

〈논 문〉

## 다공성 방풍펜스가 대기경계층내에 놓인 삼각프리즘 표면압력에 미치는 영향에 관한 연구

박철우\* · 성승학\*\* · 이상준\*\*\*

(1996년 2월 22일 접수)

### Porous Fence Effects on Surface-Pressure of a Triangular Prism in Atmospheric Boundary Layer

Cheol-Woo Park, Seung-Hak Seong and Sang-Joon Lee

**Key Words :** Porous Fence(다공성펜스), Surface-Pressure(표면압력), Triangular Prism(삼각프리즘),  
Atmospheric Boundary Layer(대기경계층)

#### Abstract

Effects of porous wind fence on surface-pressure around 2-dimensional prism model of triangular cross-section were investigated experimentally. The pressure data were obtained at a Reynolds number based on the model height of  $Re=2.1 \times 10^5$ . Flow visualization also carried out to investigate the flow structure qualitatively. The mean velocity and turbulent intensity profiles measured at fence location were well fitted to the neutral atmospheric surface boundary layer over the open terrain. Various fences with different porosity and height were tested to investigate their effects on the surface pressure acting on a prism model at different locations. As the results, porous fence with porosity 40~50% is most effective for abating wind erosion. With decreasing porosity of the fence, pressure fluctuations on the model surface are increased. The mean pressure coefficients are decreased only when the fence height is greater than the model height. The effect of distance between wind fence and triangular prism was not significant, compared to that of the fence porosity and height.

#### 1. 서 론

화력발전소나 제철소의 대형 원료야적장에서 석탄가루같은 분말입자는 바람에 의해 비산되어 심각한 환경오염을 유발시킨다. 이와같은 비산에 의한 대기오염 문제를 해석하고, 비산 억제대책을 강구하는 것은 풍공학적 관점에서 매우 중요한 의미를

갖는다. 본 연구에서는 비산억제 대책의 일환으로 원료야적장 주위에 설치될 방풍펜스(wind fence)의 효율성을 검토하기 위해 방풍펜스와 야적원료 표면압력 사이의 상호관계를 조사하였다.

분말입자의 비산은 지표면 가까이의 유동특성, 특히 평균유속과 난류전단력과 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 알려져 있으며 비산과 이들간의 관계를 밝히는 연구들이 시도되고 있다.<sup>(1)</sup> 이와같은 연구에서는 지역에 따라 서로 다른 유동특성을 갖는 대기경계층(atmospheric boundary layer)을 풍동에서 축소된 형태로 모사하고 비산현상의 역학적

\*회원, 포항공과대학교 대학원 기계공학과

\*\*포항공과대학교 첨단유체공학연구소

\*\*\*회원, 포항공과대학교 기계공학과

인 상사조건을 만족시켜야 한다.

편평하고 지표면 조도가 균일한 평활지역(open terrain)에서 열적으로 안정된(neutral) 대기경계층의 경우, 축소 대기경계층 생성기술은 이미 실용화되어 있다. 또한 적당한 표면조도와 충분한 길이의 시험부가 있는 경우, 저속의 유동조건에서도 레이놀즈수 상사를 만족시키는 실험이 가능하다.<sup>(2)</sup>

Borges & Viegas<sup>(3)</sup>는 비산에 직접 영향을 주는 물리량인 지표면 가까이에서의 평균유속과 난류전단력을 측정하여 비산억제장치설치 전후의 물리량의 변화를 비교함으로써 억제장치의 효율성을 검토하였다.

Bradley and Mulhearn<sup>(4)</sup>은 방풍펜스의 근접 후류유동은 입사하는 바람의 양각(angle of attack)과 펜스의 종횡비(aspect ratio)에 의해 크게 영향을 받으며, 레이놀즈전단응력 분포는 하류로 나아감에 따라 이론값보다 빠르게 소멸한다고 밝혔다. Perera<sup>(5)</sup>도 방풍펜스의 구멍모양과 다공도를 변화시키면서 펜스 주위의 속도결손과 레이놀즈전단응력의 변화 및 재부착영역의 길이 등을 관찰하였다. 그는 펜스 후방의 재순환 버블(bubble)은 다공도가 증가함에 따라 사라지고 작은 다공성펜스에서도 차폐(shelter)효과를 얻을 수 있음을 밝혔다. 또한 Ranga 등<sup>(6)</sup>은 방풍펜스 자체에 작용하는 항력(drag)이 펜스의 높이와 다공도의 변화에 따라 영향을 받게됨을 실험적으로 연구하여 방풍펜스의 효율성을 밝혔다.

한편, 분말입자의 비산, 즉 야적원료 표면으로부터 미세입자가 이탈을 시작하게 하는 힘은 표면주위 유동의 상대속도와 마찰속도 특성과 관계를 가지고 있으며, 이는 곧 야적원료 표면 부근의 압력변동(pressure fluctuation) 특성변화와 밀접한 관련을 가지게 된다. 표면압력은 야적원료 주위 유동, 특히 와(vortex)나 박리(separation)등에 의해 변화하게 되나 이들간의 관계는 아직 정량적으로 규명되지 않고 있으며 여러가지 경험식들을 사용하여 비산량을 예측하고 있다.<sup>(7,8)</sup> 압력변동에서 나타나는 두드러진 특징은 불규칙하게 나타나는 정점(peak)으로서 표면박리가 일어나는 위치 부근에서 주로 나타나며 비교적 큰 규모의 와에 의하여 유도되는 박리점 부근에서는 더욱 예리한 정점이 나타난다.<sup>(9)</sup> McDonald 등<sup>(10)</sup>은 대기경계층내 실속모형에 대한 실험을 통해서 이를 확인하였다.

Ogawa 등<sup>(11)</sup>은 유속변화에 따른 반원형(semi

-circular) 프리즘의 표면압력변동 특성을 관찰하기 위하여 표면압력신호를 스펙트럼분석하여 시간평균화된 유속과의 상호관계를 구하였으며, 표면압력변동값은 접근하는 유동의 난류강도와 밀접한 관련이 있음을 밝혔다.

