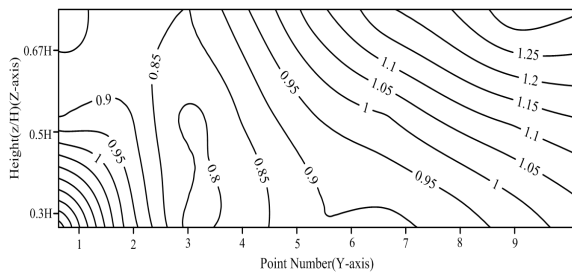
<Fig. 8>-<Fig. 9>는 바람막이 팬스내부의 X-Z평면에서의 풍속변화에 따른 바람막이 팬스 내부의 풍속감소율을 나타내고 있다. X-Z평면의 풍속감소율변화는 TYPE A와 TYPE B를 중심으로 해석하였다. 팬스폭이 4m(TYPE B)가 팬스폭 6m(TYPE A)보다 풍속감소율이 20%정도 크게 나타났는데, 이는 Y-Z평면의 풍속변화율과 동일한 형태를 나타내고 있었다. 풍속증가에 따른 변화에서는 풍속이 증가할수록 팬스내부의 풍속감소율의 형태가 변화하게 되는데 팬스폭 4m가 팬스폭 6m보다 좌우 대칭 형태로 분포하고 있었다.



(a) Velocity 1.5m/s

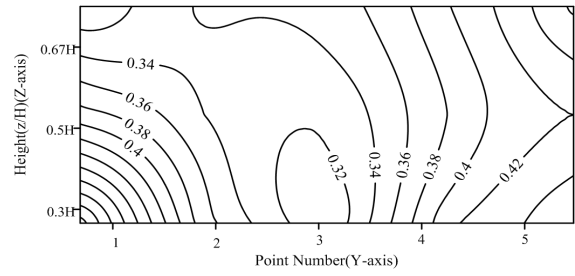


(b) Velocity 2.5m/s

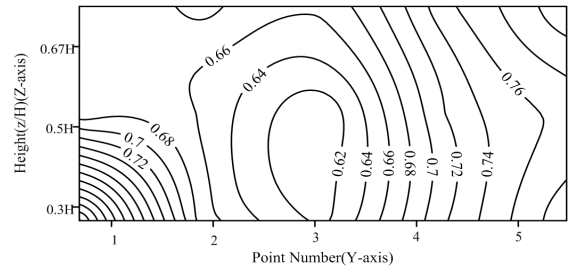


(c) Velocity 4.0m/s

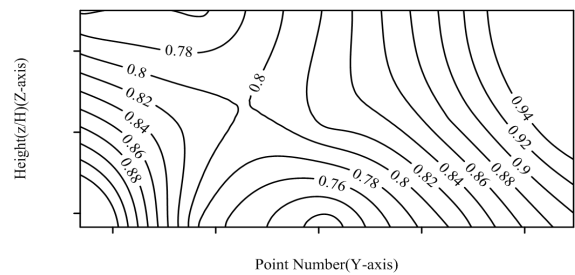
<Fig. 4> Distribution of wind velocity within the windbreak(Y-Zplan)(TYPE A)



(a) Velocity 1.5m/s

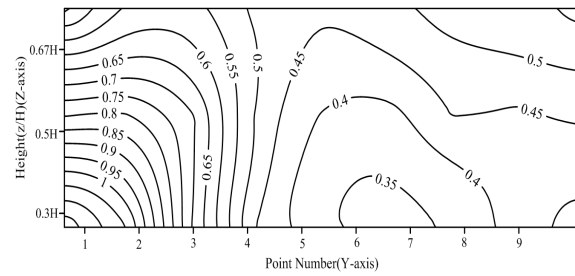


(b) Velocity 2.5m/s

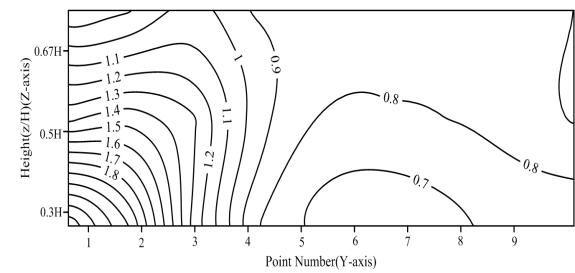


(c) Velocity 4.0m/s

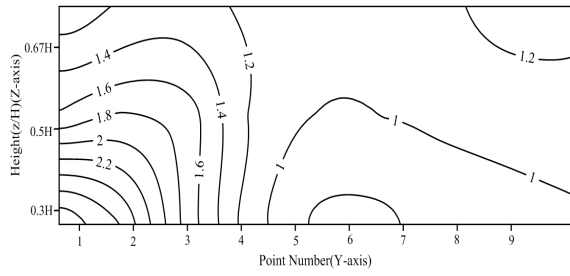
<Fig. 5> Distribution of wind velocity within the windbreak(Y-Zplan)(TYPE B)



