

1-1. الهدار: منشأة مائية مخصصة لتمرير المياه، ضمن مجرى مائي من حوز أعلى (ذو منسوب ماء مرتفع) إلى آخر أدنى (ذو منسوب ماء منخفض). وتبعاً لاستخدام الهدار يمكن ملاحظة الأنواع التالية:

- هدار تحويل المياه إلى الألفية المجاورة.
- هدار لرفع منسوب الماء إلى الحد المطلوب في شبكات الري. (منظمات الري).
- هدار لقياس الغزارة في الألفية الصغيرة نسبياً. (خاصة الهدارات رقيقة الحافة المثلية والمستطيلة).
- هدار يعمل كمفيض أثناء فترة الفيضان للمجرى المائي، وسيكون هذا النوع هو موضوع الدراسة لهذا المقرر.

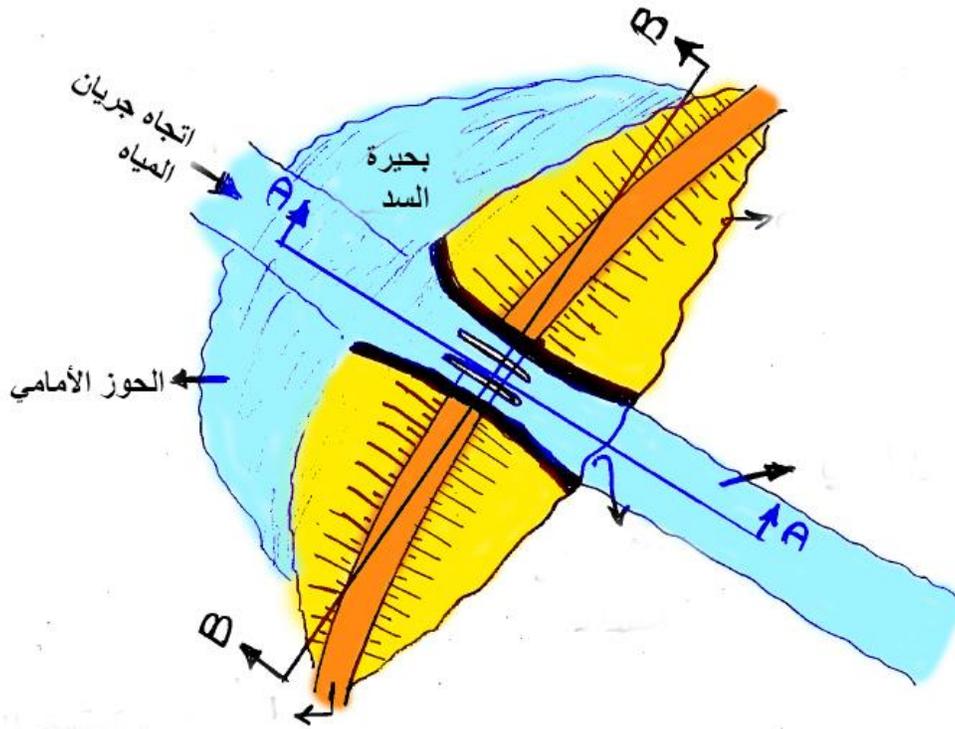
1-2. السد الهدار: عبارة عن مفيض سدّي (يقع في جزء من سد ترابي أو بيتوني يحجز مياه أمامه تشكل بحيرة السد)، وظيفته طرد الماء في فترة الفيضان من بحيرة السد (حيث الحوز الأمامي للمجرى المائي) إلى الحوز السفلي (خلف السد).

سيتم دراسة منشأة السد الهدار الملحقة بالسد الترابي نظراً لأن الأساس (القاعدة) لمثل هذه المنشآت عبارة عن أساس ترابي، حيث أن السدود الهدارة لا تقام على الأساسات الترابية كمنشآت مستقلة حاجزة للماء خلافاً لما هو الحال في الأساسات الصخرية.

