

■出題の意図■

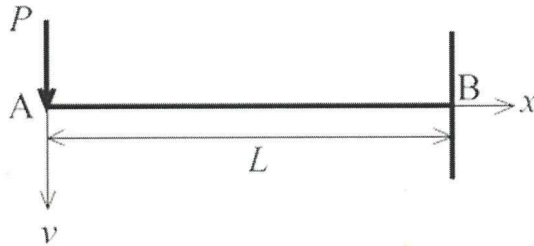
専門科目（受験区分コード：56）

建設環境系専攻の社会建設工学コース及び国際建設技術コースに関わる学問分野である構造力学、土質力学、水理学に関して、理解度を測る。

専門科目【構造力学】 問題・解答用紙(4枚の中の第1枚)

受験番号

1. 下図に示す、集中荷重 P が左端の自由端に作用する長さ L の片持ばりについて、以下の問いに答えよ。ただし、曲げ剛性 EI ははりの全長に渡って一定とする。(配点 26 点)



- 1) このはりに発生する曲げモーメント M の式を示せ。ただし、 A 点から B 点に向かって x 軸をとること。

曲げモーメントの式：
$$M_x = -Px$$

- 2) このはりのたわみ角 θ の式およびたわみ v の式を示せ。ただし、 A 点から B 点に向かって x 軸をとること。また、たわみは下向きを正とする。

たわみ角の式：
$$\theta = \frac{P}{2EI}(x^2 - L^2)$$

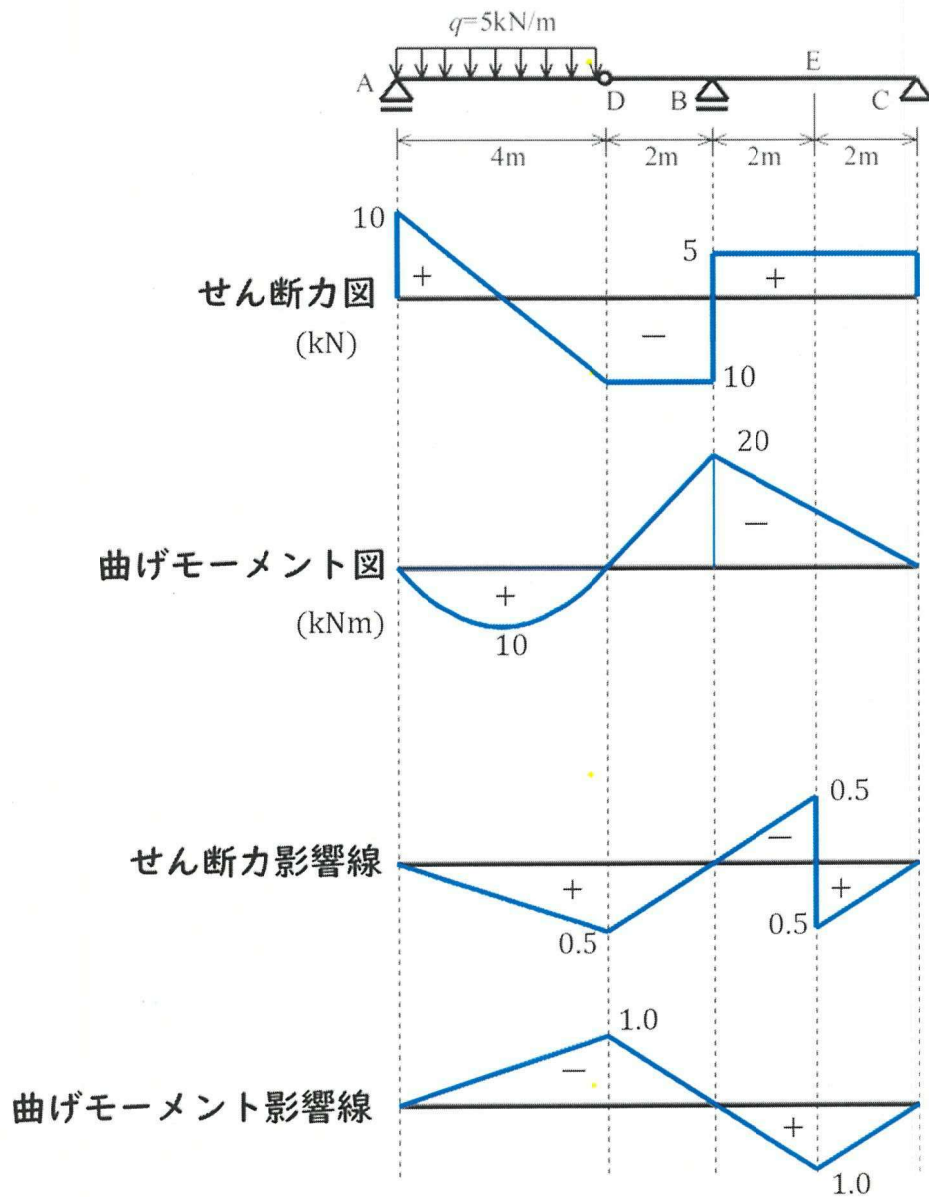
たわみの式：
$$v = \frac{q}{6EI}(x^3 - 3L^2x + 2L^3)$$