방풍펜스에 관한 대부분의 연구는 펜스 주위의 유동장 해석을 주로 다루고 있으며 대기경계층내에 놓여진 모형의 표면압력에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 성승학 등<sup>(12)</sup>은 평균속도와 난류강도분포가 서로 다른 몇가지 대기경계층을 생성시키고 그속에 놓여진 삼각프리즘 모형의 표면압력변화를 관찰하였다. 방풍펜스가 없는 경우에는 표면압력 rms 값이 유입되는 대기경계층과 모형 주위유동의 난류강도에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 삼각프리즘 모양의 야적모형에 대한 다공성 방풍펜스의 효율성을 검토하고자 펜스의 다공도, 높이 및 설치위치에 따른 야적모형의 표면압력변화를 실험적으로 연구하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

본 실험은 폐쇄회로형 POSTECH 대형아음속풍동에서 수행되었는데, 풍공학 연구를 위해 개조된 시험부의 크기는 높이 1.5 m, 폭 1.8 m, 길이 11 m이다. Fig.1에서처럼 풍동시험부 입구에 와류발

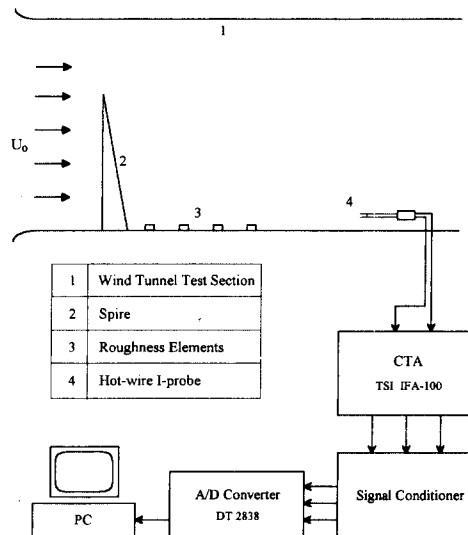


Fig. 1 Wind tunnel test section and velocity measurement system

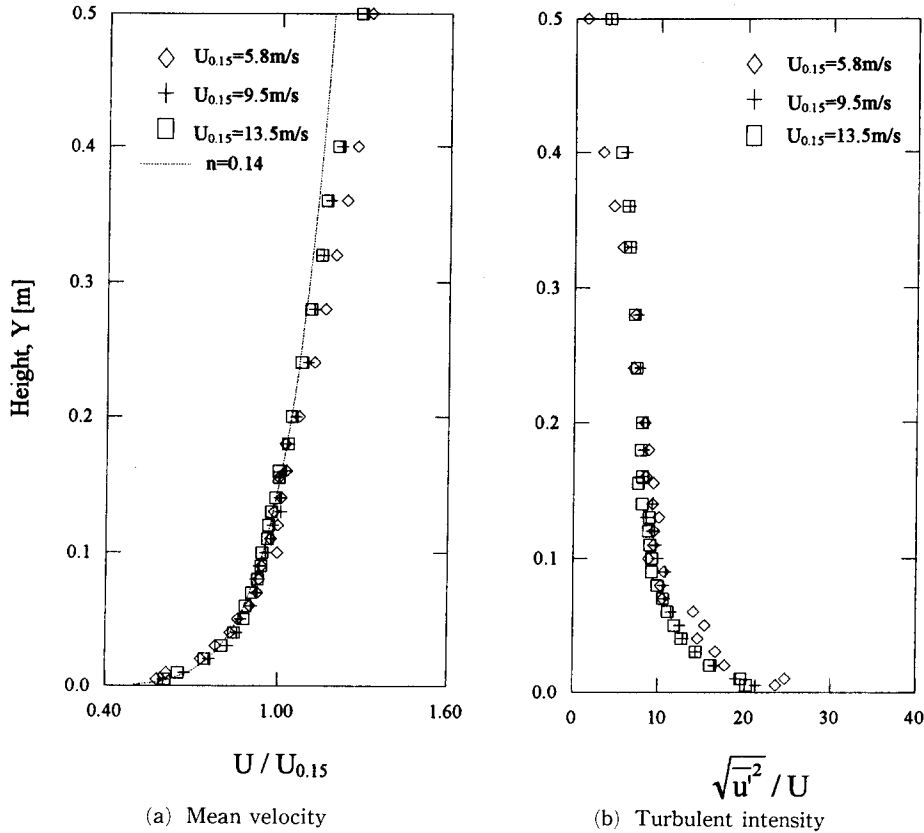


Fig. 2 Mean velocity and turbulent intensity profile of atmospheric boundary layer at  $X=0$

생장치(vortex generator)를 설치하고 거친 바닥면(roughness)을 이용하여 시험부 입구로부터 5 m 지점에 실험조건에 맞는 축소 대기경계층이 생성되도록 하였다. 와류발생장치는 Irwin<sup>(13)</sup>의 방법을 따라 밑면폭 5.4 cm, 높이 71.2 cm의 삼각형 단면을 갖는 스파이어(spire)를 횡방향으로 35.6 cm 간격을 두고 설치하였다.

대기경계층 내부유동의 속도측정에는 피토정압관과 정온형 열선유속계(TSI IFA100)를 사용하였다. 속도신호는 800 Hz 저역(low-pass)필터를 사용하여 한 지점에서 초당 2000개의 비율로 샘플링하여 16000개의 데이터를 얻었다. Fig. 2는 야적모형이 놓일 위치( $X=0$ )에서 측정한 대기경계층의 속도분포와 난류강도분포를 나타내며 야적모형의 선단위치( $Y=0.15$  m)에서의 난류강도는 약 8% 정도이다.

주유동방향 속도성분의 수직방향분포는 다음과 같은 멱법칙(power law) 형태를 가진다. 이것은

평활지역(open terrain)에서의 전형적인 속도분포를 나타내며 지수  $n=0.14$ 에 해당한다.

$$\frac{U(y)}{U_0} = \left(\frac{y}{H}\right)^n$$

여기서,  $H$ 는 프리즘모형의 선단높이 0.15 m를 나타낸다. 2차원 삼각프리즘 모형은 평균높이 15 m의 실물 원료야적 형상을 1:100로 축소시킨 것으로 40°의 경사각을 갖도록 하였다. 삼각프리즘의 중간위치에 표면을 따라 총 46개의 압력공(양 경사면에 각각 23개)을 중앙부분에서 7 mm, 양 끝단에서 20 mm간격으로 배치하였다.