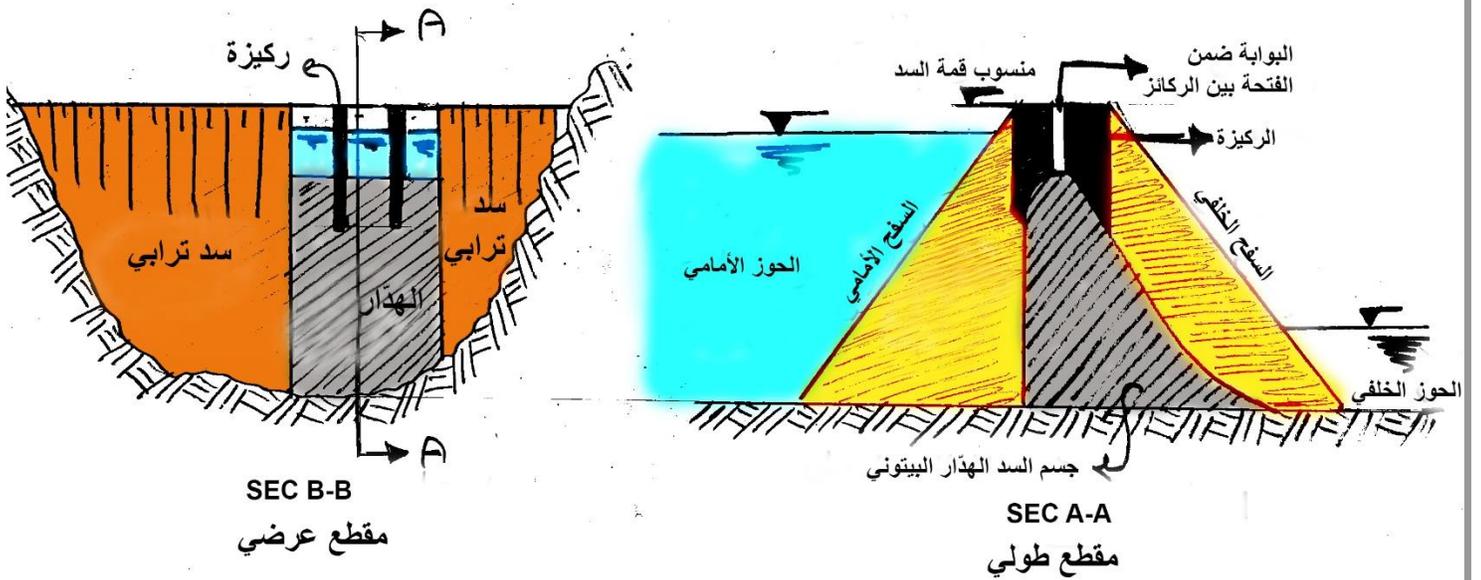
إذاً: عندما يكون السد ترابياً، تبنى السدود البيتونية الهدارة لتقوم بوظيفة المفيض في العقد المائية الحاوية على سد ترابي.



الشكل 1- منشأة السد الهدار ضمن سد ترابي



مسقط توضيحي للسد الترابي مع منشأة المفيض (السد الهدّار) الملحق به

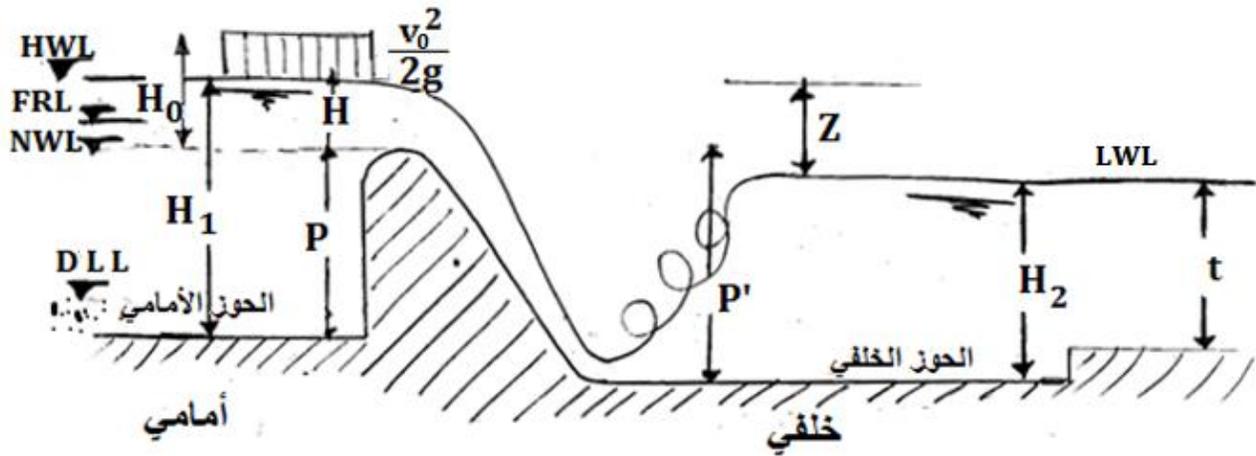


الشكل 2- مقطع عرضي وطولي في جسم السد الهدّار بالإضافة لمسقط توضيحي للسد الترابي مع المفيض



