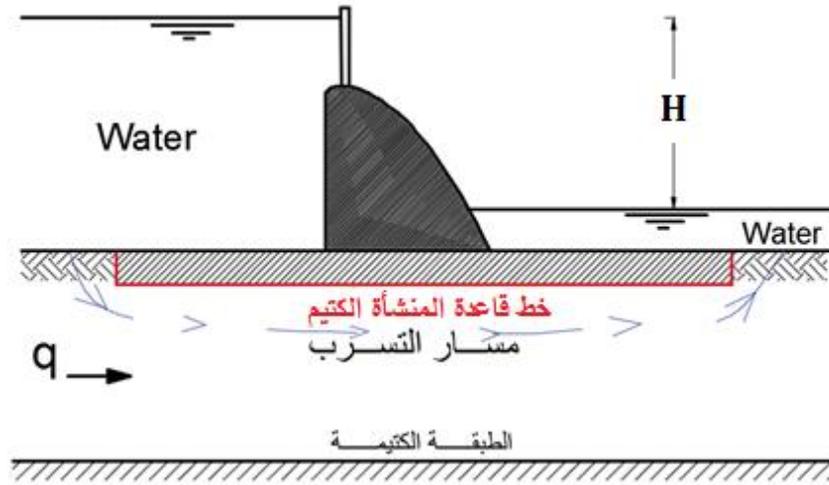


5-1- مقدمة

يعبر التسرب في أساس المنشأة المائية، عن حركة الماء ضمن الوسط أسفل المنشأة، وهو ينتج عن فرق المنسوب المائي أمام وخلف المنشأة.

يبين الشكل (18) ظاهرة التسرب تحت منشأ حاجز للماء، بتأثير الفرق في الضاغط المائي H ، حيث مجال التسرب يقع بين خط قاعدة المنشأة الكتيم، وخط الطبقة الكتيمة.



الشكل 18- التسرب في أساس المنشأة المائية

5-2- الهدف من دراسة التسرب تحت المنشأة المائية:

تهدف دراسة التسرب إلى استنتاج قوة ضغط التسرب المعاكس المؤثرة على المنشأة المائية، والتي تمثل محصلة مخطط ضغط التسرب (مخطط توزيع ضغوط الرفع المائية) تحت قاعدة المنشأة المائية، ويتأثر شكل واستنتاج هذا المخطط بجيولوجية الأرضية ونفاذيتها، بحيث يمكن التمييز بين الحالات التالية:

1- حالة الأرضية الصخرية: يتم التسرب ضمن هذه الأرضية فقط عبر الشقوق الموجودة ضمن الصخور (أي لا تتبع دراسة التسرب في هذه الحالة لقانون دارسي)، لذا فإنه يتم تخفيض قيمة ضغط الرفع عن طريق حقن التشققات بمحلول اسمنتي أو طيني.

2- حالة الأرضية نفوذة: وهي الحالة التي سيتم تناولها، حيث يتم تسرب المياه تحت المنشأة بسرعة كبيرة نسبياً، ما ينجم عنه تآكل ونخر ميكانيكي وكيميائي للتربة - حادثة فوران التربة خلف المنشأة - ضغوط رفع مائية كبيرة مؤثرة على قاعدة السد الهدار. لذا فإن التسرب يهدد استقرار المنشأة وتوازنها، ولا بدّ من اتخاذ الاجراءات اللازمة لتخفيض الضغوط المائية المؤثرة.

