受験番号	

1．図-1 のように管径が D_1 から D_2 に急拡大する管路に，点線で示す断面①で流速 v_1，圧力 p_1，点線で示す断面②で流速 v_2，圧力 p_2 の水が流れている．この時，断面急拡による形状損失係数 ξ_{se} を求めよ．なお，水の密度は ρ とし，導出過程も含めて解答すること．（30 点）

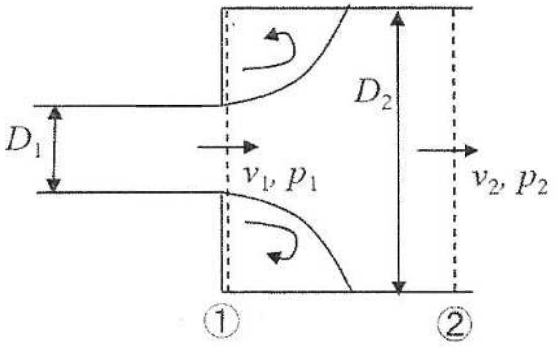


図-1

受験番号	

2．図-2 に示すように B 断面で勾配が変化する水路がある．上流側区間 AB の勾配は i_1=1/1000 で下流側区間 BC の勾配は i_2=1/50 である．この水路に単位幅当たりの流量 q=1.0 m^2/s の水が流れる時，次の問いに答えよ．ただし，重力加速度は 9.8 m/s^2，マニングの粗度係数 n は 0.030 とする．（30 点）

1） 水路 AB，水路 BC の限界水深 h_{c1}，h_{c2} および等流水深 h_{01}，h_{02} を求めよ．なお，単位も記入すること．

2） 水路全体の水面形の概略を示せ．

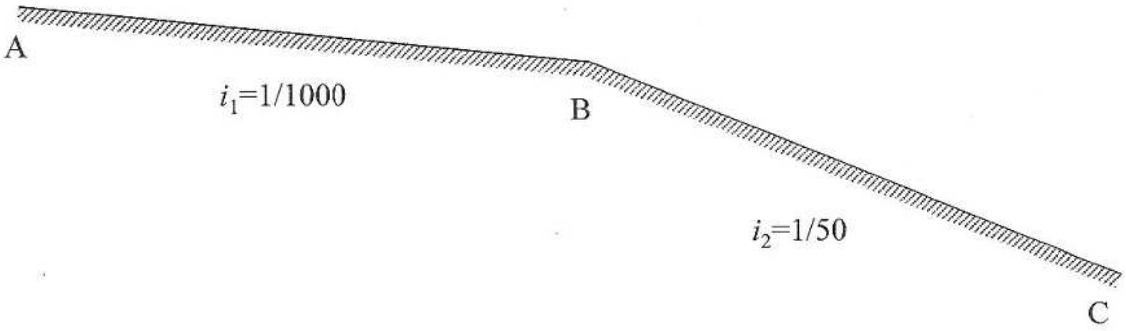


図-2

令和9年度編入学試験　【水理学】問題・解答用紙（3枚の内の第3枚）

受験番号	

3．次の語句を説明せよ．（40 点）

1) フルード数　　2) 跳水　　3) マニングの式　　4) 水理学的に有利な断面

■出題の意図■

構造力学，土質力学，水理学（社会建設工学科）

社会建設工学科における学修の基盤である構造力学、土質力学、水理学に関して、理解度を測る。

令和9年度編入学試験　【水理学】 問題・解答用紙（3枚の内の第1枚）

受験番号	

1．図-1 のように管径が D_1 から D_2 に急拡大する管路に，点線で示す断面①で流速 v_1，圧力 p_1，点線で示す断面②で流速 v_2，圧力 p_2 の水が流れている．この時，断面急拡による形状損失係数 ξ_{se} を求めよ．なお，水の密度は ρ とし，導出過程も含めて解答すること．（30 点）

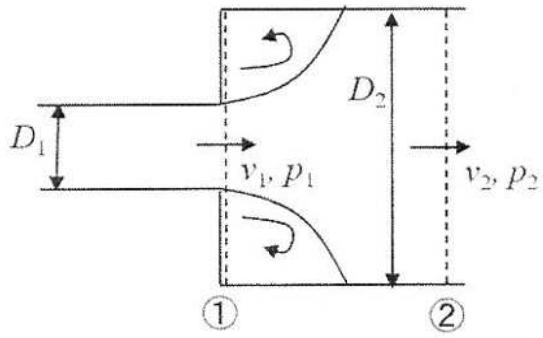


図-1

【解答】

断面①と②の間に運動量保存則を適用する．急拡部直下流の壁面に作用する圧力は p_1 と等しいとすると

$$\rho Q(v_2 - v_1) = \frac{\pi D_1^2}{4} p_1 + \left(\frac{\pi D_2^2}{4} - \frac{\pi D_1^2}{4} \right) p_1 - \frac{\pi D_2^2}{4} p_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}(p_1 - p_2) \quad (1)$$

である．また，連続式より

$$Q = v_1 \left(\frac{\pi D_1^2}{4} \right) = v_2 \left(\frac{\pi D_2^2}{4} \right) \quad (2)$$