- 1- منشأة السد الهدار (المفيض)
2- بحيرة السد أمام المنشأة (الحوز الأمامي)
3- مجرى النهر خلف المنشأة (الحوز الخلفي)
4- جسم السد الأساسي (غير البيتونني)
الشكل 3- صورة توضح موقع السد البيتونني الهدار ضمن المجرى المائي

3-1. المصطلحات المستخدمة في دراسة منشأة السد الهدار:



الشكل 4- توضيح المقطع الطولي لمنشأة السد الهدار مع المصطلحات الهيدروليكية

يوضح الشكل أعلاه مقطعاً طولياً توضيحياً في منشأة السد الهدار حيث نلاحظ ما يلي:

⊕ HWL منسوب الفيضان الأعظمي الموافق لأعظم غزارة يمررها الهدار (يحدد بناءً على الدراسات الهيدرولوجية).

⊕ FRL منسوب الماء العادي الموافق لمرور التدفق السنوي العادي (يحدد بناءً على الحجم المفيد لبحيرة التخزين وطبوغرافية الموقع).

⊕ DLL منسوب الحجم الميت (يتعلق بحجم الترسيب ضمن بحيرة السد وسرعة الترسيب).

⊕ H_1 ارتفاع الماء أمام جسم السد الهدار.

⊕ H_2 ارتفاع الماء خلف السد الهدار.

⊕ P ارتفاع جسم الهدار من الأمام.

⊕ P' ارتفاع جسم الهدار من الخلف.

⊕ t عمق الماء الطبيعي في الحوز السفلي للمجرى المائي.

⊕ Z فرق منسوبي الماء أمام وخلف منشأة الهدار.

⊕ H قيمة ضاغط الماء فوق قمة السد الهدار.

⊕ H_0 قيمة الضاغط الكلي (ضاغط الماء + الضاغط الحركي) فوق قمة الهدار.

حيث: $H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g}$ ، و V_0 سرعة الاقتراب للجريان أمام الهدار.

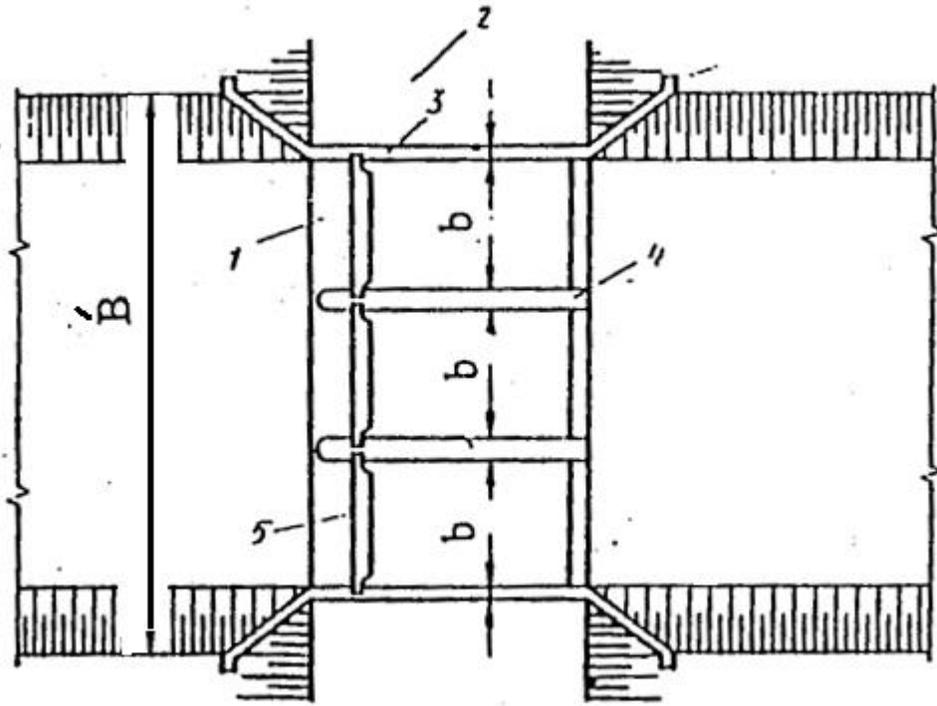
4-1. تصميم السد الهدار:

○ يصمم السد الهدار على أساس تدفق حسابي نادر جداً (يمر مثلاً مرة واحدة كل 10000 سنة، ويحدد تبعاً

للدراية الهيدرولوجية في منطقة إنشاء السد)، وبالتالي حالة فتح كامل لجميع البوابات فوق جبهة الهدار.

