

제1장 유체의 기본성질



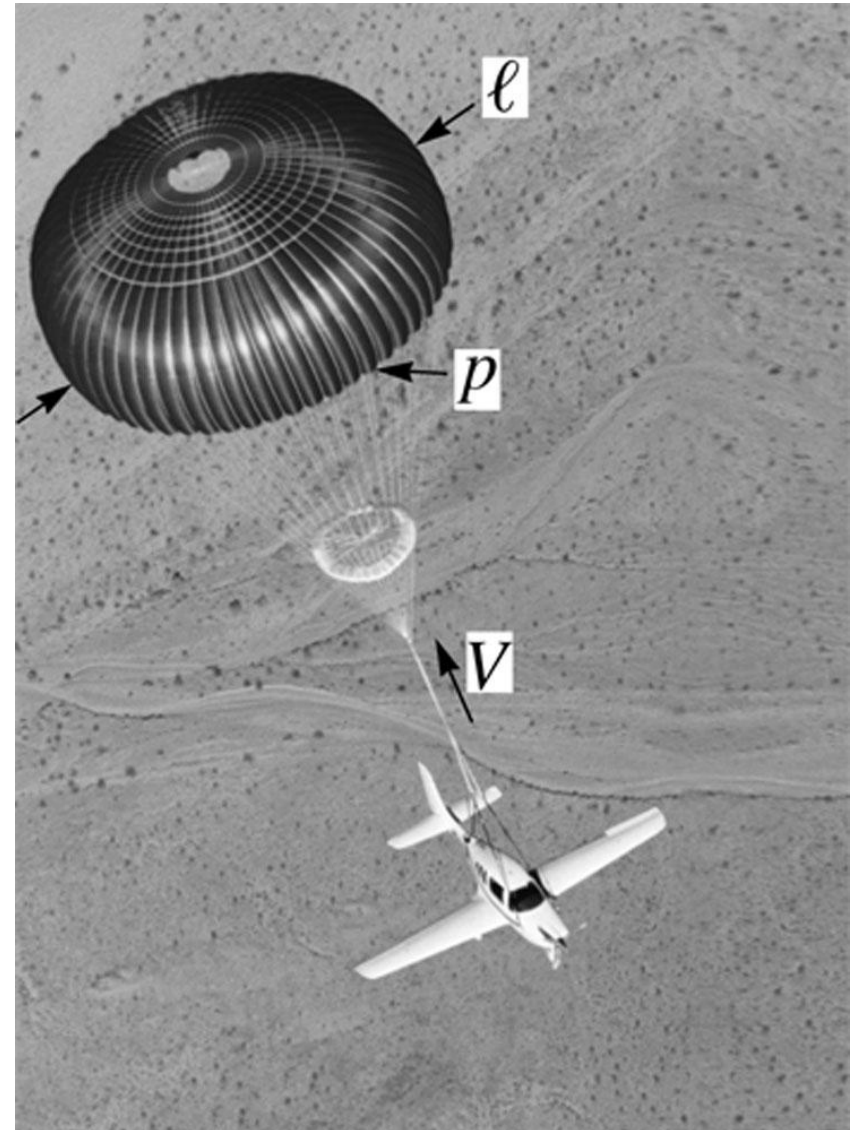
제1장 유체의 기본성질

학습목표 :

- 물리량들의 차원과 단위를 결정한다.
- 적절한 정보가 주어진 유체의 일반적인 성질을 계산한다.
- 유체의 압축성의 영향에 대해 설명한다.
- 점성계수, 증기압 및 표면장력에 대한 개념을 활용한다.

제1장 유체의 기본성질

- 유체역학이란 : 정지하고 있거나, 운동 중인 액체나 기체의 움직임과 관련된 응용역학의 한 분야
- 직간접적으로 우리의 일상생활과 밀접한 관련
- 유동현상은 수많은 유동 관련 매개변수의 값에 따라 크게 영향을 받는다.
- 매개변수 예 : 낙하산을 이용하여 경비행기를 회수하는 경우



