ชื่อ ....

รหัส.....

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2550

วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 เวลา 13:30-16:30 น.

วิชา 221-241 กลศาสตร์ของไหล (Fluids Mechanics) ห้องสอบ R300

คำชี้แจง

1. ให้เขียน "ชื่อ-สกุล" และ "รหัส" ที่หัวกระดาษด้านขวามือที่หน้าแรกและเขียน "รหัส" ที่หัวกระดาษทุกหน้าที่เหลือ
2. ข้อสอบมีทั้งหมด 9 ข้อ รวม 100 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
3. ข้อสอบมี 12 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
4. ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุจริตจะได้เกรด "E" ทุกกรณี
5. ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
6. ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าตัวแปรหรือข้อสมมุติฐานต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้มายังไม่เพียงพอต่อการคำนวณ ให้สมมุติค่าขึ้นมาเองตามหลักการที่เหมาะสม และจะต้องเขียนข้อสมมุตินั้นลงในคำตอบด้วย

ตารางแสดงคะแนนการสอบปลายภาค

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	10	
2	10	
3	10	
4	10	
5	10	
6	15	
7	10	
8	10	
9	15	
รวม	100	

ผู้ออกข้อสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พยอม รัตนะ[illegible]ณี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ข้อที่ 1 (10 คะแนน) ในการทดสอบการรั่วซึมของระบบท่อโดยวิธีอัดน้ำ หรือ "Pump Test" เพื่อตรวจสอบ คุณภาพจุดต่อและรอยเชื่อมของระบบท่อหลัก (Main Pipe) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง ว่าจะสามารถรับความดันได้ 250 kPa ตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยที่ท่อส่งน้ำนี้เป็นท่อเหล็ก ($E = 200\times10^9$ Pa) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 100 mm ผนังท่อมีความหนา 4.00 mm ท่อช่วงที่ทำการทดสอบมีความยาว 120 m ในการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ปิดวาล์วที่ปลายท่ออีกด้านหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 2 บรรจุน้ำ ($\rho = 996.26$ kg/m^3, $B = 2.2\times10^9$ Pa) เข้าทางปลายท่ออีกด้านหนึ่งให้เต็มท่อ ซึ่งต้องใช้น้ำ 942.5 liters

ขั้นตอนที่ 3 อัดน้ำเพิ่มเข้าในท่อเพื่อเพิ่มความดันภายในท่อให้ได้ 250 kPa

ขั้นตอนที่ 4 ทำการตรวจวัดความดันและอุณหภูมิของน้ำภายในท่อ เพื่อประเมินการรั่วซึม และได้ผลดังตาราง

Elapsed Time (min)	Pressure kPa	Temperature (^{o}C degree)	Remark
0:00	250	28.0	-
1:00	246	28.0	-
2:00	244	28.0	-
3:00	241	28.0	-
4:00	238	28.0	-
5:00	235	28.0	-
....	....	....	.....
....	....	....	.....
....	....	....	.....

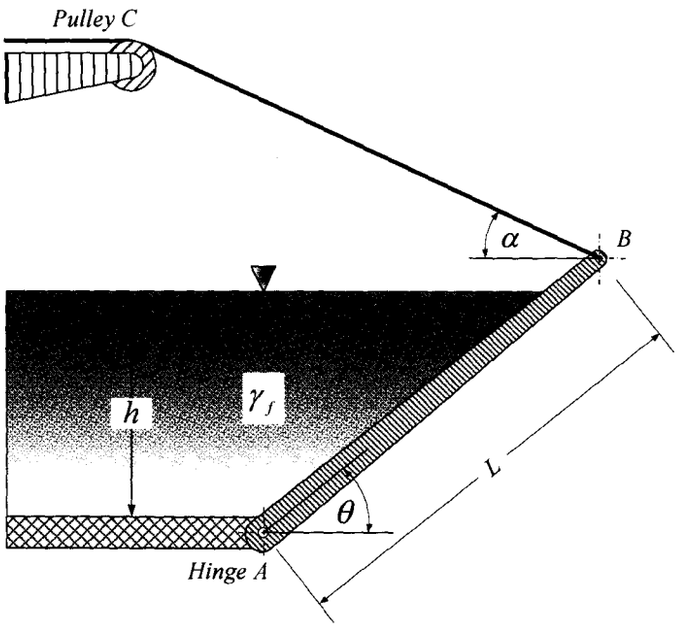
(ก) จงคำนวณหามวลของน้ำที่ต้องอัดเพิ่มเข้าในท่อเพื่อเพิ่มความดันจาก 0 kPa เป็น 250 kPa

