

Hydraulics 1 (2112-346)

Lecture Note (L 1-2)

Sucharit Koontanakulvong
Water Resources Engineering

ห้อง ๓๓๐๖
January 2017

Content-1

- Part 1

L1 Introduction

L2 Fluid properties

L3 Fluid statics

L4 Static forces

L5 Buoyancy

L6 Stability

- Part 2

L7 Dynamics and kinematics

L8 Basic Equations (Continuity and Energy Equations)

Content-2

- Part 3

L9 Flow measurement

L10 Orifice

L11 Momentum Equations and momentum forces

- Part 4

L12 Pipe flow

L13 Open channel flow

L14 Dimension analysis and Similarity

L15 Unsteady flow

Part 1: L1 Introduction

- Why study ?
- Related subjects
 - Undergraduate
Hydraulic lab, Hydrology, Hydraulic Eng.,
Water Planning, Hydraulic Design etc.
 - Graduate
Eng Fluid Mechanics, Coastal Eng., River
Engineering,

clip

- Hydraulic bridge (by hydraulic force)
- Hydraulic lab (open channel flow)
- Naresuan Test (flow to power station)
- แนะนำ (course syllabus)
- เอกสารอ้างอิง
(Fluid Mechanics and Hydraulics (Schaum, Yuan, กิริติ, ทวนหัน etc.))

Why Study

- ใช้ในงาน โยธา เช่น
พลังงาน (ทำให้เกิด หรือ เกิดแล้วใช้)
แรงกระทำ โครงสร้าง (มี กับ ไม่มี), สิ่งรอบข้าง
การพาของมวลสาร (กัดเซาะ ทับถม การกระจาย)
- เป็นวิชาพื้นฐานที่พูดถึง กฎเกณฑ์การไหลของน้ำ
แรงที่เกิดขึ้นในกระบวนการไหล (applied
mechanics behavior of fluids at rest and in
motion)

วิชานี้คืออะไร

- วิชาที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของของไหล ทั้งที่อยู่นิ่งและเคลื่อนที่ โดยวิชา hydraulics จะเน้นที่น้ำ (คุณสมบัติ newton, ไม่ยืหดตัว incompressible)
- การเรียนเพื่อให้เข้าใจ และนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรม

L2 Fluid Properties

AS102 Scope

1. Unit V (SI) MGS - / conversion table

2. basic properties (force, mass, density, specific volume, specific weight, specific gravity, viscosity, vapor pressure)

3. Unit V values surface tension, Bulk modulus of Elasticity

4. Sample of calculation

1. Units under ^{dynes} M, L, T, ^{units} $V = LT^{-1}$ $a = LT^{-2}$

	under SI	MLT	FPS	CGS	
212 (mass)	kg	kg	slug	gme	M
21212 (Length)	m	m	foot	cm	L
1222 (Time)	sec	sec	sec	sec	T
1122 (Force)	N	kgf	lb _f	dyne	MLT^{-2}
21212 (acceleration)	m/s^2	m/s^2	ft/s^2	cm/s^2	LT^{-2}
212 (Weight)	N	kgf	lb	dyne ($g \text{ cm sec}^{-2}$)	MLT^{-2}

sample

Note $F = Ma \therefore W = Mg$ e.g. $W = 907.24 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 8900 \text{ N}$

2) ลิ่มทอง

11.1 (force) 1 N เท่ากับ แรงที่กระทำ/น้ำหนักที่มีมวล 1 กก. เคลื่อนที่ด้วย
ความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที²

12) น้ำหนัก (weight) แรงที่ดึงดูดจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่มีมวลมวล

$$F = W = Mg$$

$$g = \frac{9.806 \text{ m/s}^2}{32.174 \text{ ft/s}^2} \text{ ที่ผิวโลก}$$

Ex) 1500 ปอนด์มีน้ำหนักบนโลก 8900 N กำลังอยู่ในดาวจันทร์ที่มีค่าอัตราส่วน
เป็น 1/6 ของโลก จงหาน้ำหนักบนดาวจันทร์เท่ากับเท่าไร

$$M = W/g = 8900 / 9.806 = 907.24 \text{ kg}$$

$$W_{\text{moon}} = Mg_{\text{moon}} = 907.24 \times \frac{9.806}{6} = 1483.34 \text{ N}$$