제1장 유체의 기본성질

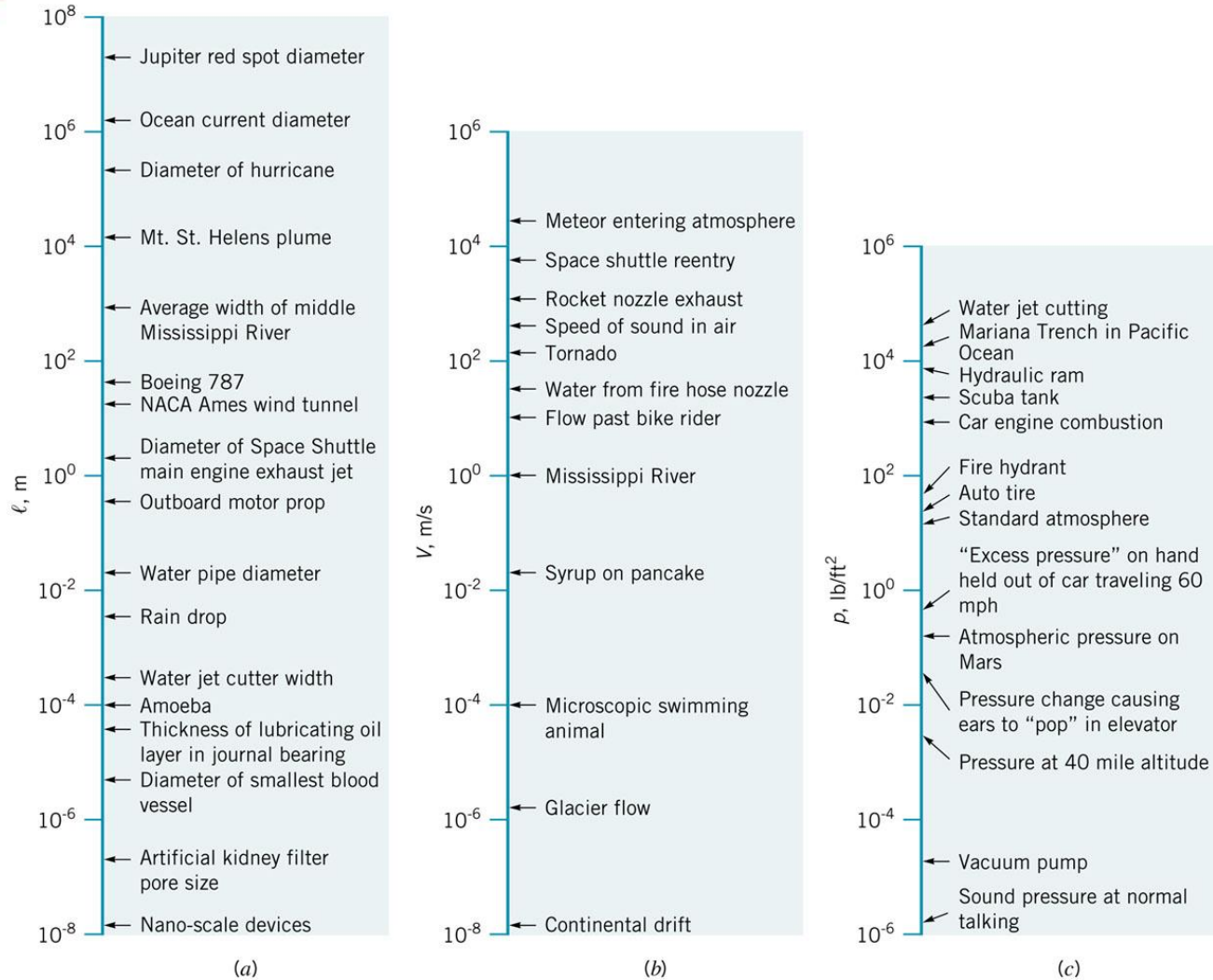


그림 1.1. 다양한 유동에서 유체유동 매개변수의 특성치들

제1장 유체의 기본성질

1.1 유체의 특성

- 고체와 유체의 일반적인 정의 :
 - 고체 : 단단하고 쉽게 변형되지 않는다.
 - 유체 : 부드럽고 쉽게 변형된다
- 분자구조 측면 :
 - 고체 : 분자구조가 촘촘하고, 분자간의 결합력이 커, 그 형태를 유지하며 쉽게 변형하지 않는다.
 - 유체 : 분자 사이의 간격이 넓고, 결합력도 고체보다 작아 분자들이 자유롭게 움직이므로 쉽게 변형된다.
- 외부 부하가 가해졌을 때의 변형형태 :
 - 고체 : 전단응력이 작용하면 처음에는 변형이 일어나지만, 지속적으로 변형되지는 않는다.
 - 유체 : 전단응력이 작용하면 연속적으로 변형을 일으키는 물체