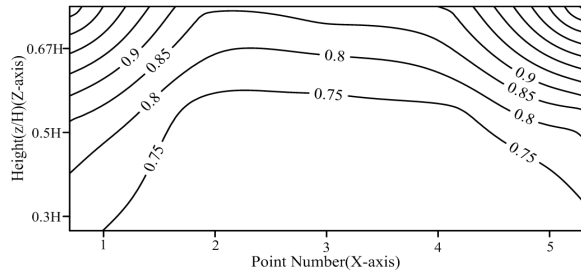
(a) Velocity 1.5m/s



(b) Velocity 2.5m/s

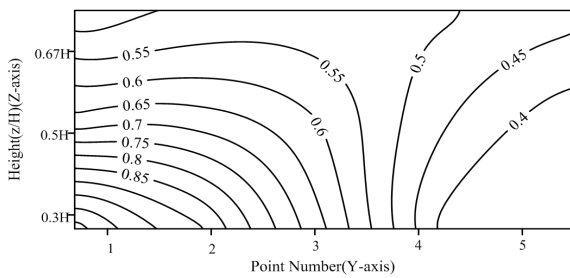


(c) Velocity 4.0m/s

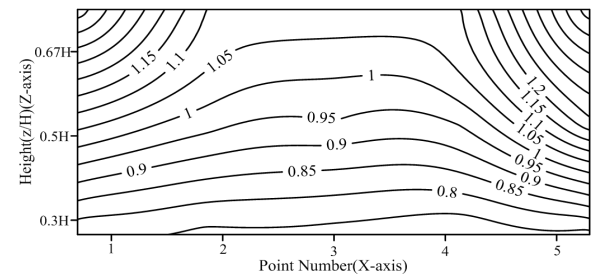


(b) Velocity 2.5m/s

〈Fig. 6〉 Distribution of wind velocity within the windbreak(Y-Zplan)(TYPE C)

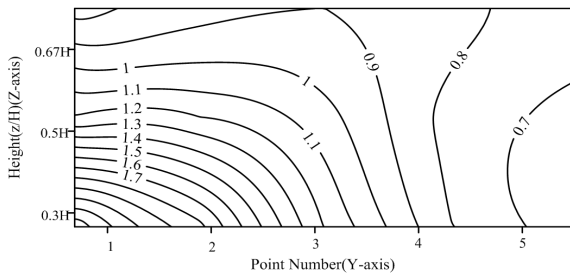


(a) Velocity 1.5m/s

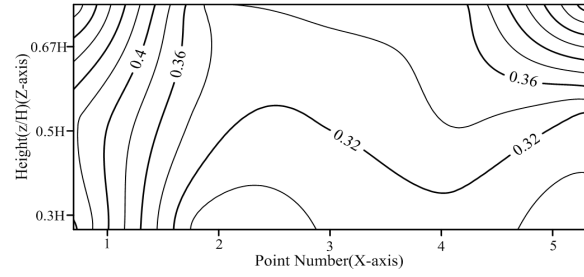


(c) Velocity 4.0m/s

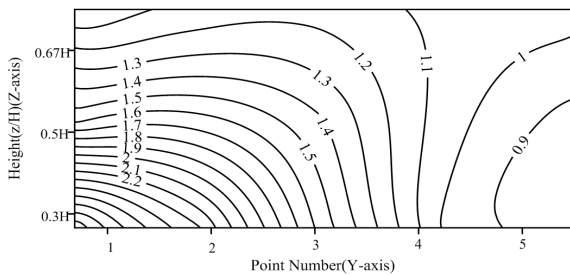
〈Fig. 8〉 Distribution of wind velocity within the windbreak(X-Zplan)(TYPE A)



