



落差工水理計算システム

土地改良仕様「水路工」基準に準拠した水クッション型落差工の水理計算システム

価格 ¥143,000- (税+HASP込)

本商品を別保有 HASP に追加登録する場合、価格が¥132,000- (税込) となります。

適用基準

- 土地改良事業計画設計基準
 - ・設計「水路工」 (H26/3)
- 土地改良事業設計指針
 - ・「ため池整備」 (H27/5)

構造型式

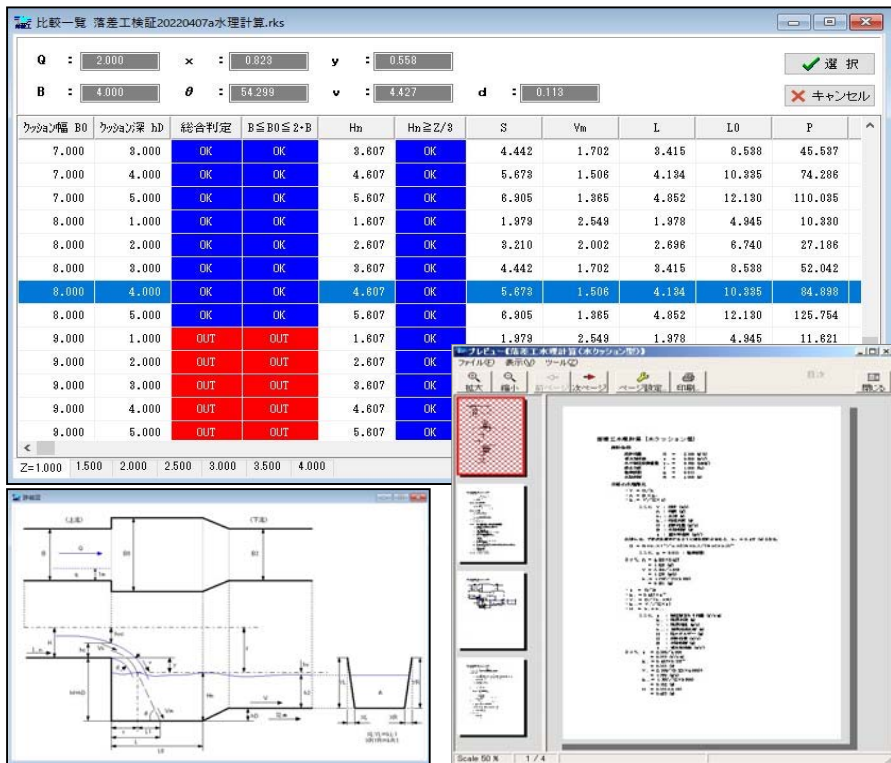
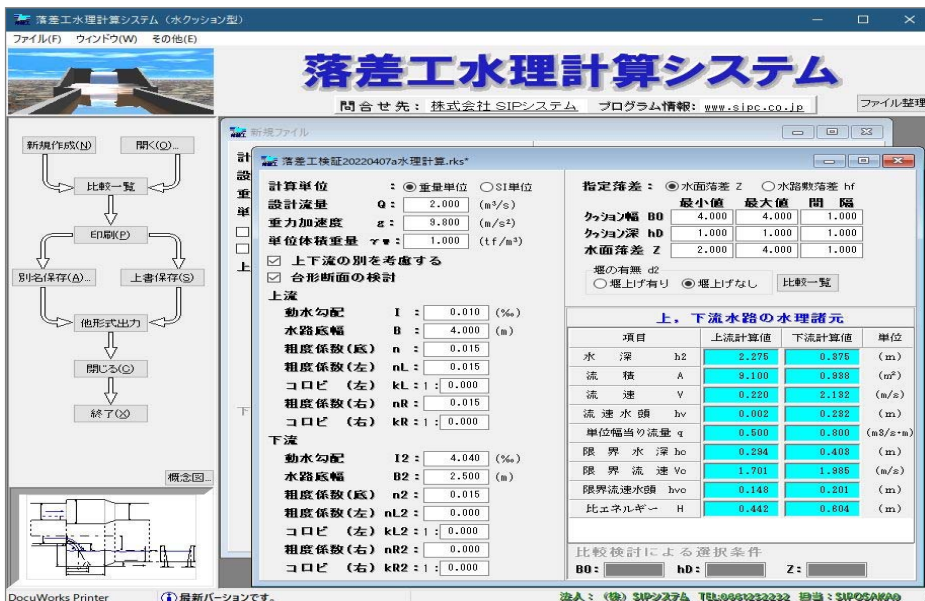
- 減勢工
 - ・水クッション型落差工

システム概要

本システムは、土地改良基準「水路工」に準拠した水クッション型落差工の水理計算及び形状寸法の算出を行います。

主な機能

1. 落差工の入口取付水路（上流）および出口取付水路（下流）部について形状特性の入力が可能。
2. 設計流量の条件を入力後、落差工の水面落差や水路敷落差を指定した計算が可能。
3. 計算条件に足してクッション幅やクッション深の「最小値、最大値」及び「計算間隔」を入力した形状寸法毎の比較検討計算が可能。
4. 入口取付水路部の末端部について堰上げの「有り、無し」の設定が可能。
5. 計算書は「水理計算書」および「比較検討一覧」をプレビュー画面にて内容確認後、印刷が可能。
6. 比較検討一覧表は、Excel フォームへ出力、CSV フォーマット出力も可能。



システム環境

CONTACT (TEL):06-6125-2232 (FAX):06-6125-2233

- 基本OS : Windows8 (32bit&64bit) 、Windows10&11 (64bit)
- ハード環境 : HD 容量 500MB 以上、メモリ容量 4GB 以上
- プロテクト方式 : HASP (USB) 方式、オンライン (IN) 方式、ネット認証システム (Lan 対応版)

お問合せ

ACCESS(URL):http://www.sipc.co.jp (Mail):mail@sipc.co.jp

株式会社 SIP システム

〒542-0081

大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501 (大阪事務所)

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

ご案内

- ・本商品に関するご質問、資料請求、見積依頼等につきましては、お電話、メール等にて弊社「大阪事務所」迄お問合わせ下さい。
- ・弊社ホームページより各商品概要のリーフレット、出力例等のダウンロードや体験版プログラムのお申込み等が可能です。

土木設計「ため池整備設計シリーズ」のご案内



土地改良設計業務に携わる皆様への「ため池水理・設計計算シリーズ」のご案内です。

土地改良基準「ため池整備」に準拠した「洪水吐水理計算システム」、放水路や移行部が湾曲した場合の水理計算が可能な「水理計算システム（等流不等流）」。また、ため池堤体部の安定計算が可能な「堤体の安定計算システム」等、ため池整備の設計業務の身近な設計ソフトウェアとしてご検討頂ければ幸いです。 (株) S I Pシステム