제1장 유체의 기본성질

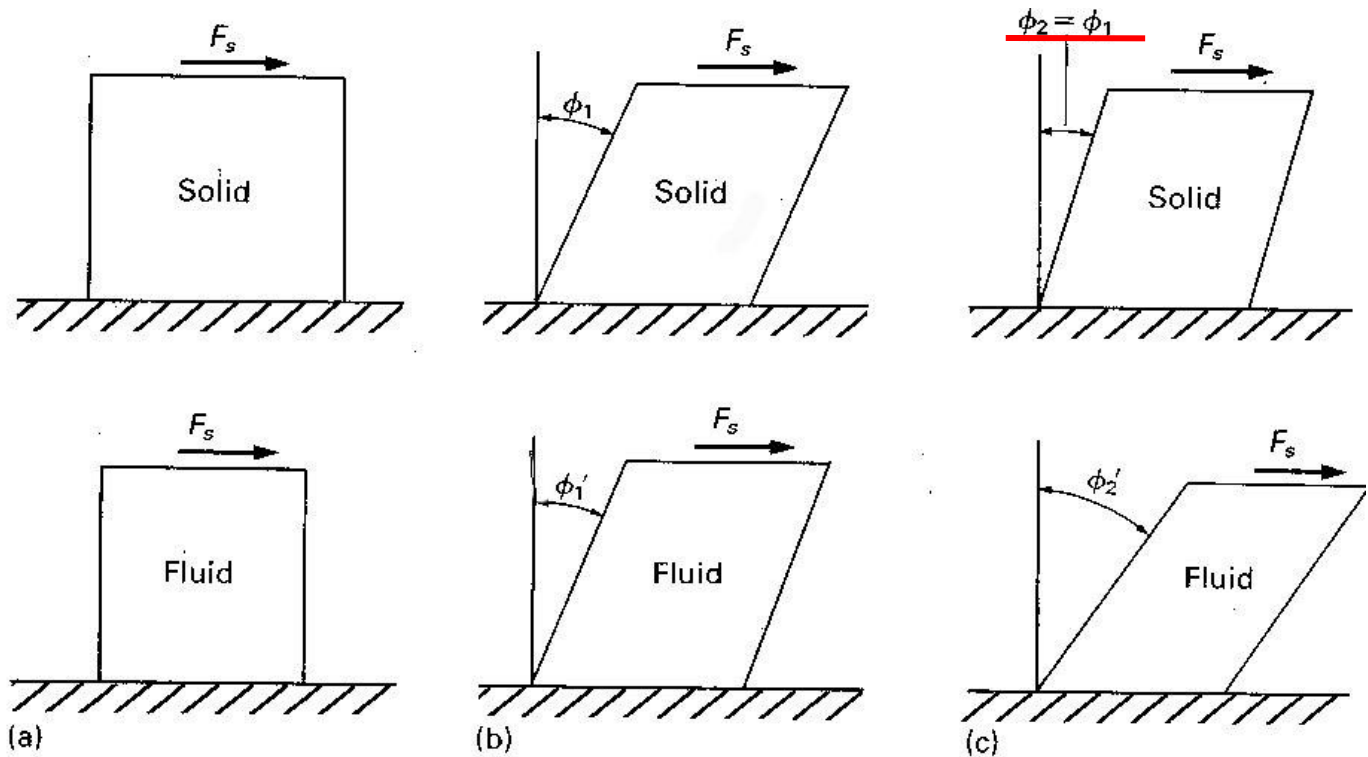


Figure I.1 Response of samples of solid and fluid to applied shear force: Condition (a) corresponds to the instant of application of the force; condition (b) to a short time after the application of the force; and (c) to a later time.