압력측정은 다점 압력측정장치(Scannivalve 48 J9-1)와 A/D 변환기(DT2838)를 사용하여 수행하였다. Fig. 3은 압력측정의 개략도로 모형표면에서의 압력변동신호가 연결튜브를 따라 다점압력측정장치내의 압력변환기(PDCR22-1psid)로 전달된다. 이때 각 채널의 선택은 솔레노이드 제어기(CTLR/S2)를 통해 이루어진다. 압력변환기로부터 나온

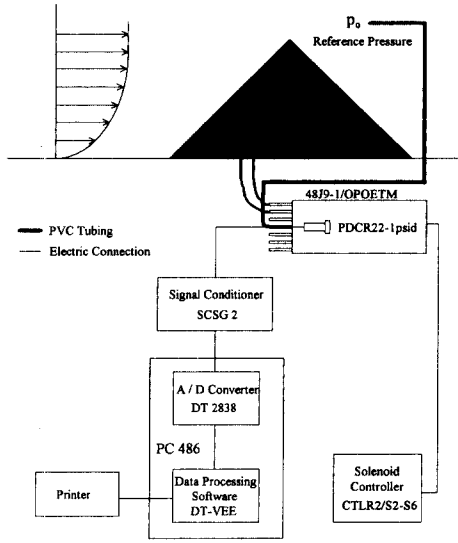
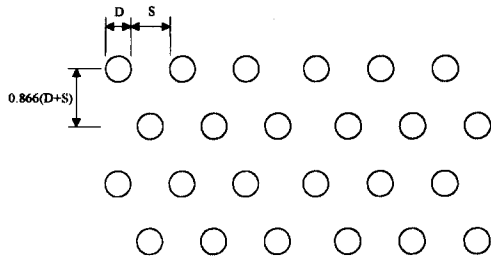


Fig. 3 Schematics of surface pressure measurement system



Porosity $\epsilon$ (%)	D(mm)	S(m)
20	1.0	1.13
30	1.0	0.74
40	1.0	0.50
50	1.2	0.42
65	1.7	0.30

Fig. 4 Configuration of holes of porous wind fence

아날로그 전압신호는 A/D 변환기(DT2838)를 지나 디지털화되고 원하는 물리량(mmH<sub>2</sub>O), 압력 계수( $C_p$ ) 등으로 변환되어진다. 모형표면의 압력공과 다점 압력측정장치의 각 채널을 안지름 0.8 mm, 길이 250 mm의 비닐튜브로 연결하여 튜브를 통과하는 동안에 압력시그널의 동특성이 변하지 않도록 다점 압력측정장치를 프리즘모형 내부에 설치하여 가능한한 튜브내 체적을 작게 하였다.<sup>(14,15)</sup> 압력측정시 데이터는 각 채널마다 초당 500개의 비율로 샘플링하여 16384개를 취득하여 평균하였으며,

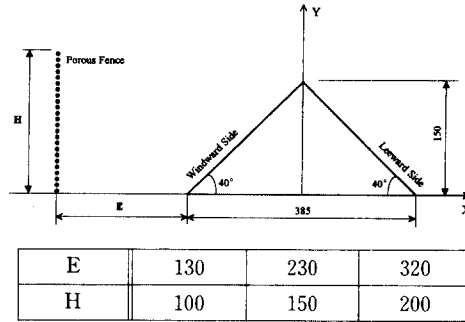


Fig. 5 Experimental set-up and coordinate system (unit : mm)

채널 변경시마다 10초 정도의 압력회복시간을 주었다. 또한 노이즈를 제거하기 위하여 200 Hz로 저역(low-pass) 필터링시켰다.

Fig. 4는 다공성 방풍펜스의 구멍형상과 치수를 나타내는데, 모형펜스는 특수 코팅처리된 두께 0.5 mm의 스테인레스판을 부식(etching)하여 제작하였다. 본 연구에서는 5가지 서로 다른 다공도( $\epsilon=20, 30, 40, 50, 65\%$ )를 가진 방풍펜스를 사용하여 프리즘모형에 걸리는 표면압력변화를 측정하였으며 그 결과를 방풍펜스가 없는 경우<sup>(12)</sup>와 비교하였다.

Fig. 5는 본 연구에서 사용한 실험 set-up을 나타낸 것으로 다공성 방풍펜스의 높이(H)와 펜스로부터 삼각프리즘 선단까지의 거리(E)를 각각 세가지 다른 조건으로 다루었다.

프리즘모형 표면에서의 압력계수  $C_p$ 는 표면압력  $p$ 와 기준 정압(static pressure)  $\rho_0$ 와의 압력차를 모형높이(H)에서의 평균유속  $U_{0.15}$ 와 공기밀도  $\rho$ 로 무차원화시켜 다음과 같이 표현된다.

$$C_p = \frac{p - \rho_0}{\frac{1}{2} \rho U_{0.15}^2}$$

여기서, 기준압력  $\rho_0$ 는 Fig. 3에서 프리즘 후단의 끝점에서 수직방향으로  $Y=1.2$ m인 높이에 피토펙압관을 설치하여 구하였는데, 이곳은 모형의 영향이 적은 비점성유동 구간이다.

2차원 삼각프리즘 모형에 대하여 레이놀즈수( $Re = U_0 H / \nu$ )를 증가시키에 따라 표면압력분포가 수렴하고 있으므로 시간 평균화된 압력계수에 대한 레이놀즈수의 영향은 무시할수 있는 것으로 판단된다.<sup>(11,13)</sup> 본 연구에서는 모형높이에서의 유속을  $U_{0.15} = 14$  m/s로 맞추어 실험하였는데, 모형높이에

기초한 레이놀즈수는  $Re=2.1 \times 10^5$ 으로 박리점이 일정한 물체에 대한 임계 레이놀즈수  $1.2 \times 10^5$ 보다 높다.