< 洪水吐水理計算システム / ¥341,000 (税+HASP 込) >

- ①設計洪水流量は、A項、C項、B項流量を比較検討し最大設計流量を判定、手入力の「指定流量」や貯留効果の検討も可能。また間接流域（一定流入強度式による流入）からの間接流入の考慮も可能。
- ②降雨強度式は、データベースへ登録が可能。短期式による特性係数法を用いた強度式の定数計算も可能。
- ③確率降雨強度式は「タルボット式」「シャーマン式」「久野、石黒式」「君島式」「物部式」から選択登録が可能。
- ④形式は「水路流入式」「越流堰式」「側水路式」に対応。
- ⑤移行部/放水路部について湾曲等を考慮する場合、「不等流水路水面追跡計算システム」と連動した計算が可能。
- ⑥減勢工の検討は、200確率雨量で決定した構造形状に対し100年確率雨量の設計洪水流量で減勢工を計算、推奨タイプを表示、計算された構造寸法の変更も可能。
- ⑦出力帳票は、計算書、水面追跡計算書、変化点表をプレビュー画面表示しWord出力も可能。

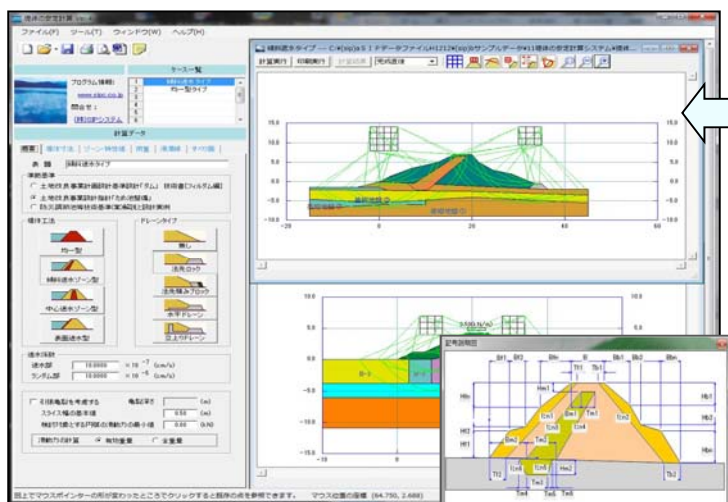
< 水理計算システム(等流不等流) / ¥187,000 (税+HASP 込) >

- ①等流（マイニング）・不等流（ベルヌーイ）の計算を「水路形状」～「河川断面」等の水理計算が可能です。
- ②水路形状が湾曲、屈曲、漸縮、漸拡、急縮、急拡や段上げしている場合の損失係数を考慮した計算が可能。
- ③常流・射流の判定を行い側壁余裕高さの計算が可能。
- ④本システムと洪水吐システムとのデータ連動が可能。
- ⑤計算結果はプレビュー画面にて内容確認、計算書はExcelへの直接出力やWord変換も可能。



< 堤体の安定計算システム / ¥198,000 (税+HASP 込) >

- ①堤体形状は、工法、ドレーンタイプを選択し形状寸法を入力すると、安定計算に必要な座標値を自動生成。
- ②堤体断面多段面に対応。基礎地盤等は、ブロック座標指定。
- ③水位を入力すれば浸潤線を計算、座標値の修正も可能。
- ④任意荷重として等分布荷重、集中荷重の指定も可能。
- ⑤解析は、検討6ケース（完成直後、常時満水、設計洪水、水位急降下時、サーチャージ、中間水位）に対応。
- ⑥円弧解析メッシュは、メッシュ範囲を座標指定した後、半径指定、通過点、底部、接線による指定が可能。
- ⑦計算結果後、最小安全率、最大抑止力を画面表示。
- ⑧計算書は、検討ケース毎に出力可能。また、目次の作成や断面図の出力の他、Word出力も可能。



- その他商品の紹介
1. 「落差工水理計算システム」(¥143,000)、「水理計算システム(等流不等流)」(¥187,000)、「調節池容量計算システム」(¥176,000)
 2. 「水路設計計算システム」(¥209,000)、「集水構造物計算システム」(¥220,000)、「ボックスカルバート設計システム」(¥209,000)
 3. 「無筋擁壁設計システム」, 「RC擁壁設計システム」, 「長方形板の計算システム」など (HASP+税込価格で表示)

株式会社 S I Pシステム
 〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501
 TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233
 OS : Windows8、Windows10&11 (32bit&64bit) 対応
 HD : 500MB 以上。USBポート&DVD-ROM 必須。
 プロテクト方式 : HASP 方式 (USB) またはオンライン方式

<お問い合わせは大阪事務所まで>

- ・商品に関するお問合せは、お電話メール等でお受けしております。(受付時間 平日 9:00~17:00)
- ・商品の詳細は、弊社ホームページでもご確認いただけます。
<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

設計計算書の概要

設計条件: 設計流量: 10000 m³/d, 設計水位: 10.00 m, 設計流速: 0.50 m/s

設計断面: 設計断面: 10.00 m x 1.00 m

設計材料: 設計材料: コンクリート

設計仕様: 設計仕様: 設計仕様: 設計仕様

貯留効果の検討

貯留効果: 貯留効果: 貯留効果: 貯留効果

貯留効果: 貯留効果: 貯留効果: 貯留効果

貯留効果: 貯留効果: 貯留効果: 貯留効果

断面形状

断面形状: 断面形状: 断面形状: 断面形状

断面形状: 断面形状: 断面形状: 断面形状

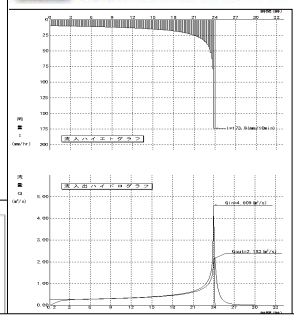
断面形状: 断面形状: 断面形状: 断面形状

断面形状 (設計断面)

断面形状: 断面形状: 断面形状: 断面形状

断面形状: 断面形状: 断面形状: 断面形状

断面形状: 断面形状: 断面形状: 断面形状

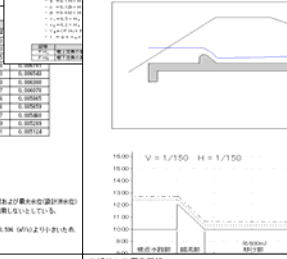


設計計算書の概要

項目	内容
設計流量	10000 m³/d
設計水位	10.00 m
設計流速	0.50 m/s
設計断面	10.00 m x 1.00 m
設計材料	コンクリート
設計仕様	設計仕様: 設計仕様: 設計仕様

貯留効果の検討

項目	内容
貯留効果	貯留効果: 貯留効果: 貯留効果
貯留効果	貯留効果: 貯留効果: 貯留効果
貯留効果	貯留効果: 貯留効果: 貯留効果



断面形状 (設計断面)