専門科目【構造力学】問題・解答用紙(4枚の中の第2枚)

| | |
|------|--|
| 受験番号 | |
|------|--|

2. 下の等分布荷重を受けるゲルバーばりについて、以下の問いに答えよ。（配点 24 点）

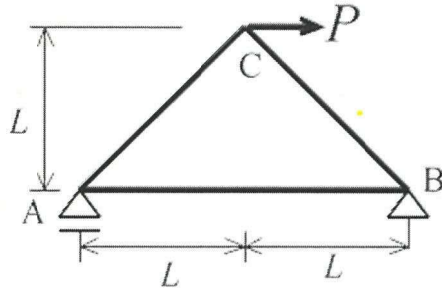
- 1) このはりのせん断力図および曲げモーメント図を示せ。なお、図中に正負および代表値を記入すること。
- 2) このはりの E 点におけるせん断力影響線および曲げモーメント影響線を示せ。なお、図中に正負および代表値を記入すること。



専門科目【構造力学】問題・解答用紙（4枚の内の第3枚）

受験番号

3. 水平集中荷重 P を C 点に受ける下図のトラスについて、次の問いに答えよ。（配点 25 点）



1) 全ての部材力を求めよ.

AB の部材力 $-\frac{P}{2}$

AC の部材力 $\frac{\sqrt{2}P}{2}$

BC の部材力 $-\frac{\sqrt{2}P}{2}$

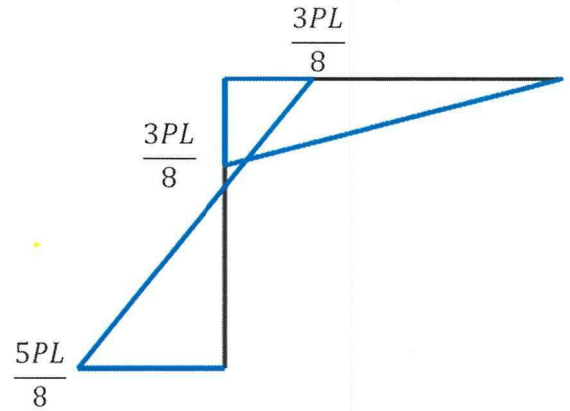
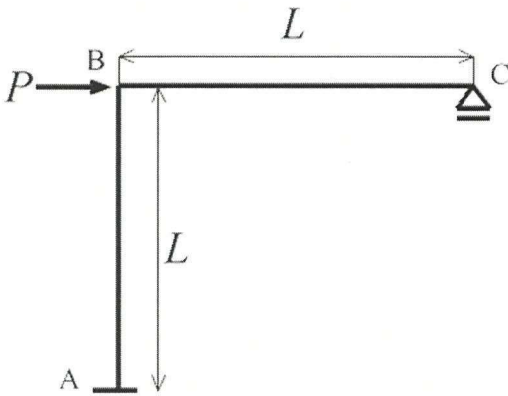
2) C 点の鉛直変位 v_C を求めよ. ただし、鉛直変位は下向きを正とする. また、すべての部材のヤング率 E および断面積 A は一定とする.