그리고 방풍펜스와 삼각프리즘 주위 유동의 정성적인 특성을 관찰하기 위하여 입자주입법(tracer method)을 사용하여 유동을 가시화 하였다. 이 실험은 시험부의 크기가 폭 300 mm, 높이 200 mm, 길이 1200 mm인 소형 회류수조에서 수행하였는데 이때의 자유흐름속도는 12 cm/s이었다. 이경우에도 삼각프리즘이 위치한 곳에서 실험조건에 맞는 경계층을 생성시키기 위하여 시험부 입구쪽에 스파이어(spire)를 부착시켰다. 유동가시화를 위하여 사용된 입자는 직경이  $300 \mu\text{m}$ 인 폴리스티렌(polystyrene)으로 상온에서의 비중은 약 1.02이며 사진기의 노출시간을 조절하여 입자의 유적선(pathline)을 촬영하였다. 할로겐램프(150 W)에서 나온 빛을 절연필터, 광섬유케이블 및 원주형 렌즈를 지나게 함으로써 원하는 유동단면을 시트(sheet) 형태로 조명하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 유동가시화

Fig. 6(a)는 방풍펜스의 다공도( $\epsilon$ ) 변화에 따른 삼각프리즘 전방의 유동가시화 결과이다. 시험부 앞에 설치된 스파이어와 거친 바닥면의 영향으로 펜스에 접근하는 자유흐름은 수직방향으로 속도구배를 가지고 있으며 바닥면 가까이에서 보다 강한 난류성분이 포함되어져 있음을 볼 수 있다. 다공도  $\epsilon=100\%$ 인 경우, 즉 펜스가 없을때 이러한 속도구배를 가진 자유흐름이 삼각프리즘 전면(windward side)을 따라 속도가 가속된후 선단을 지나면서 날카로운 모서리를 가진 물체 등에서 나타나는 박리유동 특성이 관찰되고 있다.

그러나 다공도가  $\epsilon=20, 30\%$ 인 펜스가 설치되었을 경우는 펜스 윗부분에서 박리된 전단유동은 프리즘 상단에 부딪히며 재순환하여 프리즘 전면을 따라 내려와 펜스후류로 유입되게 된다. 이와같이

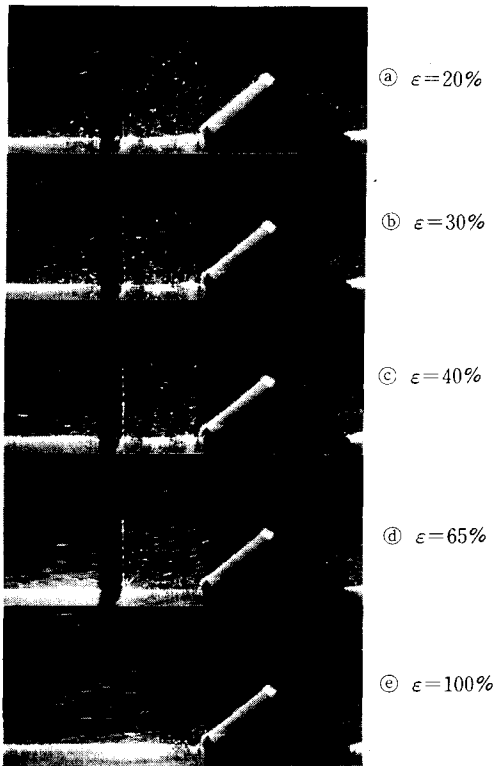


Fig. 6(a) Flow visualization in front of the triangular prism

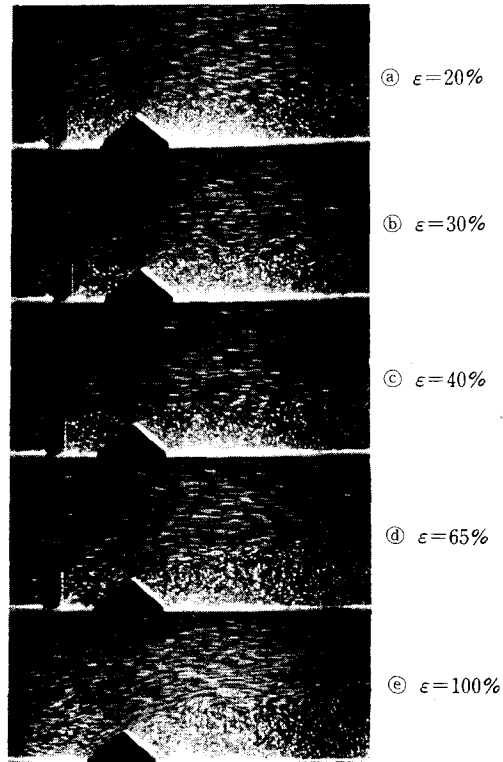


Fig. 6(b) Flow visualization behind the triangular prism

유입된 유동은 펜스구멍을 통과한 유동과 서로 혼합되어 속도가 감소하고 역방향 속도성분도 존재하는 복잡한 유동형태를 보여주고 있다. 또한 이렇게 감속되었던 재순환유동은 방풍펜스와 삼각프리즘 사이에서 크게 순환되면서 일부는 다시 펜스 상부의 박리전단 유동으로 혼입되어지고 있음을 볼 수 있다.

다공도가  $\epsilon=40$ , 65%인 방풍펜스의 경우는 펜스구멍을 통과하는 유량이 증가되면서 프리즘 전면을 따라 내려오던 내부유입 유동이 감소하여 펜스 윗부분의 활발한 혼합부분을 제외하고는 전체적으로 역방향 속도성분이 감소되어 재순환영역이 점차 사라져가고 있음을 관찰할 수 있다. Perera<sup>(6)</sup>는 펜스의 다공도가 30% 이상이 되면 펜스후류의 재순환 버블 발생이 억제되어 진다고 하였는데 이는 표면압력 감소효과가 다공도 40% 정도에서 효과적일 수 있음을 뒷받침하고 있다.

Fig. 6(b)는 삼각프리즘 뒷부분에 형성되는 근접 후류의 유동장을 가시화한 결과이다. 전반적으로 프리즘 상단에서 박리된 유동이 길게 펼쳐지면서 큰 재순환영역을 이루고 그 내부에 다시 약한 주기

성을 가진 작은 에디(eddy)들이 포함되어져 있는 유동구조를 보여주고 있다. 이것은 역방향 속도성분을 가진 재순환유동과 펜스와 프리즘 상단에서 박리되면서 유입되는 유동의 혼합으로 인해 약한 주기성을 가진 에디들이 유출되고 있기 때문이다.

삼각프리즘 정점을 조금 지난 부분에서 이와같은 에디성분이 가장 활발하게 나타나는데 이것은 프리즘에서 박리된 유동과 프리즘 후류에서 재순환되면서 배면(leeward side)을 따라 상승되었던 유동이 이곳에서 서로 만나게 되기 때문이며, 압력측정 결과에서도 이곳에서 압력변동성분이 가장 크게 나타난다.