項目	内容
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状

洪水調節計算 (1/200年確率)

洪水調節計算 (1/200年確率)

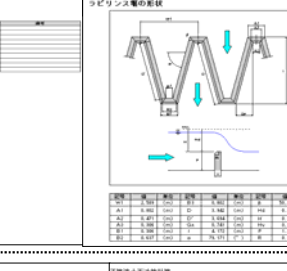
洪水調節計算 (1/200年確率)

●洪水吐水計算の出力

- 1) 200年確率雨量計算
- 2) 貯留効果の検討
- 3) 間接流域の考慮
- 3) 100年確率雨量計算
- 4) 減勢工の設計

設計計算書の概要

項目	内容
設計流量	10000 m³/d
設計水位	10.00 m
設計流速	0.50 m/s
設計断面	10.00 m x 1.00 m
設計材料	コンクリート
設計仕様	設計仕様: 設計仕様: 設計仕様



断面形状 (設計断面)

項目	内容
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状

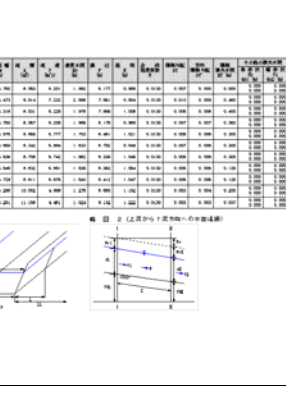
不等流水路水面追跡計算

不等流水路水面追跡計算

不等流水路水面追跡計算

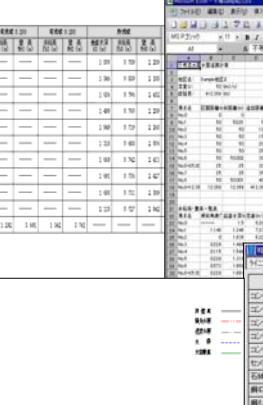
設計計算書の概要

項目	内容
設計流量	10000 m³/d
設計水位	10.00 m
設計流速	0.50 m/s
設計断面	10.00 m x 1.00 m
設計材料	コンクリート
設計仕様	設計仕様: 設計仕様: 設計仕様



断面形状 (設計断面)

項目	内容
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状

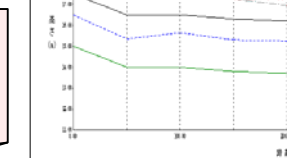


●不等流水路水面追跡計算の出力

- 1) 水面追跡計算一覧表/水路壁余裕高計算表
- 2) 水面変化グラフの出力
- 3) Excel/CSV 出力/粗度係数表 (画面表示)

設計計算書の概要

項目	内容
設計流量	10000 m³/d
設計水位	10.00 m
設計流速	0.50 m/s
設計断面	10.00 m x 1.00 m
設計材料	コンクリート
設計仕様	設計仕様: 設計仕様: 設計仕様



断面形状 (設計断面)

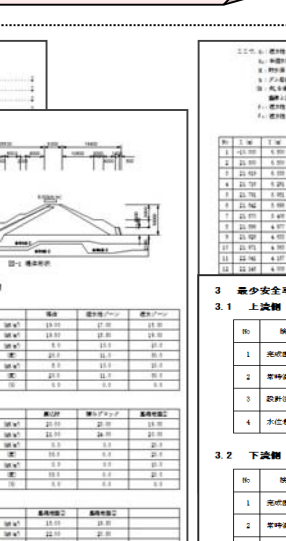
項目	内容
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状

堤体の安定計算の出力

- 1) 設計条件入力 (形状入力)
- 2) 最小安全率一覧表
- 3) スライス分力計算表
- 4) 浸潤線計算座標データ
- 5) 断面図出力 (コンター図)

設計計算書の概要

項目	内容
設計流量	10000 m³/d
設計水位	10.00 m
設計流速	0.50 m/s
設計断面	10.00 m x 1.00 m
設計材料	コンクリート
設計仕様	設計仕様: 設計仕様: 設計仕様



断面形状 (設計断面)

項目	内容
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状
断面形状	断面形状: 断面形状: 断面形状



出力例の詳細等につきましては、弊社 HP 等でご確認下さい。

落差工水理計算システム

Ver1.2

適用基準

土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」
基準書 技術書 (H26/3)

出力例

水クッションタイプ計算書

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先 : 大阪事務所 (技術サービス)

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

落差工水理計算（水クッション型）

水面落差（Z）を固定した計算例

上流設計条件

設計流量	Q	=	5.000 (m ³ /s)
重力加速度	g	=	9.800 (m/s ²)
水の単位体積重量	γ_w	=	1.000 (tf/m ³)
動水勾配	I	=	0.500 (‰)
粗度係数(底)	n	=	0.013
水路底幅	B	=	3.800 (m)
粗度係数(左)	n_L	=	0.013
コロビ(左)	k_L	=	1.000
粗度係数(右)	n_R	=	0.013
コロビ(右)	k_R	=	1.000

上流水路の水理諸元

- $F_r = V_c / (g \times h_c)^{0.5}$
- $V_c = Q / \{B \times h_c + h_c^2 \times (k_L + k_R) / 2\}$
- $h_{vc} = V_c^2 / (2 \times g)$
- $H = h_c + h_{vc}$

ここに、 F_r : フルード数

h_c : 限界水深 (m)

V_c : 限界流速 (m/s)

h_{vc} : 限界流速水頭 (m)

H : 比エネルギー (m)

Q : 設計流量 (m³/s)

B : 水路底幅 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

限界水深 h_c は、フルード数 F_r が1になるように値を変化させると、 $h_c = 0.5343023323$ (m) となる。

よって、 $h_c = 0.534$ (m)

$$V_c = 5.000 / \{0.534 \times 3.800 + 0.534^2 \times (1.000 + 1.000) / 2\}$$
$$= 2.160 \text{ (m/s)}$$

$$h_{vc} = 2.160^2 / (2 \times 9.800)$$
$$= 0.238 \text{ (m)}$$

$$H = 0.534 + 0.238$$
$$= 0.772 \text{ (m)}$$

落差工水理計算（水クッション型）

下流設計条件

設計流量	$Q =$	5.000 (m ³ /s)
重力加速度	$g =$	9.800 (m/s ²)
水の単位体積重量	$\gamma_w =$	1.000 (tf/m ³)
動水勾配	$I_2 =$	0.700 (‰)
粗度係数(底)	$n_2 =$	0.013
水路底幅	$B_2 =$	3.500 (m)
粗度係数(左)	$n_{L2} =$	0.013
コロビ(左)	$k_{L2} =$	1.000
粗度係数(右)	$n_{R2} =$	0.013
コロビ(右)	$k_{R2} =$	1.000

