

# 제3장 유체동역학

## 3.3 유선의 법선 방향을 따라 F=ma 적용

### 법선방향(n방향)에 대한 운동방정식

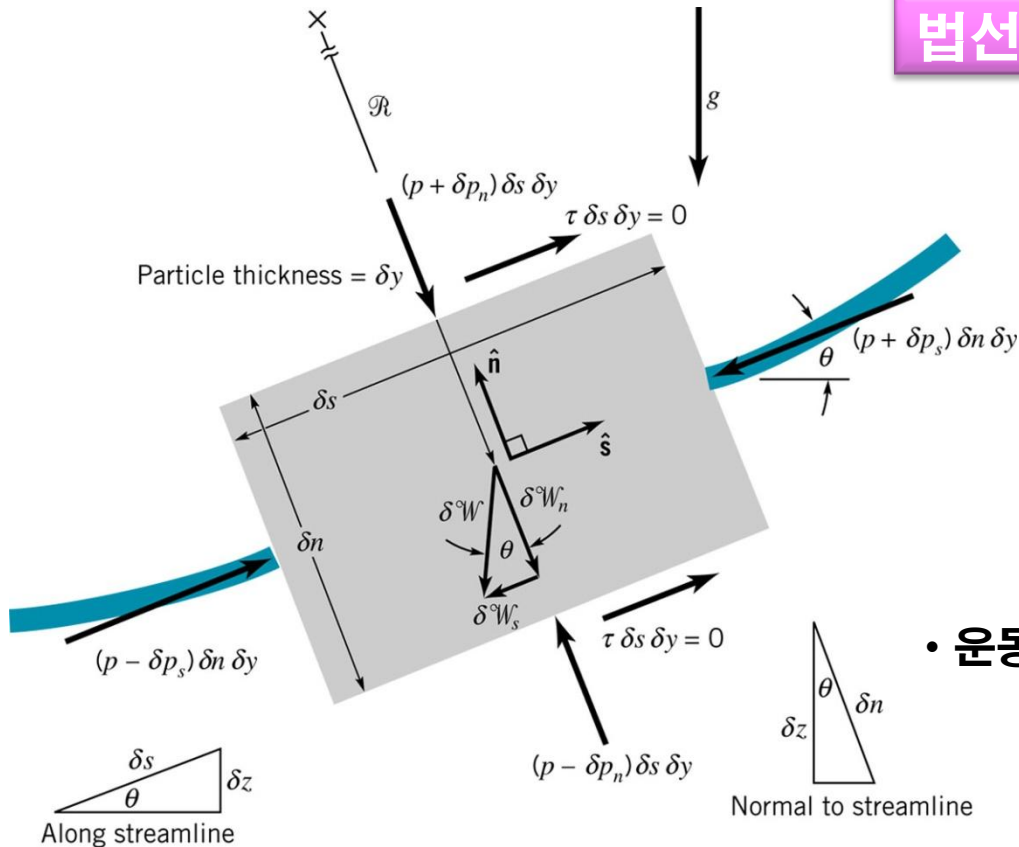
- 가정 : 비점성, 정상유동, 유선을 따라

$$\sum \delta F_n = \delta m a_n$$

$$-\gamma \frac{dz}{dn} - \frac{\partial p}{\partial n} = \frac{\rho V^2}{R} \quad (3.10a)$$

- 운동이 수평면상에서 이루어 질 경우(dz/dn=0)

$$\frac{\partial p}{\partial n} = -\frac{\rho V^2}{R} \quad (3.10b)$$



## 제3장 유체동역학

$$\frac{\partial P}{\partial n} = -\frac{\rho V^2}{R}$$

- 곡률중심에서 멀어질수록 압력이 증가함을 의미
- 즉,  $n$ 의 +방향은 유선의 안쪽이므로  $\frac{\partial p}{\partial n}$  이 증가하면(=안으로 들어가면) 작아지고, 바깥으로 가면 +가 된다.



