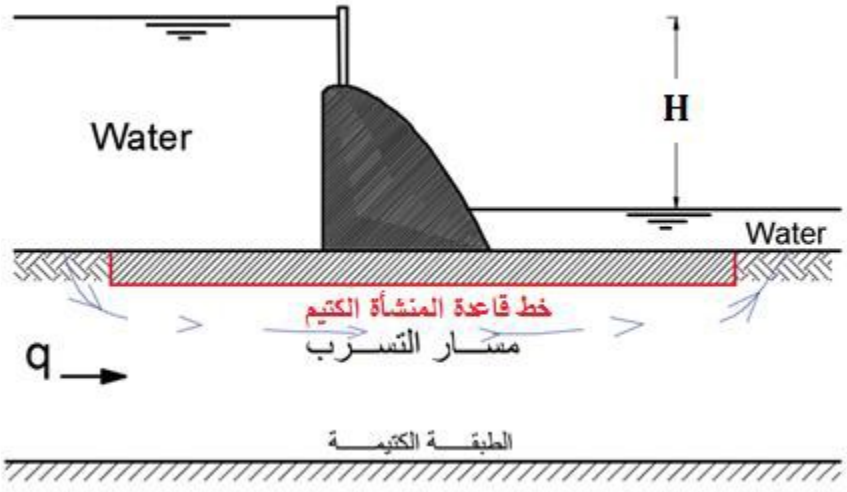
التسرب في منشأة الهدَّار

تعريف التسرب والهدف من دراسته:

التسرب: هو حركة الماء تحت قاعدة المنشأة المائية ناتج عن الفرق في الضاغط المائي H. ومجال التسرب يقع بين سطح تماس قاعدة الهدار مع التربة وبين الطبقة الكتيمة، كما في الشكل (1):



الشكل(1): التسرب تحت قاعدة الهدار

الهدف من التسرب تحديد قوة التسرب المعاكس وهي محصلة قوة ضغط التسرب تحت قاعدة الهدار، في مقرر المنشآت المائية سنأخذ حالة الأرض نفوذه تحت قاعدة الهدار والتسرب يحدث بسرعة كبيرة نسبياً وهذا يتسبب بضغوط رفع مائية كبيرة تؤثر على قاعدة الهدار وعلى توازنها، لابد من اتخاذ الإجراءات المناسبة لتخفيض الضغوط المائية.

تخضع حركة المياه أسفل الهدّار في حالة الأرض نفوذه إلى قانون دارسي

$$\vartheta = k.i$$

$\vartheta(m/s)$ سرعة تيار التسرب

$k(m/s)$ معامل النفاذية للتربة المدروسة

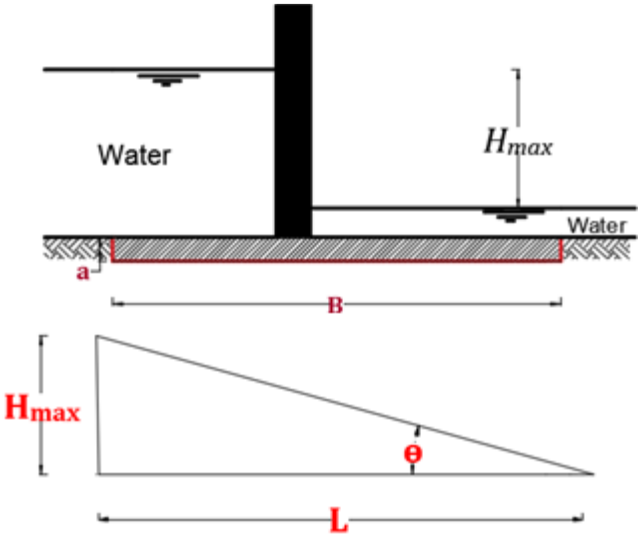
i التدرج الهيدروليكي

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

$H(m)$ ضاغط التسرب للمنشأة المدروسة

L(m) طول تيار التسرب

يوضح الشكل (2) حساب الزاوية التي تعبر عن الضاغط الهيدروليكي



الشكل (2): حساب زاوية التدرج الهيدروليكي

يتم تخفيض قيمة التدرج الهيدروليكي إلى قيم مسموح بها بحيث نحافظ على استقرار المنشأة، من خلال إطالة مسار التسرب L بإضافة عناصر كتيمة للسطح الأساسي للمنشأة وهنا لدينا نوعان من العناصر:

1. **عناصر كتيمة أفقية: (مصاطب غضارية أو بيتونية)**
2. **عناصر كتيمة شاقولية: (ستائر على شكل آبار شاقولية يتم الحقن ضمنها بمادة كتيمة).**

حساب التسرب تحت منشأة الهدار بالطرق التالية:

1) الطريقة التقريبية:

طريقة بلاي

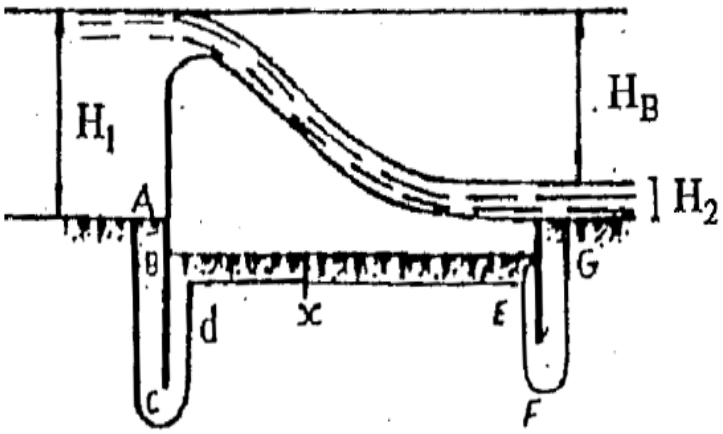
طريقة لين

2) الطريقة العددية

شبكة الجريان

طريقة بلاي:

من الطرق التقريبية المستخدمة لدراسة التسرب في أساس المنشآت المائية، حيث يقترح بلاي أن توزيع الضغوط المائية الشاقولية، يتم بصورة متناسبة مع طول خط الجريان الأفضلي الذي يتألف من خط تماس أرضية الأساس مع المنشأة الحاجزة للماء والحواجز المانعة للتسرب كما هو موضح في الشكل (3).



الشكل(3): خط التسرب الأفضلي وفق بلاي

يعطى طول خط التسرب الأفضلي وفق بلاي بالعلاقة:

$$L_B = C_B . H$$

H فرق منسوب الماء أمام وخلف المنشأة المائية

C_B عامل بلاي ويتعلق بنوعية الأرضية التي ترتكز عليها المنشأة

يعطى عامل بلاي بالعلاقة التالية:

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

← مقدار الضغط الشاقولي في أي نقطة من نقاط خط الجريان تبعد بمقدار x ، عن نقطة البداية A يُعطى بالعلاقة

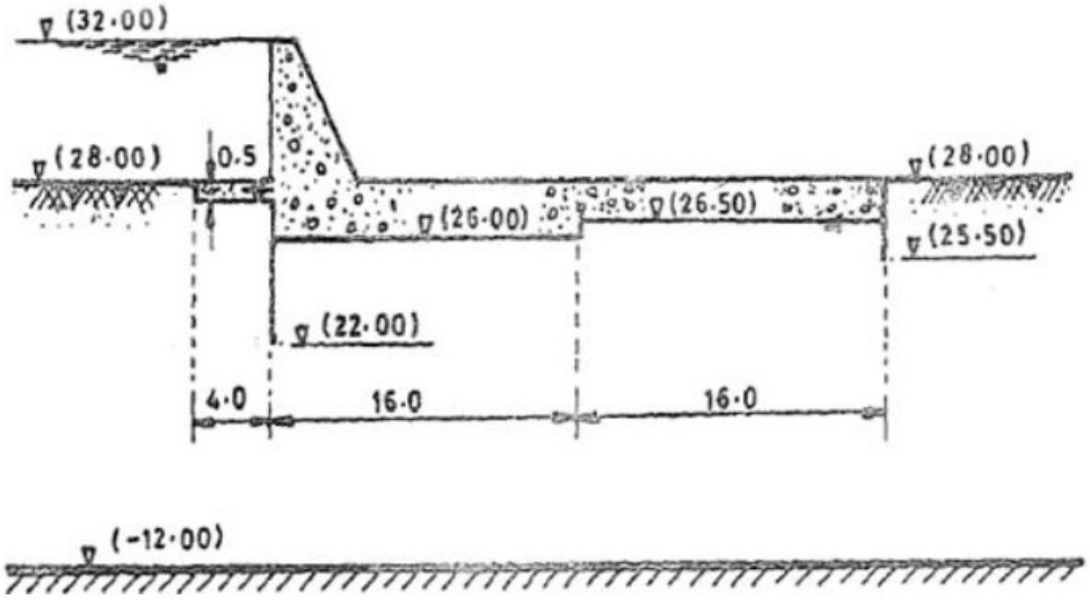
$$P_x = H_{max} - \frac{H_B}{L_B} * x$$

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

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

مثال:

لمقطع الهدار الموضح ادناه، يطلب رسم مخطط الرفع المائي باستخدام نظرية بلاي



الحل:

حساب الضاغط الذي يتم تحت تأثيره التسرب

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

مجموع الأطوال الأفقية:

$$\sum L_H = 4 + 16 + 16 = 36\ m$$

مجموع الأطوال الشاقولية:

$$\sum L_V = 0.5 + 1.5 + 4 * 2 + 0.5 + 1 * 2 + 1.5 = 14\ m$$

وبالتالي يكون الطول حسب بلاي L_B:

$$L_B = 36 + 14 = 50\ m$$

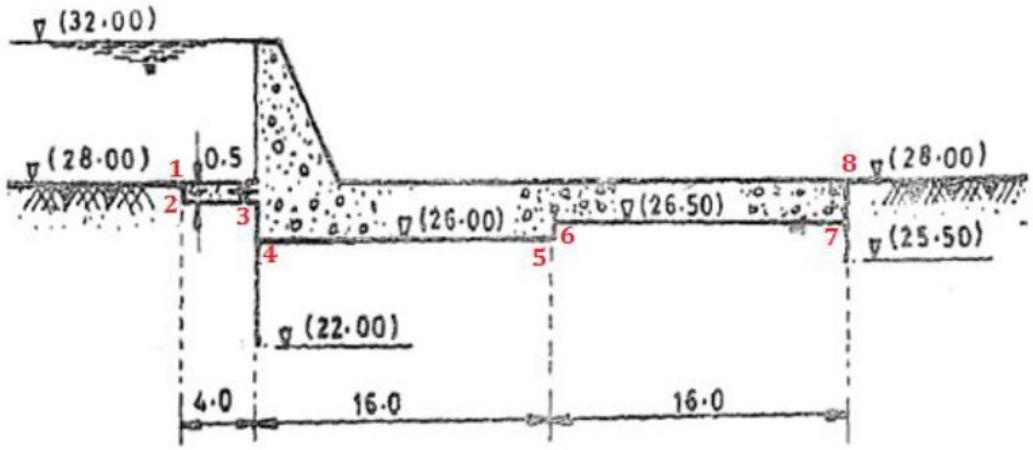
فيكون معامل بلاي:

$$C_B = \frac{L_B}{H} = \frac{50}{4} = 12.5$$

وحسب جدول قيم معاملات بلاي C_B تبعاً لنوع التربة الموجود في نهاية المحاضرة نلاحظ أن نوع التربة رمال خشنة

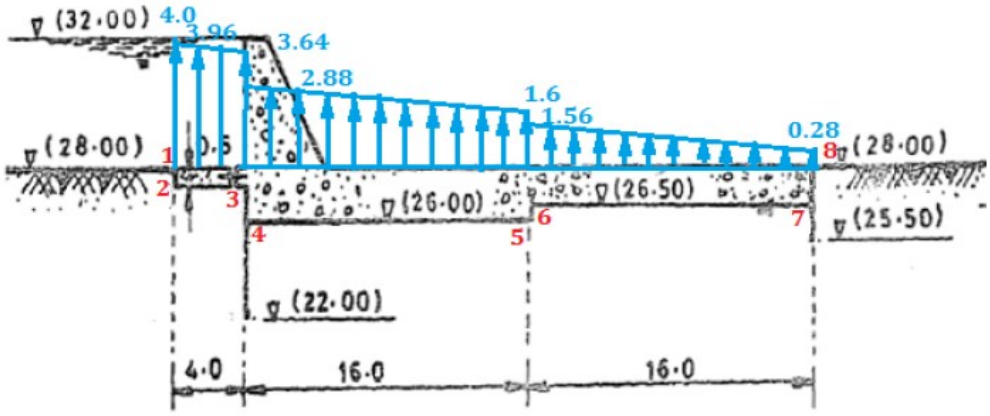
$$\Rightarrow \Delta H = \frac{\Delta L}{C_B} = \frac{\Delta L}{12.5} = 0.08\Delta L$$

نرقم النقاط على طول الخط الكتيم للمنشأة كما في الشكل:



	ΔL	ΔH	$\sum \Delta H$	$h = H - \sum \Delta H$
1	0.0	0	0	4
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	2.4	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

فيكون مخطط الرفع المائي حسب بلاي كما هو موضح في الشكل:



طريقة 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 طول اتجاه خط الجريان الأفقي وفق العلاقة:

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

L_V , L_H مجموع الأطوال الشاقولية والأفقية على امتداد خط الجريان

C_L عامل لين ويعطى وفق الجدول في نهاية المحاضرة

حسب الشكل (3) لدينا

$$L_V = \mathrm{AB} + \mathrm{BC} + \mathrm{CD} + \mathrm{EF} + \mathrm{FG}$$

$$L_H = DE$$

تطبيق:

لمقطع الهدار الموضح ادناه، يطلب رسم مخطط الرفع المائي باستخدام نظرية لين لمقطع الهدار نفسه في المثال السابق:

الحل:

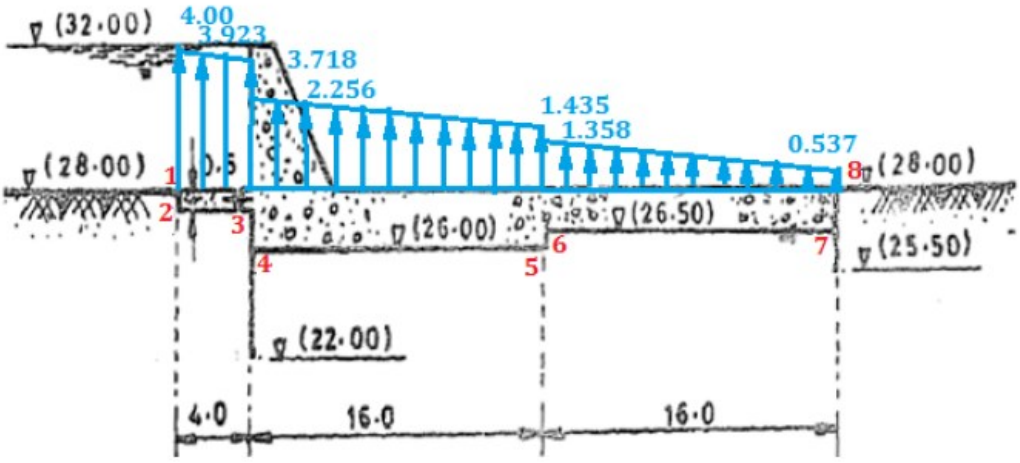
$$L_L = \sum L_V + \frac{1}{3} * \sum L_H = 14 + \frac{1}{3} * 36 = 26\ m$$

معامل لين

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

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

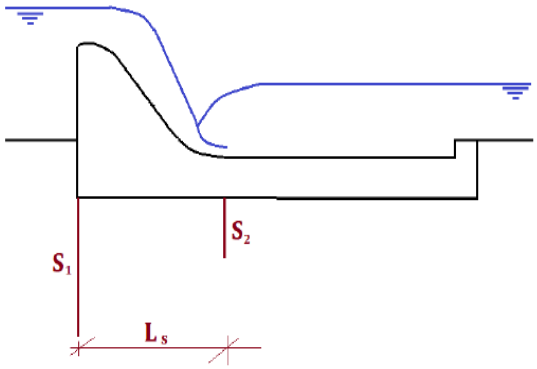
	ΔL_V	ΔL_H	ΔH	$\sum \Delta H$	$h = H - \sum \Delta H$
1	0.0	0.0	0	0	4.00
2	0.5		0.04	0.077	3.923
3		4.0	0.32	0.282	3.718
4	9.5		0.76	1.744	2.256
5		16	1.28	2.565	1.435
6	0.5		0.04	2.642	1.358
7		16	1.28	3.463	0.537
8	3.5		0.28	4.00	0.00



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

قيم المعاملات C_B و C_L تبعاً لنوع التربة

شروط إضافة ستائر تحت قاعدة الهدار:



- شرط الستارة الأمامية S_1

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

DE طول قاعدة المنشأة المائية بين ستارتين شاقوليتين

- طول الستارة الثانية، يجب أن يكون أصغر من طول الستارة الأولى، وحتى في حال إضافة عدد من الستائر يجب أن يكون طول الستارة أقصر من الستارة التي قبلها.
- التباعد بين كل تارتين، وليكن l_s ، يجب ان يحقق الشرط التالي:

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

ملاحظة:

للتحقق من سماكة حوض التهدئة بعد استنتاج قوة التسرب المعاكس المؤثرة على قاعدة حوض التهدئة، فيجب التأكد من أن وزن الحوض أكبر من هذه القوة بما يعادل 1.25