

# مقدمة الري و الصرف



# مقدمة الري و الصرف (المحتوى)

- الري
- علم هندسة الري
- الصرف
- علم هندسة الصرف
- الري الطبيعي
- الري الصناعي
- وظيفة مهندس الري
- المصادر المائية لعملية الري
- التوسع الأفقي ورسم السياسة المائية
- المنشآت المختلفة في مشروعات الري و الصرف
- التربة
- تقدير الاستهلاك المائي



# مقدمة الري و الصرف

## ■ - الري

- هو عمليه إمداد الأرض بالماء لغرضين أساسيين :
- أ - المحافظة على الرطوبة الأرضية خلال منطقة امتداد الجذور و ذلك بين حدود ملائمة و لازمه لنمو النبات.
- ب- المحافظة على درجة تركيز المناسبة للأملاح الموجودة داخل منطقة انتشار الجذور لتجنب ما ينتج من زيادتها من تردى أحوال التربة و للإنتاج الزراعي.



# علم هندسة الري

- - علم هندسة الري
- هو علم يختص بدراسة كيفية تجميع المياه الصالحة للري من مصادرها المختلفة و توصيلها لحقول المزارعين بالكميات المطلوبة و في المواعيد المقررة.





# الصرف

## الصرف

- هو عملية التخلص من المياه الزائدة عن الحاجة التي قد تتواجد فوق سطح الأرض و تحتها حيث تمتد جذور النباتات, فوجود مثل هذه المياه الزائدة عن حد معين ينجم عنه أضرار جسيمة تلحق بالأرض و الإنتاج الزراعي.
- ملحوظة: في مناطق الري المستديم ما لم تقترن مشروعات الري بمشروعات أخرى للصرف فإن الأرض الخصبة تتحول بعد سنوات قلائل إلى أرض ملحية غير صالحة للزراعة.



# - علم هندسة الصرف

## ■ - علم هندسة الصرف

■ هو علم يختص بأساليب التخلص من المياه الزائدة عن الحاجة بنفس معدل تراكمها , كما يختص هذا العلم بدراسة النظريات العملية المتعلقة بهذا الموضوع.



# الري الطبيعي

## ■ الري الطبيعي :

- هو الذي تهيئه الأمطار مكان سقوطها أو يتم عن طريق فيضان الأنهار على جانبيه حتى تتغمر الأراضي المجاورة بمياه الفيضان. فيجب اختيار محاصيل معينة تتفق احتياجاتها المائية و مواعيد زراعتها مع كمية سقوط الأمطار أو الفيضانات و مواعيدها.



# الري الصناعي

- الري الصناعي :
- هو الذي يحتاج إلى العقل البشري و مجهوده.
- فيتجه تفكير المهندس إلى العمل على تخزين المياه وقت توفرها و ذلك بإنشاء السدود و الخزانات ثم التحكم في إطلاقها عبر شبكه القنوات لتصل المياه إلى حقول المزارعين في المواعيد المقررة و المناسب المطلوبة (أي كمية المياه المطلوبة).
- و حتى في أماكن الري الطبيعي تتطور التفكير إلى إتباع أساليب ري جديدة بدلا من الري بالغمر فيستخدم حاليا الري بالرش و الري بالتنقيط لترشيد المياه و استغلالها الاستغلال الأمثل.



# وظيفة مهندس الري

- وظيفة مهندس الري :
- **تجميع TO COLLECT WATER** المياه من مصادرها
- **تخزين TO STORE WATER** المياه لإستعمالها وقت الحاجة
- **توصيل TO CARRY WATER** المياه الى الحقل عن طريق شبكة من الترع
- **توزيع TO DISTRIBUTE WATER** المياه في الحقل نفسه للري



# المصادر المائية لعملية الري

- الري الطبيعي يعتمد على مياه الأمطار.
- أما الري الصناعي يعتمد على:
- البحيرات العذبة أو الخزانات الصناعية: ففي هذه الحالة تحسب كمية المياه المتاحة على أساس صافي حجم المياه المختزنة بعد استقطاع كل ما يضيع بشتى الصور مع ضمان رفرة المخزون من المياه بما يكفي معدل السحب في أي وقت و خصوصا وقت شحه الإيراد. فتتركز هنا جهود المهندسين إلى زيادة الإيراد و تقليل ما يفقد منها.
- المجاري المائية السطحية: تتركز جهود المهندسين هنا على زيادة تصريف هذه المجاري خلال الفترة الحرجة و هي الفترة التي قد لا تكفي خلالها المجاري المائية بتصريف ما يكفي لسداد الاحتياجات المائية للمزروعات القائمة في هذه الفترة.
- المياه الجوفية: يستلزم الأمر تحديد مدى صلاحيتها للري أو عدم صلاحيتها ثم يتم بعد ذلك تحديد كميات المياه المتاحة التي تتوقف أساسا على مقدار ما يسمح به من انخفاض في مناسيب المياه الجوفية نتيجة سحب هذه المياه.