# 제3장 유체동역학

## 유선방향(n방향)에 대한 운동방정식

- 가정 : 비점성, 정상유동, 유선을 따라

$$\sum \delta F_n = \delta m a_n$$



$$-\gamma \frac{dz}{dn} - \frac{\partial P}{\partial n} = \frac{\rho V^2}{R}$$



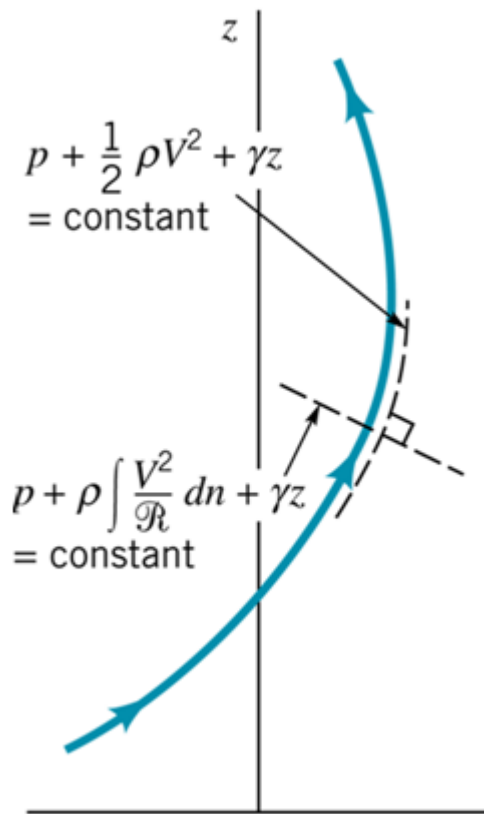
- 가정 : 비압축성, 비점성, 정상유동, 유선을 따라

$$P + \rho \int \frac{V^2}{R} dn + \gamma z = \text{const}$$

(3.12)

# 제3장 유체동역학

## 3.4 물리적인 해석



$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma z = \text{const} \quad (3.13)$$

압력에너지 + 운동에너지 + 위치에너지 = 전체에너지

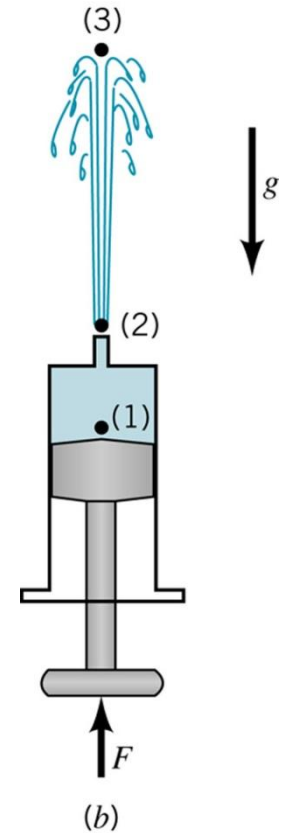
$$P + \rho \int \frac{V^2}{R} dn + \gamma z = \text{const} \quad (3.14)$$

# 제3장 유체동역학

## 예제 3.4 : 운동에너지, 위치에너지 및 압력에너지

(1), (2), (3)에서의 유체에너지를 베르누이 방정식을 이용하여 설명하라.

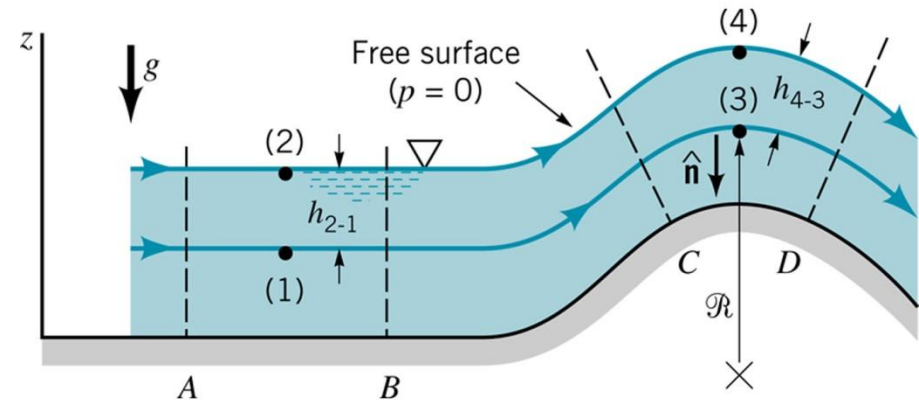
	운동에너지 $\frac{1}{2}\rho V^2$	위치에너지 $\gamma z$	압력에너지 $P$
(1)점	小	0	大
(2) 점	大	小	0
(3) 점	0	大	0



# 제3장 유체동역학

## 예제 3.5 : 유동흐름 내의 압력변화

비점성, 비압축성, 정상유동. 단면 A에서 B까지는 유선들이 직선이지만, 단면 C, D사이에서는 원형의 궤적.  
 (1), (2)사이, 그리고 (3), (4) 사이의 압력변화를 기술하라.