2.3 ความหนาแน่น หรือ ปริมาตรต่อหน่วยปริมาตร ρ (rho)

$$\rho = \frac{M}{V} \quad ML^{-3} \quad \text{kg/m}^3 \text{ or } \text{slug/ft}^3$$

$\rho_w \approx 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ ที่ } 4^\circ\text{C}$ หรือใน temperature

(specific volume)

2.4 ปริมาตรจำเพาะ V_s หรือปริมาตรต่อหน่วยน้ำหนัก หรือมวล

$$V_s = 1/\rho \quad M^{-1}L^3 \quad (\text{m}^3/\text{kg} \text{ or } \text{ft}^3/\text{slug})$$

2.5 น้ำหนักจำเพาะ (specific weight) หรือ น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร

$$\gamma = \rho g \quad ML^{-2}T^{-2} \quad (\text{N/m}^3, \text{lb/ft}^3)$$

โดยทั่วไป $\gamma = 9.81 \times 10^3 \text{ N/m}^3 \text{ or } 62.4 \text{ lb/ft}^3$

2.6 ความหนาแน่นจำเพาะ (specific gravity) อัตราส่วนน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร
น้ำบริสุทธิ์ที่ 4°C

$$S = \frac{W}{W_w} = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{\rho}{\rho_w} = 1 \text{ ที่ } 4^\circ\text{C} \quad (\text{โดยทั่วไป})$$

นิยาม-1

- ความดันไอ เกิดจากโมเลกุลของของไหลที่ระเหยขึ้น ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความดันไอก็จะเพิ่มขึ้น
(น้ำที่ ๒๐ องศาเซลเซียส $P_v = 2.45 \text{ k Pa}$, $\text{Pa} = \text{N/m}^2$)
- Cavitation กระบวนการที่ของไหลกลายเป็นไอ หรือเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำ (เช่น การไหลในท่อลด ปัม)
- ความตึงผิว คือ แรงที่ก่อให้เกิดอนุภาคเกาะตัวเป็นผิว เท่ากับงานที่กระทำไปในการนำโมเลกุลของของไหลมาประกอบเป็นผิว (หน่วย Nm/m^2 or N/m)
(น้ำ ที่ ๒๐ องศาเซลเซียส 0.074 N/m)

③ ความดันไอ (Vapor pressure)

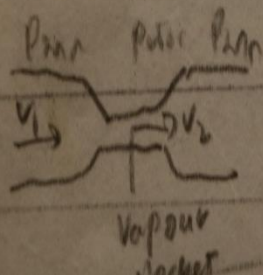
ความดันไอเกิดเป็นแรงดันในของเหลวที่ระเหยขึ้น
จากของเหลว ความดันไอจะเพิ่มขึ้น

$$\text{ที่ } P_v = 2.45 \text{ kPa} \\ t = 20^\circ\text{C} \quad P_a = \text{N/m}^2$$

⇒ cavitation phenomena

เป็นเหตุที่ทำให้ของเหลวเกิดเป็นโพรงหรือฟองอากาศขึ้น

เช่น มีในเครื่องปั๊ม pump



$$\alpha = 297.0 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

นิยาม - 2

- capillary อิทธิพลของแรงยึดติดและแรงเกาะตัว
(ของน้ำ 20 celcius, $\rho = 0.0736 \text{ N/m}$)
- Fluid pressure ความดันของของไหล
(equal intensity in all directions and acts normal to any plane)
- อากาศ $p = \rho R T$, น้ำ $p = \rho g h$
- เครื่องมือวัดความดันแบบต่างๆ

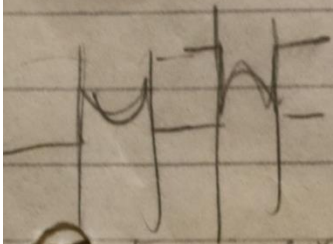
④ Surface Tension (σ : sigma)

= 11.55 N/m (11.55 dyn/cm) = 0.074 N/m

$$\sigma = \frac{F}{L}$$

unit: N/m ; lb/ft

= 0.14 N/m, 1 J/m² (2 in g/cm² or 2 in dyn/cm²)
(surface energy) N/m²



mercury
inverted

$$\sigma_{\text{water}} = 0.074 \text{ N/m}$$

Capillary action is the ability of a liquid to flow in narrow spaces without the assistance of, or even in opposition to, external forces like gravity.