3-5- فرضيات دراسة التسرب

- a. المؤشرات العددية اللازمة لحساب التسرب هي q ، i التصريف النوعي ضمن مسامات التربة وتدرج ضاغط التسرب على التوالي.
- b. أبعاد عناصر السطح الكتيم للمنشأة اللازم لتأمين استقرارها.
- c. تتناهى قيمة ضاغط التسرب إلى الصفر عند وجود مصرف.
- d. تخضع حركة المياه المتسربة ضمن الوسط المسامي أسفل المنشأة لقانون دارسي:

$$v = k \cdot i$$

v سرعة تيار التسرب (m/sec)

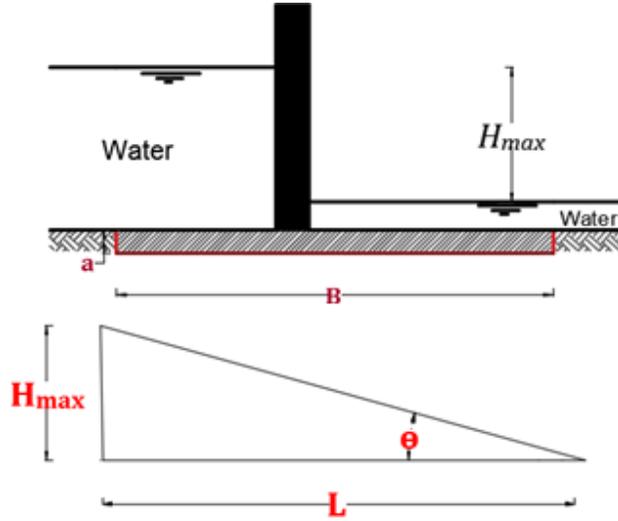
K معامل النفاذية للتربة المدروسة وواحدته m/sec

i التدرج الهيدروليكي، ويحسب من العلاقة:

$$i = \frac{H}{L}$$

$H(m)$ ضاغط التسرب للمنشأة المدروسة، $L(m)$ طول تيار التسرب

يبين الشكل (20) حساب الزاوية θ التي تعبر عن التدرج الهيدروليكي



الشكل 20- حساب زاوية التدرج الهيدروليكي

ملاحظة: يجب تخفيض قيمة التدرج الهيدروليكي لتيار التسرب إلى قيم منطقية ومسموحة، بحيث لا يؤثر سلباً على استقرار المنشأة. فمثلاً إذا كان التدرج i ذو قيمة كبيرة، فإنه لا بد في مثل هذه الحالة من إطالة مسار التسرب L عن طريق إضافة عناصر كتيمية للسطح الكتيم الأصلي للمنشأة، وتشمل هذه العناصر ما يلي:

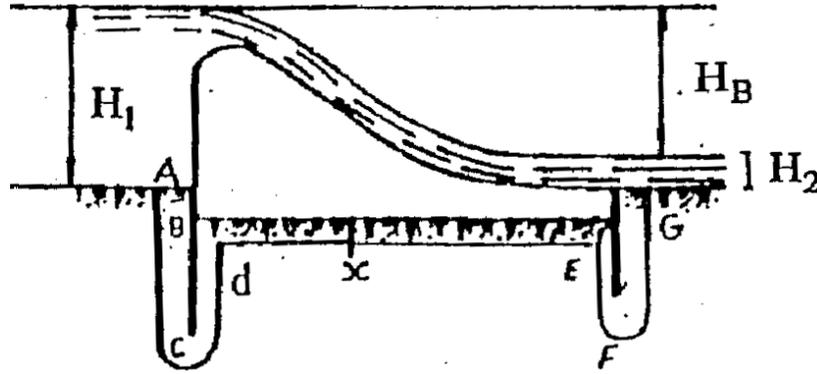
- عناصر كتيمية أفقية: (مصاطب غضارية، بيتونية... الخ)
- عناصر كتيمية شاقولية: (ستائر على شكل آبار شاقولية يتم الحقن ضمنها بمادة كتيمية).

4-5- طرائق حساب التسرب

هناك عدة طرق لدراسة التسرب في أساس المنشآت المائية، وتختلف تبعاً لدرجة المنشأة وأهميتها. فمثلاً من الطرق التقريبية المستخدمة طريقة بلاي-لين، ومن الطرائق العددية الأدق طريقة شبكة الجريان. وسيتم اعتماد طريقة بلاي ولين في دراسة التسرب في أساس منشأة السد الهدّار.