## التوسع الأفقي ورسم السياسة المائية

- في الوقت الذي يزداد فيه تعداد السكان تزداد مشروعات العمران التي تستقطع جزء من مساحة الأراضي الزراعية كل عام.
- ولذلك كان الاتجاه إلى اختيار مساحات جديدة و توفير كميه إضافية من مياه الري لمواجهه هذه الزيادة.
- وعند اختيار هذه الأراضي لابد من ربطها بشبكة من الموصلات العامة. و عادة تكون هذه الأراضي (الأولية) للمساحات القريبة من المدن و الأراضي الصالحة للزراعة.
- لتدبير الموارد المائية ترسم الدولة خطوطها على أساس :
- ترشيد مياه الري.
- العمل على تقليل ما يفقد من مياه الري.
- تنفيذ المشروعات التي تقلل ما يفقد من المياه في مناطق منابع الأنهار الرئيسية.
- تطوير أساليب الري.
- إنشاء المشاريع التي تعمل على حجز المياه الزائدة عن الحاجة.
- استغلال المياه الجوفية في الحدود المسموح بها.
- استخدام مياه الصرف مرة أخرى للري.
- في حالة الفشل في وجود مياه جديدة يكون اللجوء إلى مشروعات تحليه مياه البحار المالحة أي تحويلها إلى مياه عذبة صالحة للزراعة.



# المنشآت المختلفة في مشروعات الري و الصرف





## المنشآت المختلفة في مشروعات الري و الصرف

■ نوعية الأعمال

■ القناطر

■ الهدارات

■ الكباري **BRIDGES &** البرابح **CULVERTS**

■ المآخذ **WATER INTAKES**

■ السحارات المقلوبة ( أشكال السحارات المقلوبة )

■ البدلات ( أشكال البدلات )

■ الأهوسة ( مسقط أفقى للهويس )

■ مساقط المياه

■ السدود

n

n



## نوعية المنشآت المختلفة في مشروعات الري و الصرف

- أ - أعمال تربية : و هي أعمال تتعلق بشق شبكة مجارى الري و الصرف بدرجات مختلفة.
- ب -- أعمال صناعية



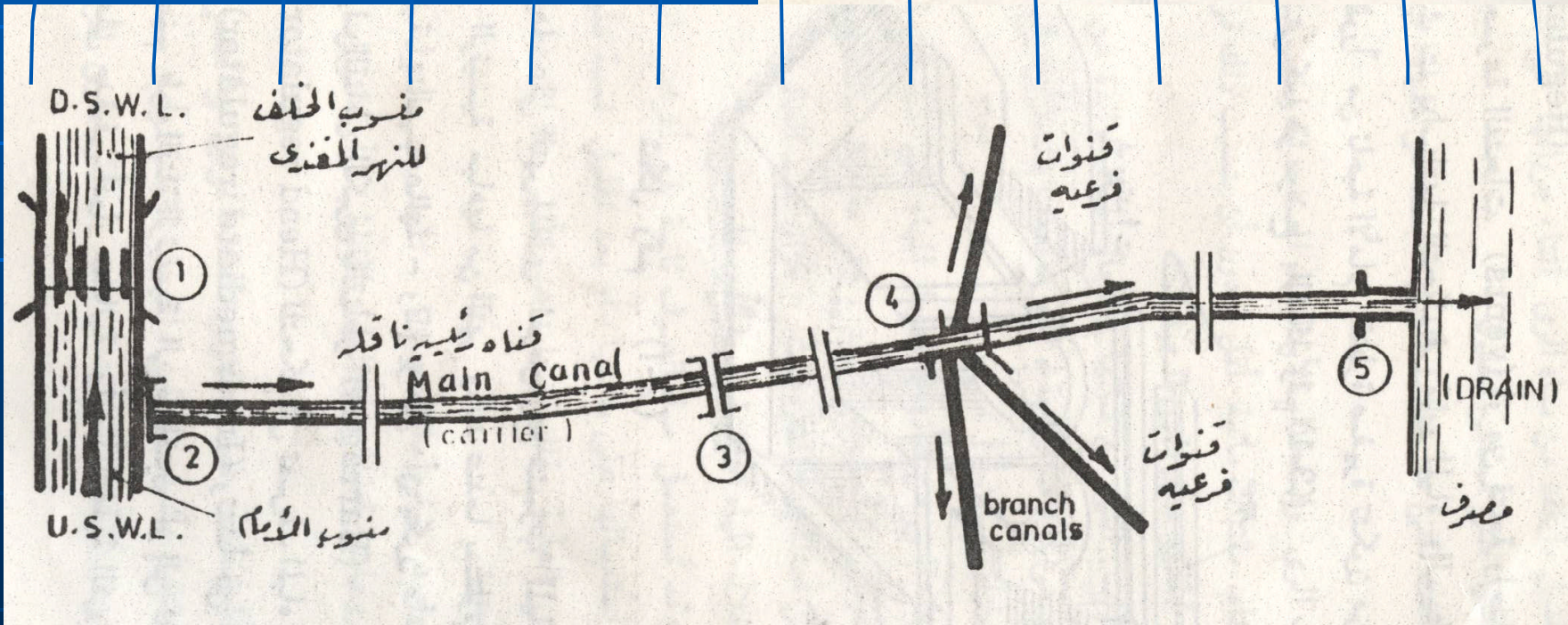
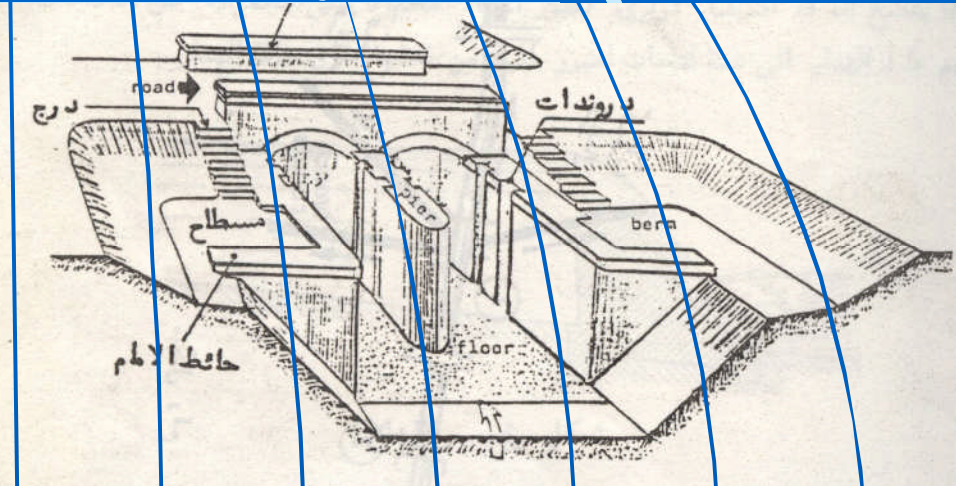
# القناطر