힘이 가해 전 순간($t=0$)
순간($t_2 > t_1$)

힘이 가해 전 후(t_1)

다음

제1장 유체의 기본성질

- 질문 : 유체의 성질을 연구할 때 분자들 각각의 작용을 일일이 분석하는 것이 가능한가?
- 답 : 불가능. 매우 많은 분자들을 포함하고 있는 작은 체적에서 산출된 평균적인 값을 사용

제1장 유체의 기본성질

◆ 연속체(continuum) 이론

• 연속체(continuum) 이론 :

- 연속체(continuum) : 물체를 더 작은 요소로 무한히 나누어도 그 각각의 요소가 전체로서의 물질의 성질을 그대로 유지하는 물질
- 압력, 속도, 에너지, 운동량 등의 물리량들이 극소 극한에서도 그대로 유지된다고 가정
- 따라서 연속체 역학에서는 문제를 푸는 데에 미분방정식을 사용 가능

• 유체를 연속체로 볼 수 있는 이유 :

- 유체는 작은 체적 내에도 충분히 많은 양의 분자들로 구성
- Spacing between molecules for gases $\approx 10^{-6}\text{mm}$
- Gas molecule concentration $\approx 10^{18} \text{ #/cc}$
- Liquid molecule concentration $\approx 10^{21} \text{ #/cc}$

제1장 유체의 기본성질

1.2 차원, 동차성 및 단위

	Unit(단위) : 정량적 표현	Dimension(차원): 정성적 표현 → 1차양(primary quantity) → 기본차원(basic dimension)
Mass	kg, g 등	M
Length	km, m, cm, μm 등	L
Time	hr, min, sec 등	T

- 1차양을 이용하여 2차양(secondary quantity) 표현 가능
 - 예 : 속도 = LT^{-1} , 면적 = L^2
- 기본차원으로 L, T, M 또는 L, T, F 사용

제1장 유체의 기본성질

Quantity	Symbol	Dimensions {MLT θ }	Typical Units
Length	L	L	m
Area	A	L ²	m ²
Volume	V	L ³	m ³
Velocity	V	LT ⁻¹	m/s
Volume flux	Q	L ³ T ⁻¹	m ³ /s
Mass flux	m	MT ⁻¹	kg/s
<u>Pressure, Stress</u>	p, σ	<u>ML⁻¹T⁻²</u>	Pa = N/m ²
Angle	θ	None	in radians
Angular velocity	ω	T ⁻¹	1/s (HZ)
Viscosity	μ	ML ⁻¹ T ⁻¹	Pa.S, Poise
Kinematic viscosity	ν	L ² T ⁻¹	stoke= cm ² /s
Surface tension	γ	MT ⁻²	N/m
Force	F	MLT ⁻²	N = kg.m/s ²
Moment, torque	M	ML ² T ⁻²	J =Nm=kgm ² /s ²
Power	P	ML ² T ⁻³	W
Density	ρ	ML ⁻³	kg/m ³
Temperature	T	θ	
Specific heat	C _p , C _v	L ² T ⁻² θ ⁻¹	
Thermal conductivity	k	MLT ⁻³ θ ⁻¹	
Hardness	H	ML ⁻¹ T ⁻²	

제1장 유체의 기본성질

◆ 차원 동차성 원리

- 차원 동차성 (Dimensional Homogeneity) 원리
 - 물리적 현상을 완전히 표현하는 모든 방정식은 차원적으로 동차
 - 즉, 이론적으로 유도된 모든 식들은 동차이다.
 - 왼쪽 식의 차원 = 오른쪽 식의 차원
 - 덧셈으로 연결된 모든 항들의 동차

- 예 : 자유낙하 운동에서 속도 식 $v = v_0 + at$
이것을 차원으로 표시하면 $LT^{-1} = LT^{-1} + LT^{-1}$

[참고]

- 일반적 동차방정식 : 단위계와 무관하게 동차가 성립하는 식
- 제한적 동차방정식 : 특정한 단위계로 제한되는 식 $d = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow g=9.81\text{m/sec}^2$
 $\rightarrow d = 4.9t^2$ (상수 4.9가 LT^{-1} 차원, 즉 g 의 차원을 가진다)

제1장 유체의 기본성질

• 차원 동차성의 예 : Bernoulli's equation

The diagram shows the Bernoulli equation: $\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 + gh_L$. Arrows point from the labels '압력' (pressure), '속도' (velocity), and '높이' (height) to the terms p_1 , v_1^2 , and gz_1 respectively. Another arrow points from '밀도' (density) to the ρ in the denominator of the first term.