○ الهدار هو نوع غرايغر (Ogee spillway) ذو تصريف سطحي عبر جبهة الهدار، حيث تقسم جبهة

الهدار إلى مجموعة من الفتحات المنفصلة التي يفصل بينها ركائز (دعامات)، ويتم التحكم بالجريان عبر هذه الفتحات عند مرور التدفق العادي السنوي عن طريق بوابات تحكم.



شكل 5- شكل توضيحي يبين مسقط جبهة المفيض

- 1- فتحة دخول الماء للهدار 2- الطريق فوق قمة الهدار 3- الجدار الاستنادي أو كتف المنشأة
4- الركيزة بين فتحتين 5- بوابة التحكم ضمن الفتحة

○ علينا أن نميز بين ما يلي:

- B' عرض المجرى حيث ستقام منشأة السد الهدار. (العرض النظري)
- b عرض الفتحة الواحدة.
- x عرض الركيزة.
- B العرض الصافي لجبهة الهدار ويساوي مجموع عرض الفتحات مجتمعة.

$$B = n \cdot b \quad \text{عدد الفتحات.}$$

- تحدد قيمة الضاغط الكلي لمنشأة السد الهدار وفق علاقة الجريان فوق الهدارات:

$$Q = m \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

$$\Rightarrow H_0 = \left(\frac{Q}{m \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot B \cdot \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Q الغزارة الحسابية التي ستقوم المنشأة بتصريفها (غزارة الفيضان الأعظمية والتي تصادف نادراً).
 m معامل التصريف عبر سطح المنشأة (يؤخذ 0.49 لهذار نوع غرايغر).
 ε معامل الانضغاط الجانبي (نتيجة اعتراض الركائز للجريان)، ويحسب من العلاقة:

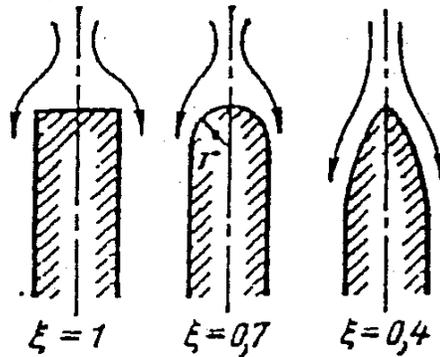
$$\varepsilon = 1 - 0.1 \cdot (2\xi_0 + 2(n-1)\xi) \cdot \frac{H_0}{B}$$

ξ_0 عامل يتعلق بشكل الكتف (نقطة اتصال المنشأة مع أكتاف الوادي أو ردمية السد الترابي).
 ξ عامل يتعلق بشكل الركيزة.

($n-1$) عدد الركائز (n عدد الفتحات).

B العرض الصافي الفعّال لجهة الهدار.

H_0 الضاغظ الكلي للسد الهدار: $H_0 = H + \frac{V_0^2}{2g}$



شكل 6- أشكال رؤوس الركائز للسد الهدار

5-1. المعطيات اللازمة لتصميم منشأة السد الهدار:

- Q_{max} غزارة الفيضان الأعظمية.
- q الغزارة النوعية للجريان عبر سطح المنشأة (الغزارة في واحدة العرض (متر واحد من طول جبهة الهدار))، وذلك عندما تكون البوابات مفتوحة بشكل كامل ومنسوب الماء في الحوز العلوي هو HWL .
- t عمق الماء الطبيعي في سرير النهر.
- منسوب الفيضان الأعظمي HWL .

▪ BRL منسوب سرير النهر (المجرى المائي).

خطوات العمل:

1. يحدد عرض جبهة السد (العرض النظري) مبدئياً من العلاقة:

$$B' = Q_{max}/q$$

حيث: B' العرض النظري لجبهة الهدار (دون الأخذ بعين الاعتبار الانضغاط الجانبي نتيجة اعتراض الركائز للجريان).

q الغزارة النوعية (في واحدة العرض النظري).

2. يحدد العرض الصافي للسد الهدار (مجموع عرض الفتحات بدون أخذ عرض الركائز) وفق ما يلي:

$$B = (0.81 - 0.88). B'$$

حيث B العرض الصافي لجسم السد الهدار.