### 3.2 Fence 다공도의 영향

Fig. 7은 다공도( $\epsilon$ )가 서로 다른 다공성펜스를 높이  $H=20$  cm로 설치했을때 펜스 후방  $E=32$  cm 지점에 놓여있는 삼각프리즘 모형표면의 평균압력 분포 변화를 나타낸 것이다. 여기서 보면 다공성펜스를 설치함으로써 바람을 막닥뜨리는 전면(windward side)에서 평균압력을 크게 낮출수 있음을 알 수 있다. 또한 모형의 전면에서는 방풍펜

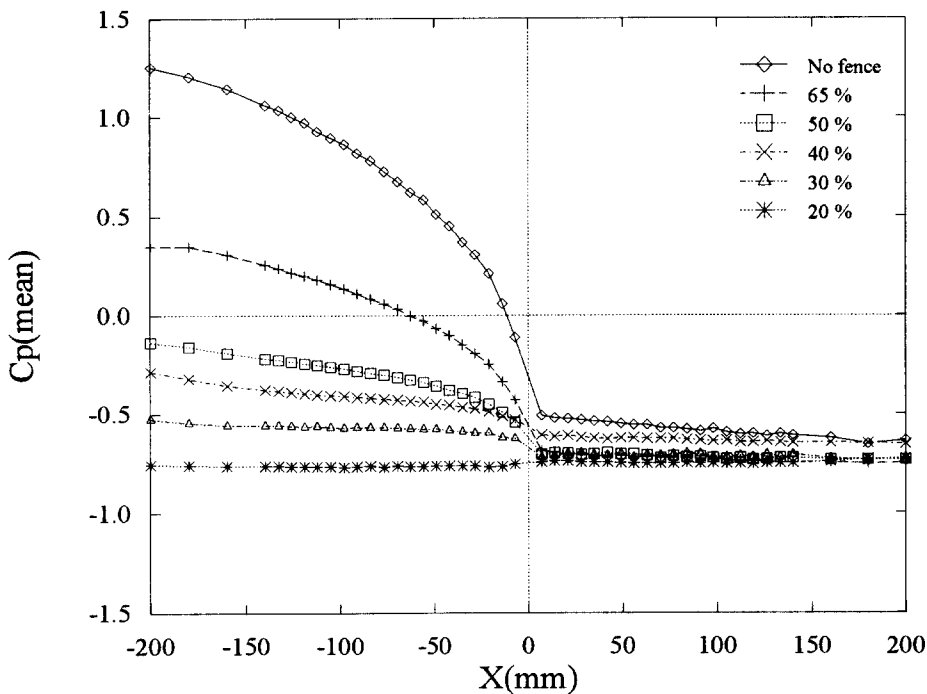


Fig. 7 Effect of fence porosity on the mean pressure distribution on a model surface for  $H=20$  cm,  $E=32$  cm

스의 다공도( $\epsilon$ )가 감소할수록 표면압력이 거의 선형적으로 감소하고 있다.

먼저 야적모형 전방에 펜스가 설치되지 않은 경우, 즉  $\epsilon=100\%$ 일 때는 자유흐름 유동이 모형 전면쪽에 부딪혀 모형 상단쪽으로 가속되어지면서 압력이 감소하며, 정점을 지난 직후 유동 박리현상이 일어나게 된다. 그러므로 모형 전면쪽의 표면압력은 전체적으로 양압을 나타내게 되며 박리가 일어난 정점끝 주위에서는 난류강도의 증가와 함께 음압을 가지게 된다.<sup>(3)</sup> 모형배면(leeward side)은 역방향 속도성분이 있는 느린 재순환 유동속에 놓여지게 되어 전체적으로 거의 일정한 음압 분포를 보여주고 있다.

다공도  $\epsilon=20\%$ 인 펜스의 경우 막힌벽(solid wall)에 가까운 차폐효과로 펜스 후방의 유속을 크게 떨어뜨려 전체적으로 비슷한 평균속도분포를 가져 결과적으로 거의 일정한 압력분포를 보여주고 있다. 즉, 다공도가 작은 경우 펜스를 통과하는 유량이 감소되고 상대적으로 펜스의 차폐효과가 증대되어 펜스와 모형사이에서 큰 규모의 재순환 영역을 형성하게 된다. 또한 모형 배면부분도 펜스를 지나

며 박리된 큰 규모의 재순환영역속에 들어있고 모형의 꼭지점 부분의 각도도  $100^\circ$ 로 완만하기 때문에 급격한 압력변화는 나타나지 않는다. 따라서  $\epsilon=20\%$ 인 다공성펜스는 삼각프리즘 표면부위에 거의 일정한 크기의 음압영역을 형성시킴을 알 수 있다.

그러나 펜스의 다공도가  $40\%$ 이상인 경우에는 차폐효과가 감소하며 펜스와 프리즘 사이의 재순환유동이 억제되어 펜스구멍을 통과하는 유동(bleed flow)이 증가하게 되어 삼각프리즘 전면에서의 압력이 증가하게 된다. 따라서 원료비산을 야기시키는 음압영역이 다공도  $\epsilon=40\sim50\%$  펜스의 경우에는 감소하고 있어 비산방지에 효과적이다. 반면에 다공도가  $65\%$ 이상으로 증가하게 되면 프리즘 전면에서 양압 분포를 가지게되어 표면압력변동성분에 의한 수직방향의 운동보다 상대유속에 의한 수평방향의 항력이 크게 작용하게 되어 오히려 비산방지에 비효율적이다.

Fig. 8은 프리즘 모형 표면에서 측정된 압력변동 신호로부터 구한 rms 압력분포를 나타낸 것인데 다공도  $\epsilon=20\%$ 를 제외하고는 펜스 다공도에 상관

