DESIGN OF IRRIGATION STRUCTURE (2)

رابعة مدني

engineer22.com

Spillway

20

DaM SPillway

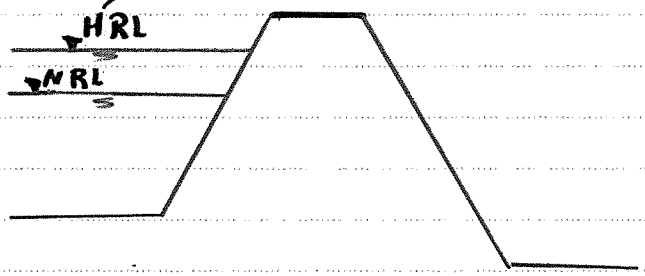
المفيض

المفيض

هو منشأ مصاحب للسد يتم عمله لغرضين :-

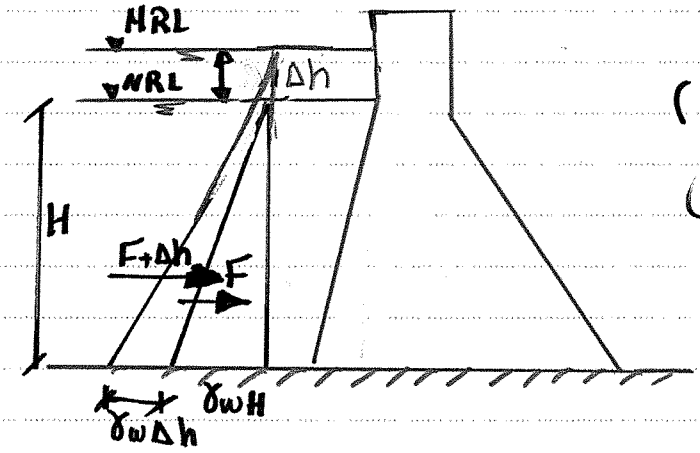
1- التخلص من المياه الزائدة فوق منسوب الـ NRL :.

أقصى منسوب تصميمي or HRL



← وذلك بتصريف المياة الزائدة إما من خلال السد او من جانب السد والرجوع لمنسوب (NRL)

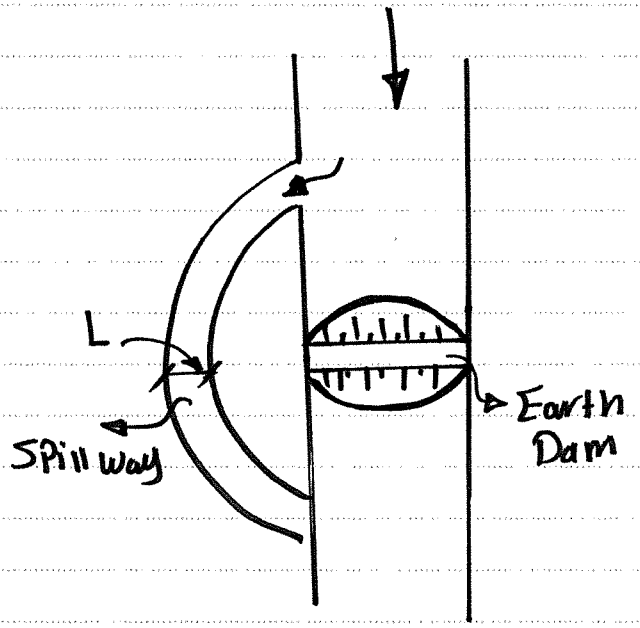
2- حماية جسم السد من الانهيار :



← وذلك عن طريق تقليل القوى الزائدة عن القوة التصميمية (F) وخفض منسوب المياة للتخلص من القوة الزائدة (ΔF)

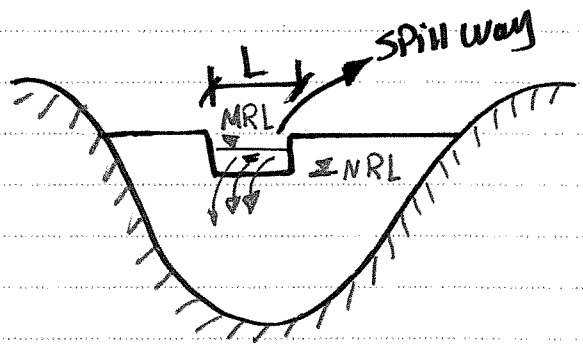
← وقد يكون المفيض منفصل عن جسم السد كما في السدود الترابية . (مثل مفرغ توشكى)

← او داخل جسم السد كما في السدود الخرسانية (Gravity).



المفيض منفصل (سد ترابى)

(Plan)



(S.V)

المفيض فى جسم السد

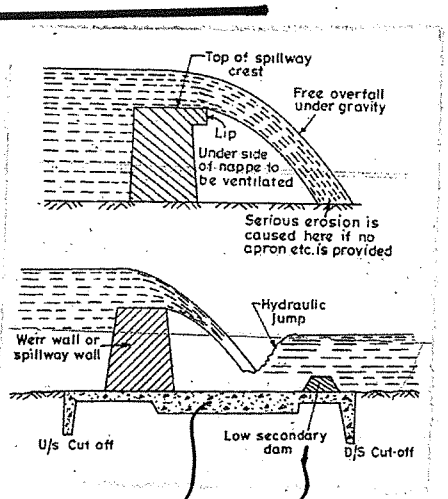
(Gravity Dam)

Type of Spillways

1 Straight Drop Spillway :-

* يصلح لـ (Arch Dam)

* المياه تتحرك بحرية تحت تاثير الجاذبية.



فرشة لمنع النحر

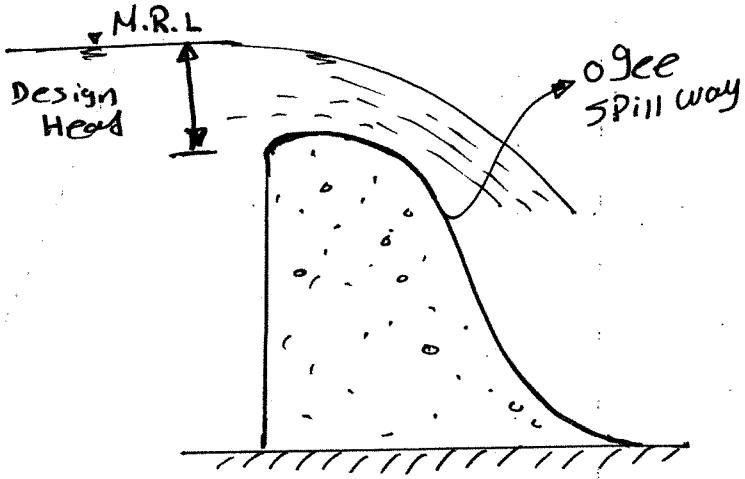
لتشتت الطاقة

2 over flow Spillway (Ogee Spillway)

* يكون على شكل حرف S مقلوب

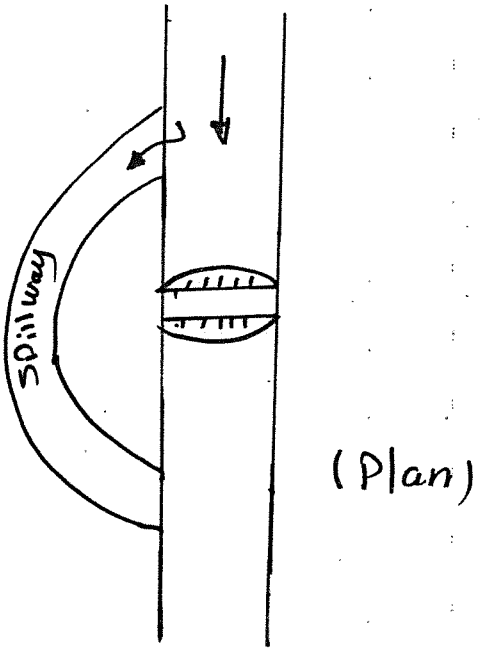
* يصلح مع (gravity Dam)