- 1 ( القناطر الكبرى
- 2 ( قنطرة فم القناة
- 3 ( قنطرة وسطية
- 4 ( مجموعة قناطر في موقع واحد
- 5 ( قنطرة نهاية القناة
- مثال لكل القناطر في مسقط أفقى واحد



# القنطرة REGULATORS (1)

- تتكون من مجموعة من الفتحات حيث يتم بواسطتها التحكم في مرور المياه و السيطرة عليها.



# أ – القناطر الكبرى BARRAGES

- قنطرة يتم إنشائها على النهر المغذى لغرض رفع منسوب المياه عند الموقع التي تستمد منه القناة الرئيسية مياهها من النهر وذلك عندما يستلزم دخول المياه إليها بمناسيب عالية و لذلك يراعى أن تكون مأخذ القناة أمام القنطرة.



# HEAD REGULATOR ب - قنطرة قم القناة

■ للتحكم في تصريف المياه الداخلة للقناة.





## ج - قنطرة وسطية INTERMEDIATE REGULATOR

- وتنشأ في موقع مناسب على المجرى المائي لتقسيم طول القناة الرئيسية إلى منطقتين أو إلى ثلاث مناطق حيث يتم ري كل منطقة على حدة في أوار متتالية و أيضا لتغذية الفروع الأصغر بمناسيب عالية.



## د - مجموعة قناطر فى موقع واحد

- و هي بمثابة قناطر أفمام للقنوات الفرعية التي تستمد مياهها من القناة الرئيسية.