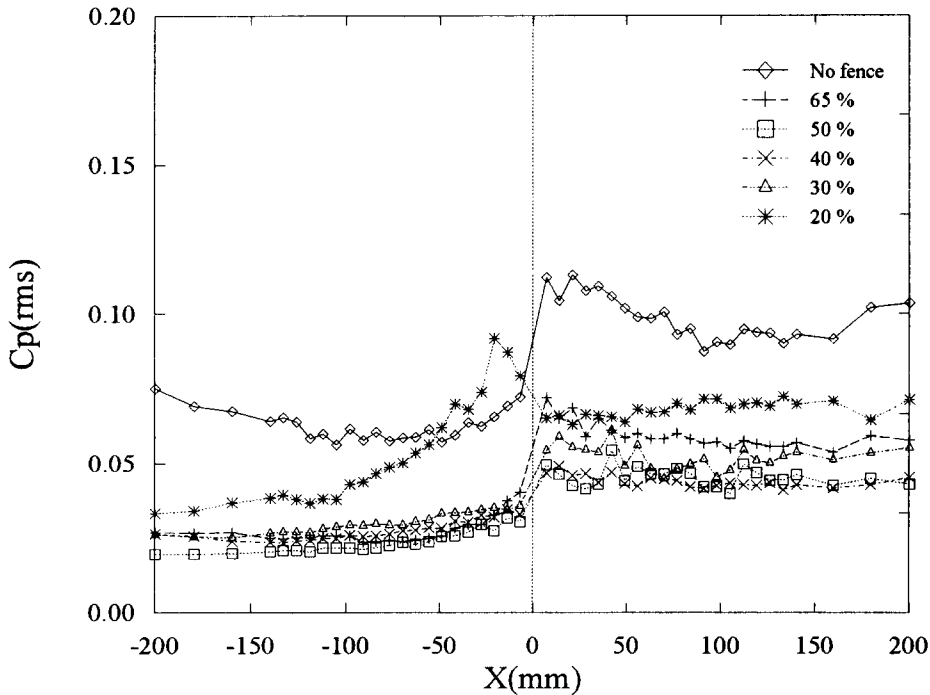


Fig. 8 Effect of fence porosity on the rms pressure distribution on a model surface for  $H=20$  cm,  $E=32$  cm

없이 대체로 유사한 분포형태를 보여주고 있다. 따라서 다공도( $\epsilon$ ) 변화에 따라 유동의 난류강도는 변화하지만 다공도가 30% 이상인 경우, 표면압력의 rms 값은 크게 변화하지 않음을 알 수 있다. 그러나 다공도가  $\epsilon=20\%$ 인 경우에는 펜스를 통과하는 유동이 상대적으로 적고 펜스 상부로부터 유입되는 유동이 증대되어 전면 선단부근에서 높은 rms 압력값을 가진다.

### 3.3 Fence 높이의 영향

Fig. 9와 Fig. 10은 모형의 전방  $E=32$  cm 떨어진 곳에 다공도  $\epsilon=50\%$ 인 펜스를 설치한 경우에 대하여 펜스높이가 표면압력 특성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 여기서 보면 펜스높이( $H$ )가 평균 압력 분포에 미치는 영향은 펜스높이( $H$ )가 높을수록 낮은 압력계수 값을 가지게되며 프리즘 모형의 전면에서 두드러진 압력감소효과를 보여준다. 그러나 배면에서는 펜스높이가 모형의 선단높이와 같거나 낮아질 경우에는 모형선단에서 박리되어지는 유동 형태가 거의 일정하게 유지되면서 펜스가 없는 경우의 일정한 값으로 접근되는 경향을 보여주고 있다.

Fig. 10은 펜스높이가 표면압력의 rms 값에 미치는 영향을 보여주고 있는데, 전반적으로 펜스높이가 높아질수록 낮은 rms 압력값을 가진다. 특히 모형높이보다 낮은  $H=10$  cm의 펜스의 경우에 있어서는 펜스선단으로부터 박리되어진 선단유동이 모형의 배면 윗부분에 부딪혀 선단부근과 선단이후의 배면에서 높은 난류강도를 가짐으로써 표면압력의 rms 값이 크게 증가되는 것으로 보인다. 또한 다공성 방풍펜스는 삼각프리즘 배면부분에서 펜스가 설치되지 않은 경우에 비해 압력 rms 값을 반으로 줄일수 있어 그만큼 분말입자의 비산을 억제할 수 있음을 알 수 있다.

### 3.4 Fence 위치의 영향

Fig. 11은 다공도  $\epsilon=50\%$ , 높이  $H=20$  cm인 방풍펜스에 대하여 삼각프리즘 모형과 펜스사이의 거리( $E$ ) 변화에 따른 표면압력의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 보면 펜스가 야적모형에 가까울수록 모형 전면에서 평균압력의 크기가 약간 증가하는 경향을 나타낸다. 이것은 거리가 가까울수록 펜스 선단에서 박리되어 재순환된 유동의 속도가 빨라 양의방향 압력성분이 증가된 것으로 보인다. 그리

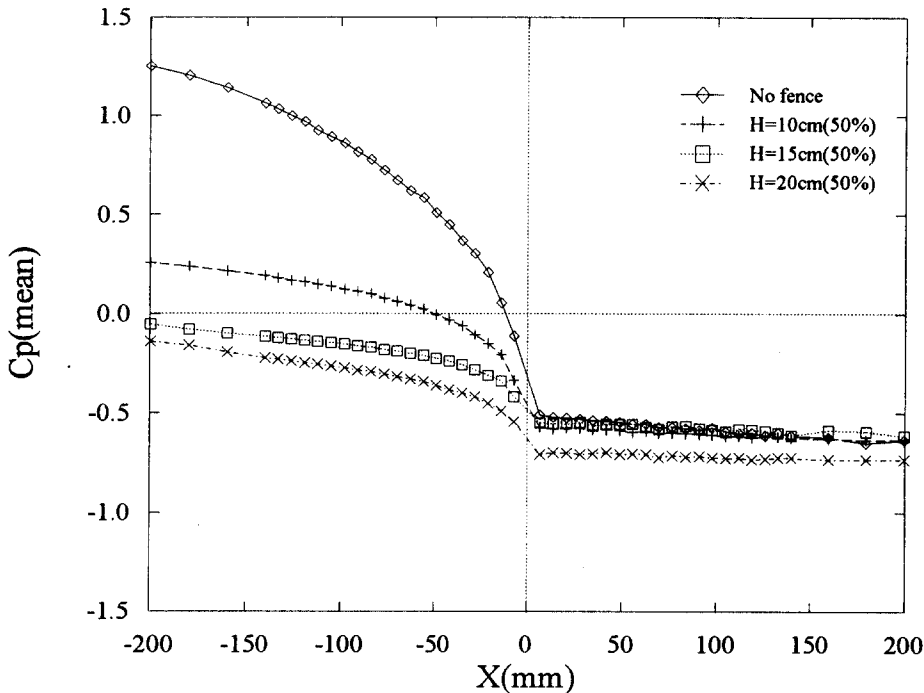


Fig. 9 Effect of fence height on the mean pressure distribution for porosity  $\epsilon=50\%$ ,  $E=32$  cm