وفقاً للنسبة التي يتم اختيارها وتقع ضمن المجال السابق، يتم اختيار B بحيث تكون عدد صحيح حيث:

$$B = n.b$$

n عدد الفتحات، و b عرض الفتحة الواحدة، وتؤخذ b عدداً صحيحاً وفق ما يلي:

$1 \leq b \leq 10 m$	$10 < b \leq 20 m$	$b > 20 m$
+1 m	+2 m	+4 m
<u>أرقام زوجية فقط</u>		

الجدول 1- قيم عرض الفتحات الموافقة للأبعاد التي تصنع فيها البوابات

ولا يفضل زيادة عرض البوابة عن القيمة $24 m$.

3. يحدد عرض الركيزة:

$$x = \frac{B - B'}{n - 1}$$

ملاحظة:

ينبغي الانتباه إلى أن عرض الركيزة ينبغي أن تكون قيمة ممكنة التنفيذ (قيمة مدورة) وفي حال بقي عرض زائد بعد احتساب عدد وعرض الركائز، تضاف القيمة الزائدة إلى الجدران الاستنادية (الأكتاف) التي تربط منشأة السد الترابي بالمنشأة البيتونية بالتساوي (أي يصبح هناك انضغاط إضافي عند الأكتاف).
يجب أن يحقق عرض الركيزة ما يلي:

$$0.3 H \leq x \leq (2.5 - 3)m$$

حيث H : هو الضاغط المائي التصميمي للسد الهدار

4. يتم حساب H_0 ضاغط الهدار الكلي:

$$H_0 = \left(\frac{Q}{m \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot B \cdot \sqrt{2g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

ومن ثم ضاغط الماء: $H = H_0 - \frac{V_0^2}{2g}$ ، حيث V_0 سرعة اقتراب الماء أمام السد الهدار.

تحسب V_0 من العلاقة:

$$V_0 = \frac{Q_{max}}{B' \cdot H_1}$$

حيث: B' العرض النظري

$$H_1 = P + H$$
 ارتفاع الماء أمام جسم السد

تهمل سرعة الاقتراب في حال تحقق الشرط:

$$B' \cdot H_1 \geq 4 B \cdot H$$

حيث: $B' \cdot H_1$ مساحة مقطع المجرى المائي أمام المنشأة

$B \cdot H$ مساحة المقطع المائي فوق قمة الهدار

5. حتى يكون تصميم جبهة الهدار منطقياً ومقبولاً، لا بد من تحقيق الشرط (شرط البوابة):

$$\frac{1}{2} \leq \frac{H}{b} \leq \frac{2}{3}$$

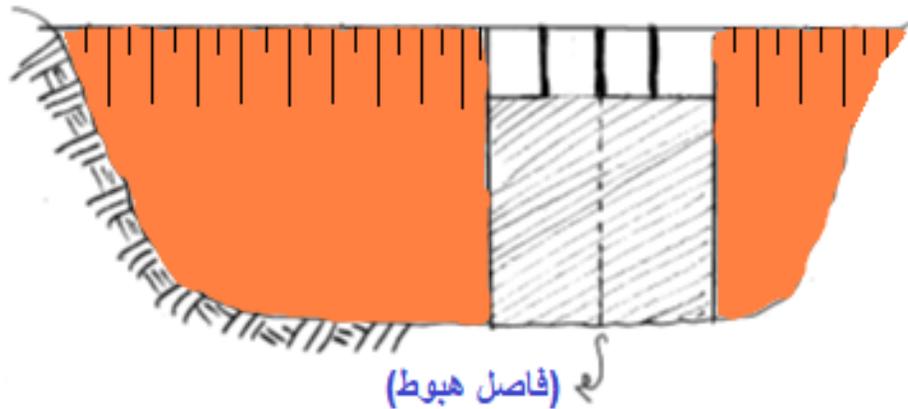
حيث: H ضاغط الماء فوق قمة السد (m)
 b عرض الفتحة الواحدة (m)

1-6. فواصل الهبوط:

يتم تقسيم كتلة السد إلى مجموعة من الكتل (الكتلة هي الجزء من جسم السد الهدار الموجود بين فاصلي هبوط) بواسطة فواصل هبوط. حيث لا يمكن تنفيذ منشأة السد الهدار على أنه منشأة ذات كتلة واحدة لتجنب الهبوطات الكبيرة التي ينتج عنها تشققات في جسم الهدار وانهياره.