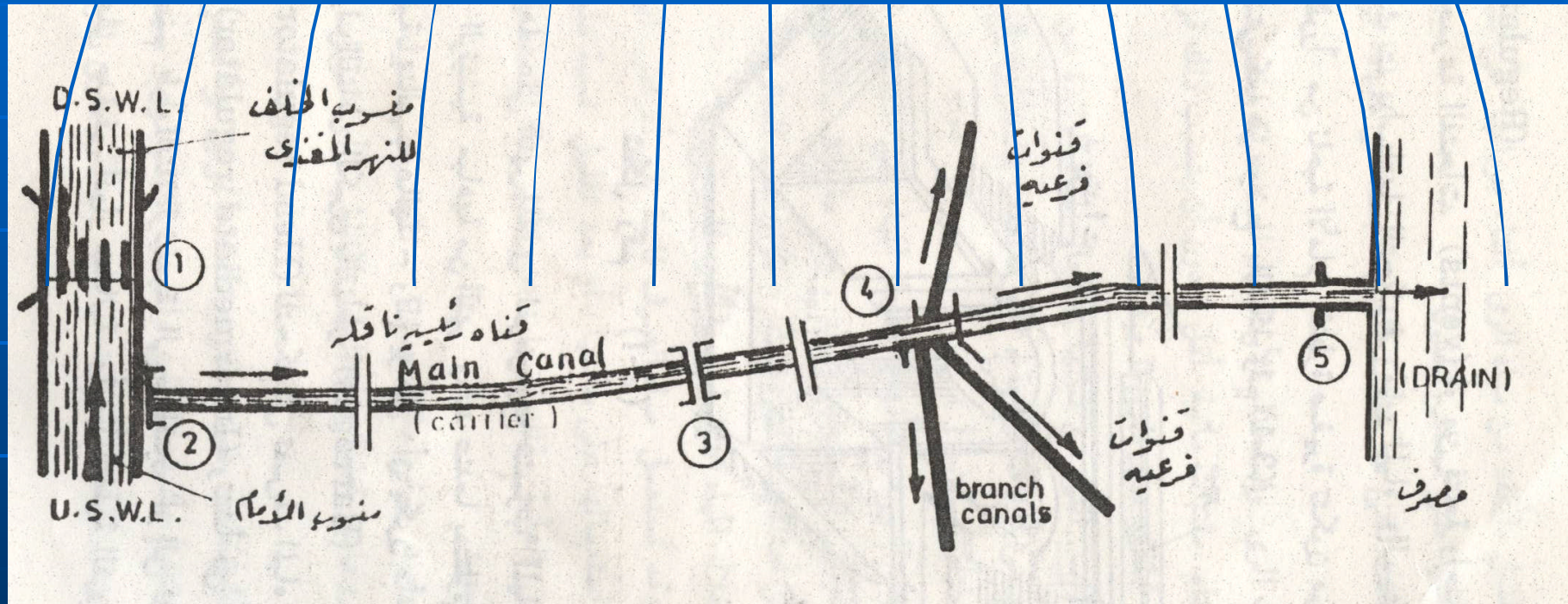


## هـ - قنطرة نهاية القناة ESCAPE REGULATOR

- وتنشأ عند نهاية القنوات الرئيسية أو ذات التصرفات الكبيرة و ذلك للتحكم في مناسيب المياه في نهاية القناة و عن طريقها يتم التحكم في كمية المياه المطلوب التخلص منها و الزائدة عن الحاجة وذلك بإلقائها في المصرف.



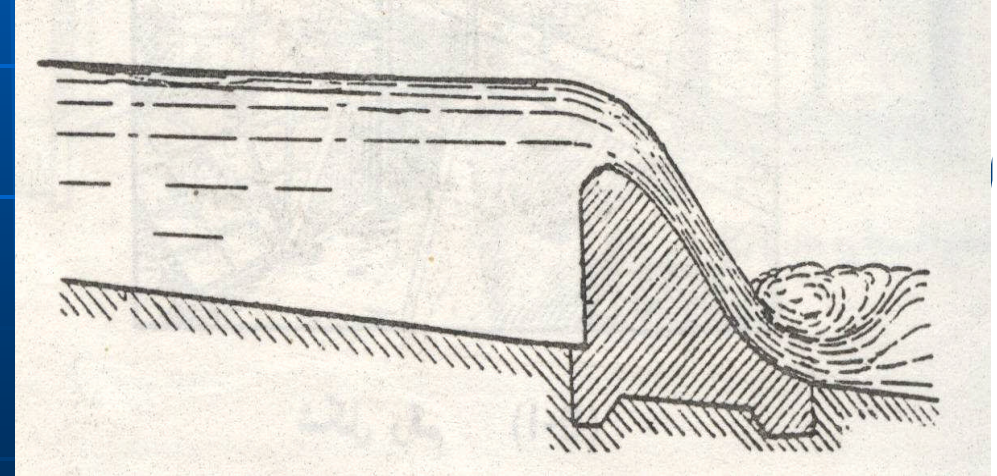
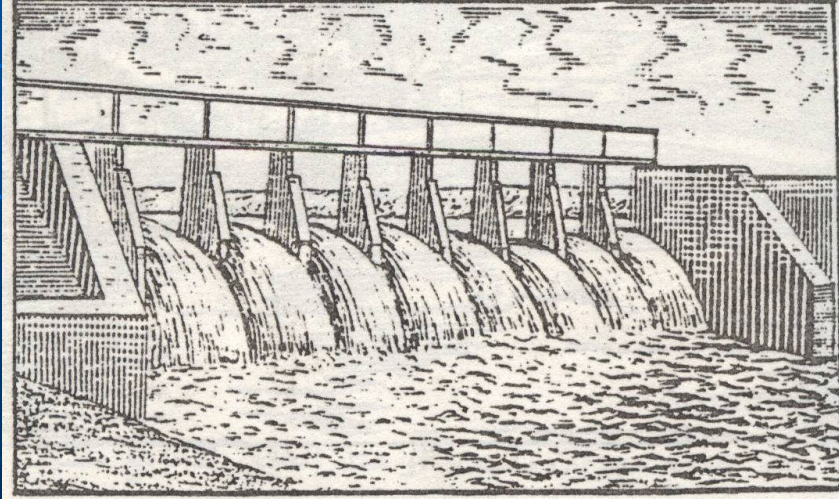
## مثال لكل القناطر في مسقط أفقى واحد





## WEIRS (2) الهدارات

- وتنشأ على المجارى المائية بهدف قياس تصرف المياه أو رفع منسوب المياه و أماكن دخولها إلى الفروع بمناسيب عالية.