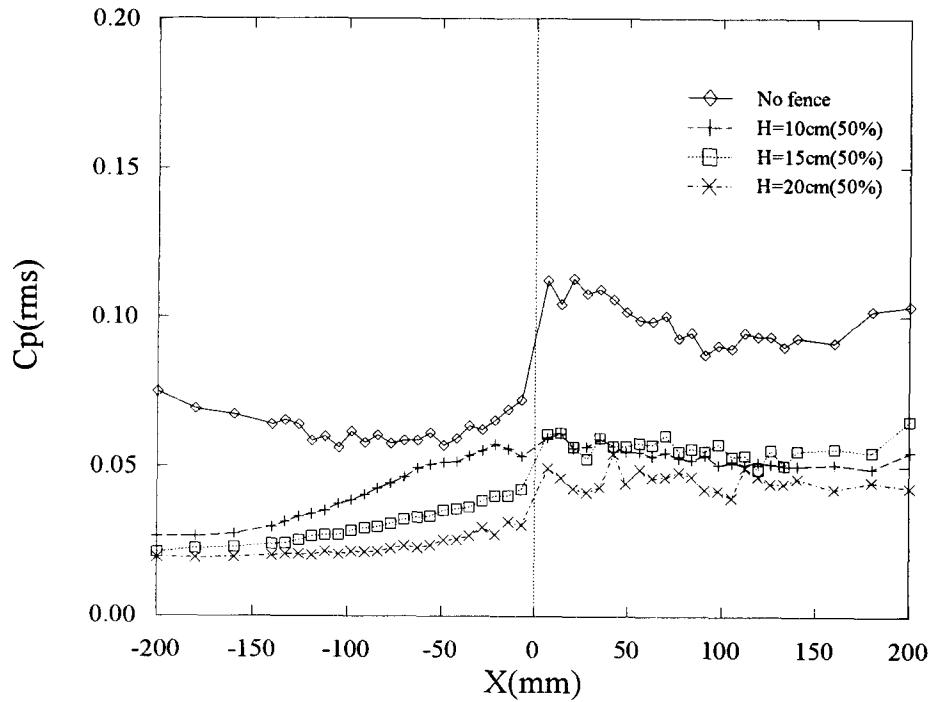


Fig. 10 Effect of fence height on the rms pressure distribution for porosity  $\epsilon=50\%$ ,  $E=32$  cm

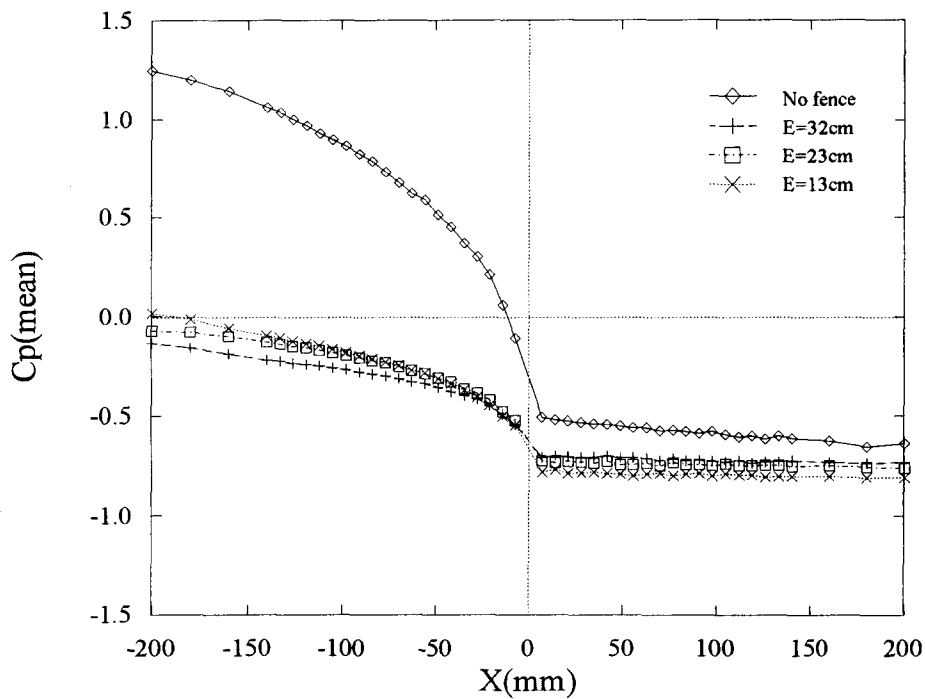


Fig. 11 Effect of fence location on the mean pressure distribution on a model surface for porosity  $\epsilon=50\%$ ,  $H=20$  cm

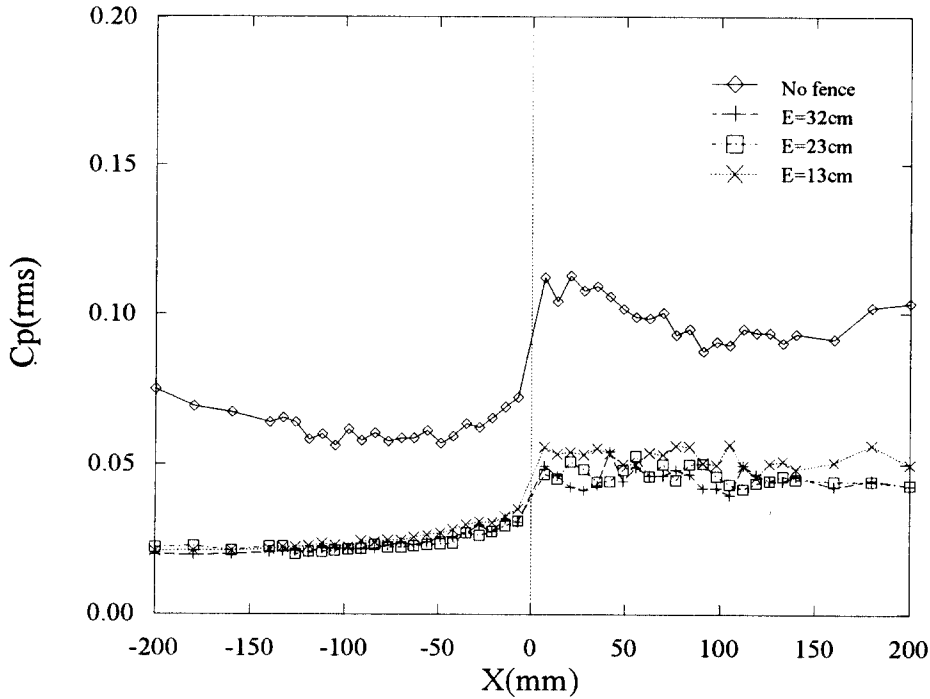


Fig. 12 Effect of fence location on the rms pressure distribution on a model surface for porosity  $\epsilon = 50\%$ ,  $H = 20$  cm

고 선단 직전인  $X = -10$ mm 부근에서 압력계수가 일치하며 모형 뒷편인 배면에서는 반대로 펜스로부터 모형이 멀리 떨어진 경우가 높은 압력계수 값을 나타내며 그 경향은 거의 일정하다.