下流水路の水理諸元

- $V = Q/A$
- $A = B_2 \times h_2 + h_2^2 \times (k_{L2} + k_{R2}) / 2$
- $P = B_2 + h_2 \times \{(1 + k_{L2}^2)^{0.5} + (1 + k_{R2}^2)^{0.5}\}$
- $h_v = V^2 / (2 \times g)$

ここに、 V : 流速 (m/s)

A : 流積 (m²)

h_2 : 水深 (m)

h_v : 流速水頭 (m)

P : 潤辺 (m)

Q : 設計流量 (m³/s)

B_2 : 水路底幅 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

水深 h_2 は、下記式を満足するように値を変化させると、 $h_2 = 0.803$ (m)となる。

$$Q = A \times (A/P)^{2/3} \times I_2^{0.5} / n$$

ここに、 $n = 0.013$: 合成粗度係数

$$\begin{aligned} \text{よって、} A &= 3.500 \times 0.803 + 0.803^2 \times (1.000 + 1.000) / 2 \\ &= 3.455 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 3.500 + 0.803 \times \{(1 + 1.000^2)^{0.5} + (1 + 1.000^2)^{0.5}\} \\ &= 5.771 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 5.000 / 3.455 \\ &= 1.447 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_v &= 1.447^2 / (2 \times 9.800) \\ &= 0.107 \text{ (m)} \end{aligned}$$

落差工水理計算（水クッション型）

堰上げ高さの決定

- $d_2 = H_3 - h_{vc} - h_c$
- $H_3 = h_2 + h_v$

落下水脈の形状

- $y = z - h_c - h_{vc} + d_2$
- $x = 1.155 \times \{(y/H) + 0.333\}^{0.5} \times H$
- $\theta = \tan^{-1}\{1.50 \times (x/H)\}$
- $v = (2 \times g \times z)^{0.5}$
- $d = ((B^2 + 2 \times Q \times (k_L + k_R) / v)^{0.5} - B) / (k_L + k_R)$
- $h_f = z + h_v + h_2 - h_c - h_{vc}$

水クッション中の下向き水脈

- $H_n = h_D + h_2 + h_v$
- $H_n \geq z/3$ を満足しなければならない。
- $S = H_n / \sin \theta$
- $S < 5.82 \times d$ の時、 $V_m = v$
- $S > 5.82 \times d$ の時、 $V_m = 2.41 / (S/d)^{0.5} \times v$

水クッションの規模

- $B_0 > B$ の時、 $L_0 \geq 2.5 \times L$
- $B_0 = B$ の時、 $L_0 \geq 3.0 \times L$
- $L = x + H_n / \tan \theta$
- $P = \gamma_w \times B_0 \times H_n^2 / 2$
- $M = \gamma_w \times Q \times V_m / g$
- $P > 3 \times M$ を満足しなければならない。

ここに、 x : 落ち口下流端を原点として下流向きに測った水平距離 (m)

y : 落ち口下流端を原点として下流向きにとった鉛直距離 (m)

z : エネルギー線から水脈中心までの落差 (m)

θ : 任意点(x、y)の水脈”中心線”の傾斜角” (°)

v : 流速 (m/s) (下流)

d : 落下水脈の厚さ (m)

h_c : 落ち口の限界水深 (m) (上流)

h_{vc} : 落ち口の限界流速水頭 (m) (上流)

H : 上流水路の限界水深位置における比エネルギー (m) (上流)

g : 重力加速度 = 9.800 (m/s²)

B : 上流水路底幅

k_L : 左側コロピ

k_R : 右側コロピ

H_n : 水クッション末端位置における水深 (m)

h_D : 水クッションの深さ (m)

h_2 : 水路水深 (m) (下流)

h_v : 流速水頭 (m) (下流)

S : 突入距離 (m)

V_m : 落下水脈の水クッション底到達時の流速 (m/s)

L : 落下水脈の水平距離 (m)

L_0 : 水クッションの長さ (m)

P : 水クッション末端の静水圧 (tf)

M : 落下水脈が水クッション底に到達した位置で持つ運動量の単位時間の変化の割合(力) (tf)

γ_w : 水の単位体積重量 (tf/m³)

B_0 : 水クッションの幅 (m)

Q : 設計流量 (m³/s)

d_2 : 堰上げの高さ (m)

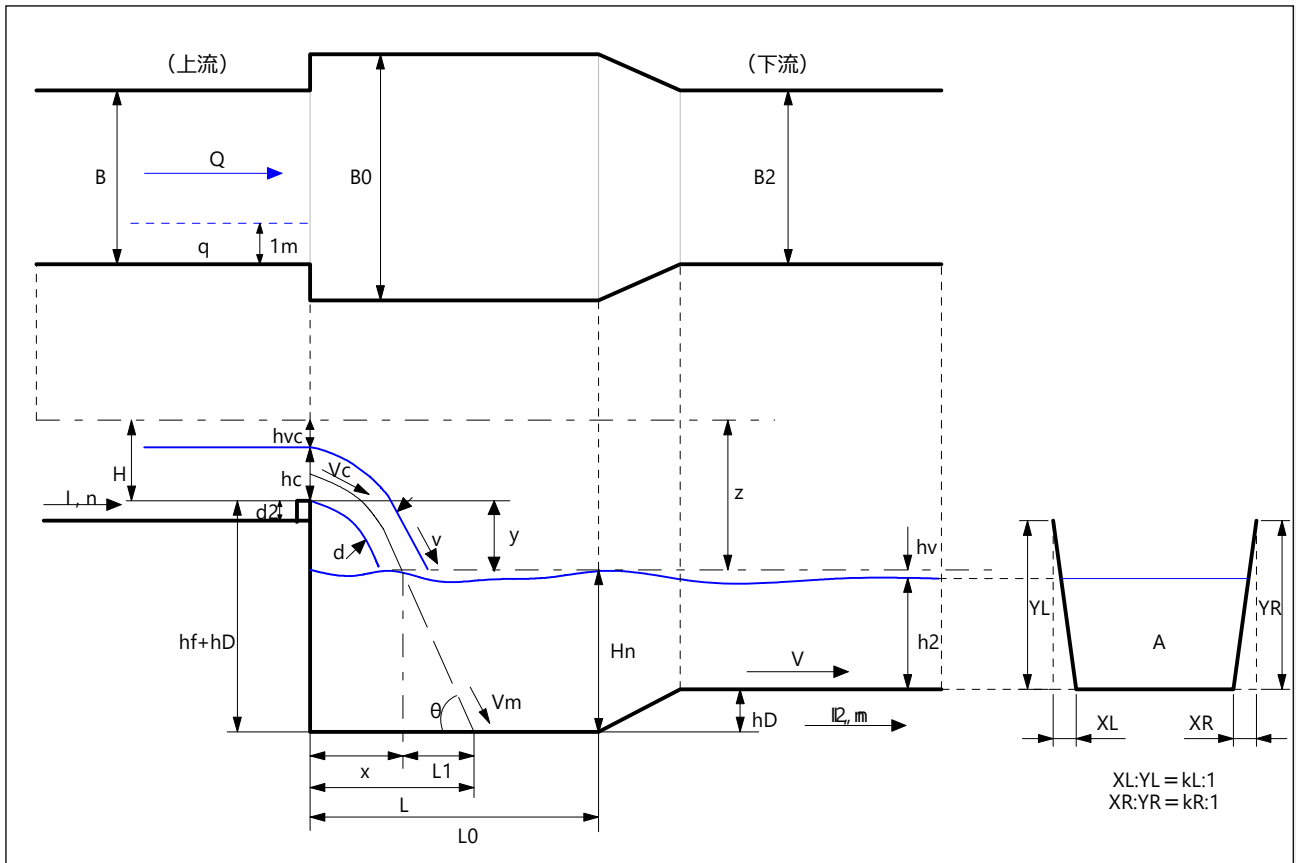
H_3 : 設計水頭 (m)