C 点の鉛直変位 $v_C = -\frac{PL}{2EA}$

専門科目【構造力学】問題・解答用紙（4枚の中の第4枚）

受験番号

4. 水平集中荷重 P を受ける下図の構造の曲げモーメント図を示せ。ただし、すべての部材のヤング率 E および断面2次モーメント I は一定とする。なお、この問題では軸力は無視して良い。（配点25点）



曲げモーメント図

専門科目【土質力学】 問題・解答用紙(3枚の内の第1枚)

受験番号

1. 砂を用いて、図-1のような装置を用いて透水試験を実施した。供試体の断面積は、 78.54 cm^2 、供試体の長さは、 12.73 cm 、供試体の乾燥密度は、 1.699 g/cm^3 である。水温の影響は無視できるものとして以下の問いに答えよ。（配点30点）

- 1) このような透水試験は一般に何と呼ばれるか。○○○透水試験で答えよ。
- 2) 水頭差を 15.00 cm 与えて実験を実施した。動水勾配を求めよ。
- 3) 2)の条件の時、 180.0 秒間の流量が 472.0 cm^3 であった。透水係数を求めよ。
- 4) 透水係数を計測後、同一供試体に対してこの装置内（断面積は不変）で締め固めを行ったところ、締め固め後の供試体の乾燥密度が 1.851 g/cm^3 となった。この状態で再び2)の条件で実験を実施したところ、 180.0 秒間の流量が 278.0 cm^3 であった。この時の透水係数を求めよ。

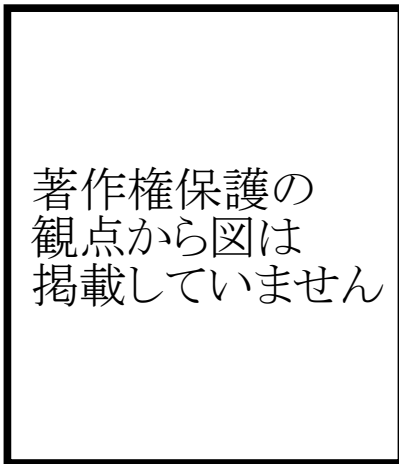


図-1

(出典：三田地利之，土質力学入門)

$$2) \quad i = \frac{h}{L} = \frac{15.00}{12.73} = 1.18$$

$$3) \quad k = \frac{Q}{t \cdot A \cdot i} = \frac{472.0}{180.0 \times 78.54 \times 1.18} = 2.83 \times 10^{-2}$$

$$4) \quad m_s = \rho_d \cdot A \cdot L = 1.699 \times 78.54 \times 12.73 = 1698.7$$

$$L = \frac{m_s}{\rho_d \cdot A} = \frac{1698.7}{1.851 \times 78.54} = 11.68$$

$$i = \frac{h}{L} = \frac{15.00}{11.68} = 1.28$$

$$k = \frac{Q}{t \cdot A \cdot i} = \frac{278.0}{180.0 \times 78.54 \times 1.28} = 1.53 \times 10^{-2}$$

1) 解答欄

| | |
|-----|---------|
| 定水位 | 透 水 試 験 |
|-----|---------|

2) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| | |
|---------|------|
| 動 水 勾 配 | 1.18 |
|---------|------|

3) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| |
|--|
| $2.83 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$, $2.83 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ |
|--|

4) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| |
|--|
| $1.53 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$, $1.53 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ |
|--|

専門科目【土質力学】 問題・解答用紙(3枚の内の第2枚)

受験番号

2. ある土の三軸圧縮試験について、全応力による粘着力、せん断抵抗角がそれぞれ $c_{cu} = 10.00 \text{ kN/m}^2$, $\phi_{cu} = 22.0^\circ$ であり、有効応力による粘着力、せん断抵抗角がそれぞれ $c' = 15.00 \text{ kN/m}^2$, $\phi' = 28.0^\circ$ であることがわかった。この土について以下の問いに答えよ。(配点 30 点)
- 1) この土に作用する全応力 σ が 100.00 kN/m^2 の時のせん断強さ s を求めよ。
 - 2) この土を拘束圧（最小主応力） 100.00 kN/m^2 で圧密し、非排水条件で三軸圧縮試験を行った。土が破壊する時（破壊時）の主応力差を求めよ。
 - 3) 2)の条件で、この土に発生する破壊時の過剰間隙水圧を求めよ。

1)

$$s = c_{cu} + \sigma \cdot \tan \phi_{cu} = 10 + 100.00 \times \tan(22.0) = 50.4$$

2)

$$\sin \phi_{cu} = \frac{\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}}{\left(\frac{c_{cu}}{\tan \phi_{cu}}\right) + \sigma_3 + \left(\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}\right)} \rightarrow \sin \phi_{cu} \left\{ 2 \left(\frac{c_{cu}}{\tan \phi_{cu}}\right) + \sigma_3 + \sigma_1 \right\} = \sigma_1 - \sigma_3$$

$$\sigma_1 = \frac{2c_{cu} \cos \phi_{cu}}{1 - \sin \phi_{cu}} + \sigma_3 \left(\frac{1 + \sin \phi_{cu}}{1 - \sin \phi_{cu}}\right) = 249.45 \rightarrow \sigma_1 - \sigma_3 = 249.45 - 100.00 = 149.45$$