1-3-5- طريقة بلاي-لين:

← يقترح بلاي بأن توزيع الضغوط المائية الشاقولية، يتم بصورة شاقولية متناسبة مع طول خط الجريان الأفضلي، والذي يتألف من خط تماس أرضية الأساس مع المنشأة الحاجزة للماء وخطوط الحواجز المائية المانعة للتسرب.



الشكل 21- خط التسرب الأفضل وفق بلاي

← يُعطى طول خط التسرب الأفضل وفق بلاي بالعلاقة التالية:

$$L_B = C_B \cdot H$$

H : فرق منسوب الماء أمام وخلف المنشأة المائية.

C_B : عامل بلاي ويتعلق بنوعية الأرضية التي تتركز عليها المنشأة ويعطى وفق الجدول أدناه:

الطول L_B وفق الشكل 22 ، هو:

$$L_B = AB + BC + CD + DE + EF + FG$$

← الطول الطبيعي لخط التسرب هو L_N (محيط قاعدة المنشأة المائية، أي قبل إضافة العناصر المانعة للتسرب):

$$L_N = AB + BE + EG$$

← بذلك تكون أطوال العناصر المانعة للتسرب: (بفرض إضافة عناصر شاقولية):

$$L = \frac{L_B - L_N}{2}$$

L : أطوال العناصر الكتيمة المانعة للتسرب، بفرض أنها شاقولية

ملاحظة: في حالة عناصر أفقية يكون: $L = L_B - L_N$

ويمكن تجزئة الطول L ، بحيث يشمل الطول الأفقي لو تم إضافة مصطبة والطول الشاقولي لو تمت إضافة ستارة.

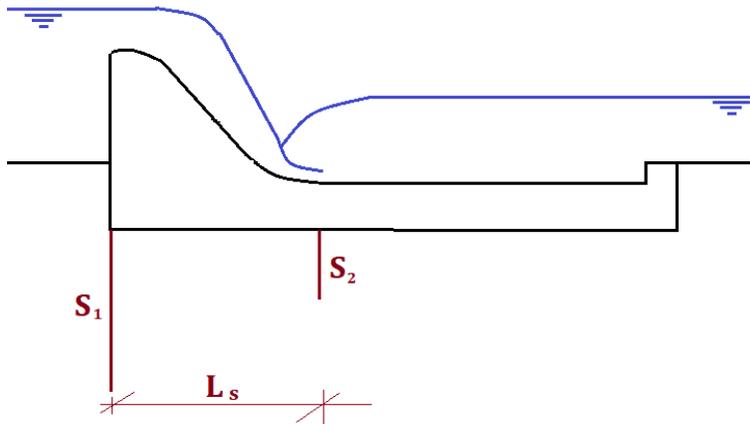
في حالة إضافة ستائر تحت القاعدة الكتيمة للسد الهدّار:

← لكي يتم الجريان وفق الخط الأفضل، يجب أن يحقق طول الستارة الأمامية (BC) ، ويمكن أن نرمز لهذا الطول بـ S_1 الشرط التالي:

$$S_1 \leq \frac{DE}{2}$$

DE : طول قاعدة المنشأة المائية بين ستارتين شاقوليتين.

← طول الستارة الثانية S_2 ، يجب أن يكون أصغر من طول الستارة الأولى، وحتى في حالة إضافة عدد من الستائر، كل ستارة يجب أن تكون أقصر من الستارة التي قبلها.
← التباعد بين كل ستارتين، وليكن l_s ، يجب أن يحقق الشرط التالي:



$$l_s \geq 1.5 * \frac{S_1 + S_2}{2}$$

← مقدار الضغط الشاقولي في أي نقطة من نقاط خط الجريان تبعد بمقدار x عن نقطة البداية A يعطى بالعلاقة التالية:

$$P_x = H_{max} - \frac{H_B}{L_B} * x$$

ملاحظة: القيمة $\frac{H_B}{L_B}$ تساوي قيمة التدرج الهيدروليكي (الميل الهيدروليكي)، أي مقلوب معامل بلاي $\frac{1}{C_B}$.