펜스위치가 압력변동 rms 값에 미치는 영향을 나타낸 Fig. 12를 보면 모형 전면에서는 거의 동일한 분포를 보이는 반면 배면에서는 펜스의 상대적 위치변화에 따라 전면에 비해 상대적으로 큰 재순환 영역을 형성하여 높은 rms 값을 가지며 거리 (E)가 가까울수록 높은 rms 분포를 보여주고 있다. 또한 펜스와 모형사이의 거리는 다른 두가지 매개변수인 펜스의 다공도( $\epsilon$ )와 높이(H)에 비해 모형의 표면압력 변화에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 평활지역(open terrain) 대기경계층내에 놓여진 2차원 삼각프리즘 모형 앞에 다공성 방풍펜스(porous wind fence)를 설치하고 이 방풍펜스의 다공도, 높이 및 설치위치가 프리즘의 표면

압력특성에 미치는 영향을 실험적으로 조사하였다. 삼각프리즘 전방에 다공성펜스를 설치함으로써 전체적으로 높은 방풍효과가 나타났으며 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 다공도  $\epsilon = 40 \sim 50\%$ 의 방풍펜스가 표면압력 감소에 효과적이며 이보다 다공도가 작을 경우 펜스를 통과하는 유량이 감소하고 차폐효과가 증대되어 펜스와 삼각프리즘 사이에 큰 재순환영역이 형성되어 표면압력의 rms 값이 증대되어진다.

(2) 방풍펜스의 높이는 삼각프리즘 높이 이상일 때 압력감소에 효과적이며, 다공성 방풍펜스는 펜스가 설치되지 않은 경우에 비해 절반이하의 압력 rms 값을 갖는다.

(3) 본 연구에서 다룬 실험범위내에서 펜스와 프리즘 사이의 거리가 표면압력에 미치는 영향은 펜스의 다공도와 높이에 비해 크지 않으며, 모형 전면에서는 거리가 가까울수록 큰 압력계수 값을 가지며 배면에서는 반대 경향을 보여주고 있다.

(4) 본 연구에서 얻어진 결과는 방풍펜스의 최적 설계 및 적절한 설치위치 등을 검토하는 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

## 후 기

본 연구는 포항제철 연구과제와 첨단유체공학연구센터의 지원에 의하여 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) Xuan, J. and Ye, W., 1993, "Wind Tunnel Modeling of Dust Emission and Deposition in Lower Atmosphere: Similarity Principles," *Proc. Third Asia-Pacific Symposium on Wind Engineering*, pp. 1053~1058.
- (2) Cermak, J. E., 1987, "Advances in Physical Modeling for Wind Engineering," *J. Engineering Mechanics, ASCE*, Vol. 113, No. 5, pp. 737~756.
- (3) Borges, A. R. and Viegas, D. X., 1988, "Shelter Effects on a Row of Coal Piles to Prevent Wind Erosion," *J. Wind Eng. & Industrial Aero.*, Vol. 29, pp. 145~154.
- (4) Bradley, E. F. and Mulhearn, P. J., 1983, "Development of Velocity and Shear Stress Distribution in the Wake of a Porous Shelter Fence," *J. Wind Eng. & Industrial Aero.*, Vol. 15, pp. 145~156.
- (5) Perera, M. A. E. S., 1981, "Shelter behind Two-dimensional Solid and Porous Fences," *J. Wind Eng. & Industrial Aero.*, Vol. 8, pp. 93~104.
- (6) Ranga R. K. G., Garde, R. J., Singh, S. K. and Singh, N., 1988, "Experimental Study on Characteristics of Flow Past Porous Fences," *J. Wind Eng. & Industrial Aero.*, Vol. 29, pp. 155~163.
- (7) Gillette, D. A., 1974, "On the Production of Soil Wind Erosion Aerosols Having the Potential for Long Range Transport," *J. Rech. Atmos.*, Vol. 8(3/4), pp. 735~774.
- (8) Owen, P. R., 1964, "Saltation of Uniform Grains in Air," *J. Fluid Mech.*, Vol. 20, pp. 225~242.
- (9) Peridier, V. J., Smith, F. T and Walker, J. D. A., 1991, "Vortex-Induced Boundary-Layer Separation, Part2. Unsteady Interacting Boundary-Layer Theory," *J. Fluid Mech.*, Vol. 232, pp. 133~165.
- (10) McDonald, J. R., Wang, W. and Smith, D. A., 1995, "Field Experiments for Wind Loads on Pavers," *Proc. 9th Int. Conference on Wind Engineering*, Vol. 1, pp. 145~154.
- (11) Ogawa, T., Nakayama, M., Murayama, S. and Sasaki, Y., 1991, "Characteristics of Wind Pressure on Basic Structures with Curved Surfaces and Their Response in Turbulent Flow," *J. Fluid Mech.*, Vol. 38, pp. 427~438.
- (12) 성승학, 박철우, 이상준, 1995, 대기경계층 내에 놓인 삼각프리즘의 표면압력특성에 관한 실험적 연구, 대한기계학회 '95추계학술대회 논문집(Ⅱ), pp. 268~273.
- (13) Irwin, H. P. A. H., 1981, "The Design of Spires for Wind Simulation," *J. Wind Eng. & Industrial Aero.*, Vol. 7, pp. 361~366.
- (14) Gerstoft, P. and Hansen, S. O., 1987, "A New Tubing System for the Measurement of Fluctuating Pressures," *J. Wind Eng. & Industrial Aero.*, Vol. 25, pp. 335~354.
- (15) Holmes, J. D., 1995, "Method of Fluctuating Pressure Measurement in Wind Engineering," *A State of the Art in Wind Engineering, Proc. 9th Int. Conference on Wind Engineering*, pp. 26~46.