3)

$$\sin \phi' = \frac{\frac{(\sigma_1' - \sigma_3')}{2}}{\left(\frac{c'}{\tan \phi'}\right) + \sigma_3' + \left(\frac{(\sigma_1' - \sigma_3')}{2}\right)} \rightarrow \sin \phi' \left\{ \left(\frac{c'}{\tan \phi'}\right) + \sigma_3' + \left(\frac{(\sigma_1' - \sigma_3')}{2}\right) \right\} = \frac{(\sigma_1' - \sigma_3')}{2}$$

$$\sigma_3' = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2 \sin \phi'} - \frac{c'}{\tan \phi'} - \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \left(\frac{1}{\sin \phi'} - 1\right) - \frac{c'}{\tan \phi'} = 56.23$$

$$\rightarrow \sigma_3 - \sigma_3' = 100.00 - 56.23 = 43.77$$

- 1) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| | |
|-----------|------------------------|
| せん断強さ s | 50.4 kN/m ² |
|-----------|------------------------|

- 2) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| | |
|------|-------------------------|
| 主応力差 | 149.5 kN/m ² |
|------|-------------------------|

- 3) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| | |
|--------|------------------------|
| 過剰間隙水圧 | 43.8 kN/m ² |
|--------|------------------------|

専門科目【土質力学】 問題・解答用紙(3枚の内の第3枚)

受験番号

3. 地下水面より上部で、湿潤単位体積重量が 18.00 kN/m^3 、せん断抵抗角が 30.0° 、粘着力が 0.0 kN/m^2 の水平地盤がある。以下の問いに答えよ。（配点 20 点）

- 1) 地表面からの深さが 2.00 m の位置の鉛直土圧を求めよ。
- 2) 主働土圧係数及び受働土圧係数を求めよ。
- 3) 地表面からの深さが 2.00 m の位置の主働土圧を求めよ。

1) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| | |
|------|-----------------------|
| 鉛直土圧 | 36.0 kN/m^2 |
|------|-----------------------|

$$1) \quad \sigma_v = \gamma_t \cdot h = 18.0 \times 2.00 = 36.0$$

2) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| | |
|--------|---------|
| 主働土圧係数 | 0.333 |
| 受働土圧係数 | 3.000 |

$$2) \quad K_A = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{1 - \sin(30)}{1 + \sin(30)} = 0.333$$
$$K_P = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} = \frac{1 + \sin(30)}{1 - \sin(30)} = 3.000$$

3) 解答欄（単位が必要であれば記入すること）

| | |
|------|-----------------------|
| 主働土圧 | 12.0 kN/m^2 |
|------|-----------------------|

$$3) \quad \sigma_A = K_A \cdot \sigma_v = 0.333 \times 36.0 = 12.0$$

4. 以下に示す 1)~2)の問いに答えよ。（配点 20 点）

- 1) 相対密度について説明するとともに、相対密度の大きさとせん断特性の関連について説明せよ。

現在の密度がその土の取り得る最大及び最小密度の間どの状態にあるかを示す指標。
同じ試料であれば、相対密度が大きい程、せん断強度が高くなる。また、相対密度が大きい程、正のダイレイタンスが大きくなる。

- 2) 正規圧密と過圧密について説明するとともに、同じ圧密圧力を加えた際、圧密量が大きいのはどちらの状態か、理由も説明せよ。

圧密降伏応力を境に、それよりも低い応力の状態を過圧密状態といい、高い応力の状態を正規圧密状態とよぶ。
これらの状態の粘土に、同じ圧密圧力を加えた際、正規圧密状態において、圧密量が大きくなる。これは、正規圧密状態の圧縮指数が大きいためである。

専門科目【水理学】 問題・解答用紙（4枚の内の第1枚）

受験番号

1. 図-1 に示すように、静止した水に断面積が一定の棒が底面でヒンジによって固定されて斜めの状態で静止している。水の密度を ρ 、棒の密度を ρ_1 、棒の断面積を a 、棒の長さを l 、棒と底面のなす角度を θ 、重力加速度を g としたとき、水深 h を求めよ。（配点 25 点）