$$P_x = H_{max} - \frac{1}{C_B} * x$$

قاعدة لين:

يرى لين أن للجريان في الاتجاه الشاقولي أهمية أكبر من الجريان وفق الاتجاه الأفقي، وعليه فإن لين يقترح توزيع ضاغط التسرب بصورة يمكن معها أن يؤخذ بعين الاعتبار فقط ثلث طول اتجاه خط الجريان الأفقي وفق ما يلي:

$$L_V + \frac{1}{3}L_H = C_L * H$$

L_V, L_H : مجموع الأطوال الشاقولية والأفقية على امتداد خط الجريان.

C_L : عامل لين، ويعطى وفق الجدول أدناه.

وفق الشكل (21) يكون:

$$L_V = AB + BC + CD + EF + FG$$

$$L_H = DE$$

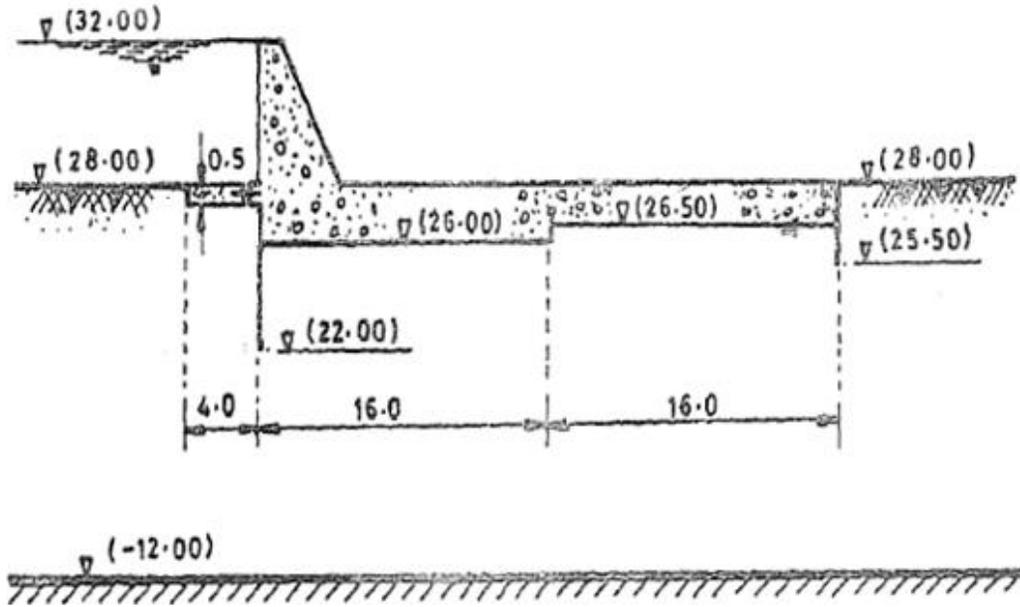
معامل التسرب		نوع التربة <i>Type of Soil</i>
C_B	C_L	
18	8.5	1- رمال ناعمة جداً أو طمي <i>Very fine sand or silt</i>
15	7	2- رمال ناعمة <i>Fine sand</i>
13	6	3- رمال متوسطة <i>Medium sand</i>
12	5	4- رمال خشنة <i>Coarse sand</i>
6	4	5- زلط ناعم <i>Fine gravel</i>
5	3.5	6- زلط متوسط <i>Medium gravel</i>
9	—	7- خليط من الزلط والرمال <i>Cravel and Sand mixture</i>
4	3	8- زلط خشن يحتوي على ركام <i>Coarse gravel included cobbels</i>
—	2.5	9- كسر ركام مع زلط <i>Boulders with gravel</i>
4 – 6	—	10- خليط من كسر الركام والزلط والرمال <i>Boulders, Grvel and Sand</i>
9	3	11- طين ناعم <i>Soft Clay</i>
—	1.8	12- طين متوسط <i>Medium Clay</i>
5	1.8	13- طين صلب <i>Stiff Clay</i>
—	1.9	14- طين صلب جداً <i>Very Stiff Clay</i>
zero	zero	15- طين صلصالي <i>Puddle Clay</i>