* يصلح لمرور تصرفات عالية جداً



3- Chute spillway (oR) open channel

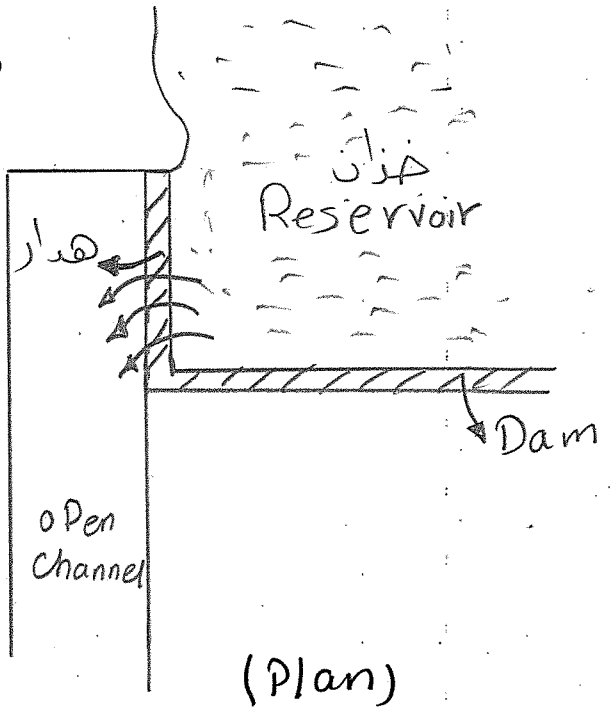
* يكون منفصل عن جسم السد
* يكون تكاليف قليلة
* سهل التنفيذ
* يصلح مع السدود الترابية
(Earth Dam oR rockfill)



(Plan)

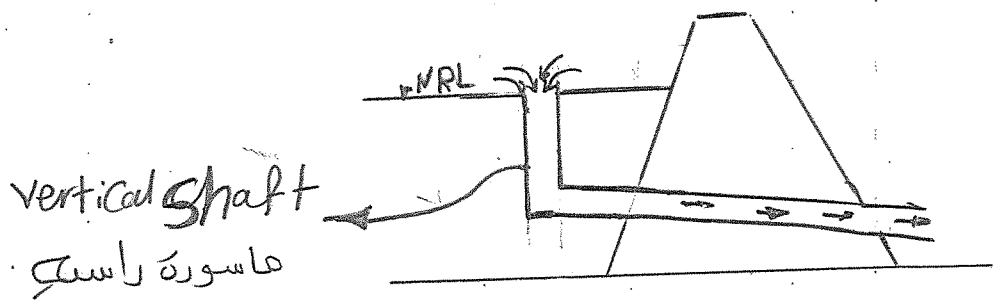
4- Side channel spillways

* يصلح مع السدود
(Earth Dam oR rockfill)
* يكون منفصل عن جسم السد
* ممكن بدل open channel يكون مواسير



(Plan)

5- Shaft spill way :-

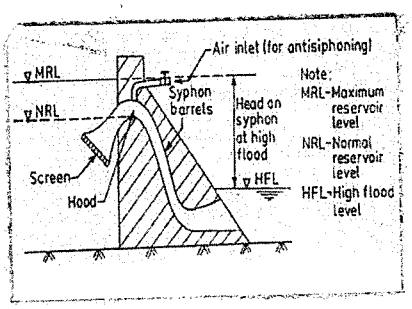


ميزانتة ا- بمرر تصرفات عالية .

6- Syphon spill way :-

(يتم شرحة بالتفصيل) لاحقاً

يتكون من (syphon Pipe)

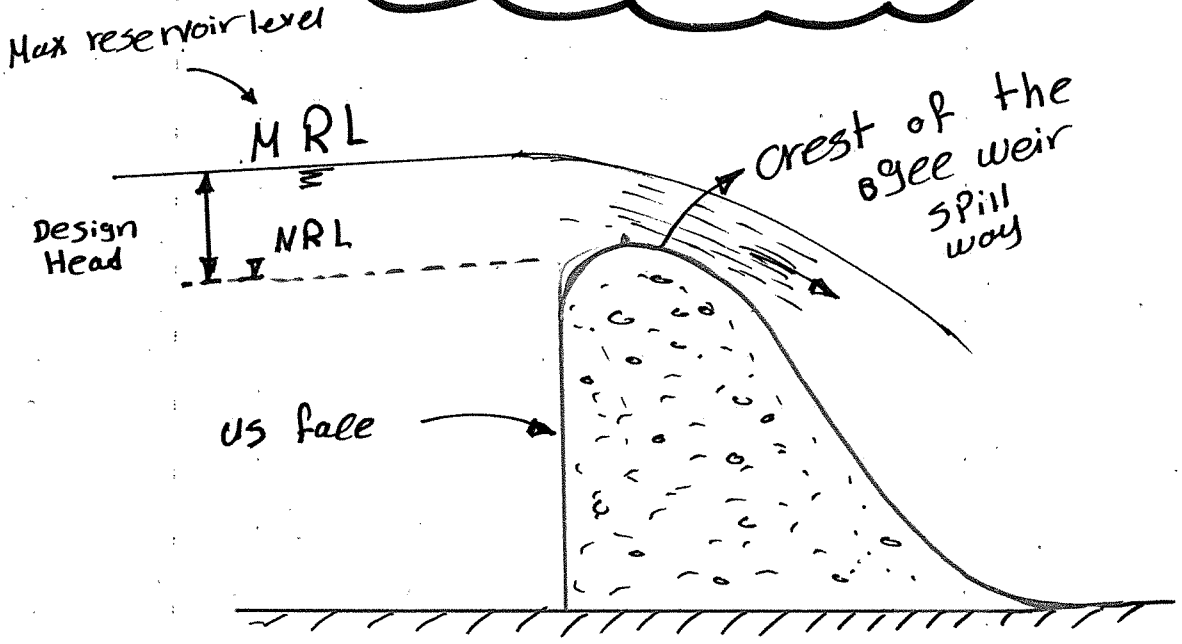


* انواع ال (Spillway) المطلوب ودراستها:-

1- Ogee weir spillway.

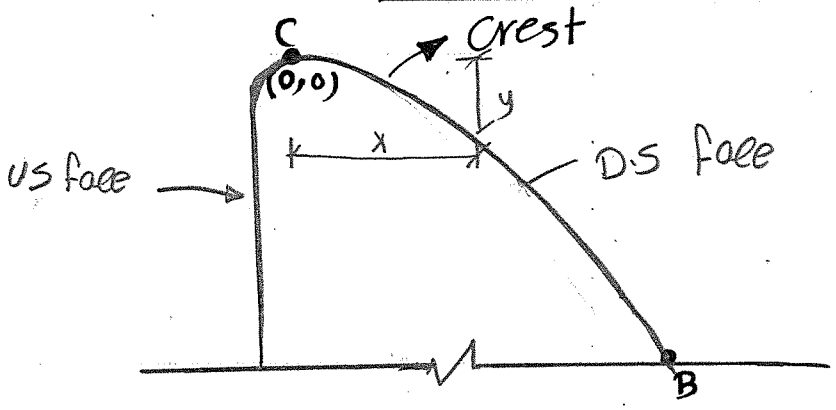
2- Syphon spillway.