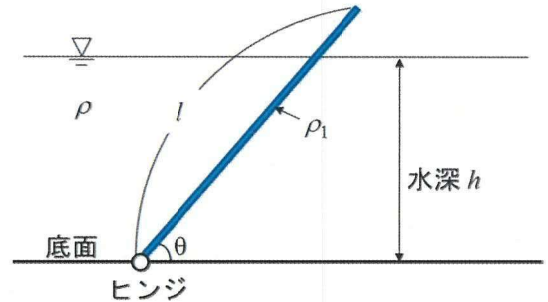


図-1

棒の自重 W と棒に働く浮力 B は以下のようなになる。

$$W = \rho_1 g a l$$

$$B = \rho g a l' = \rho g a \cdot \frac{h}{\sin \theta}$$

ここで l' は水面下にある棒の長さである。

棒は静止しているのでヒンジ回りの回転モーメントが 0 である。よって次式が成立する。

$$\frac{l}{2} W \cdot \cos \theta = \frac{l'}{2} B \cdot \cos \theta$$

$\cos \theta$ は自重、浮力の棒に対して垂直な成分を表すために必要である。

$l/2$ 、 $l'/2$ はそれぞれヒンジから重心、浮心までの長さである。

上式を整理すると

$$\frac{l}{2} \rho_1 g a l \cdot \cos \theta = \frac{h}{2 \sin \theta} \rho g a \cdot \frac{h}{\sin \theta} \cdot \cos \theta$$

$$\frac{l}{2} \rho_1 l = \frac{h}{2 \sin \theta} \rho \cdot \frac{h}{\sin \theta}$$

$$\rho_1 l^2 = \left(\frac{h}{\sin \theta} \right)^2 \rho$$

$$h^2 = \frac{\rho_1}{\rho} l^2 \sin^2 \theta$$

$$h = \pm \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho}} \cdot l \sin \theta$$

水深は負値にはならないので、求める解答は

$$h = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho}} \cdot l \sin \theta \quad \text{である。}$$

専門科目【水理学】 問題・解答用紙（4枚の内の第2枚）

受験番号

2. 図-2 に示すように、水槽 A と水槽 B を一本の管路で接続している。管路の全長 l は 17.0 m、管路断面の直径 D は 0.200 m であり、曲がり が 2 カ所存在している。管路の摩擦損失係数 f は 0.0180、曲がりの損失係数 ξ_b は 0.200、入口損失係数 ξ_e は 0.200、出口損失係数 ξ_o は 1.00、重力加速度 g は 9.80 m/s^2 である。水槽 A と水槽 B の水位差 H が 2.00 m のときの管内の流量 Q を求めよ。（配点 25 点）

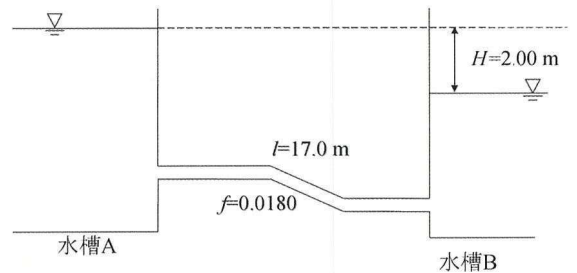


図-2

水位差 H は全損失水頭であるので次式を得る。展開していけば流量 Q を求める式が得られる。

$$H = \left(f \frac{l}{D} + \xi_e + 2\xi_b + \xi_o \right) \frac{v^2}{2g} = \left(f \frac{l}{D} + \xi_e + 2\xi_b + \xi_o \right) \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi D^2} \right)^2$$

$$\frac{2gH}{f \frac{l}{D} + \xi_e + 2\xi_b + \xi_o} = \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2gH\pi^2 D^4}{16 \left(f \frac{l}{D} + \xi_e + 2\xi_b + \xi_o \right)}} = \sqrt{\frac{gH\pi^2 D^4}{8 \left(f \frac{l}{D} + \xi_e + 2\xi_b + \xi_o \right)}}$$

数値を代入すれば

$$Q = \sqrt{\frac{9.80 \times 2.00 \times 3.14^2 \times 0.200^4}{8 \left(0.0180 \frac{17.0}{0.200} + 0.200 + 2 \times 0.200 + 1.00 \right)}} = 0.111 (\text{m}^3 / \text{sec})$$

専門科目【水理学】問題・解答用紙（4枚の内の第3枚）

| | |
|------|--|
| 受験番号 | |
|------|--|

3. 以下に示す1)~5)の語句を説明せよ。（配点25点）

1) レイノルズ数

慣性力と粘性力の比である。流れが層流状態であるのか乱流状態であるのかを規定する無次元パラメータである。

2) ベルヌーイの定理

流体が持つエネルギー、すなわち速度水頭、位置水頭および圧力水頭の和である全水頭が流線に沿って保存されることを表している定理である。

3) 支配断面

常流から射流に遷移するときに生じる断面で、そこでは限界流となっている。水面形方程式を解く際に境界条件を与える場所となり、この位置から上流側、下流側に水面形が求まる。