قيم المعاملات C_L و C_B تبعاً لنوع التربة

ملاحظة هامة: بالنسبة للتحقق من سماكة حوض التهدة: بعد استنتاج قوة التسرب المعاكس المؤثرة على قاعدة حوض التهدة، فيجب التأكد من أن وزن الحوض أكبر من هذه القوة بما يعادل 1.25.

مثال: لمقطع الهدار الموضح أدناه، يُطلب ما يلي:

- 1- ارسم مخطط الرفع المائي باستخدام نظرية بلاي.
- 2- ارسم مخطط الرفع المائي باستخدام نظرية لين.



الحل

الحالة المعطاة في المسألة تعبر عن حالة تحقق وليس تصميم، لكون المنشأة قائمة:

- حالة الضاغط الذي يتم تحت تأثيره التسرب، هي حالة تخزين (لا يوجد ماء خلف المنشأة)

$$\Rightarrow H_{max} = 32 - 28 = 4 \text{ m}$$

الطلب الأول: الحل حسب بلاي:

$$\sum L_H = 4 + 16 + 16 = 36 \text{ m} \quad \text{مجموع الأطوال الأفقية:}$$

$$\sum L_V = 0.5 + 1.5 + 4 * 2 + 0.5 + 1 * 2 + 1.5 = 14 \text{ m} \quad \text{مجموع الأطوال الشاقولية:}$$

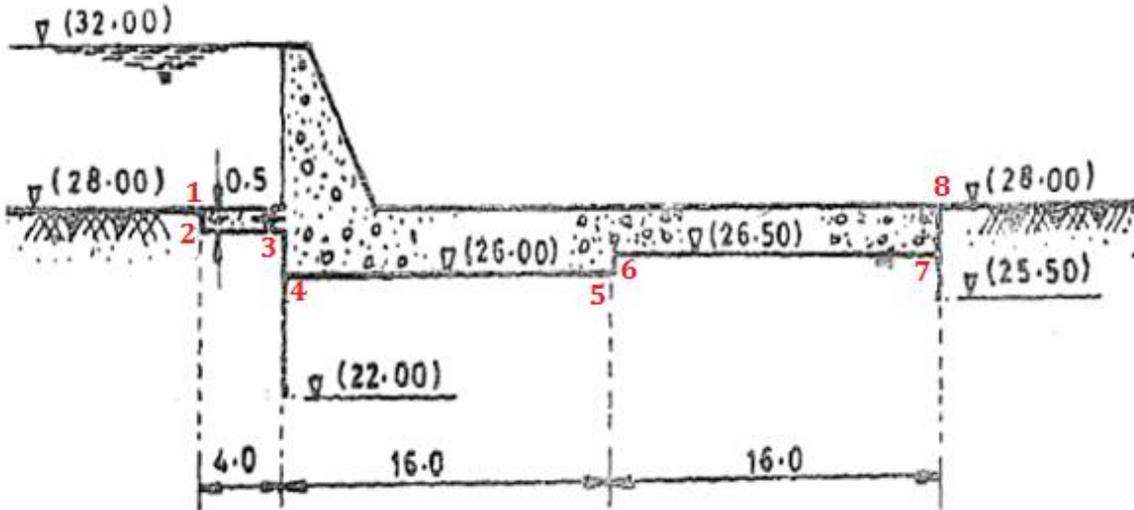
وبالتالي يكون الطول حسب بلاي L_B :

$$L_B = 36 + 14 = 50 \text{ m} \Rightarrow \text{معامل بلاي } C_B = \frac{L_B}{H} = \frac{50}{4} = 12.5$$