Using a fundamental dimensions of mass [M], length [L], and time [T]

$$\frac{[M/LT^2]}{[M/L^3]} + \left[\frac{L}{T}\right]^2 + \left[\frac{L}{T^2}\right][L] = \frac{[M/LT^2]}{[M/L^3]} + \left[\frac{L}{T}\right]^2 + \left[\frac{L}{T^2}\right][L] + \left[\frac{L}{T^2}\right][L]$$

Simplifying, we get

$$\left[\frac{L^2}{T^2}\right] = \left[\frac{L^2}{T^2}\right]$$

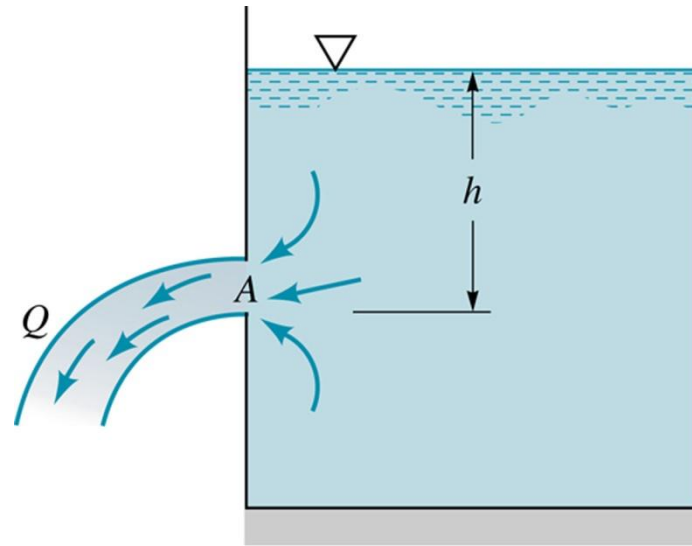
Bernoulli's equation is dimensionally homogeneous.

제1장 유체의 기본성질

예제 1.1 : 제한적 및 일반적 동차방정식



(a)



(b)

$$Q = 0.61A\sqrt{2gh} \rightarrow L^3T^{-1} = (0.61\sqrt{2})L^3T^{-1} \quad : \text{일반적 동차방정식}$$

→ $g=9.81\text{m/sec}^2$ 을 대입하면 제한적 동차방정식

$$L^3T^{-1} = (2.7)L^{5/2}$$

제1장 유체의 기본성질

1.2.1 단위계

- **국제단위계(SI) : International system Units**
 - 질량(kg), 길이(m), 시간(s), 온도(Kelvin)
 - 힘(**N**) = (1kg)(1m/s²) : 1kg의 질량에 1N의 힘을 가하면 1m/s²의 가속도로 운동한다.
 - $g=9.81 \text{ m/s}^2 \rightarrow W=mg$ 에서 질량 1kg인 물체의 무게는 9.8(N)
 - 일(J) : $1\text{J} = 1(\text{N})(1\text{m})$
 - 동력(W) : $1\text{W} = (1\text{J})/(\text{s}) = 1 \text{ Nm/s}$
- **영국중력단위계(BG) : British Gravitational Units**
 - 질량(slug), 길이(ft), 시간(s), 온도(°F),
 - 힘(**lb**) = (1slug)(1ft/s²)

[참고] 1slug = 14.593Kg

제1장 유체의 기본성질

예제 1.2 : 단위

전체 질량 36kg 물탱크, 가속도 4.5m/s^2
탱크가 지지대에 가하는 힘?

$$\sum F = ma$$

$$F_f - W = ma$$

$$F_f = m(g + a)$$

$$= 36\text{kg}(9.81\text{m/s}^2 + 4.5\text{m/s}^2) = 515\text{kg}(\text{m/s}^2)$$

$$= 515\text{N}$$

F_f 는 탱크의 바닥에 작용하는 힘이므로 탱크가 지지대에 작용하는 힘은 크기는 같고 방향은 반대이다.