EX. P. 34-40 $h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho r}$

capillary

$$h = f(\sigma, \theta, \rho, r)$$

⑤ Fluid Pressure : equal intensity in all directions and acts normal to any plane

$$p \text{ (N/m}^2 \text{ or Pa)} = \frac{dP \text{ (N)}}{dA \text{ (m}^2\text{)}}$$

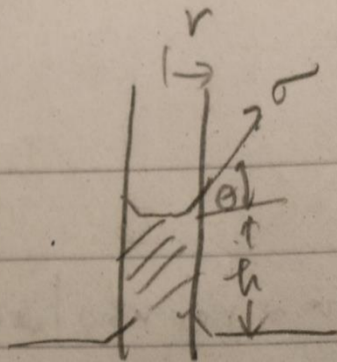
⑥ pressure

$$p \text{ (Pa)} = \frac{P \text{ (N)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} ; p' \text{ (bar)} = \frac{P \text{ (N)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} \times 10^{-5}$$

pressure difference $P_1 - P_2 = \rho g (h_2 - h_1) \text{ in Pa}$

at ... measurement

ตัวอย่างการคำนวณ



un. volume $W = \gamma \pi r^2 h$

hydro. $F_y = \sigma 2\pi r \cos \theta$

$$\sum F_y = 0$$

$$\gamma \pi r^2 h = \sigma 2\pi r \cos \theta$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\gamma r}$$

$$\theta_{\text{Hg}} = 0^\circ$$

$$\theta_{\text{H}_2\text{O}} = 140^\circ$$

Ex. 1. Find the height of water in a glass tube of radius $r = 1 \text{ mm}$ at 20°C and $\sigma = 0.073 \text{ N/m}$

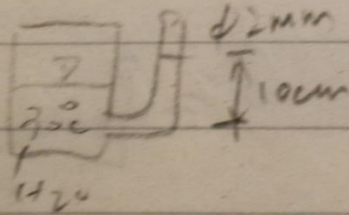
given: r

$$\sigma_{\text{H}_2\text{O}} = 0.073 \text{ N/m} \quad \gamma = 9789 \text{ N/m}^3$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\gamma r} = \frac{2 \times 0.073 \text{ N/m} \times \cos 0}{9789 \text{ N/m}^3 \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$= 0.015 \text{ m} = 1.5 \text{ cm}$$

Ex 2



1. $\sigma_{H_2O} = 0.0718 \text{ N/m}$, $\gamma = 9767 \text{ N/m}^3$

2. ความดันที่วัดได้อาจจะน้อยกว่าจริงได้

$$1. \quad \sigma_{H_2O} = 0.0718 \text{ N/m} \quad \gamma = 9767 \text{ N/m}^3$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r \gamma} = \frac{2 \times 0.0718 \text{ N/m} \times \cos 0^\circ}{9767 \text{ N/m}^3 \cdot 2 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$= 0.0147 \text{ m} = 1.47 \text{ cm}$$

ความดันที่วัดได้ $10 - 1.47 = 8.53 \text{ cm}$

$$2. \quad \text{ความดันที่วัดได้น้อย} = \frac{1.47}{10} \times 100\% = 14.70\%$$

2) โมดูลัสของปริมาตร (Bulk modulus of elasticity)
 แสดงถึงความสามารถในการต้านทานการบีบอัด
 ของของไหล

$$dp \propto -\frac{dv}{v}$$

$$dp = -K \frac{dv}{v}$$

$$K_{H_2O} = 2200 \text{ MN/m}^2$$

$t = 20^\circ\text{C}$
 $p = 1 \text{ bar}$
 (megapascal 10^6)

$$K = -\frac{dp}{dv/v}$$

$$\beta = \frac{1}{K} = -\frac{dv/v}{dp}$$

K: โมดูลัสของปริมาตร

β : สัมประสิทธิ์การบีบอัด (coefficient of compressibility)