법선 방향의 베르누이방정식

$$P + \rho \int \frac{V^2}{R} dn + \gamma z = const \quad \text{에서}$$

(1), (2) 지점 :  $R = \infty$  이므로  $P + \gamma z = const$

또한,  $P_2 = 0$  (gage),  $z_1 = 0$ ,  $z_2 = h_{2-1}$  이므로

$$P_1 = \gamma h_{2-1} \quad // \text{Answer}$$

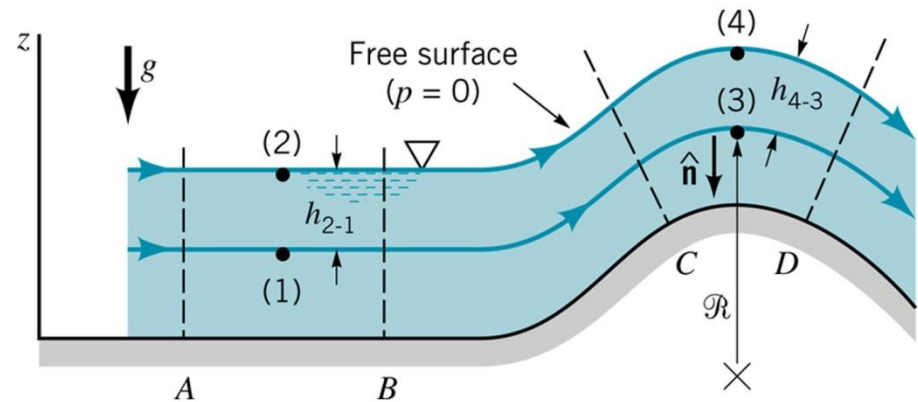


# 제3장 유체동역학

(3), (4) 지점 :

$$P_4 + \rho \int_{z_3}^{z_4} \frac{V^2}{R} (-dz) + \gamma z_4 = P_3 + \gamma z_3$$

$$P_3 = \gamma h_{4-3} - \rho \int_{z_3}^{z_4} \frac{V^2}{R} (dz) \quad // \text{Answer}$$



# 제3장 유체동역학

## 3.5 정압, 정체압, 동압 및 전압

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma z = \text{全壓(total pressure)}$$

정수압(hydrostatic pressure) :  
높이변화에 따르는 압력변화

정압(static pressure) :  
유체가 유동 할 때의  
실제적인 열역학적 압력

$$p_1 = p_4 + \gamma h_{4-3} + \gamma h_{3-1} = \gamma h$$

여기서, 높이 차를 무시하면

$$p_1 = p_3$$

즉, 정압은 유동 표면에  
부착한 관에서의 압력

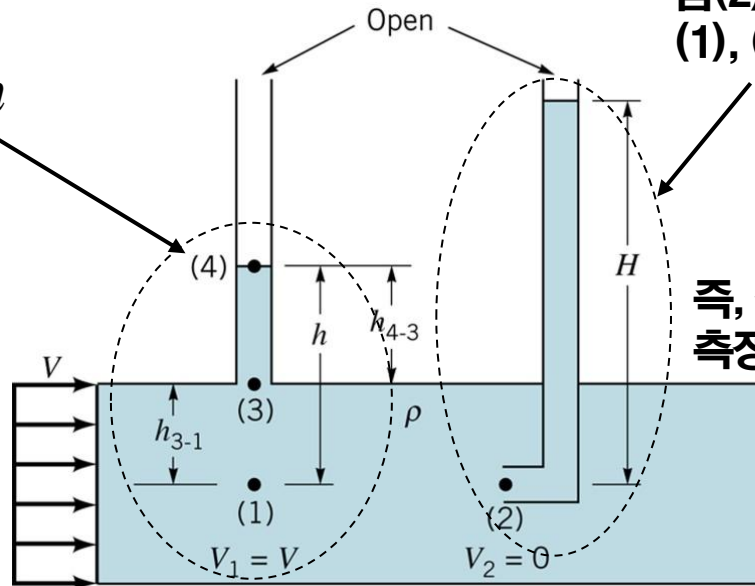
동압(dynamic pressure) :  
유동하는 유체가 정지할 때  
운동에너지가 압력의 증가로  
변화됨으로서 발생