(ข) จงคำนวณหาอัตราการรั่วซึมเฉลี่ยของน้ำในช่วงเวลา 1 นาทีแรก (ตอบในหน่วย "liters/hr")

วิธีทำ

รหัส.....

ข้อที่ 2 (10 คะแนน) ระบบประตูน้ำควบคุมด้วยเคเบิล BC โดยมีจุด A เป็นจุดหมุนดังแสดงในรูป ถ้าระดับน้ำมีความลึก (h) เท่ากับ 2.00 m บานมีความยาว (L) เท่ากับ 4.00 m จงคำนวณแรงดึงในเคเบิล BC กำหนดมุม θ เท่ากับ 45° และ α เท่ากับ 30° หน่วยน้ำหนักของน้ำ (γ_w) เท่ากับ 9,810 kg/m^3



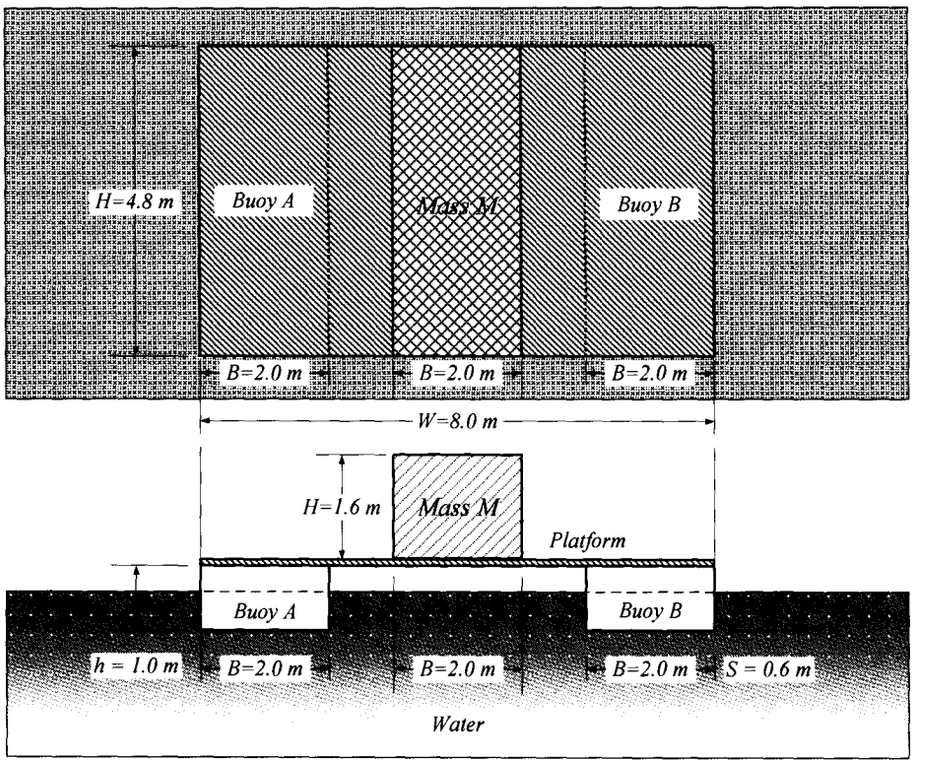
วิธีทำ

รหัส..... .....