Ogee Spillway



* Design the Crest of the ogee weir spillway :-

← رسم شكل الـ (Crest)



* لرسم (D.S face) Profile عن طريق معادلة من نقطة C إلى نقطة B

$$X^n = K H_d^{n-1} y$$

علاقة بين (x ، y) احداثيات. مقاسة من نقطة الاصل (0,0) عند اعلى نقطة (C)

H_d → Design Head

K , n → ثوابت بيعتمدوا على (US slope)

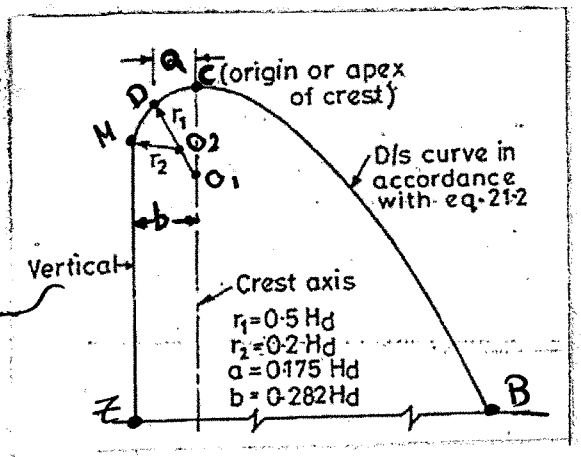
* تم تقسيم الـ (US slope) إلى ثلاث حالات :-

لايجاد K ، n

* حالة (1)

(slope of the us face vertical)

$K = 2.0$ $n = 1.85$



US slope vertical

$x^n = K H_d^{n-1} y$ ← كدا عرفنا نرسم الجزء من (C → B) من المعادلة

لرسم الجزء من (C ← D)

يتم حساب $a = 0.175\ H_d$

$r_1 = 0.5\ H_d$

نقطة D تكون على مسافة افقية a من C ويتم ايجاد المركز O_1 من نقطة C ننزل راسياً r_1 ويتم رسم المنحنى DC من المركز O_1

لرسم الجزء من (D → M) يتم حساب

$b = 0.282\ H_d$

$r_2 = 0.2\ H_d$

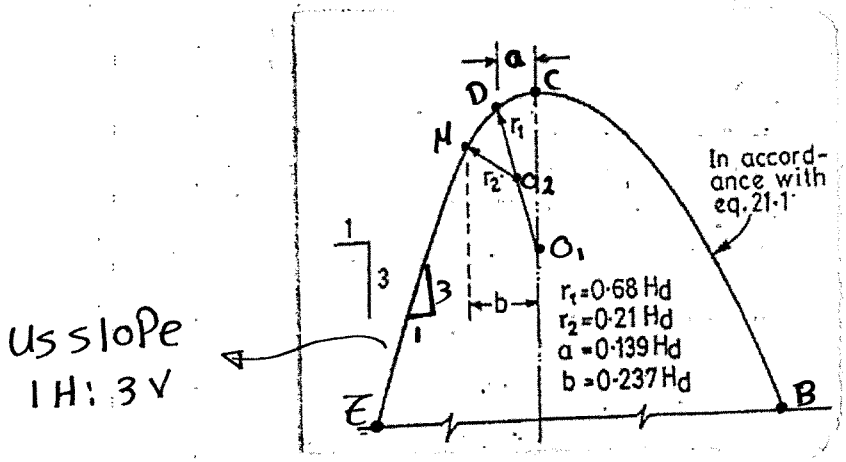
لتحديد نقطة M نمشي مسافة b افقي من النقطة C ومن المركز O_2 ونصف قطر r_2 نرسم HD

لرسم الجزء MZ ← ننزل راسياً

حالة (2)

slope of US face (1 H : 3 V)

K = 1.936 **n = 1.836**



* الرسم نفس الحالة الاولى

الجزء CB ← من المعادلة $X^n = K\ H_d^{n-1}\ y$

$k = 1.936$

$n = 1.836$

الجزء Dc ← يتم رسمه عن طريق a و r_1 من المركز O_1

$a = 0.139\ H_d$ $r_1 = 0.68\ H_d$

الجزء MD ← يتم رسمه عن طريق b و r_2 من المركز O_2

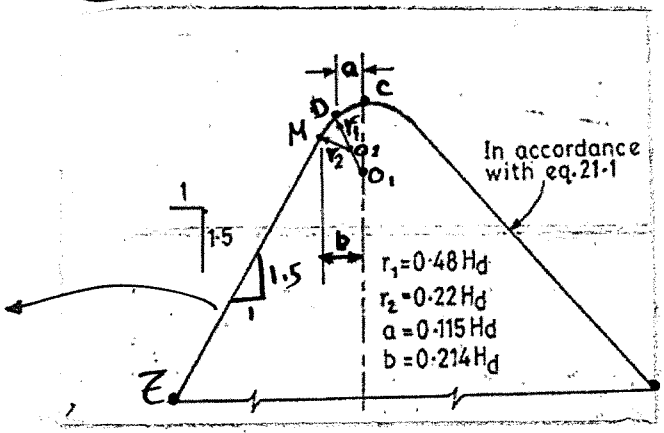
$b = 0.237\ H_d$ $r_2 = 0.21\ H_d$

الجزء EM ← يتم رسمة بميل 1H:3V

حالة (3)

Slope of Us face (1 H : 1.5 V)

K = 1.939 **n = 1.81**



US slope
1 H : 1.5 V

$x^n = K\ H_d^{n-1}\ y$ ← من المعادلة ← الجزء CB

K = 1.939

n = 1.81

الجزء Dc ← يتم رسمة عن طريق r_1 (a من المركز O_1

$a = 0.115\ H_d$ $r_1 = 0.48\ H_d$

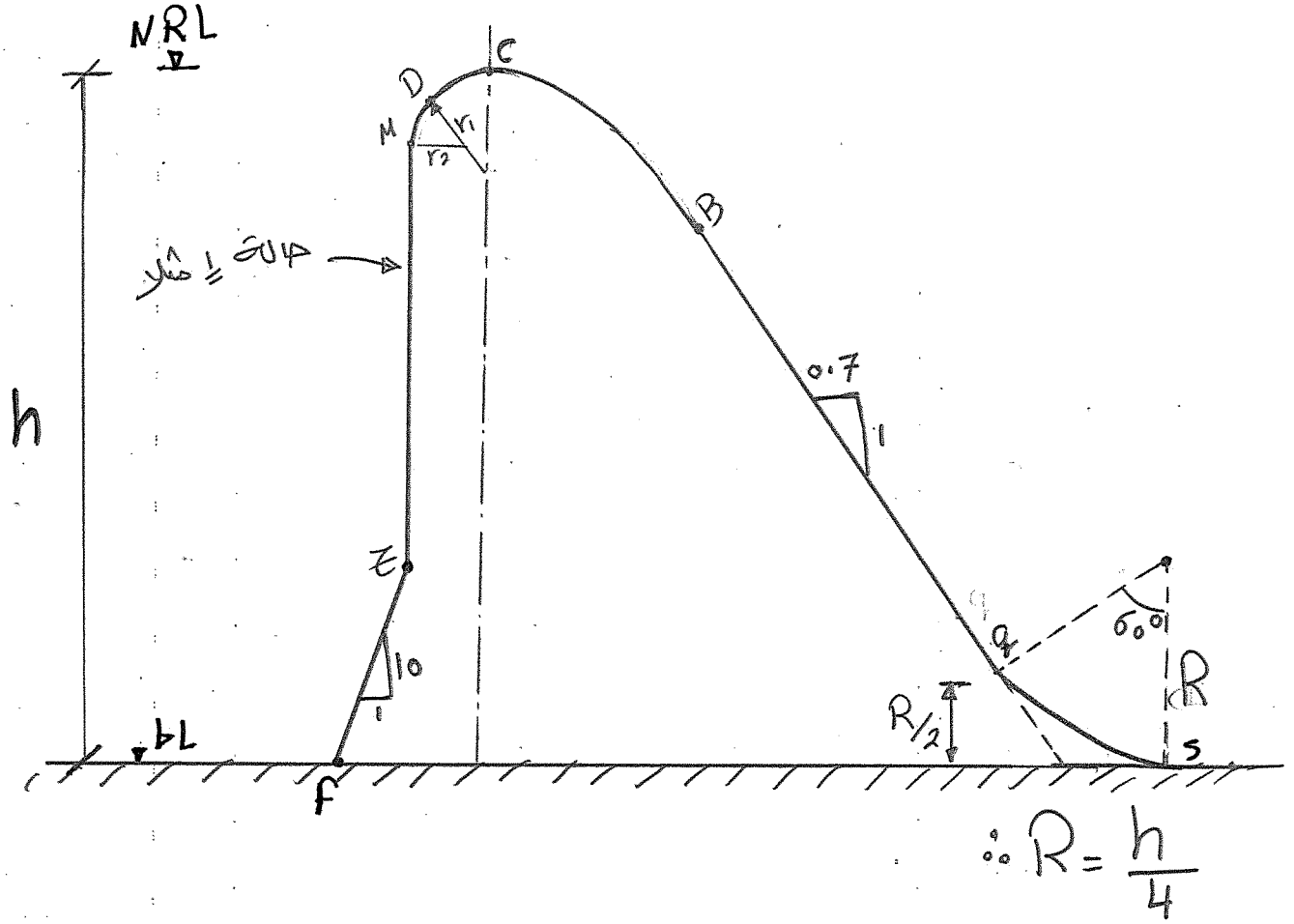
الجزء MD ← يتم رسمة عن طريق r_2 (b من المركز O_2