정체압(stagnation pressure) :  
유선이 둘로 나누어지는 지점의 압력,  
점(2)에서의 압력. ( $V_2=0$ )  
(1), (2)지점의 베르누이 방정식에서

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2$$

**정체압 = 정압 + 동압**

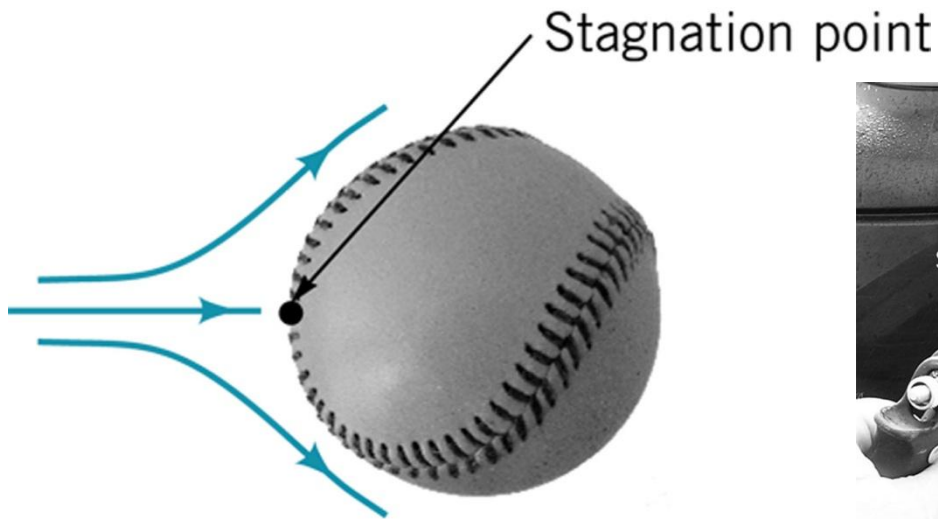
즉, 정체압은 유동의 중심에서  
측정한 압력





# 제3장 유체동역학

## ◆ 정체점 (stagnation point)



(a)



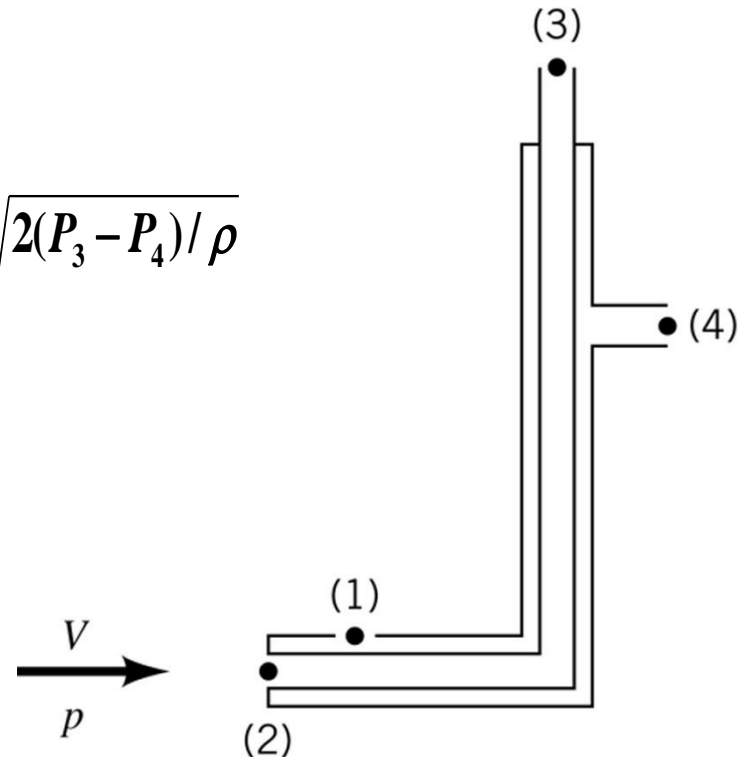
(b)