ข้อที่ 3 (10 คะแนน) แพ (Platoon) ประกอบด้วยพื้นรับน้ำหนัก (Platform) และทุ่นลอย (Buoys) A และ B ซึ่งมีขนาดเท่ากันลูกละ 2.0x1.0x4.8 m^3 ถ้าเฉพาะมวลของแพเท่ากับ 1.50 ตัน (ไม่คิดน้ำหนักบรรทุกซึ่งมีมวล M) เมื่อนำมวล M มาวางบนพื้นรับน้ำหนัก จะทำให้ทุ่นจมในน้ำ (ρ = 1,000 kg/m^3, ν = 1.00x10^{-6} m^2/s) เป็นระยะ 0.60 m

(ก) จงคำนวณหาขนาดของมวล M

(ข) จงตรวจสอบว่าแพมีเสถียรภาพการลอยตัวหรือไม่



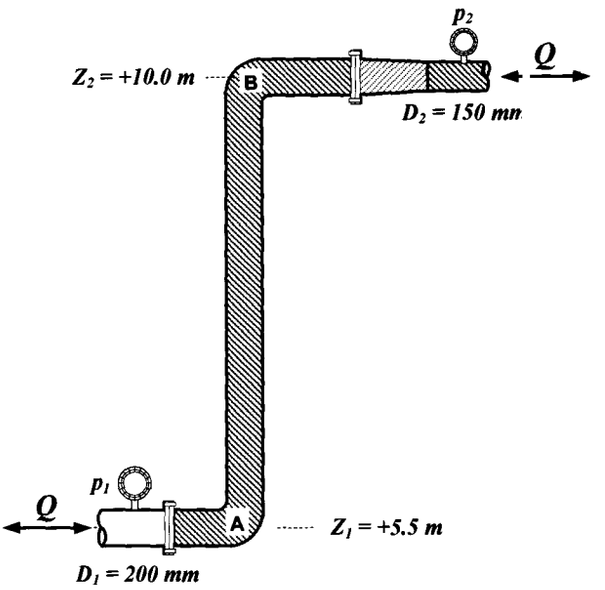
วิธีทำ

รหัส..... .....

ข้อที่ 4 (10 คะแนน) น้ำมัน (ρ = 850 kg/m^3, μ = 0.025 Pa.s) ไหลในท่อ AB ในอัตรา (Q) เท่ากับ 300 L/s ดังแสดงในรูป ถ้าวัดค่าความดัน p_1 และ p_2 ได้เท่ากับ 250 และ 180 kPa ตามลำดับ

(ก) จงระบุทิศทางการไหลของน้ำมันในท่อ

(ข) จงคำนวณหาการสูญเสียเฮดของการไหลจากจุดวัดความดัน p_1 ไปยัง p_2



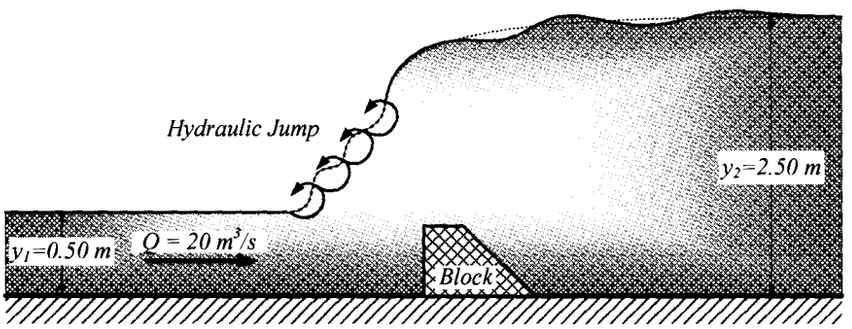
วิธีทำ

รหัส..... .....