h_f : 落ち口下流端から下流水路敷までの落差 (m)

上記式を用いて落下水脈の形状の計算を行う。

落差工水理計算（水クッション型）

落下水脈の説明図



落差工水理計算（水クッション型）

基本条件

$$\begin{aligned} B_0 &= 4.100 : \text{水クッションの幅 (m)} \\ h_D &= 1.000 : \text{水クッションの深さ (m)} \\ z &= 1.000 : \text{エネルギー線から水脈中心までの落差 (m)} \end{aligned}$$

堰上げ高さの決定

$$\begin{aligned} \bullet H_3 &= h_2 + h_v = 0.847 + 0.082 \\ &= 0.929 \quad (\text{m}) \\ \bullet d_2 &= H_3 - h_{vc} - h_c = 0.929 - 0.238 - 0.534 \\ &= 0.157 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

落下水脈の形状

$$\begin{aligned} \bullet y &= z - h_c - h_{vc} + d_2 = 1.000 - 0.534 - 0.238 + 0.157 \\ &= 0.385 \quad (\text{m}) \\ \bullet x &= 1.155 \times \{(y/H) + 0.333\}^{0.5} \times H = 1.155 \times \{(0.385/0.772) + 0.333\}^{0.5} \times 0.772 \\ &= 0.813 \quad (\text{m}) \\ \bullet \theta &= \tan^{-1}\{1.50 \times (x/H)\} = \tan^{-1}\{1.50 \times (0.813/0.772)\} \\ &= 57.664 \quad (^\circ) \\ \bullet v &= (2 \times g \times z)^{0.5} = (2 \times 9.800 \times 1.000)^{0.5} \\ &= 4.427 \quad (\text{m/s}) \\ \bullet d &= ((B^2 + 2 \times Q \times (k_L + k_R) / v)^{0.5} - B) / (k_L + k_R) \\ &= ((3.800^2 + 2 \times 5.000 \times (1.000 + 1.000) / 4.427)^{0.5} - 3.800) / (1.000 + 1.000) \\ &= 0.277 \quad (\text{m}) \\ \bullet h_f &= z + h_v + h_2 - h_c - h_{vc} = 1.000 + 0.107 + 0.803 - 0.534 - 0.238 \\ &= 1.138 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

水クッション中の下向き水脈

$$\begin{aligned} \bullet H_n &= h_D + h_2 + h_v = 1.000 + 0.803 + 0.107 \\ &= 1.910 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

よって、 $H_n \geq z/3$ を満足する。

$$\begin{aligned} \bullet S &= H_n / \sin \theta = 1.910 / \sin(57.664) \\ &= 2.261 \quad (\text{m}) \\ \bullet 5.82 \times d &= 5.82 \times 0.277 \\ &= 1.612 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$S > 5.82 \times d$ となるため、

$$\begin{aligned} \bullet V_m &= 2.41 / (S/d)^{0.5} \times v = 2.41 / (2.261/0.277)^{0.5} \times 4.427 \\ &= 3.734 \quad (\text{m/s}) \end{aligned}$$

水クッションの規模

$$\begin{aligned} \bullet L &= x + H_n / \tan \theta = 0.813 + 1.910 / \tan(57.664) \\ &= 2.022 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$B_0 = 4.100 > B = 3.800$ となるため、

$$\begin{aligned} \bullet L_0 &\geq 2.5 \times L = 2.5 \times 2.022 \\ &\geq 5.055 \quad (\text{m}) \\ \bullet P &= \gamma_w \times B_0 \times H_n^2 / 2 = 1.000 \times 4.100 \times 1.910^2 / 2 \\ &= 7.479 \quad (\text{tf}) \\ \bullet M &= \gamma_w \times Q \times V_m / g = 1.000 \times 5.000 \times 3.734 / 9.800 \\ &= 1.905 \quad (\text{tf}) \end{aligned}$$

よって、 $P > 3 \times M$ を満足する。

落差工水理計算（水クッション型）

比較検討一覧表

$Q = 5.000$ $x = 0.813$ $y = 0.385$ $z = 1.000$ $h_r = 1.138$
 $B = 3.800$ $\theta = 1.006$ $v = 4.427$ $d = 0.277$

B0	hD	$B \leq B0 \leq 2 \cdot B$	Hn	$Hn \geq Z/3$	S	Vm	L	L0	P	3・M	P>3・M	d2
4.000	0.800	OK	1.710	OK	2.024	3.947	1.896	4.740	5.848	6.041	OUT	0.157
4.000	0.900	OK	1.810	OK	2.142	3.837	1.959	4.898	6.552	5.873	OK	0.157
4.000	1.000	OK	1.910	OK	2.261	3.734	2.022	5.055	7.296	5.715	OK	0.157
4.000	1.100	OK	2.010	OK	2.379	3.641	2.085	5.213	8.080	5.573	OK	0.157
4.000	1.200	OK	2.110	OK	2.497	3.554	2.149	5.373	8.904	5.440	OK	0.157
4.100	0.800	OK	1.710	OK	2.024	3.947	1.896	4.740	5.994	6.041	OUT	0.157
4.100	0.900	OK	1.810	OK	2.142	3.837	1.959	4.898	6.716	5.873	OK	0.157
4.100	1.000	OK	1.910	OK	2.261	3.734	2.022	5.055	7.479	5.715	OK	0.157
4.100	1.100	OK	2.010	OK	2.379	3.641	2.085	5.213	8.282	5.573	OK	0.157
4.100	1.200	OK	2.110	OK	2.497	3.554	2.149	5.373	9.127	5.440	OK	0.157
4.200	0.800	OK	1.710	OK	2.024	3.947	1.896	4.740	6.141	6.041	OK	0.157
4.200	0.900	OK	1.810	OK	2.142	3.837	1.959	4.898	6.880	5.873	OK	0.157
4.200	1.000	OK	1.910	OK	2.261	3.734	2.022	5.055	7.661	5.715	OK	0.157
4.200	1.100	OK	2.010	OK	2.379	3.641	2.085	5.213	8.484	5.573	OK	0.157
4.200	1.200	OK	2.110	OK	2.497	3.554	2.149	5.373	9.349	5.440	OK	0.157
4.300	0.800	OK	1.710	OK	2.024	3.947	1.896	4.740	6.287	6.041	OK	0.157
4.300	0.900	OK	1.810	OK	2.142	3.837	1.959	4.898	7.044	5.873	OK	0.157
4.300	1.000	OK	1.910	OK	2.261	3.734	2.022	5.055	7.843	5.715	OK	0.157
4.300	1.100	OK	2.010	OK	2.379	3.641	2.085	5.213	8.686	5.573	OK	0.157
4.300	1.200	OK	2.110	OK	2.497	3.554	2.149	5.373	9.572	5.440	OK	0.157