# CULVERTS الكباري & BRIDGES البرابح

CULVERTS الكباري & BRIDGES البرابح ■

Arch Bridge (1,2) ■

Rolled Steel Joist Bridges On screw  
Piles (1,2) ■

Rolled Steel Joist Bridges On screw  
Piles Using Reinforced Concrete  
Flooring (1,2,3) ■

Reinforced Concrete Bridge (1,2,3,4) ■

Culvert ■

مسقط أفقي للبربخ ■



# البرابح **BRIDGES & الكبارى** (3 **CULVERTS**

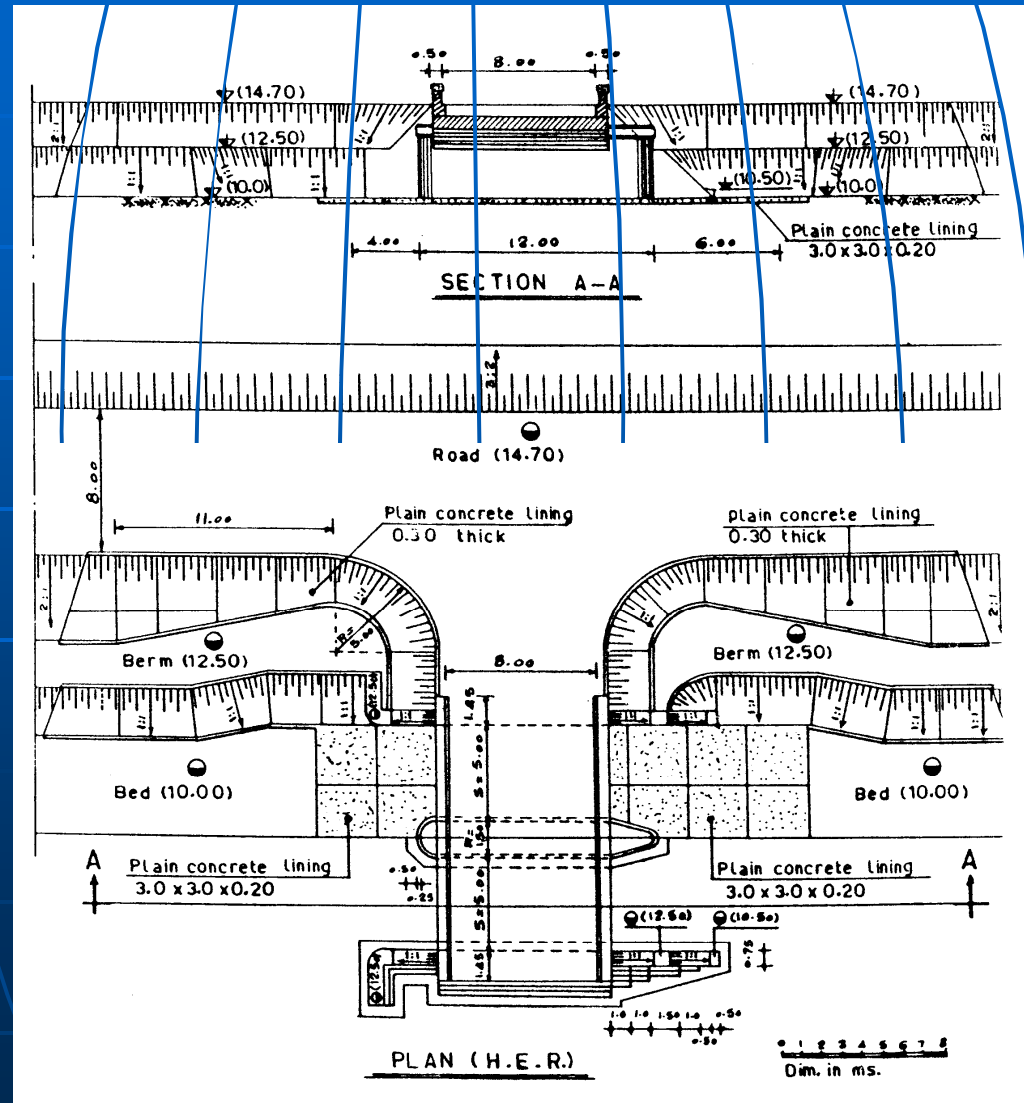
■ وتنشأ عند تقاطع مجرى مائي مع طريق أو خط سكة حديد.