$b = 0.214\ H_d$ $r_2 = 0.22\ H_d$

الجزء EM ← يتم رسمة بميل (1 H : 1.5 V)

بعد رسم الـ (Crest) يتم رسم شكل السد كاملاً

الرسم بـ (Scale)



$\therefore R = \frac{h}{4}$

← بعد رسم الـ Crest من نقطة Z إلى B (ZMDCB)

← من نقطة Z إلى نقطة f نرسم بميل (1H : 10V)

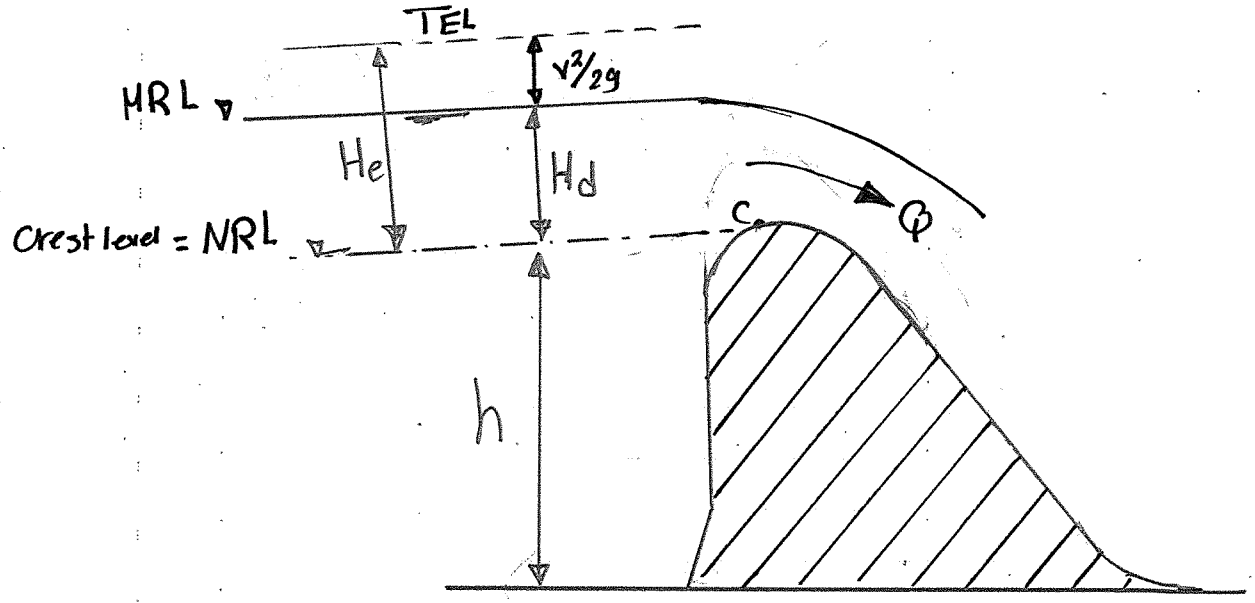
← يتم حساب مسافة h وهي الارتفاع الكلي للسد

ومنة حساب $R = \frac{h}{4}$

← لرسم الجزء من Bq بميل (0.7H : 1V)

← لرسم الجزء qs بنصف قطر اسمة $R = \frac{h}{4}$

Discharge formula for the ogee spill way:-



∴ ∇ Crest level = ∇ NRL

H_d = Rise of water above (NRL)

$H_d = \nabla MRL - \nabla NRL$

$$H_e = H_d + \frac{V^2}{2g}$$

وتكون قيمة $\frac{V^2}{2g}$ صغيرة يمكن اهمالها

$$H_e = H_d$$

H_d → Design Head
H_e → effective Head including velocity Head

معادلة التصرف:

$$Q = C * Le * \sqrt{2g} * He^{3/2}$$

∴ C = Coefficient of discharge = 2.2 ثابت

$He = H_d$

Le = Effective Length of the spill way crest

$$\therefore Le = L - 2[Kp * n + Ka] * He$$

∴ L ← actual crest Length

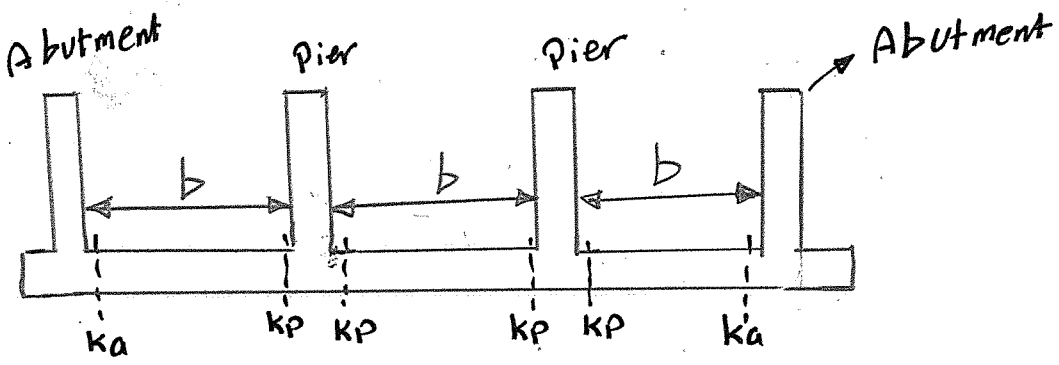
Kp ← Pier Contraction Coefficient
معامل الانضغاط الجانبي لـ Pier

Ka ← Abutment Contraction Coefficient
معامل الانضغاط الجانبي لـ Abutment

n ← عدد الـ Pier .