落差工水理計算（水クッション型）

比較検討一覧表

$Q = 5.000$ $x = 0.874$ $y = 0.485$ $z = 1.100$ $h_r = 1.238$
 $B = 3.800$ $\theta = 1.039$ $v = 4.643$ $d = 0.265$

B0	hD	$B \leq B0 \leq 2 \cdot B$	Hn	$Hn \geq Z/3$	S	Vm	L	L0	P	3・M	P>3・M	d2
4.000	0.800	OK	1.710	OK	1.984	4.089	1.881	4.703	5.848	6.259	OUT	0.157
4.000	0.900	OK	1.810	OK	2.101	3.974	1.940	4.850	6.552	6.083	OK	0.157
4.000	1.000	OK	1.910	OK	2.217	3.869	1.999	4.998	7.296	5.922	OK	0.157
4.000	1.100	OK	2.010	OK	2.333	3.771	2.058	5.145	8.080	5.772	OK	0.157
4.000	1.200	OK	2.110	OK	2.449	3.681	2.117	5.293	8.904	5.634	OK	0.157
4.100	0.800	OK	1.710	OK	1.984	4.089	1.881	4.703	5.994	6.259	OUT	0.157
4.100	0.900	OK	1.810	OK	2.101	3.974	1.940	4.850	6.716	6.083	OK	0.157
4.100	1.000	OK	1.910	OK	2.217	3.869	1.999	4.998	7.479	5.922	OK	0.157
4.100	1.100	OK	2.010	OK	2.333	3.771	2.058	5.145	8.282	5.772	OK	0.157
4.100	1.200	OK	2.110	OK	2.449	3.681	2.117	5.293	9.127	5.634	OK	0.157
4.200	0.800	OK	1.710	OK	1.984	4.089	1.881	4.703	6.141	6.259	OUT	0.157
4.200	0.900	OK	1.810	OK	2.101	3.974	1.940	4.850	6.880	6.083	OK	0.157
4.200	1.000	OK	1.910	OK	2.217	3.869	1.999	4.998	7.661	5.922	OK	0.157
4.200	1.100	OK	2.010	OK	2.333	3.771	2.058	5.145	8.484	5.772	OK	0.157
4.200	1.200	OK	2.110	OK	2.449	3.681	2.117	5.293	9.349	5.634	OK	0.157
4.300	0.800	OK	1.710	OK	1.984	4.089	1.881	4.703	6.287	6.259	OK	0.157
4.300	0.900	OK	1.810	OK	2.101	3.974	1.940	4.850	7.044	6.083	OK	0.157
4.300	1.000	OK	1.910	OK	2.217	3.869	1.999	4.998	7.843	5.922	OK	0.157
4.300	1.100	OK	2.010	OK	2.333	3.771	2.058	5.145	8.686	5.772	OK	0.157
4.300	1.200	OK	2.110	OK	2.449	3.681	2.117	5.293	9.572	5.634	OK	0.157

落差工水理計算（水クッション型）

比較検討一覧表

$Q = 5.000$ $x = 0.931$ $y = 0.585$ $z = 1.200$ $h_r = 1.338$
 $B = 3.800$ $\theta = 1.066$ $v = 4.850$ $d = 0.254$

B0	hD	$B \leq B0 \leq 2 \cdot B$	Hn	$Hn \geq Z/3$	S	Vm	L	L0	P	3・M	P>3・M	d2
4.000	0.800	OK	1.710	OK	1.954	4.214	1.876	4.690	5.848	6.450	OUT	0.157
4.000	0.900	OK	1.810	OK	2.068	4.096	1.932	4.830	6.552	6.269	OK	0.157
4.000	1.000	OK	1.910	OK	2.182	3.988	1.987	4.968	7.296	6.104	OK	0.157
4.000	1.100	OK	2.010	OK	2.297	3.887	2.042	5.105	8.080	5.949	OK	0.157
4.000	1.200	OK	2.110	OK	2.411	3.794	2.097	5.243	8.904	5.807	OK	0.157
4.100	0.800	OK	1.710	OK	1.954	4.214	1.876	4.690	5.994	6.450	OUT	0.157
4.100	0.900	OK	1.810	OK	2.068	4.096	1.932	4.830	6.716	6.269	OK	0.157
4.100	1.000	OK	1.910	OK	2.182	3.988	1.987	4.968	7.479	6.104	OK	0.157
4.100	1.100	OK	2.010	OK	2.297	3.887	2.042	5.105	8.282	5.949	OK	0.157
4.100	1.200	OK	2.110	OK	2.411	3.794	2.097	5.243	9.127	5.807	OK	0.157
4.200	0.800	OK	1.710	OK	1.954	4.214	1.876	4.690	6.141	6.450	OUT	0.157
4.200	0.900	OK	1.810	OK	2.068	4.096	1.932	4.830	6.880	6.269	OK	0.157
4.200	1.000	OK	1.910	OK	2.182	3.988	1.987	4.968	7.661	6.104	OK	0.157
4.200	1.100	OK	2.010	OK	2.297	3.887	2.042	5.105	8.484	5.949	OK	0.157
4.200	1.200	OK	2.110	OK	2.411	3.794	2.097	5.243	9.349	5.807	OK	0.157
4.300	0.800	OK	1.710	OK	1.954	4.214	1.876	4.690	6.287	6.450	OUT	0.157
4.300	0.900	OK	1.810	OK	2.068	4.096	1.932	4.830	7.044	6.269	OK	0.157
4.300	1.000	OK	1.910	OK	2.182	3.988	1.987	4.968	7.843	6.104	OK	0.157
4.300	1.100	OK	2.010	OK	2.297	3.887	2.042	5.105	8.686	5.949	OK	0.157
4.300	1.200	OK	2.110	OK	2.411	3.794	2.097	5.243	9.572	5.807	OK	0.157