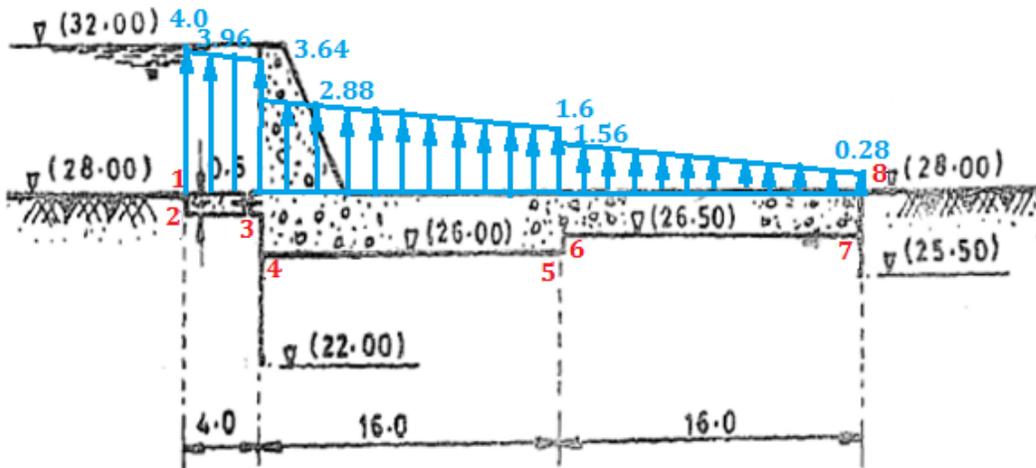
أي حسب الجدول أعلاه؛ التربة عبارة عن رمال خشنة.

$$\Rightarrow \Delta H = \frac{\Delta L}{C_B} = \frac{\Delta L}{12.5} = 0.08 \Delta L$$

نرّقم النقاط على طول الخط الكتيم للمشاة كما في الشكل:



point No.	ΔL	ΔH	$\sum \Delta H$	$h = H - \sum \Delta H$
1	0.0	0	0	4.0
2	0.5	0.04	0.04	3.96
3	4.0	0.32	0.36	3.64
4	9.5	0.76	1.12	2.88
5	16	1.28	2.40	1.6
6	0.5	0.04	2.44	1.56
7	16	1.28	3.72	0.28
8	3.5	0.28	4.00	0.00



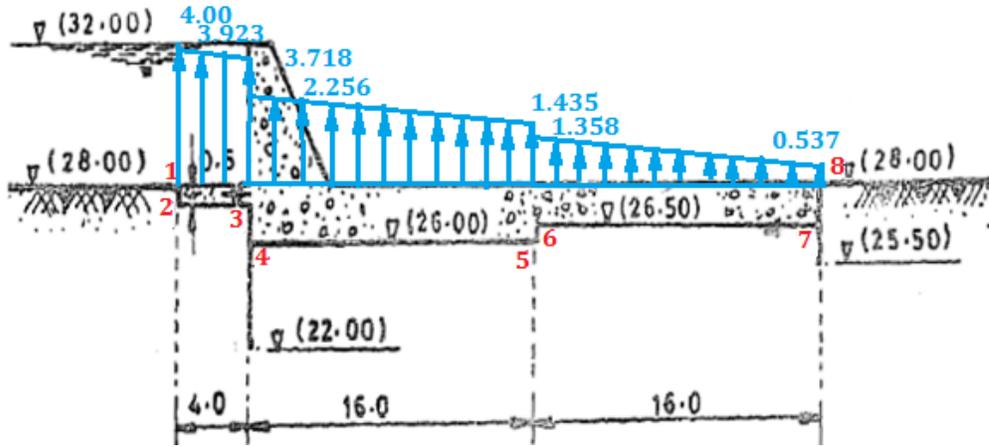
الطلب الثاني : الحل حسب لين:

$$L_L = \sum L_V + \frac{1}{3} * \sum L_H = 14 + \frac{1}{3} * 36 = 26 \text{ m}$$

$$C_L = \frac{L_L}{H} = \frac{26}{4} = 6.5$$

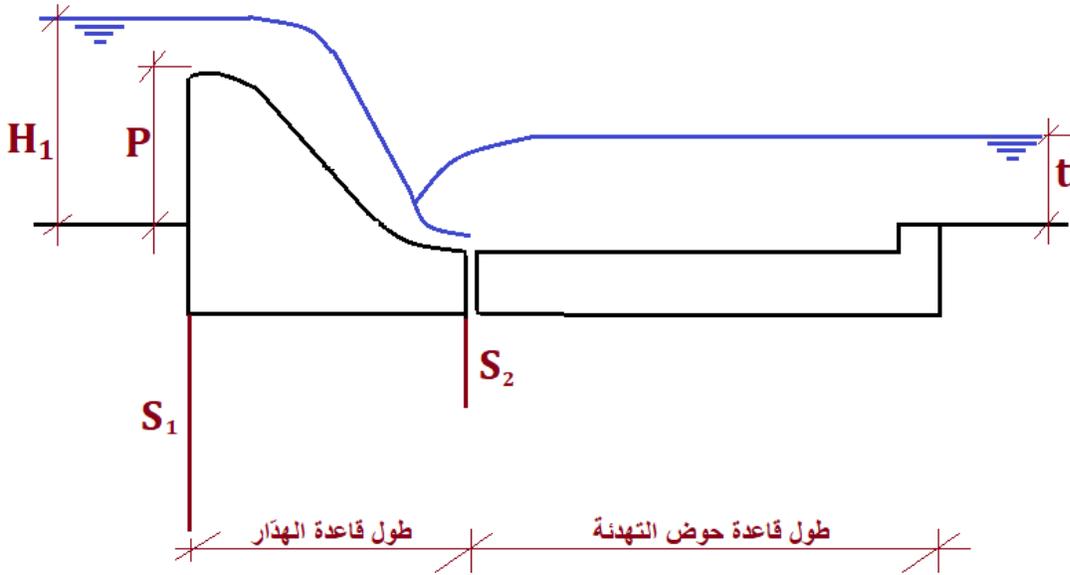
$$\Delta H = \frac{\Delta L_V}{6.5} + \frac{\Delta L_H}{3 * 6.5} = 0.153846 \Delta L_V + 0.051282 \Delta L_H$$

point No.	ΔL_V	ΔL_H	ΔH	$\sum \Delta H$	$h = H - \sum \Delta H$
1	0.0	0.0	0.0	0.000	4.000
2	0.5		0.077	0.077	3.923
3		4.0	0.205	0.282	3.718
4	9.5		1.462	1.744	2.256
5		16	0.821	2.565	1.435
6	0.5		0.077	2.642	1.358
7		16	0.821	3.463	0.537
8	3.5		0.538	4.000	0.000



في مشروع السد الهدار: (حالة تصميم)

- يتم إضافة ستارتين، واحدة عند بداية السن الأمامي، والثانية عند نهاية كتلة السد الهدار.



- سوف يتم دراسة التسرب المؤثر على الهدار مع حوض التهئة، كونها الحالة الأخطر.
- سيتم دراسة الحالة الأخطر بالنسبة لـ H ، فرق المنسوب أمام وخلف المنشأة.

هناك حالتين:

$$\text{حالة التخزين: } Q = 0, \text{ وبالتالي سنعمد أن: } H_{max} = P$$

$$\text{حالة الجريان: } H_{max} = H_1 - t$$