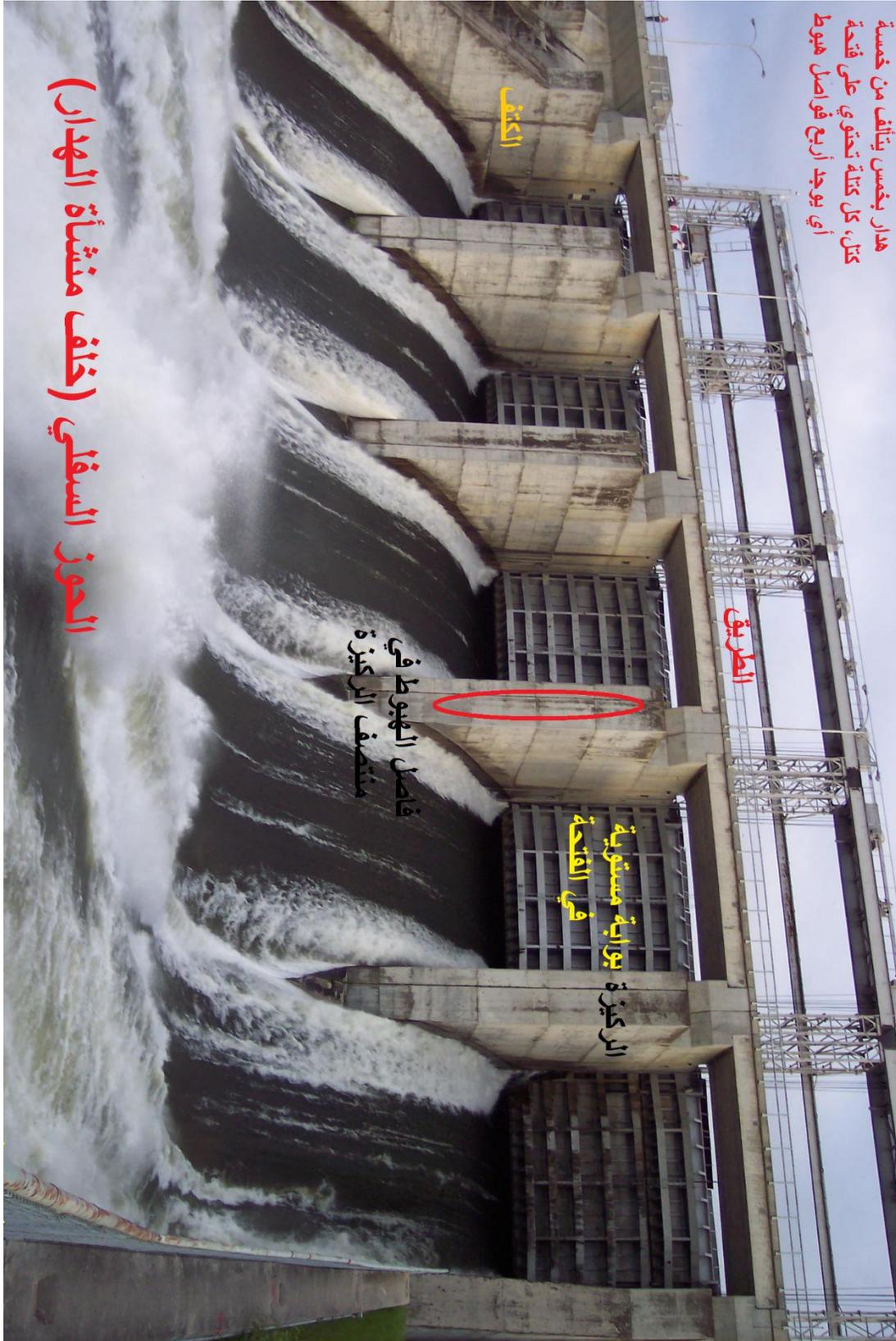
يوضع فاصل الهبوط في منتصف الركيزة ولا يوضع أبداً في منتصف الفتحة لضمان إمكانية فتح البوابات.

أقصى حد للمسافة بين فاصلي الهبوط هي $m(28 - 30)$ ويفضل تقليل عدد هذه الفواصل قدر الإمكان لتقليل الكلفة.



واجهة سد هدار مكون من كتلتين،
يفصل بينهما فاصل هبوط

شكل 7- فواصل الهبوط ضمن جسم الهدار



شكل 8- صورة لأحد الهدارات توضح شكل منشأة الهدار مع أجزاءها)



شكل 9- صورة نموذج لسد الفرات في سورية الذي يتألف جسمه من كتلتين