**The Culvert is a closed conduit constructed at the point where a road crosses a canal or a drain. The object of the culvert is to carry the discharge of a small water way beneath the earth embankment (road).**

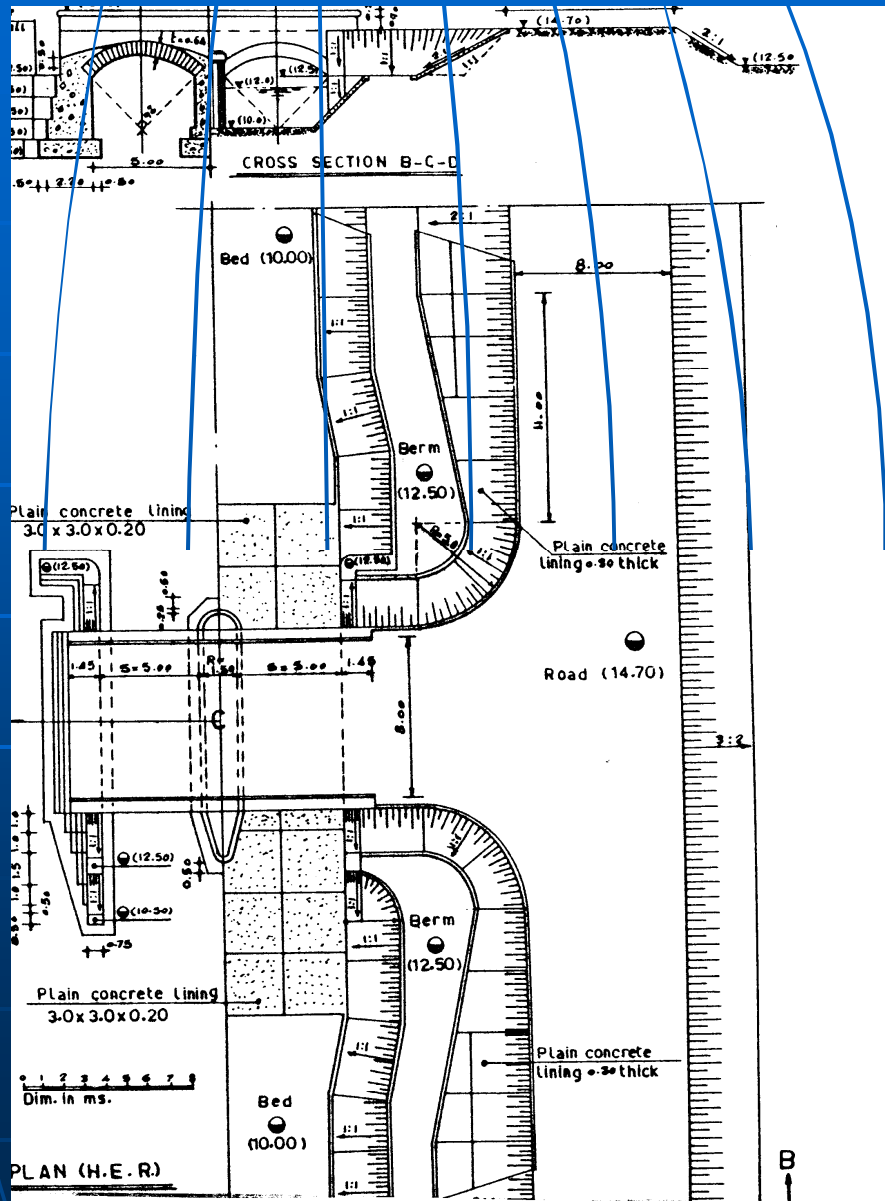
■ It is obvious that when a road crosses a big waterway a bridge will be constructed. But if the water way is small a culvert will be constructed.