ข้อที่ 5 (10 คะแนน) รางส่งน้ำมีความกว้าง 4 m น้ำ (ρ = 1,000 kg/m^3, μ = 0.001 Pa.s) ไหลในราง ในอัตรา (Q) เท่ากับ 20 m^3/s ผ่านบล็อค (Block) ดังแสดงในรูป แล้วทำให้เกิดการกระโดดของน้ำ (Hydraulic Jump) ถ้าวัดความลึกของน้ำก่อน (y_1) และหลัง (y_2) การกระโดดของน้ำได้เท่ากับ 0.50 m และ 2.50 m ตามลำดับ

(ก) จงคำนวณหาแรงฉุดที่กระทำต่อบล็อค

(ข) จงคำนวณหาการสูญเสียเฮดของการไหลในราง

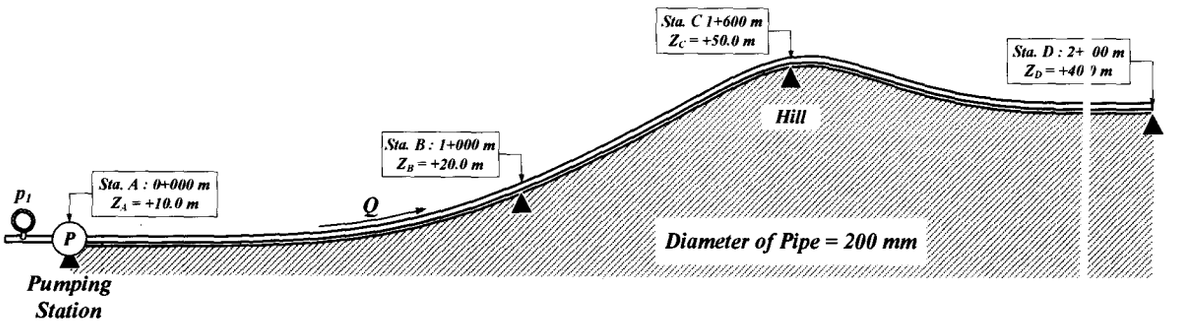


วิธีทำ

ข้อที่ 6 (15 คะแนน) ส่งน้ำ (ρ = 1,000 kg/m^3, μ = 0.001 Pa.s) ในอัตรา (Q) 60 m^3/hr ผ่านท่อ สันผ่านศูนย์กลาง (D) ขนาด 200 mm มีค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด (f) เท่ากับ 0.020 จากจุด A ไปยังจุด D โดยที่จุด A ($Z_A = +10.00$ m) มีค่าความดัน (p_A) เท่ากับ 200 kPa และต้องใช้เครื่องสูบน้ำ (P) กำลัง 10 HP ซึ่งมีประสทธิภาพ (ξ) เท่ากับ 0.75 เพื่อเพิ่มเฮดให้เพียงพอต่อการไหลผ่านพื้นที่ลาดชันได้

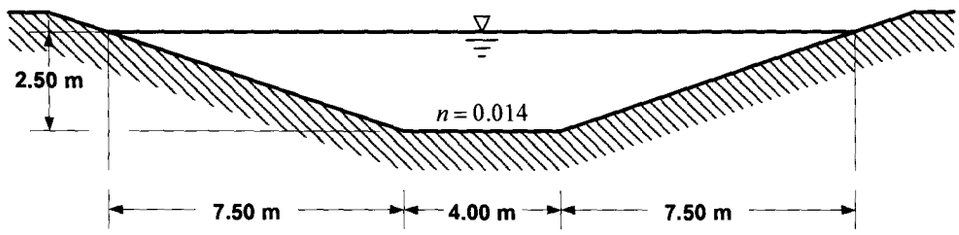
(ก) จงคำนวณหาค่าความดันที่จุด C (p_C) ถ้าระดับท่อ $Z_C = +50.00$ m