であるから，式(2)を式(1)に代入すると

$$\frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = \frac{v_2}{g}(v_2 - v_1)$$

となる．

エネルギー損失 Δh は

$$\Delta h = \left(\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} \right) - \left(\frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} \right) = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + \left(\frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} \right)$$

$$= \frac{1}{2g}(v_1 - v_2)^2 = \frac{v_1^2}{2g} \left\{ 1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right\}^2$$

したがって，

$$\xi_{se} = \left\{ 1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right\}^2$$

受験番号	

2．図-2 に示すように B 断面で勾配が変化する水路がある．上流側区間 AB の勾配は i_1=1/1000 で下流側区間 BC の勾配は i_2=1/50 である．この水路に単位幅当たりの流量 q=1.0 m^2/s の水が流れる時，次の問いに答えよ．ただし，重力加速度は 9.8 m/s^2，マニングの粗度係数 n は 0.030 とする．（30 点）

1） 水路 AB，水路 BC の限界水深 h_{c1}，h_{c2} および等流水深 h_{01}，h_{02} を求めよ．なお，単位も記入すること．

【解答】

限界水深 h_{c1}，h_{c2} は

$$h_{c1} = h_{c2} = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{1^2}{9.8}\right)^{1/3} = 0.47[\mathrm{m}]$$

等流水深 h_{01}，h_{02} は

$$h_{01} = \left(\frac{n^2 q^2}{i_1}\right)^{3/10} = \left(\frac{0.03^2 \times 1^2}{1/1000}\right)^{3/10} = 0.97[\mathrm{m}]$$

$$h_{02} = \left(\frac{n^2 q^2}{i_2}\right)^{3/10} = \left(\frac{0.03^2 \times 1^2}{1/50}\right)^{3/10} = 0.39[\mathrm{m}]$$

2） 水路全体の水面形の概略を示せ．

【解答】

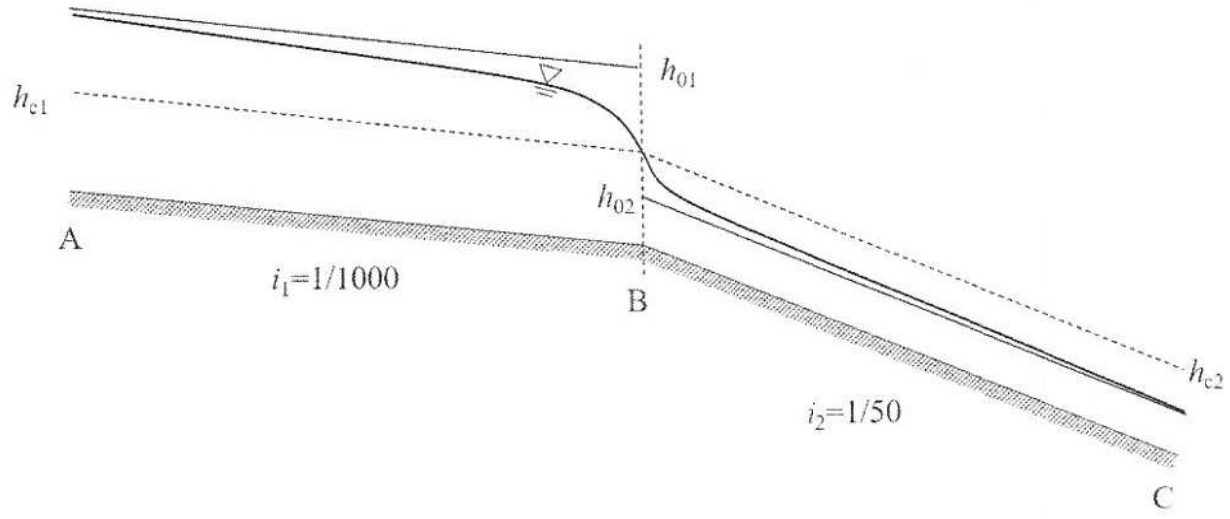


図-2

受験番号	

3．次の語句を説明せよ．（40 点）

1) フルード数　2) 跳水　3) マニングの式　4) 水理学的に有利な断面

【解答】

1) 流体運動の慣性力と重力の比を表す無次元パラメータである．この値が 1 よりも大きい場合の流れは射流であり，1 よりも小さい流れは常流である．1 のときは限界流となる．

2) 射流から常流に遷移する際に，射流側の浅い水深と常流側の深い水深を接続するために生じる激しい渦．水面形方程式では特異点となっている．

3) 平均流速（あるいは流量）を与える経験的な公式で次式で与えられる．

$$Q=\frac{A}{n}R^{2/3}I^{1/2}$$

ここでは Q は流量，A は流積，n はマニングの粗度係数，R は径深，I は動水勾配（開水路では水路床勾配）である．

等流状態で適用可能な式であるため，等流水深を求めるときなどにも利用される．

4) 断面積，粗度係数，水路床勾配が与えられたときに，流量を最も多く流しうる断面のこと．