# Arch Bridge (1)

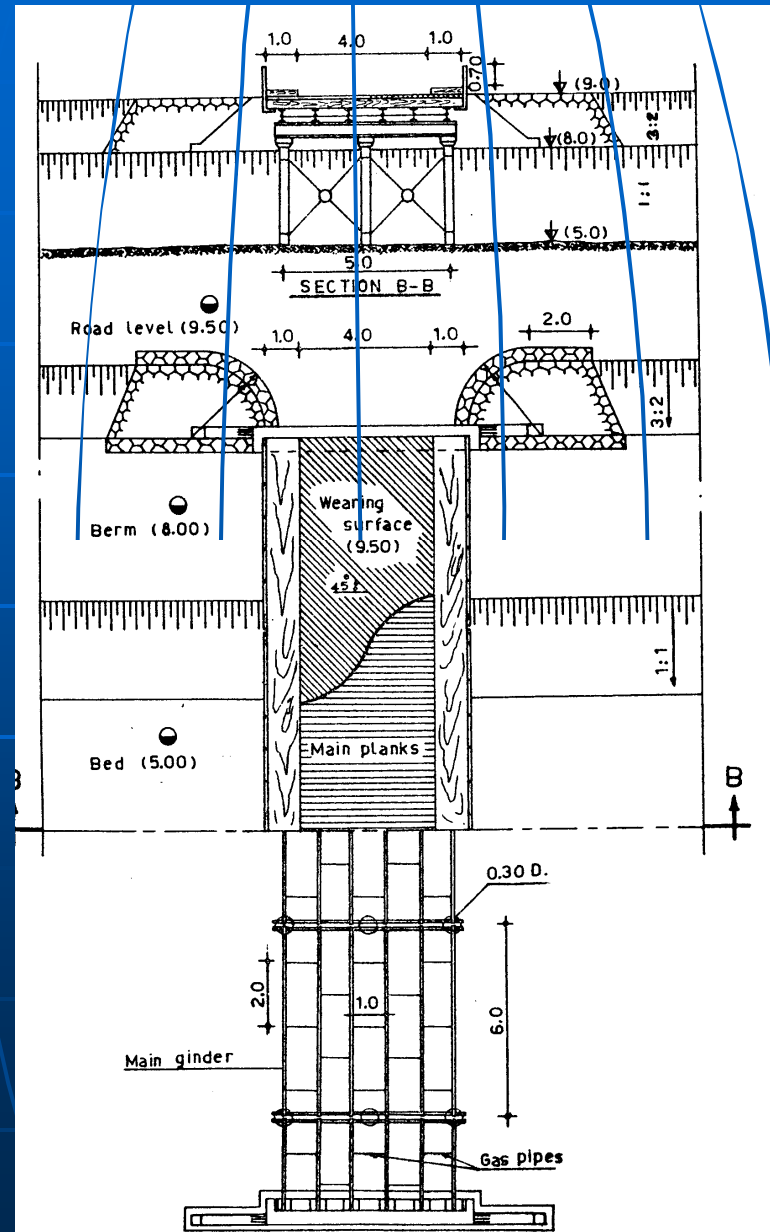


## Arch Bridge (2)



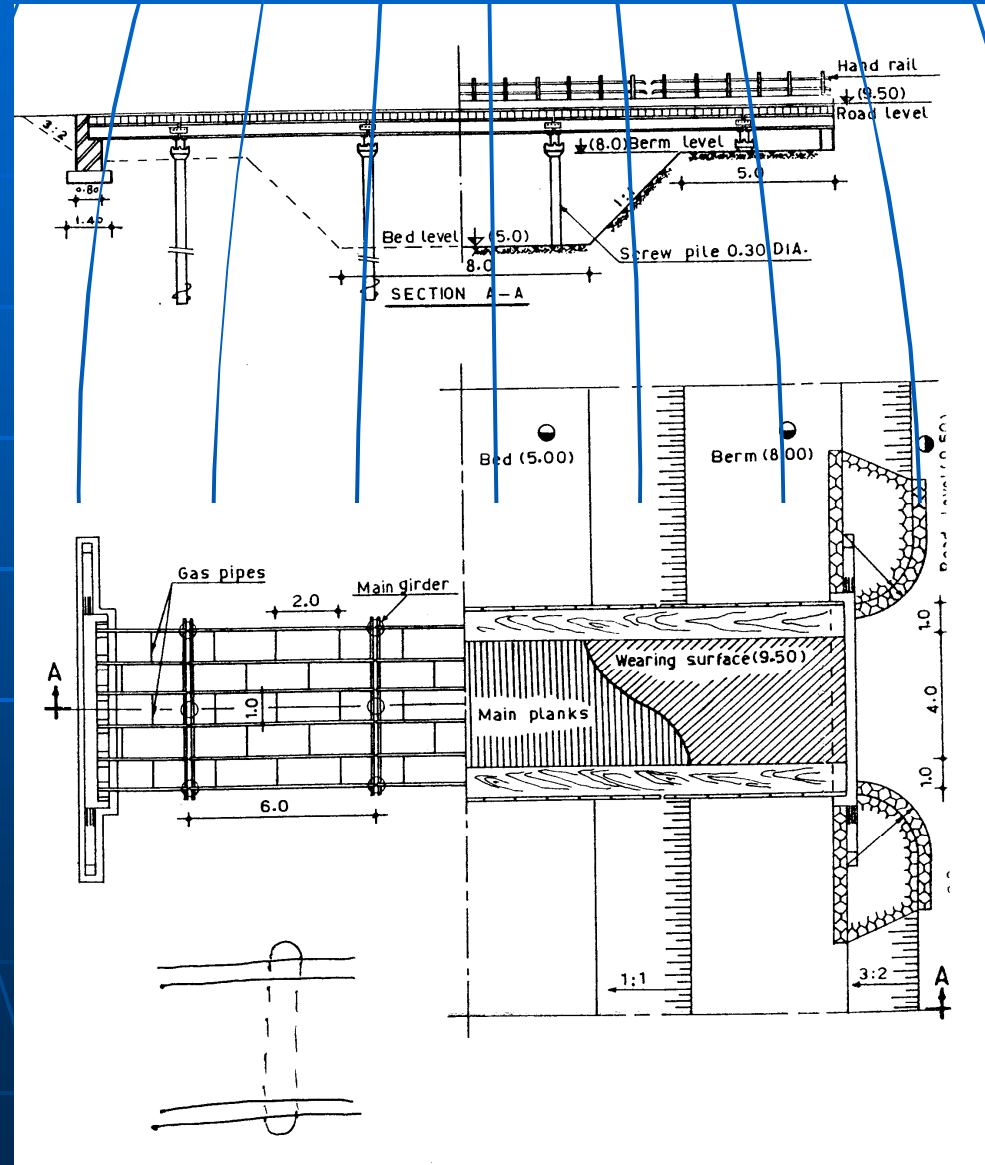