(b) Velocity 2.5m/s

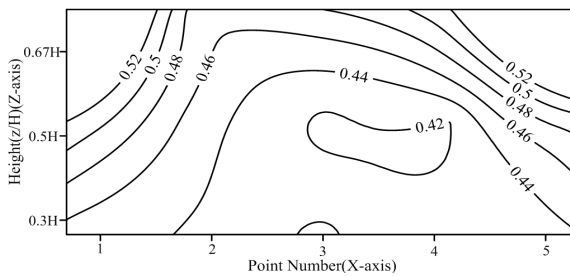


(a) Velocity 1.5m/s

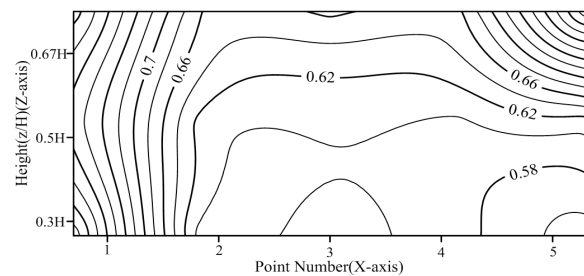


(c) Velocity 4.0m/s

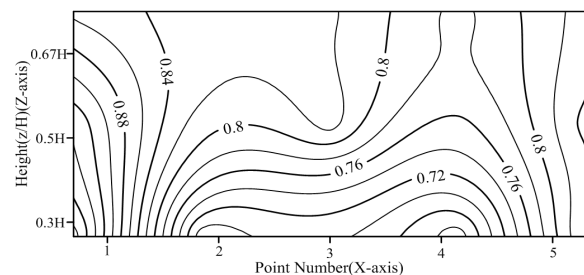
〈Fig. 7〉 Distribution of wind velocity within the windbreak(Y-Zplan)(TYPE D)



(a) Velocity 1.5m/s



(b) Velocity 2.5m/s



(c) Velocity 4.0m/s

〈Fig. 9〉 Distribution of wind velocity within the windbreak(Y-Zplan)(TYPE B)

## 5. 결 론

바람막이 팬스내의 기류흐름에 따라 내부에 적설되는 눈의 적설량이 변화하기 때문에 팬스내부의 바람크기를 최소화하기 위한 다양한 방법에 대해서 알아보았다. 실험결과 팬스의 크기와 종류, 측정높이에 따라 다양한 결과값을 도출할 수 있었다.

팬스의 높이와 실험풍속은 기존의 기상대 데이터를 활용하였으며 실험, 해석결과는 다음과 같다.

1. 전산유체해석결과 중앙지점의 풍속감소율에서 이중팬스가 단일팬스보다 11%-46%정도 크게 나타나고 있었다. 그리고 팬스 내부의 풍속 감소율은 풍속 증가보다는 팬스높이에 영향을 많이 받고 있었다. 팬스 바닥 0cm보다는 팬스 높이 75cm부근에서 풍속감소율이 이중팬스에서 크게 나타나고 있었다. 그러나 팬스높이 10cm-20cm부근에서는 20-30%로 이중팬스의 풍속감소율은 풍속의 증가에 큰 영향을 받지 않고 있었다.
2. 기상 적설용 바람막이 팬스의 날개를 지반에 고정하는 것이 바닥에서 띄우는 것보다 유리하게 나타나고 있었다. 팬스날개가 바닥에 고정된 내부 중앙지점의 풍속감소율이 바닥에 띄운것보다 20%정도 감소하고 있었다. 그리고 바람막이 팬스 폭 4m가 6m보다 내부중앙부분에서 풍속감소율이 20%이상 유리하게 나타나고 있었다.

## 감사의 글

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No.2011-0009235)

## References

1. Goodison BE, Metcalf RA, Wilson RA, Jones K The Canadian automatic snow depth sensor: a performance update. Proceedings of the Fifth-sixth Annual Western Snow Conference, Atmospheric Environment Service, Canada, pp. 178-181, 1988.

2. KMA(Korea Meteorological Administration)A Study on the Localization Strategy for Meteorological Equipments and In-Depth Research for Global Brand Development Plan: p232, 2010.
3. Perera MDAES, Shelter behind two-dimensional solid and porous fences. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 8, pp.93-180, 1981.
4. Ranga RKG, Garde RJ, Singh SK, Singth N, Experimental study on characteristics of flow past porous fences. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 29, pp.155~163, 1988.
5. Lee SJ, Kim HB, Laboratory measurements of velocity and turbulence filed behind porous fences. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 80, pp. 311~326, 1999.
6. Park CW, Lee SJ.,The effects of bottom gap and non-uniform porosity in a wind fence on the surface pressure of a triangular prism located behind the fence. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 89, pp. 1137-1154, 2001.
7. Jeon JG, Kim SH, You JY, You KP, Kim YM, The Study on the decrease of pressure of low-rise building using circle porosity fence. Journal of the Korean Association for Spatial Structures. 6(1) pp.111-115, 2006
8. scStream Version 9. 0 Cradle co., Japan.

(접 수 일 자 : 2014년 03월 06일)

(심사완료일자 : 2014년 03월 26일)

(게재확정일자 : 2014년 04월 14일)