

Section 022 유체 정역학

1. 유체의 정역학

(1) 정지 유체 속에서의 압력

- ① 임의의 한 점에 작용하는 압력은 모든 방향에서 같아야 한다.
- ② 동일 수평선상의 임의의 두 점에 작용하는 압력도 같다.
- ③ Pascal의 원리 : 유압기기에서 $P_1 = P_2$

(2) 정수압력 : 정지 상태에 있는 액체의 무게에 의해서 발생하는 압력

단면적 A의 연직기둥의 수직방향에 대한 평형식

$$\sum F_y = 0 = PA - P_0 A - W, P_0: \text{대기압}, W: \text{액체의 무게}$$

계기압력으로 대기압 $P_0=0$ 이므로 $PA - W = PA - \gamma Ah = 0, P = \gamma h$

- ① 직사각형수조의 바닥에 작용하는 힘 : 비중량에 바닥면적과 수면까지의 높이를 곱한다.
- ② 직원뿔형수조의 바닥에 작용하는 힘 : 유체의 무게를 구한다. => 공기와의 접촉 X

(3) 액주계(manometer) : 수압계원리에 의한 압력 측정 장치, 보통 유리관 또는 용기 및 관에 연결시켜 액주의 높이를 측정하여 압력 또는 압력차를 측정한다.

- ① 피에조미터 : 대기압보다 약간 높은 압력을 측정하는데 사용
- ② 경사액주계 : 압력의 변화가 적은 경우 또는 압력 측정의 정도를 높이기 위해 사용
- ③ U자형액주계 : 피에조미터를 쓰기에 너무 높은 압력일 경우 U자형 액주계에 비중이 큰 제 2의 액체를 사용
- ④ 시차액주계(차압액주계) : U자형액주계와 함께 액주계의 액체가 압력을 측정하려고 하는 유체와 다른 경우의 액주계
- ⑤ U자형시차액주계, 역U자형시차액주계, 벤투리미터(정압을 측정해서 유량계측)

(4) 전압력(평면)

- ① 수평면에 작용하는 힘 $F = PA = \gamma \bar{h} A [N], \bar{h} : \text{수면에서 물체의 중심까지의 수직 깊이}$

- ② 수직 평판에 작용하는 힘 $F = \gamma \bar{h} A [N]$

전압력의 작용점(압력분포의 중심점) $h_p = \bar{h} + \frac{I_G}{A\bar{h}}, I_G: \text{도심에서 x축에 대한 2차 모멘트}$

- ③ 경사 평면에 작용하는 힘(자유표면에 대해 θ 만큼 기울어짐 - y축)

$$F = \gamma \bar{y} \sin \theta A = \gamma \bar{h} A, \bar{y} : \text{x축에서 도심까지 경사거리}$$

$$\text{전압력의 작용점 } y_p = \bar{y} + \frac{I_{Gx}}{A\bar{y}}, h_p = y_p \sin \theta$$

(5) 전압력(곡면)

① 수평분력 $R_H = \gamma \bar{h} A$

(곡면을 수직평면에 투영시켰을 때 발생하는 투영면적에 작용하는 전압력)

② 수직분력 $R_V = \gamma V$

(곡면이 떠받치고 있는 연직 상방향의 유체의 무게)

③ 합성력 $R = \sqrt{R_H^2 + R_V^2}$, $\tan \theta = \frac{R_V}{R_H}$

(6) 부력(buoyancy)

유체 속에 잠겨있거나 떠 있는 물체가 유체로부터 받는 연직상방향의 힘(전압력) $F_B = \gamma V$

① 유체 속에 떠 있는 물체에 작용하는 부력 = 물체의 무게

$$F_B = W = \gamma_b V_t = \gamma_f V$$

V_t : 전체 체적, V : 유체 속에 잠긴 체적, γ_b : 물체의 비중량, γ_f : 유체의 비중량

② 유체 속에 잠긴 물체에 작용하는 부력 (강제로 잠기게 한 경우)

$$F_B = W + W', W': \text{외력}$$

③ 유체 속에 잠긴 물체에 작용하는 부력 (스스로 잠긴 경우)

$$F_B = W - W', W': \text{유체 속 물체의 무게}$$

(7) 부양체(floating body) : 선박과 같이 일부가 대기중에 노출되어 있는 물체

① 경심(metacenter)

② 경심고(metacenter height, GM)

$\overline{GM} > 0$: 안정, $= 0$: 중립, < 0 : 불안정

③ 복원모멘트 $M = W \cdot \overline{GM} \sin \theta$

(8) 상대평형(relative equilibrium)

공간상의 정지좌표계에서는 운동을 하지만 유체 내 좌표계에서 상대운동이 없어 고체처럼 평형상태를 유지하면서 움직이는 것.

ex) 용기 내 액체의 등가속도운동, 한 축을 중심으로 하는 등속원운동

① 수평 등가속도를 받는 물체

- 수직방향의 압력분포 $P = \gamma h$ (정지유체의 압력, 즉 정수압과 동일)

- 수평방향의 압력분포 $\tan \theta = \frac{a_x}{g} = \frac{\Delta h}{l}$

② 연직 상 방향 등가속도를 받는 유체

- $\Delta P = \gamma h \left(1 + \frac{a_x}{g}\right)$ (중력에 의한 압력변화 + 가속도 운동에 의한 압력변화)

- 자유낙하 : $\Delta P = 0$

③ 등속 원운동을 받는 유체

- 기준면으로부터 올라간 수면의 높이 $h = \frac{V^2}{2g} = \frac{(rw)^2}{2g}$

2. 기출문제

2002 조선산업기사

1. 곡면에 작용하는 힘의 수평 분력은?