(ข) จงคำนวณหาค่าเฮดรวมที่จุด D (H_D) ถ้าระดับท่อ $Z_D = +40.00$ m



วิธีทำ

ข้อที่ 7 (10 คะแนน) คลองส่งน้ำหน้าตัดดังแสดงในรูป ถ้าท้องคลองมีความลาดชัน (S_0) 0.0004 และผิวคลองมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) 0.014 จงคำนวณหาอัตราการไหลในคลองส่งน้ำสายนี้



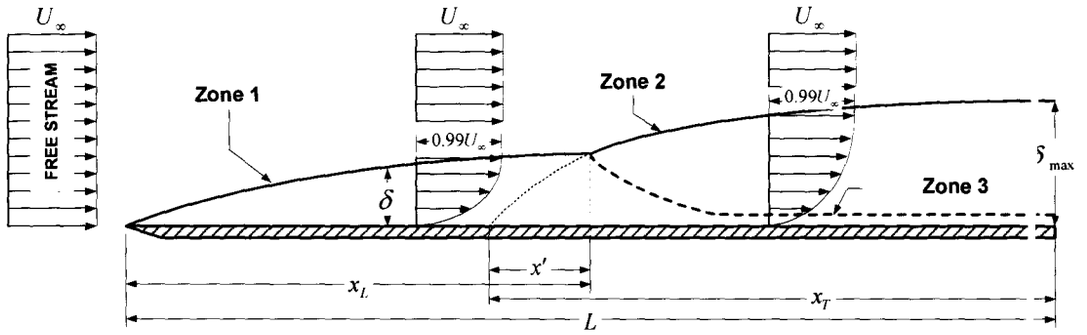
วิธีทำ

ข้อที่ 8 (10 คะแนน) เมื่อของไหลเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณชั้นขอบผิว (Boundary Layer Region) ก็จะมีการพัฒนาการเป็นช่วงๆ ดังแสดงในรูป โดยในช่วงแรกจะเข้าสู่ช่วงการไหลชั้นขอบผิวราบเรียบ (Laminar Boundary Layer) เป็นระยะ x_L จนกระทั่งค่าเรย์โนลด์มากถึงวิกฤต (Critical Reynolds Number: R_{ecrit}) สภาพการไหลจะเริ่มเปลี่ยนเป็นการไหลแบบชั้นขอบผิวปั่นป่วน (Turbulent Boundary Layer) โดยใช้ระยะทางในการเปลี่ยนแปลงการไหลเท่ากับ x' ซึ่งมีความสัมพันธ์ว่า

$$x'^{4/5} = \frac{\delta}{0.38}\left(\frac{U_\infty}{\nu}\right)^{1/5}$$

และพบว่าค่า δ ที่ตำแหน่ง x ต่าง ๆ ของการไหลแบบชั้นขอบผิวปั่นป่วน สามารถหาได้จาก

$$\delta = 0.38xR_e^{-1/5}$$



การไหลของอากาศที่อุณหภูมิ 20° C (ρ = 1.20 kg/m^3, ν = 1.60x10^{-5} m^2/s) ไหลผ่านวัสดุแผ่นบางเรียบซึ่งมีความยาว (L) เท่ากับ 5.00 m มีความกว้าง (W) 4.00 m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 m/s จงคำนวณหา

(ก) ระยะ δ_{max}

(ข) แรงฉุด (F_D) ที่กระทำต่อผิวบนของแผ่นวัตถุนี้
โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงฉุด (C_f) คำนวณได้จาก $C_f = 0.074R_{eL}^{-1/5} - 1700R_{eL}^{-1}$
และกำหนดค่า R_{ecrit} = 500,000

วิธีทำ

ข้อที่ 9 (15 คะแนน) คำตอบของสมการการไหลบริเวณชั้นขอบผิว (Boundary Layer Equation) ที่เสนอโดย Blasius (1908) สำหรับกรณีที่ $dp/dx = 0$ การหาคำตอบของ Blasius ได้กำหนดตัวแปรต่างๆ ขึ้นดังนี้

ให้ $\eta = y\sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}} = \frac{y}{x}R_e^{1/2}$ (A)