# 제3장 유체동역학

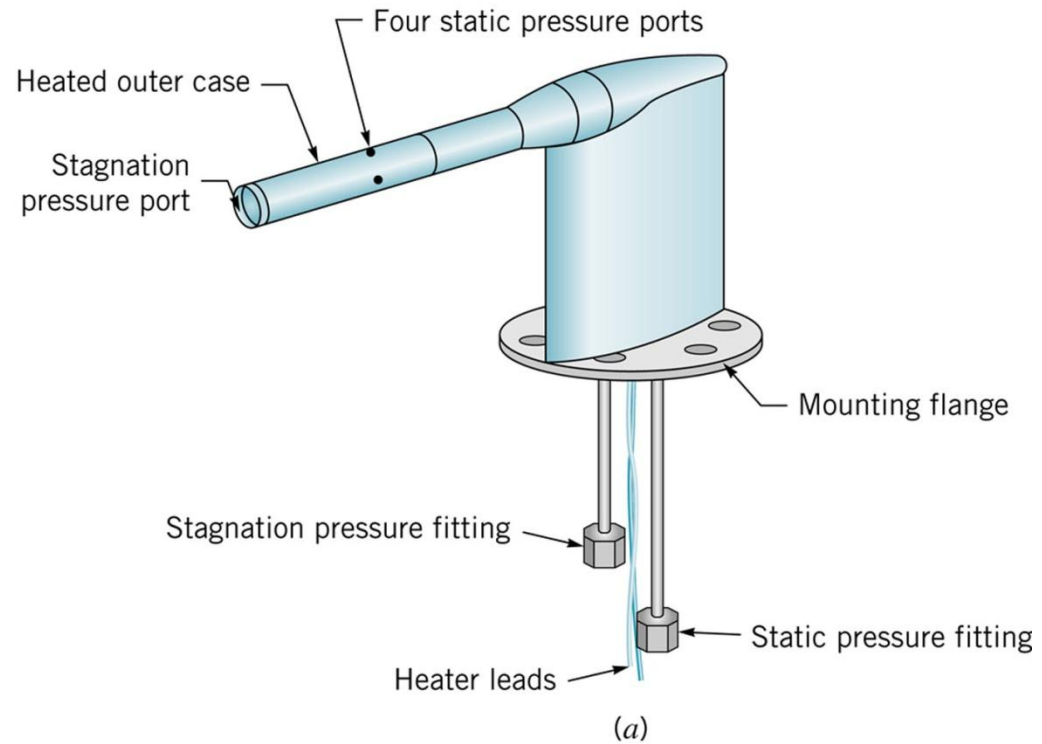
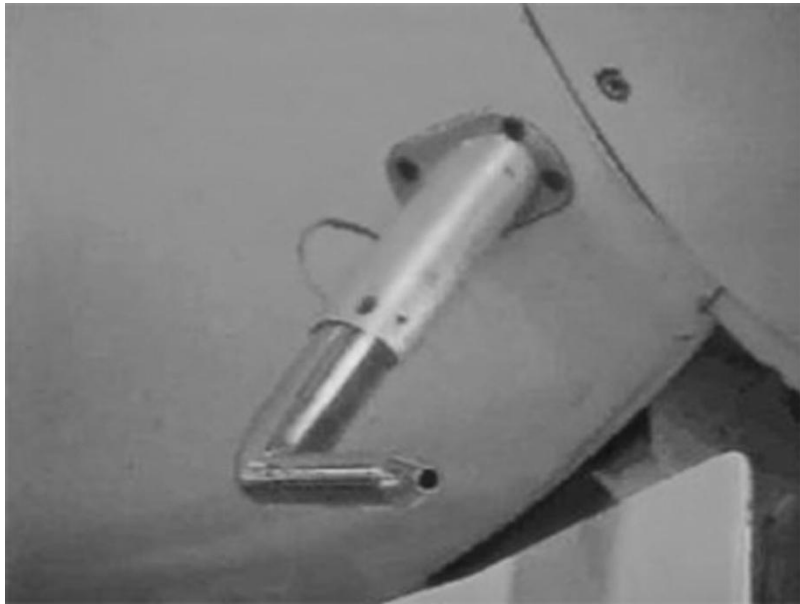
## ◆ 정체압으로부터 유속의 측정 : 피토정압관 (pitot static tube)