$n = N - 1$

N = عدد الفتحات



* لحساب قيمة **kp** يتوقف على شكل الـ Pier

Pier shape	الشكل	kp
square nosed Pier		0.1
Rounded nosed and Cut water nosed 90°		0.01
Pointed nosed		0.0

* لحساب قيمة **ka** يتوقف على شكل الـ Abutment

Abutment shape	الشكل	ka
square Abutment		0.2
Rounded Abutment		0.1

* لو طلب b ← عرض الفتحة

$$b = \frac{L}{N}$$

example

Calculate the design head over an Ogee spillway of a concrete gravity dam and draw the dam profile. The dam downstream slope of **0.7H : 1V**. The design discharge for the spillway is **8,000** m3/sec. The height of the spillway crest is kept at **204.0m**. The average river bed level at the site is **100.0m**. The spillway length consists of **6 spans** having a clear **width of 10** m each. Thickness of each pier may be taken to be **2.5** m. Assuming that 90° cut water nose piers and rounded abutments.

Hd = ?? and (Dam Profile)
رسم السد

ogee spillway

D.S slope (0.7 H : 1 V)

Q = 8000 m^3/sec

▼ Crest of Dam = ▼ NRL = (204)

▼ b.L = (100)

(spillway consists of **N = 6** , **b = 10 m**)
عدد الفتحات عرض الفتحة

Pier سمك ال t = 2.5m

* Pier (rounded)
* Abutment (rounded)

خلى بالك لما بذكر الميل : الرقم الي Us slope يتبع فرضية
الحالة الاولى (Vertical)

الحل

لايجاد H_d

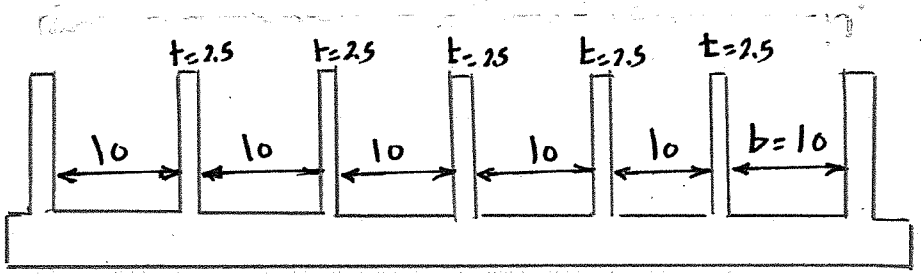
يتم ايجاده من معادلة التصرف

$$Q = C\, L_e \sqrt{2g}\; H_e^{3/2} \qquad \therefore H_d = H_e$$

$$\therefore\; L_e = L - 2(n\,k_p + k_a)\,H_e$$

$$Q = C * (L - 2(n\,k_p + k_a)\,H_e)\sqrt{2g}\; H_e^{3/2}$$

$\therefore$



عدد الـ Pier

$\therefore N = 6$ $\qquad \therefore n = N - 1 = 5$

$b = 10$

$$L = N * b$$

$$L = 6 * 10 = 60m$$

$\therefore k_p = 0.01$

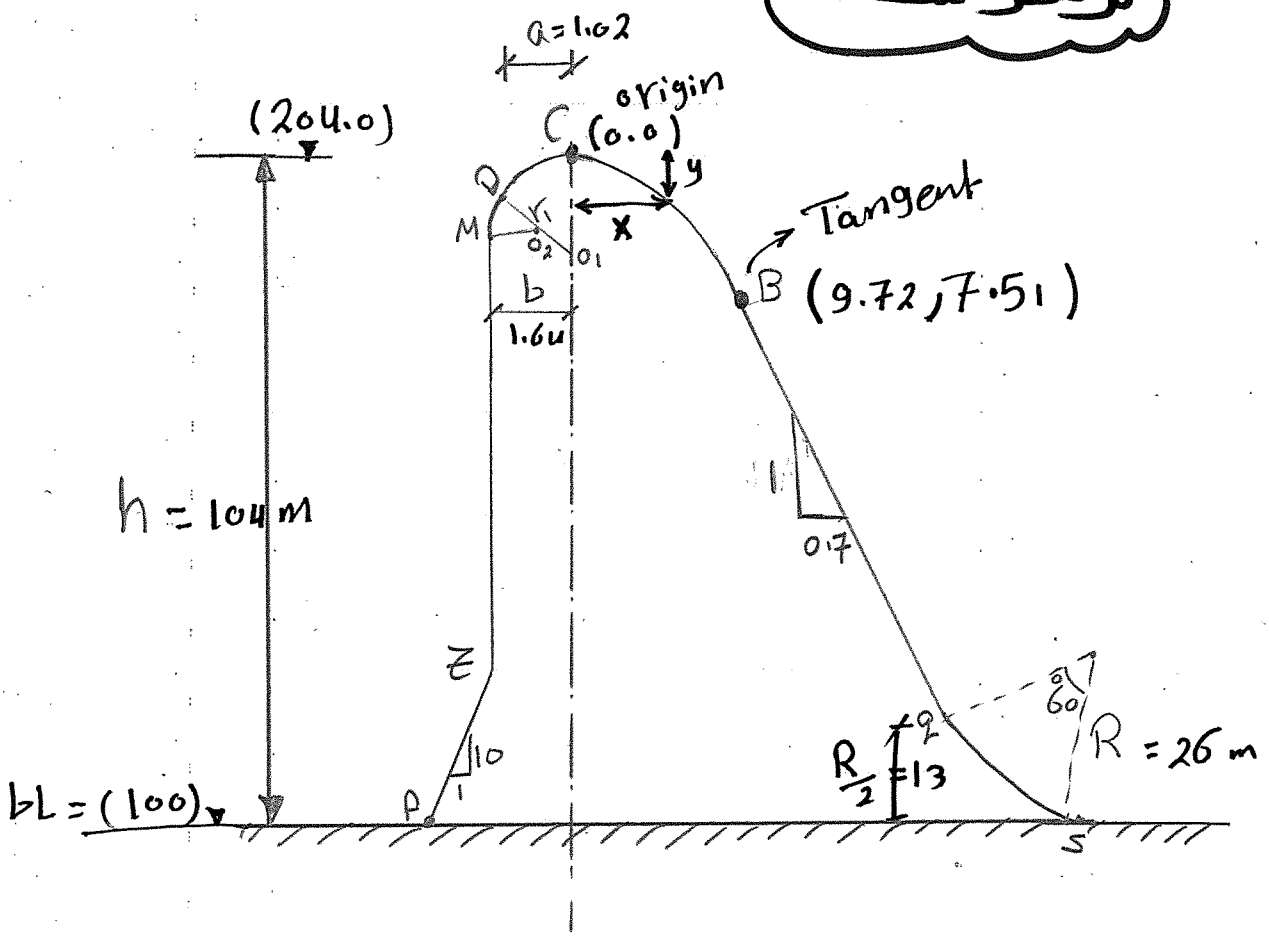
$\therefore k_a = 0.1$

$C = 2.2$

$$8000 = 2.2 * (60 - 2(5 * 0.01 + 0.1)\,H_e)\sqrt{2 * 9.81}\; H_e^{3/2}$$

$$H_e = 5.83\,m = H_d$$

لرسم السد



$\therefore H_d = 5.83$ m *

لرسم الجزء CB يتم رسمة من المعادلة $X^n = k H_d^{n-1} y$

$\therefore K = 2.0 \quad n = 1.85$

لاننا فرضنا الحالة الاولى لم يذكر فى المسألة الحالة.