EX. મલ્ટીગ્રાવિટી 9.8 નીચડાઈ / m^2 કો-એફિશિયન્ટ 0.5 m^3 કિંવા 1000
 ઓફ પુલ/ડી. 80 નીચડાઈ કો-એફિશિયન્ટ 0.5 m^3 કિંવા 1000

$$K = 2.068 \times 10^{-6} \text{ KN/m}^2$$

$$K = -dp / dv/v$$

$$2.068 \times 10^{-6} = - \frac{(9.8 - 80)}{\frac{dv}{0.5}}$$

$$dv = 16.933 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

12) หนึ่งท่อนเหล็กมีปริมาตร 159 ลิตร น้ำหนัก 110 N หนัก 1.5 kg หนัก 110 N หนัก. หนึ่งท่อนเหล็กมีปริมาตร 159 ลิตร น้ำหนัก 110 N หนัก 1.5 kg หนัก 110 N หนัก. หนึ่งท่อนเหล็กมีปริมาตร 159 ลิตร น้ำหนัก 110 N หนัก 1.5 kg หนัก 110 N หนัก.

$$\text{หน.เหล็ก} + \text{หน.น้ำ} = 1500 \text{ N}$$

$$\text{หน.น้ำที่ลอย} = 110 \text{ N}$$

$$\text{หน.เหล็ก} = 1500 - 110 \text{ N} = 1390 \text{ N}$$

$$\textcircled{1} \quad \text{หน.น้ำที่ลอย} \quad \gamma = \frac{W}{V} = \frac{1390 \text{ N}}{0.159 \text{ m}^3} = 8742.14 \text{ N/m}^3$$

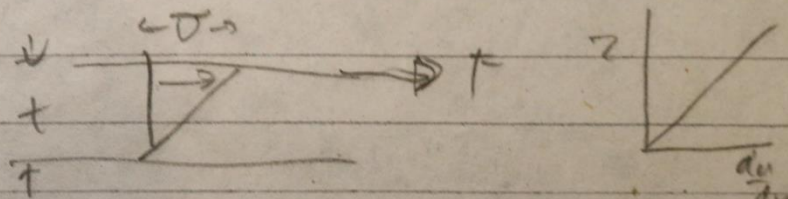
$$\textcircled{2} \quad \text{ความหนาแน่นของน้ำ} \quad \rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{8742.14 \text{ N/m}^3}{9.81 \text{ m/s}^2} = 891.15 \text{ kg/m}^3$$

$$\textcircled{3} \quad \text{ปริมาตรน้ำ:} \quad V_g = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{891.15} = 1.12 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\textcircled{4} \quad \text{ความหนาแน่น:} \quad S = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{891.15}{1000} = 0.891$$

③ η and ν are

① η and ν



$$F = \mu \frac{AU}{t}$$

$$\tau = \mu \frac{U}{t} = \mu \frac{du}{dy}$$

μ : viscosity $N \cdot sec/m^2$

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$: kinematic viscosity
 $ML^{-1}T^{-1}, m^2/s$

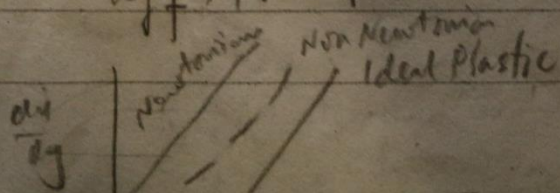
μ 1 poise = 1 dyne $\cdot$ sec/cm² = 100 centipoise, 1 dyne = 10⁻⁵ N

ν 1 stoke = 1 cm²/s (cgs unit)