落差工水理計算 (水クッション型)

上流設計条件

設計流量	$Q = 2.000$ (m ³ /s)
重力加速度	$g = 9.800$ (m/s ²)
水の単位体積重量	$\gamma_w = 1.000$ (tf/m ³)
動水勾配	$I = 0.010$ (‰)
粗度係数(底)	$n = 0.015$
水路底幅	$B = 4.000$ (m)
粗度係数(左)	$n_L = 0.015$
コロビ(左)	$k_L = 0.000$
粗度係数(右)	$n_R = 0.015$
コロビ(右)	$k_R = 0.000$

上流水路の水理諸元

- $q = Q/B$
- $h_c = 0.467 \times q^{2/3}$
- $V_c = Q/(h_c \times B)$
- $h_{vc} = V_c^2/(2 \times g)$
- $H = h_c + h_{vc}$

ここに、 q : 単位幅当たり流量 (m³/s・m)

h_c : 限界水深 (m)

V_c : 限界流速 (m/s)

h_{vc} : 限界流速水頭 (m)

H : 比エネルギー (m)

Q : 設計流量 (m³/s)

B : 水路底幅 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

$$\begin{aligned} \text{よって、} q &= 2.000/4.000 \\ &= 0.500 \text{ (m}^3\text{/s}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_c &= 0.467 \times 0.500^{2/3} \\ &= 0.294 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 2.000/(0.294 \times 4.000) \\ &= 1.701 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{vc} &= 1.701^2/(2 \times 9.800) \\ &= 0.148 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 0.294 + 0.148 \\ &= 0.442 \text{ (m)} \end{aligned}$$

落差工水理計算（水クッション型）

下流設計条件

設計流量	$Q =$	2.000 (m ³ /s)
重力加速度	$g =$	9.800 (m/s ²)
水の単位体積重量	$\gamma_w =$	1.000 (tf/m ³)
動水勾配	$I_2 =$	4.040 (‰)
粗度係数(底)	$n_2 =$	0.015
水路底幅	$B_2 =$	2.500 (m)
粗度係数(左)	$n_{L2} =$	0.000
コロビ(左)	$k_{L2} =$	0.000
粗度係数(右)	$n_{R2} =$	0.000
コロビ(右)	$k_{R2} =$	0.000

下流水路の水理諸元

- $V = Q/A$
- $A = B_2 \times h_2 + h_2^2 \times (k_{L2} + k_{R2}) / 2$
- $P = B_2 + h_2 \times \{(1 + k_{L2}^2)^{0.5} + (1 + k_{R2}^2)^{0.5}\}$
- $h_v = V^2 / (2 \times g)$

ここに、 V : 流速 (m/s)

A : 流積 (m²)

h_2 : 水深 (m)

h_v : 流速水頭 (m)

P : 潤辺 (m)

Q : 設計流量 (m³/s)

B_2 : 水路底幅 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

水深 h_2 は、下記式を満足するように値を変化させると、 $h_2 = 0.375$ (m)となる。

$$Q = A \times (A/P)^{2/3} \times I_2^{0.5} / n$$

ここに、 $n = 0.013$: 合成粗度係数

$$\begin{aligned} \text{よって、} A &= 2.500 \times 0.375 + 0.375^2 \times (0.000 + 0.000) / 2 \\ &= 0.938 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 2.500 + 0.375 \times \{(1 + 0.000^2)^{0.5} + (1 + 0.000^2)^{0.5}\} \\ &= 3.250 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 2.000 / 0.938 \\ &= 2.132 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_v &= 2.132^2 / (2 \times 9.800) \\ &= 0.232 \text{ (m)} \end{aligned}$$

落差工水理計算（水クッション型）

落下水脈の形状

- $y = z - h_c - h_{vc}$
- $x = 1.477 \times \{ (y/H) + 0.242 \}^{0.567} \times H$
- $\theta = \tan^{-1} \{ 0.866 \times (x/H)^{0.763} \}$
- $v = (2 \times g \times z)^{0.5}$
- $d = q/v$
- $z = h_f - h_v - h_2 + h_c + h_{vc}$

水クッション中の下向き水脈

- $H_n = h_D + h_2 + h_v$
- $H_n \geq z/3$ を満足しなければならない。
- $S = H_n / \sin \theta$
- $S < 5.82 \times d$ の時、 $V_m = v$
- $S > 5.82 \times d$ の時、 $V_m = 2.41 / (S/d)^{0.5} \times v$

水クッションの規模

- $B_0 > B$ の時、 $L_0 \geq 2.5 \times L$
- $B_0 = B$ の時、 $L_0 \geq 3.0 \times L$
- $L = x + H_n / \tan \theta$
- $P = \gamma_w \times B_0 \times H_n^2 / 2$
- $M = \gamma_w \times Q \times V_m / g$
- $P > 3 \times M$ を満足しなければならない。

ここに、 x : 落ち口下流端を原点として下流向きに測った水平距離 (m)

y : 落ち口下流端を原点として下流向きにとった鉛直距離 (m)

z : エネルギー線から水脈中心までの落差 (m)

θ : 任意点(x 、 y)の水脈”中心線”の傾斜角” (°)

v : 流速 (m/s) (下流)

d : 落下水脈の厚さ (m)

h_c : 落ち口の限界水深 (m) (上流)

h_{vc} : 落ち口の限界流速水頭 (m) (上流)

H : 上流水路の限界水深位置における比エネルギー (m) (上流)

g : 重力加速度 = 9.800 (m/s²)

B : 上流水路底幅

k_L : 左側コロビ

k_R : 右側コロビ

H_n : 水クッション末端位置における水深 (m)

h_D : 水クッションの深さ (m)

h_2 : 水路水深 (m) (下流)

h_v : 流速水頭 (m) (下流)

S : 突入距離 (m)

V_m : 落下水脈の水クッション底到達時の流速 (m/s)

L : 落下水脈の水平距離 (m)

L_0 : 水クッションの長さ (m)

P : 水クッション末端の静水圧 (tf)

M : 落下水脈が水クッション底に到達した位置で持つ運動量の単位時間の変化の割合 (力) (tf)

γ_w : 水の単位体積重量 (tf/m³)

B_0 : 水クッションの幅 (m)