- 유체의 상류와 (2)지점에 베르누이 방정식을 적용하면,  
(2)와 (3)지점 및 (1)과 (4)지점의 유체의 높이에 의한 압력을 무시하면

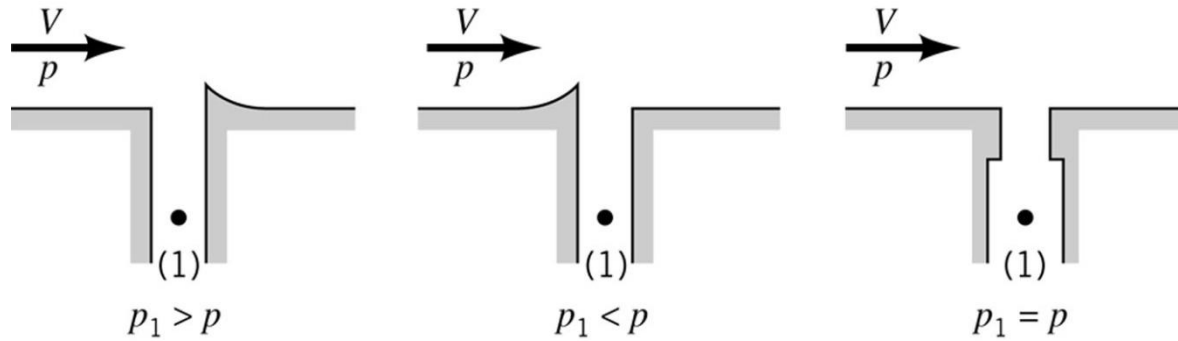
$$\left. \begin{array}{l} P_3 = P_2 = P + \frac{1}{2} \rho V^2 \\ P_4 = P_1 = P \end{array} \right\} P_3 - P_4 = \frac{1}{2} \rho V^2 \Rightarrow V = \sqrt{2(P_3 - P_4) / \rho}$$