1 N = 100,000 dyne

$N \cdot s/m^2 \times 0.1 = 1 \text{ poise}$

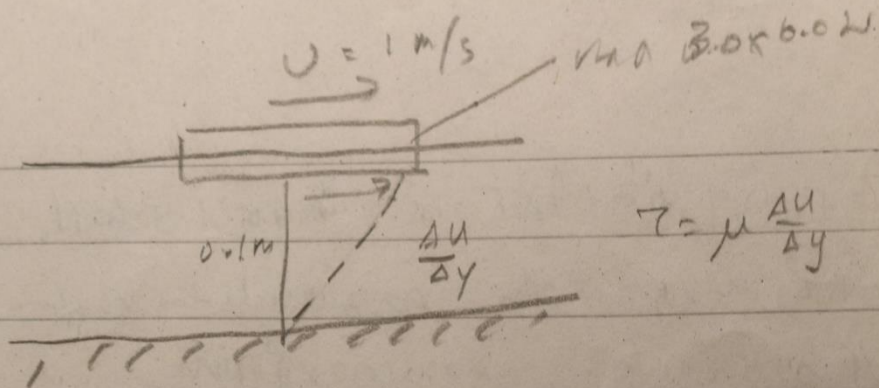
kg f x 9.8 = 1 N



$\mu_{water} = 1 \times 10^{-3} N \cdot s/m^2$
 $\nu_{water} = 1 \times 10^{-6} m^2/s$

EX1

p. 10
0.299 m



$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

$T = 20^\circ\text{C}$ un 11.5 m/s (static) still water

$$\tau = \mu \frac{U}{L} = 1.005 \times 10^{-3} \times \frac{1.0}{0.1} = 1.005 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$$

$$\mu_{20^\circ\text{C}} = 1.005 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$$

$$F = \tau A = 1.005 \times 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times (3 \times 6) \text{ m}^2 = 0.181 \text{ N}$$

Ex 2

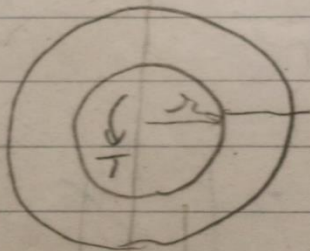
$$\frac{0.18}{0.15} \omega$$

$$\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

1. velocity gradient

2. rpm speed

3. $\frac{1}{2} \pi \omega^2 R^2 L$ in Reast
 $\frac{1}{2} \pi \omega^2 R^2 L$ in Reast



60 cm.

$$(1) \text{ } \tau = T = \tau (2\pi r L) r \quad \text{--- ①}$$

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad \text{--- ②}$$

$$r = 0.15 \text{ m} \quad \text{--- ③}$$

$$T = 0.25 \text{ N.m}$$

$$\text{① } \text{find } \frac{du}{dy} = f(r)$$

$$\text{② } \frac{du}{dr} = \frac{1.105}{r^2}$$

$$\int_0^U du = \int_r^R \frac{1.105}{r^2} dr$$

$$U =$$

$$\text{find } L_p = F U$$

$$= \tau (2\pi r L) U \quad \text{KW}$$

$$\frac{1.8}{0.001}$$

Quiz-1

- นิยาม และหน่วย (si, mks, fs,cgs) ที่ใช้ของ
แรง
มวล
ปริมาตรจำเพาะ
น้ำหนักจำเพาะ
ความถ่วงจำเพาะ
ความหนาแน่น
ความหนืด
บัลต์ไมดูล์สของความยืดหยุ่น
แรงตึงผิว

Quiz-2

- ก) น้ำมันปริมาตร ๕.๖ ลบม มีน้ำหนัก ๔๖๘๐๐ นิวตัน
ให้คำนวณหา ความหนาแน่น และความถ่วงจำเพาะ
- ข) ให้คำนวณหาความดันเป็นหน่วย bar ที่ความลึก ๑๐ เมตร ได้น้ำมันที่มีสภาพเท่ากับ ๐.๗๕๐

Quiz-3

- จานวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง d หมุนช้าๆ บนของไหลที่มีความหนืดสมบูรณ์ μ หนา h บนพื้นราบ จงหาแรงบิด (torque) ของจานวงกลมสำหรับควบคุมการหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม ω
- ในการทดสอบความสามารถรับแรงดันของของไหลชนิดหนึ่ง โดยใส่ของไหลในถังทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ๑ เมตร วัดความสูงของของไหลได้ ๑.๒ เมตร ถ้าออกแรงกดลูกสูบด้านบน ๒ MN ปรากฏว่า ความสูงของของไหลลดลงเหลือ ๑.๑๙๘ เมตร จงหาบัลต์โมดูลัสของความยืดหยุ่น