(US Slope : Vertical)

$\therefore$ Point C = (0, 0) احداثيتها

لايجاد احداثيات نقطة (B) معروفاش

نقطة B ← تسمى (Tangent Point)

لايجاد احداثيتها (النقطة B) تحقق المنحنى (BC)

وتحقق الميل (B, q)

من المنحنى BC

$$x^n = K\, H_d^{n-1}\, y$$

$$X^{1.85} = 2 * 5.83^{0.85}\, y$$

$$y = \frac{X^{1.85}}{2 * 5.83^{0.85}}$$

الميل عند B من BC

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1.85 * X^{0.85}}{2 * 5.83^{0.85}}$$

* من المنحنى Bq

الميل عند B من Bq

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{0.7}$$

نساوى الميول عند B ببعضها

$$\frac{1}{0.7} = \frac{1.85\ X^{0.85}}{2 * 5.83^{0.85}}$$

$$X = 9.72 \Rightarrow$$ من الميل $$y = 7.5\ m$$

تعالى نرسم CB

حنفرض فيه الـ y من (0 → 7.5)

وايجاد (X) او افرض X من (0 → 9.72) وهات y

من المعادلة $X^{1.85} = 2 * 5.83^{0.85} * y$

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9.72
y	0	0.11	0.4	0.85	1.45	2.19	3.07	4.09	5.23	6.5	7.5

---

* رسم الجزء CD

$a = 0.175 * Hd$

$a = 0.175 * 5.83 = 1.02$

$r_1 = 0.5 * Hd = 0.5 * 5.83 = 2.92$

ومن المركز O_1 ارسم CD

---

* رسم الجزء DM

$b = 0.282 * Hd = 0.282 * 5.83$

$b = 1.64\ m$

$r_2 = 0.2 * Hd = 0.2 * 5.83 = 1.16\ m$

---

* رسم الجزء $\overline{M}$ راسياً حالة ⫫

---

* رسم الجزء $\overline{f}$ بميل 1H : 10V

رسم الجزء qs

$h = \pm 204 - \pm 100 = 104$

$R = \frac{h}{4} = \frac{104}{4} = 26\ m$

Problem (2)

An Ogee weir spillway is to be constructed a cross a spillway channel to serve as a main spillway for an gravity dam. The following data is available:

- Bed width of spillway channel, B=4, and side slope 1:1,
- Channel upstream bed level (USBL) and downstream bed level (DSBL) the weir are (106.00) and (105.00) respectively,
- Normal reservoir level (NRL)= (108.00),
- Maximum flood level =(109.50), → MRL
- Max. flood discharge , Q_{max} =15.48 m^3/sec,
- Downstream water level (DSWL)= (107.00),
- ~~The crest was shaped according a design head, H_o =2.0 m, and~~
- The foundation soil is clayey sand for which C_B=12, and the safe value of exit gradient is 0.15.

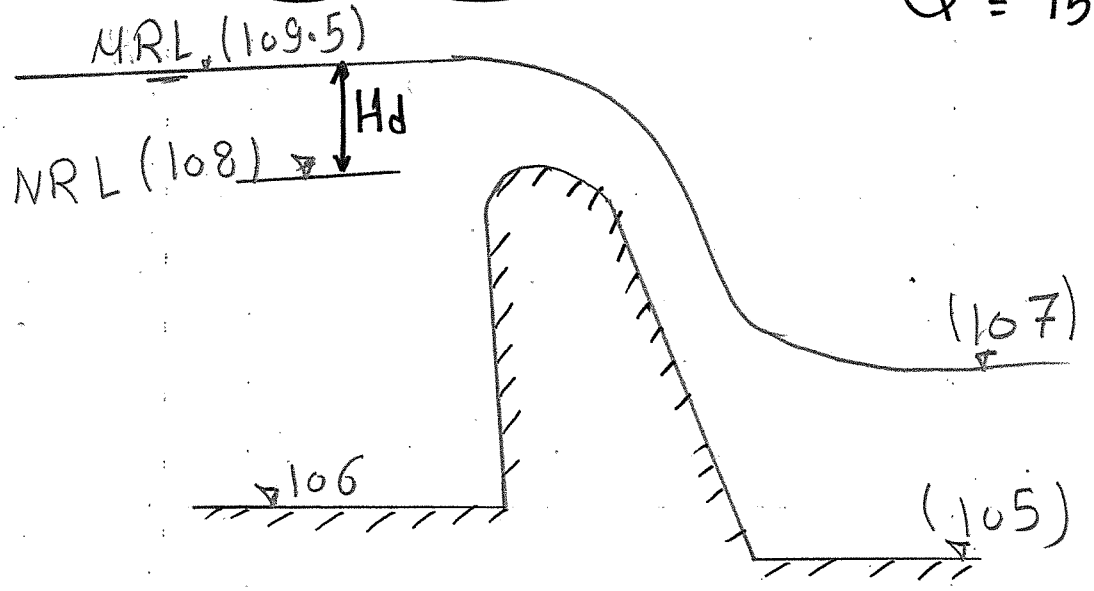
Pier → Rounded
Abutment → Rounded

Carryout the following:

- Design the weir opening.