$\psi = \sqrt{2\nu U_\infty x}\, f(\eta)$ (B)

$u = U_\infty f'(\eta)$ (C)

$v = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{U_\infty \nu}{x}}(\eta f' - f)$ (D)

เมื่อ $f'(\eta) = \frac{df(\eta)}{d\eta} = \frac{u}{U_\infty}$ (E)

และ $f''(\eta) = \frac{d^2 f(n)}{d\eta^2}$ (F)

ได้คำตอบดังแสดงในตาราง

$\eta = y\sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}}$	f	$f' = \frac{u}{U_\infty}$	f''	$\frac{1}{2}(\eta f' - f)$
0.0	**0.0000**	**0.0000**	**0.3321**	**0.0000**
0.2	0.0066	0.0664	0.3320	0.0033
0.4	0.0266	0.1328	0.3315	0.0133
0.6	0.0597	0.1989	0.3301	0.0298
0.8	0.1061	0.2647	0.3274	0.0528
1.0	**0.1656**	**0.3298**	**0.3230**	**0.0821**
1.2	0.2380	0.3938	0.3166	0.1173
1.4	0.3230	0.4563	0.3079	0.1579
1.6	0.4203	0.5168	0.2967	0.2033
1.8	0.5295	0.5748	0.2829	0.2525
2.0	**0.6500**	**0.6298**	**0.2668**	**0.3048**
2.2	0.7812	0.6813	0.2484	0.3589
2.4	0.9223	0.7290	0.2281	0.4136
2.6	1.0725	0.7725	0.2065	0.4679
2.8	1.2310	0.8115	0.1840	0.5206
3.0	**1.3968**	**0.8461**	**0.1614**	**0.5707**
3.2	1.5691	0.8761	0.1391	0.6172
3.4	1.7470	0.9018	0.1179	0.6595
3.6	1.9295	0.9233	0.0981	0.6972
3.8	2.1161	0.9411	0.0801	0.7301
4.0	**2.3058**	**0.9555**	**0.0642**	**0.7582**
4.2	2.4981	0.9670	0.0505	0.7816
4.4	2.6924	0.9759	0.0390	0.8007
4.6	2.8883	0.9827	0.0295	0.8161
4.8	3.0853	0.9878	0.0219	0.8280
5.0	**3.2833**	**0.9916**	**0.0159**	**0.8372**
5.2	3.4819	0.9943	0.0113	0.8441
5.4	3.6809	0.9962	0.0079	0.8492
5.6	3.8803	0.9975	0.0054	0.8528
5.8	4.0799	0.9984	0.0037	0.8554
6.0	**4.2796**	**0.9990**	**0.0024**	**0.8571**
7.0	**5.2793**	**0.9999**	**0.0002**	**0.8601**
8.0	**6.2792**	**1.0000**	**0.0000**	**0.8604**
8.8	7.0792	1.0000	0.0000	0.8604

หลักการดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำมัน SAE30 ที่อุณหภูมิ 20^0 C ($\rho = 888$ kg/m^3, $\nu = 0.50 \times 10^{-3}$ m^2/s) ที่ไหลด้วยความเร็ว 2.00 m/s ผ่านแผ่นวัตถุบางเรียบที่มีความยาวตามแนวการไหล (L) เท่ากับ 2.40 m มีความกว้าง (W) เท่ากับ 1.20 m ณ ตำแหน่ง (x) เท่ากับ 2.0 m จากจุดเริ่มต้นการไหลเข้าสู่แผ่นผิวเรียบและที่ระดับเหนือผิวแผ่นเรียบ (y) เท่ากับ 20 cm

(ก) จงคำนวณหาความเร็วในแกนราบ (u)

(ข) จงคำนวณหาความเร็วในแนวดิ่ง (v)

(ค) หน่วยแรงเฉือนที่ผนังแผ่นผิวเรียบ (τ_0)

วิธีทำ