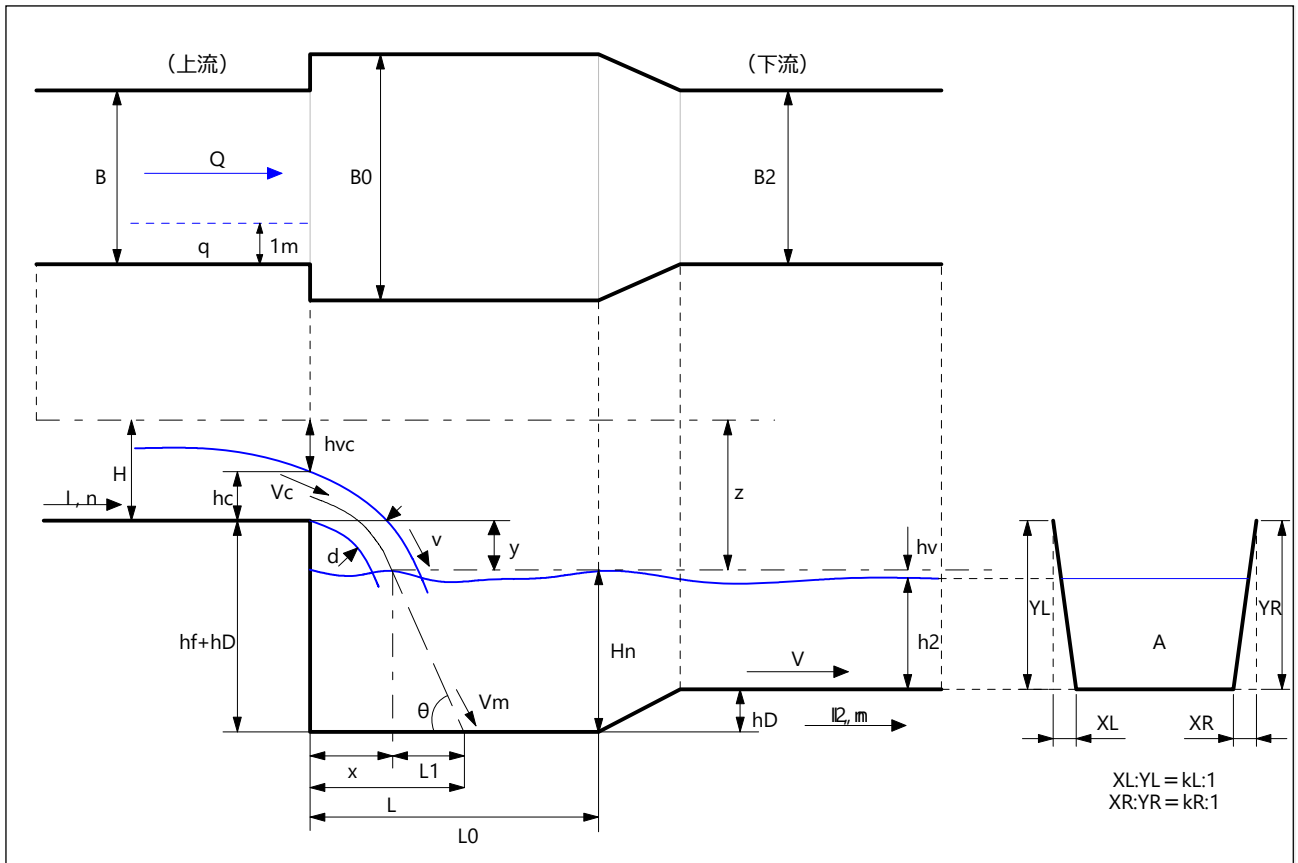
Q : 設計流量 (m³/s)

h_f : 落ち口下流端から下流水路敷までの落差 (m)

上記式を用いて落下水脈の形状の計算を行う。

落差工水理計算（水クッション型）

落下水脈の説明図



落差工水理計算（水クッション型）

基本条件

$$\begin{aligned} B_0 &= 4.000 : \text{水クッションの幅 (m)} \\ h_D &= 0.500 : \text{水クッションの深さ (m)} \\ h_f &= 2.000 : \text{落ち口下流端から下流水路敷までの落差 (m)} \end{aligned}$$

落下水脈の形状

$$\begin{aligned} \bullet z &= h_f + h_c + h_{vc} - h_v - h_2 = 2.000 + 0.294 + 0.148 - 0.232 - 0.375 \\ &= 1.835 \text{ (m)} \\ \bullet y &= z - h_c - h_{vc} = 1.835 - 0.294 - 0.148 \\ &= 1.393 \text{ (m)} \\ \bullet x &= 1.477 \times \{ (y/H) + 0.242 \}^{0.567} \times H = 1.477 \times \{ (1.393/0.442) + 0.242 \}^{0.567} \times 0.442 \\ &= 1.305 \text{ (m)} \\ \bullet \theta &= \tan^{-1} \{ 0.866 \times (x/H)^{0.763} \} = \tan^{-1} \{ 0.866 \times (1.305/0.442)^{0.763} \} \\ &= 63.183 \text{ (}^\circ\text{)} \\ \bullet v &= (2 \times g \times z)^{0.5} = (2 \times 9.800 \times 1.835)^{0.5} \\ &= 5.997 \text{ (m/s)} \\ \bullet d &= q/v = 0.500/5.997 \\ &= 0.083 \text{ (m)} \end{aligned}$$

水クッション中の下向き水脈

$$\begin{aligned} \bullet H_n &= h_D + h_2 + h_v = 0.500 + 0.375 + 0.232 \\ &= 1.107 \text{ (m)} \end{aligned}$$

よって、 $H_n \geq z/3$ を満足する。

$$\begin{aligned} \bullet S &= H_n / \sin \theta = 1.107 / \sin(63.183) \\ &= 1.240 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet 5.82 \times d &= 5.82 \times 0.083 \\ &= 0.483 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$S > 5.82 \times d$ となるため、

$$\begin{aligned} \bullet V_m &= 2.41 / (S/d)^{0.5} \times v = 2.41 / (1.240/0.083)^{0.5} \times 5.997 \\ &= 3.739 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

水クッションの規模

$$\begin{aligned} \bullet L &= x + H_n / \tan \theta = 1.305 + 1.107 / \tan(63.183) \\ &= 1.865 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$B_0 = 4.000 = B = 4.000$ となるため、

$$\begin{aligned} \bullet L_0 &\geq 3.0 \times L = 3.0 \times 1.865 \\ &\geq 5.595 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet P &= \gamma_w \times B_0 \times H_n^2 / 2 = 1.000 \times 4.000 \times 1.107^2 / 2 \\ &= 2.451 \text{ (tf)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet M &= \gamma_w \times Q \times V_m / g = 1.000 \times 2.000 \times 3.739 / 9.800 \\ &= 0.763 \text{ (tf)} \end{aligned}$$

よって、 $P > 3 \times M$ を満足する。

落差工水理計算（水クッション型）

比較検討一覧表

Q = 2.000 x = 1.305 y = 1.393 z = 1.835 h_r = 2.000
B = 4.000 θ = 1.103 v = 5.997 d = 0.083

B0	hD	$B \leq B0 \leq 2 \cdot B$	Hn	$Hn \geq Z/3$	S	V _m	L	L0	P	3・M	P>3・M
4.000	0.500	OK	1.107	OK	1.240	3.739	1.865	5.595	2.451	2.289	OK