가. 곡면의 수직 상방의 액체의 무게

나. 그의 면심에서 압력에 면적을 곱한 것

다. 곡면을 수직면에 투영한 면적에 작용하는 힘

라. 곡면에 의해서 지지된 액체의 무게

2002 조선산업기사

2. 벤츨리 미터에 관한 설명으로 옳은 것은?

가. 유속을 직접 측정하는 계기이다.

나. 압력차를 측정하여 유량을 계산한다.

다. 수평관로에만 사용할 수 있다.

라. 베르누이의 정리와는 무관하다.

2003 조선기사

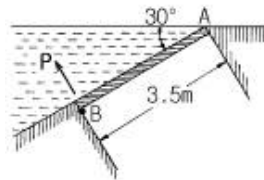
3. 부체가 수면에 떠 있을 경우 안정상태를 가장 바르게 설명한 것은?

- 가. 무게중심이 부심의 위치보다 위에 있어야 한다.
- 나. 무게중심과 부심의 위치가 같아야 한다.
- 다. 무게중심과 메타센터 위치가 같아야 한다.
- 라. 무게중심이 메타센터 위치보다 아래에 있어야 한다.

2003 조선기사

4. 그림과 같이 0.6m x 3.5m의 수문 평판 AB를 수면과 30° 각도로 설치해 놓았다. 점에
서 힌지(hinge)로 연결되어 있으면 이 문을 B점에서 열기위한 힘 P(수문에 수직)는?

- 가. 14.9 kN
- 나. 13.3 kN
- 다. 12.0 kN
- 라. 11.4 kN

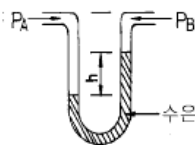


해설 : $\sum M_A = 3.5 F = \gamma \cdot 3.5 \cdot 0.6 (1.75 \sin 30 + \frac{3.5^2}{12 \cdot 1.75 \sin 30}) = 12.0 kN$

2004 조선기사

5. 그림과 같이 수은(비중 13.6)을 넣은 U자관의 한쪽에 $P_A = 330 kPa$ 의 수압이 작용하고,
다른쪽에 $P_B = 220 kPa$ 인 수압이 작용할 때 수은주의 높이 차는?

- 가. 57.8cm
- 나. 82.5cm
- 다. 68.3cm
- 라. 75.5cm



해설 : $h = \frac{1}{\gamma} \Delta P = 82.5 cm$

2004 조선산업기사

6. 어떤 물체의 공기중에서의 무게는 490N이고, 물속에서의 무게는 98N이었다. 이 물체의
체적은?

- 가. 0.06 m³
- 나. 0.04 m³
- 다. 0.05 m³
- 라. 0.01 m³

해설 : $F_B = \gamma_w V = W_{air} - W_{water} = 392, V = 0.04 m^3$

2009 조선기사

7. 물방울의 반지름이 반으로 감소한다면, 이 물방울 내외의 압력차는 어떻게 변하는가?
(단, 표면장력은 일정하다.)

가. 변함없다 나. 2배로 된다. 다. 반으로 감소한다. 라. 4배로 된다.

해설 : $P_i A - \sigma D\pi - P_o A = 0, \Delta P = \frac{4}{D^2\pi} \cdot \sigma D\pi = \frac{4\sigma}{D}$ 이므로 2로 증가한다.

2009 조선기사

8. 다음 그림과 같이 수심 10m인 댐의 수문이 지상 2m 위치에서 힌지되어 있다. 수문이 폭 1m인 정사각형일 때 수문의 아래쪽 끝에 일정한 힘을 가하여 수문이 열리지 않게 할 수 있는 힘 F는 몇 kN인가?

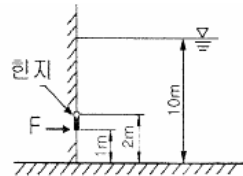
(단, 물의 밀도는 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 이다.)

가. 32.5

나. 42.5

다. 52.5

라. 62.5



해설 : $\sum M = F \cdot 1 = \gamma_w A \bar{h} (h_p - 8) = 42.5\text{ kN}$

2003 조선산업기사

9. 부력의 작용선을 옳게 설명한 것은?

가. 유체에 잠겨 있는 물체의 중심을 지난다.

나. 물체에 의하여 배제(排除)된 유체의 체심(體心)을 지난다.

다. 부양체의 체심을 지난다.

라. 부양체를 수평면에 투영한 투영면의 도심을 통과한다.

2003 조선산업기사

10. 다음 중 유체 정역학으로 다룰 수 없는 경우는?

가. 댐에 들어있는 물이 가지는 힘의 계산

나. 대기중의 압력변화 계산

다. 등가속도의 운동을 받고 있는 유체의 거동

라. 정수 중에 정박해 있는 선박의 외력계산

2006 조선산업기사

11. 어떤 물체를 공기 중에서 쟈 무게는 300N이고, 청수 중에서 쟈 무게는 200N이었다.
이 물체의 체적은?

가. 약 0.01 m^3 나. 약 0.02 m^3 다. 약 0.03 m^3 라. 약 0.04 m^3

2006 조선산업기사

35. 폭 1.5m, 높이 2m의 수문이 그림과 같이 수직으로 설치되어 있을 때 이 수문에
작용하는 힘은?

(단, 수문 상단까지의 수심은 1m이다.)

가. 58.8 kN 나. 42.5 kN 다. 35.0 kN 라. 25.5 kN

해설 : $F = \gamma A \bar{h} = 9800 \cdot 1.5 \cdot 2 \cdot 2 = 58.8\text{ kN}$