Design the weir opening

$Q = 15.48\ m^3/sec$



$\therefore Hd = 109.5 - 108 = 1.5\ m$

$He = Hd = 1.5\ m$

$$Q = C * Le * \sqrt{2g} * He^{3/2}$$

$$15.48 = 2.2 * Le * \sqrt{2*9.81} * 1.5^{3/2}$$

$$Le = 0.86\ m$$

$$Le = L - 2(n\,kp + ka)\,He$$

$$0.86 = L - 2(0.0*0.01 + 0.1)*1.5$$

$$L = 1.16\ m$$

على فرض

$N = 1$

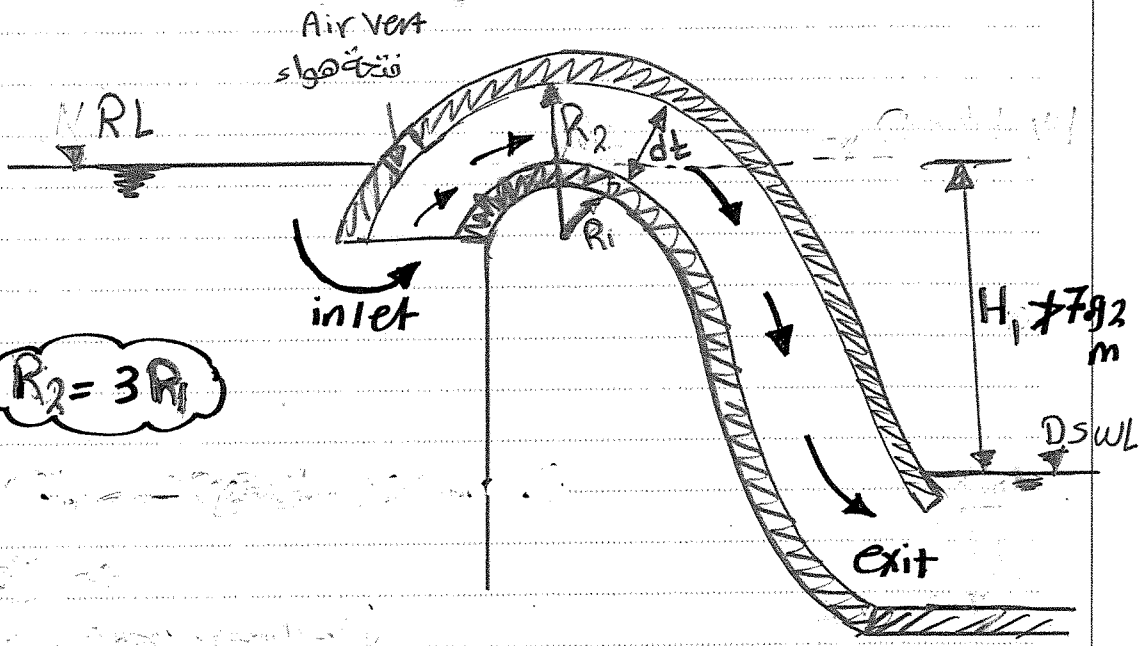
$n = N - 1 = 0.0$

$kp = 0.01$

$ka = 0.1$

عرض الفتحة $b = \frac{L}{N} = \frac{L}{1} = L$

2- Syphon Spillway :-



∴ assume $R_2 = 3R_1$

---

* الهدف هو ايجاد (L) عرض المفيض

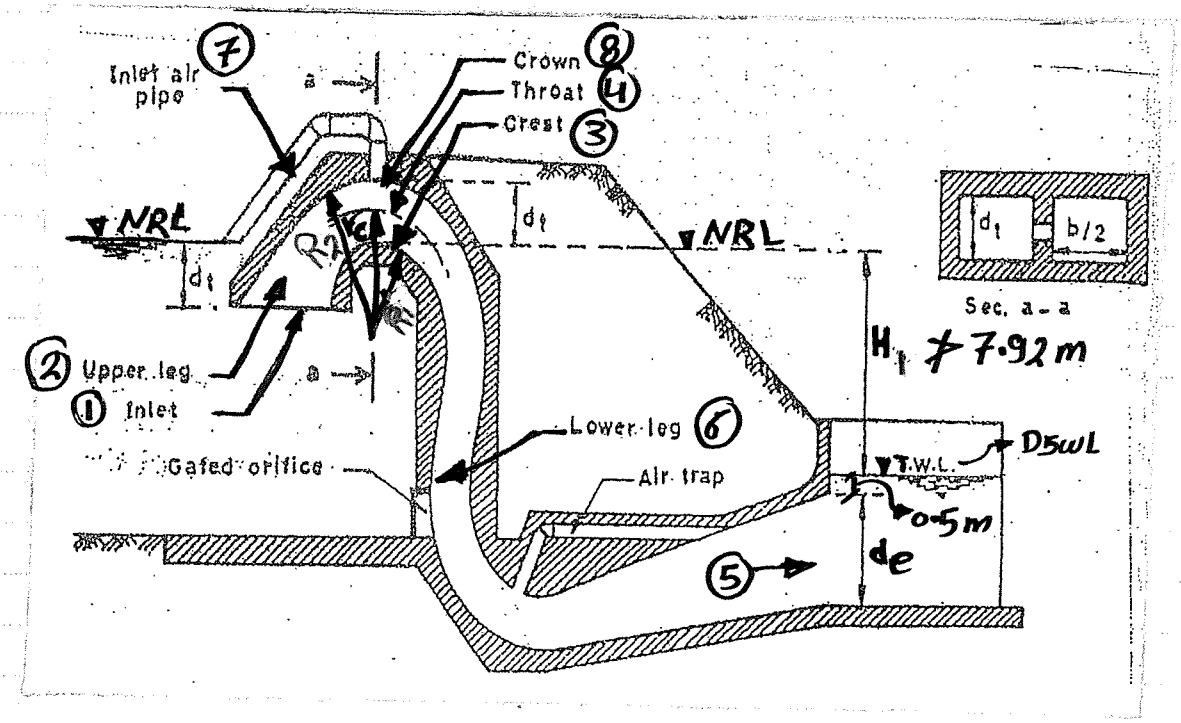
← تعتمد فكرة الـ Syphon على حدوث سحب (Suction) وبالتالى تمر المياة الزائدة بسرعة أكبر وبالتالى يقل العرض المطلوب للمنشأ. (L)

← فى البداية يدخل الهواء والماء داخل الـ (Syphon) ثم بزيادة التدفق يتم تفريغ الهواء تدريجياً حتى يصبح القطاع ممتلئ بالكامل (Running full)

* فائدة Air vent :-

ـ . ـ ـ . ـ ـ . ـ ـ . ـ ـ . ـ ـ ايقاف الـ Syphonic action بعد انتهاء الفيضان

شكل الـ (Siphon Spillway)



(المكونات)

① inlet

② upper Leg

③ Crest = ≤ NRL

④ Throat

⑤ exit

⑥ Lower Leg

⑦ air Vent

⑧ Crown

* مدخل الـ siphon (siphon inlet) ← يكون تحت سطح الماء لمنع دخول الاجسام الطافية داخل الـ siphon

---

* الهدف هو ايجاد (L) مثل ogee wier :.

* يتم ايجاد (L) بطريقتين :.

A- orifice flow

B- Vortex motion

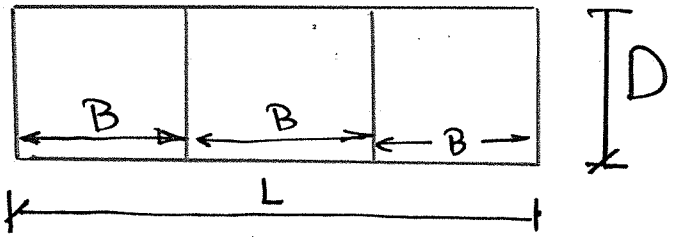
A- orifice flow

$$H_1 = \frac{V^2}{2g}$$

$$Q = Cd\ A\ \sqrt{2g H_1}$$

A = syphon spillway Cross section

$$A = \underbrace{N * B}_{L} * D$$



N → عدد الفتحات

D → ارتفاع الفتحة

B → عرض الفتحة = (2 : 3) D

* اقل ارتفاع للفتحة $D_{min} = 0.75m$

$$Cd = 0.9$$

H_1 → syphon Head ≯ 7.92 m

يوجد حالتين

Syphon Submerged

$H_1 =$ ▼ RL − ▼ TWL

▼ RL: Reservoir level

▼ TWL: Tail water level

syphon non submaged

$H_1 =$ ▼ RL − ▼ outlet

▼ outlet: المخرج

Reservoir level ▼ RL = اذا لم تعطى تأخذ NRL

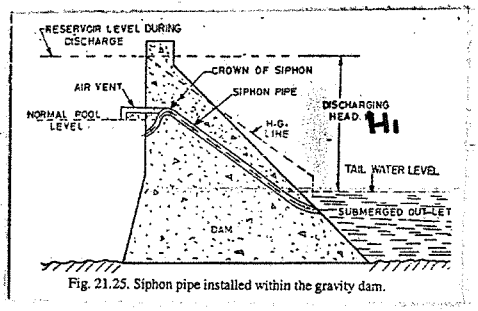


Fig. 21.25. Siphon pipe installed within the gravity dam.

submerged syphon

$H_1 = \nabla RL - \nabla TWL$

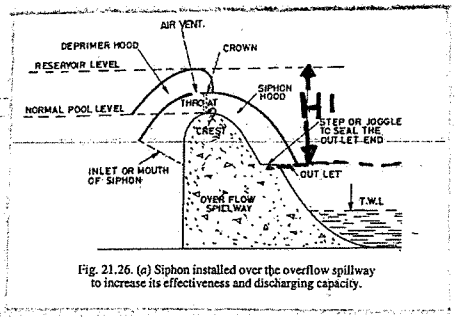


Fig. 21.26. (*a*) Siphon installed over the overflow spillway to increase its effectiveness and discharging capacity.

non submerged syphon

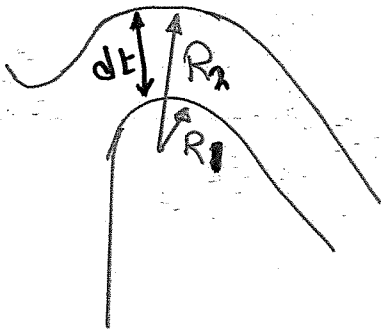
$H_1 = \nabla RL - \nabla$ out let

Vortex motion

$$Q = L * R_1 * \sqrt{2gH} \quad Ln \frac{R_2}{R_1}$$

Design Consideration

متطلبات التصميم



1- $\frac{R_2}{R_1} \leq 3$

2- $R_1 = 0.5 \simeq 1 \ m$

2- Depth of throat $= dt = R_2 - R_1 \geq 0.6\ m$

3- B = Vent width $= (2 \rightarrow 3)\ dt$

4- Maximum operating Head of thesyphon

$$H = 7.92\ m$$

5- The inlet must be submerged by depth = dt

$$\therefore L = N * B$$

لو طلب فى التصميم اقصى تصميم فى ال Vortex

$H = (H_1 = 7.92\ m)$ توضع

$H = \min$ ($H_1 = \Sigma RL - \Sigma TWL$) المياه فى الخزان

ناخذ الاقل $7.92\ m$

example

Design a suitable section for the syphon spillway of a concrete gravity dam. The maximum discharge to be spilled **50** m3/sec.
The normal reservoir water level = (110.00), the foundation level = (45.00), the tailwater level (70.00), the dam top level = (115.00), and the design head = 2.0 m.