4) 径深

流水断面積を潤辺で除した量。

5) レイノルズ応力

乱れによって運動量が輸送されることによって生じる見かけのせん断応力。レイノルズ方程式を誘導する際に現れる応力で、時間平均流速に対して乱れ（変動成分）がせん断応力として働く。

専門科目【水理学】 問題・解答用紙（4枚の内の第4枚）

受験番号

4. 図-3 に示すような縦断勾配を持つ水路に一定流量の水を流すときに可能な水面形の概略を図-3 中に示せ。水路の各勾配区間は十分長いものとする。ただし、 i は水路床勾配、 i_c は限界勾配、 h_0 は等流水深、 h_c は限界水深、上流側は図面の左手側である。（配点 25 点）

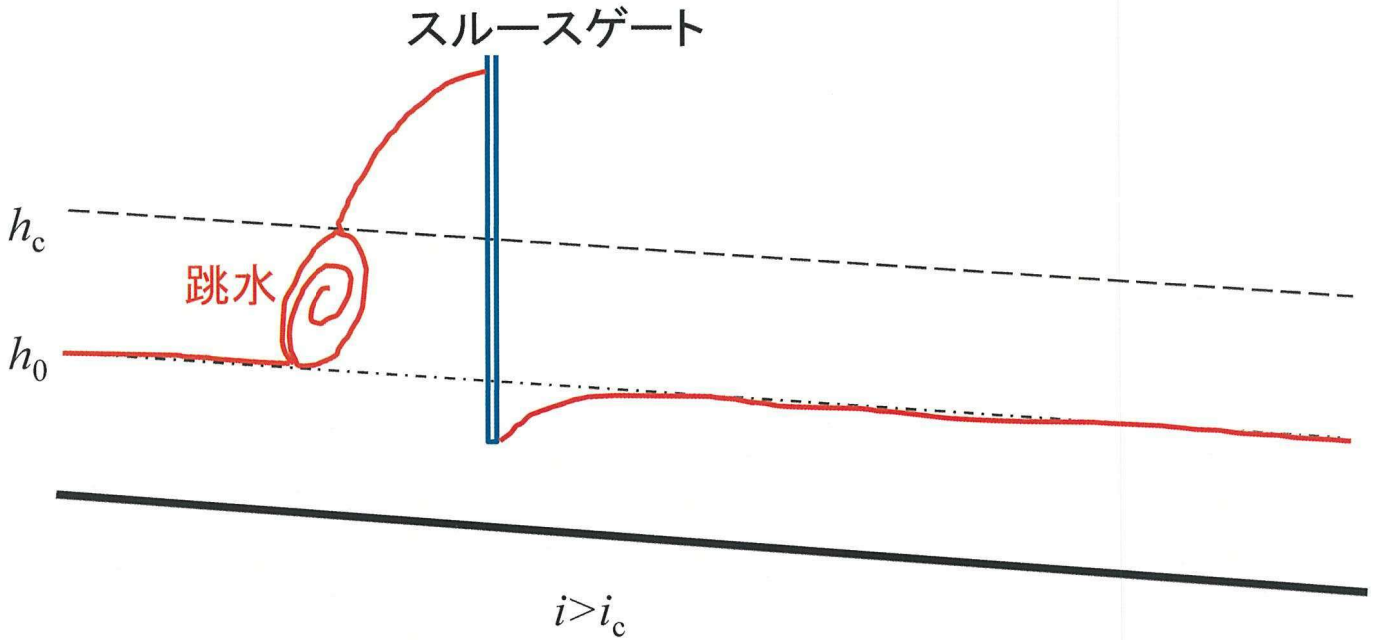


図-3

採点のポイント：

急こう配水路であることが理解できているかが採点のポイントである。具体的には以下の通り。

- 図中の上流端から下流に向かって等流水深となっている。
- スルースゲートの前面で跳水が存在している。
- 跳水の終点からスルースゲートに向かって上に凸の形状をした水面形になっている。
- スルースゲートから下流に向かって上に凸の形状をした水面形となっており、等流水深に漸近している。
- 等流水深に漸近したあとは、下流に向かって等流水深となっている。