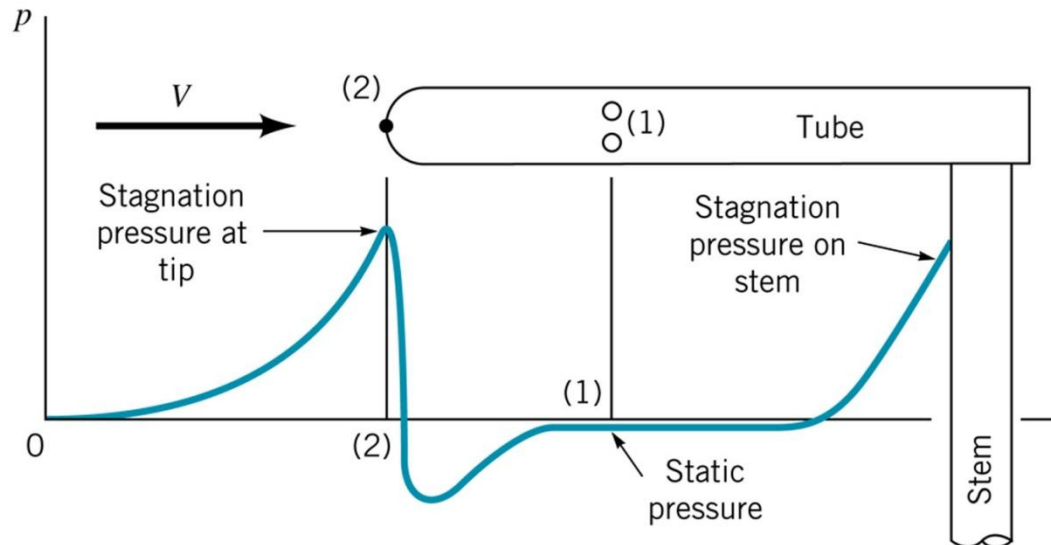
# 제3장 유체동역학



# 제3장 유체동역학

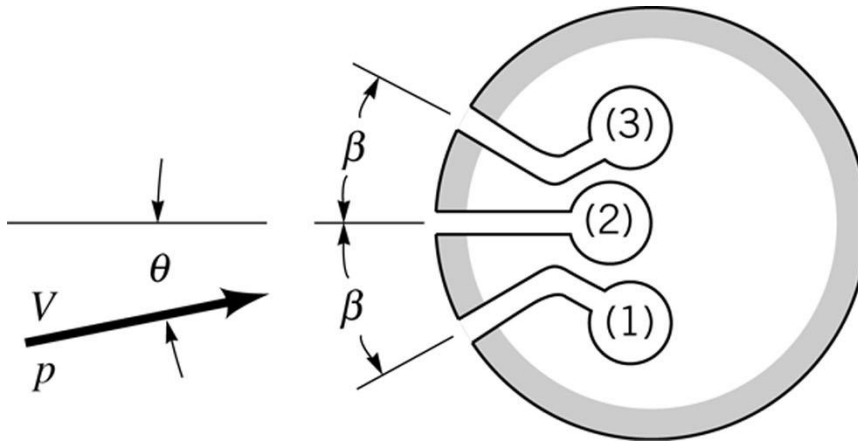


잘못된 정압공과 올바른 정압공



피토정압관 근처의 전형적인 압력분포

# 제3장 유체동역학



$$\text{If } \theta = 0$$

$$p_1 = p_3 = p$$

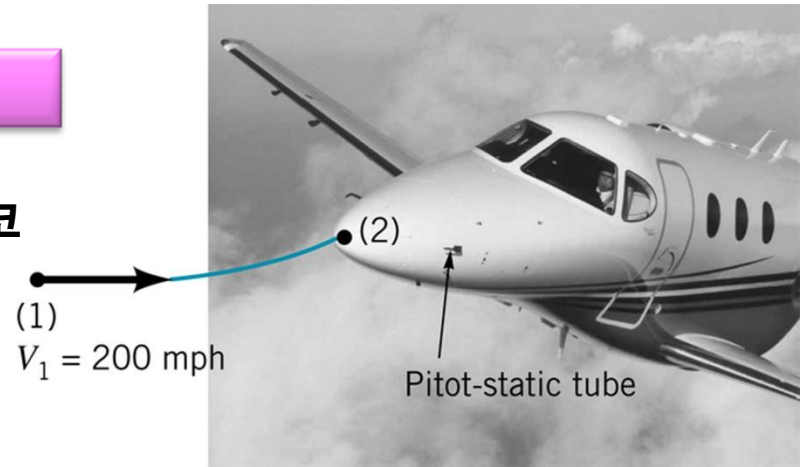
$$p_2 = p + \frac{1}{2} \rho V^2$$

방향탐지 피토정압관의 단면도

# 제3장 유체동역학

## 예제 3.6 : 피토정압관

표준대기, 3,000m 상공에서 300km/h로 비행. 비행기로부터 멀리 떨어진 점(1)의 압력과 비행기 코 근처의 정체점(2)의 압력 그리고 동체에 부착된 피토정압관이 지시하는 압력차를 구하라. (단, 주어진 고도에서 정압  $p_1 = 7.012 \times 10^4 \text{ N/m}^2(\text{abs})$ , 밀도  $\rho = 0.9093 \text{ kg/m}^3$ 이고 비점성, 비압축성, 정상유동이고, 높이 차를 무시할 수 있다고 가정한다. 또한, 파토정압관은 정체점과 매우 가깝다고 가정한다.)



(1)과 (2)지점에 대한 베르누이 방정식에서  $P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \cancel{\gamma L_1} = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \cancel{\gamma L_2}$  이므로

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = 7.012 \times 10^4 \text{ N/m}^2 + (0.9093 \text{ kg/m}^3)(83^2 \text{ m}^2/\text{s}^2) / 2$$

$$= (7.012 \times 10^4 + 3,132) \text{ N/m}^2(\text{abs})$$

따라서 계기압력은  $P_2 = 3,132 \text{ N/m}^2$  이다. // Answer

그러므로 피토정압관이 나타내는 압력차는  $P_2 - P_1 = 3,132 \text{ N/m}^2$  이다. // Answer