الحل

Syphon spillway

$Q_{Max} = 50\ m^3/sec$

Vortex ؛ $H = 7.92\ m$ يعني Max كالعادة

- NRL = (110)
- FL = (45)
- TWL = (70)
- Dam Top level = (115)

Design Head = 2 m

على فرض (Vortex)

$$Q = L * R_1 * \sqrt{2gH}\ \ln\frac{R_2}{R_1}$$

assume $R_1 = 0.5\ m$

$R_2 = 3\ R_1 = 3 * 0.5 = 1.5\ m$

$H = 7.92\ m$ ذكر Max

$$50 = L * 0.5 * \sqrt{2 * 9.81 * 7.92}\ \ln\frac{1.5}{0.5}$$

$L = 7.3\ m$

لربجاد الاتجاد الـ (syphon)

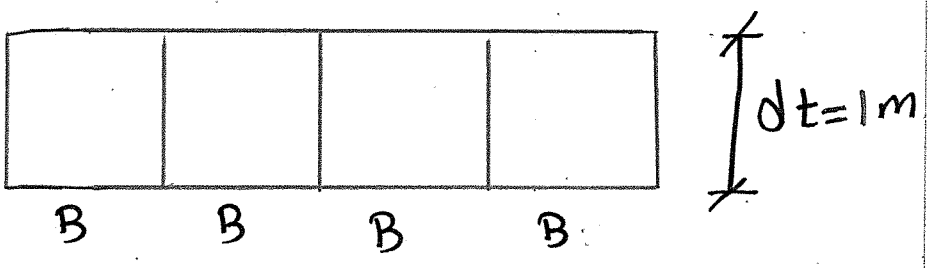
$$dt = R_2 - R_1 = 1.5 - 0.5 = 1.0 > 0.6$$

assume $B = 2\,dt = 2 \times 1 = 2\ m$

$$N = \frac{L}{B} = \frac{7.3}{2} = 3.65\ m$$

يتم تقريب N لاقرب عدد صحيح بالزيادة

$\therefore N = 4$ vent



Problem (2)

A siphon spillway is to be constructed a cross a spillway channel to discharge (Q)=20.8 m^3/s, according to the following data:

Upstream water level (USWL) = (68.00)

Downstream water level (DSWL) = (66.00)

Upstream bed level (USBL) = (65.00)

Downstream bed level (DSBL) = (64.00)

Bed width of channel = 5.0 m and the side slope 1:1.

Outer radius (R_2) =3.0 m inner radius (R_1) =1.0m

Using the two approach of siphon discharge; orifice flow motion and vortex flow motion you are asked to:

- Design the siphon opening
- [illegible]

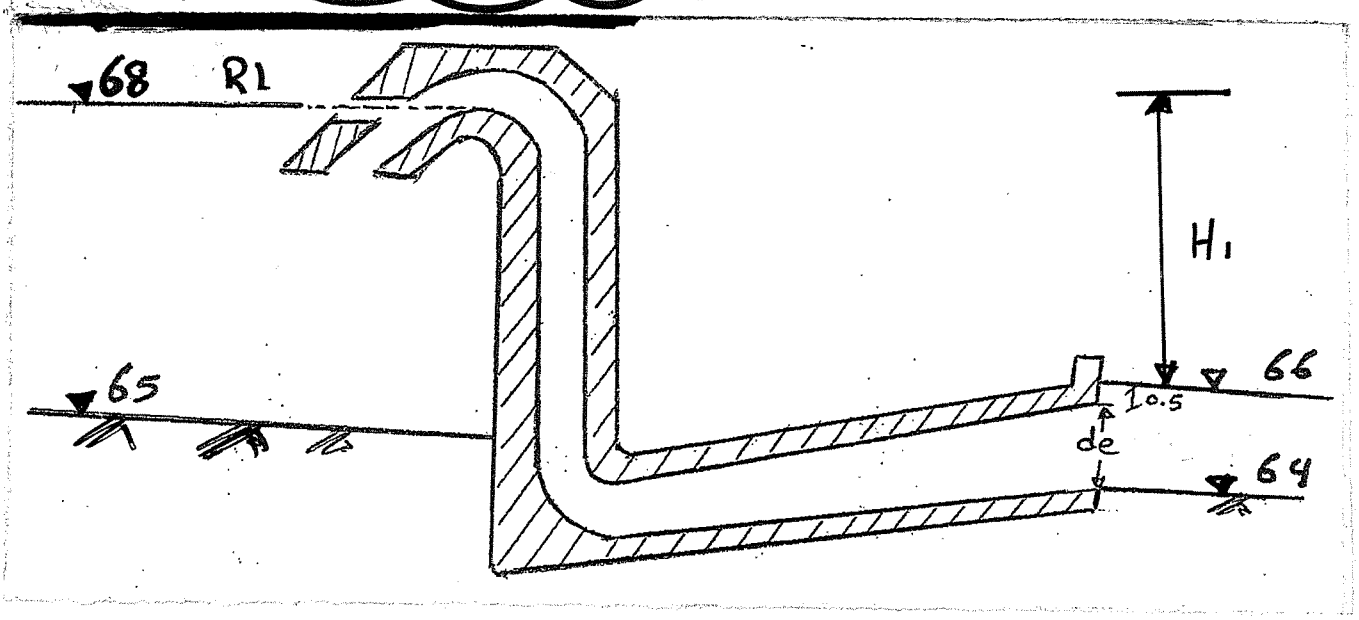
Given

Q = 20.8 m^3/sec

R_2 = 3 m

R_1 = 1.0 m

orifice flow motion



orifice submerged

$C_d = 0.9$

$H_1 = \text{▽}68 - \text{▽}66 = 2\ m$

$Q = C_d\ A \sqrt{2g\ H_1}$

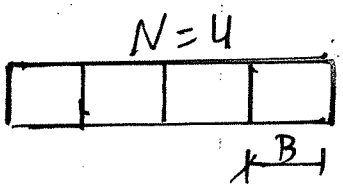
$20.8 = 0.9 * A \sqrt{2 * 9.81 * 2}$

$A = 3.689\ m^2$

$A = L * D = N * B * D$

assume $D = 0.75\ m$ (min)

$B = 2 * D = 2 * 0.75 = 1.5\ m$



$3.689 = N * 1.5 * 0.75$

$N = 3.279 \approx 4$

Vortex flow motion

$$Q = L * R_1 \sqrt{2gH} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$\therefore$ $H = 7.92\ m$
$H = 2\ m$ ← الاقل ⇒ $H = 2m$

لو ذكرلك Max كنت اخد 7.92

given $R_2 = 3\ m$

$R_1 = 1\ m$

$Q = 20.8\ m^3/sec$

$$20.8 = L * 1 * \sqrt{2 \times 9.81 * 2} \ln \frac{3}{1}$$

$$L = 3\ m$$

$\therefore$ $dt = R_2 - R_1 = 3 - 1 = 2 > 0.6\ m$

assume $B = 2\,dt = 2 * 2 = 4\ m$

$$L = N * B$$

$$3 = N * 4$$

$$N = 0.75m \simeq (1)\ \text{one vent}$$