# Rolled Steel Joist Bridges On screw Piles (1)



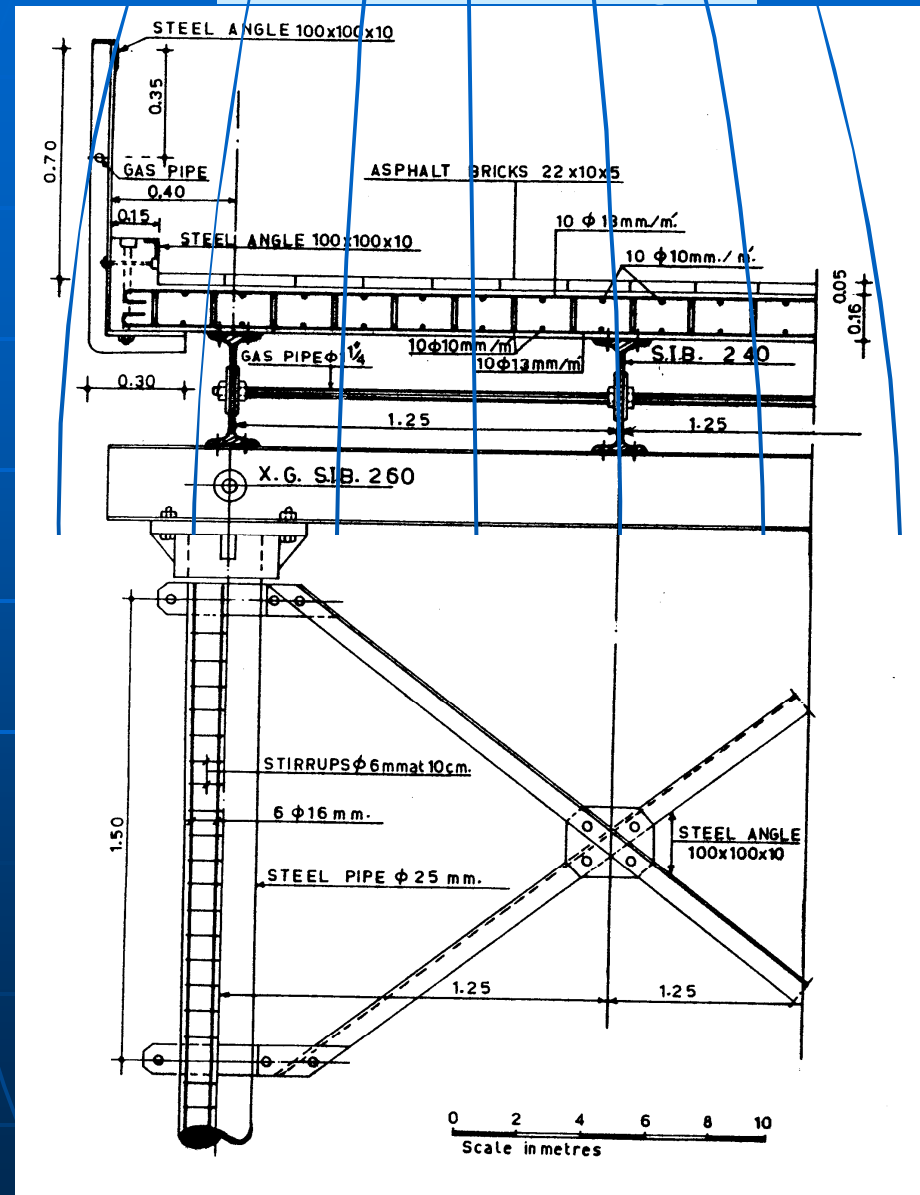


## Rolled Steel Joist Bridges On screw Piles (2)

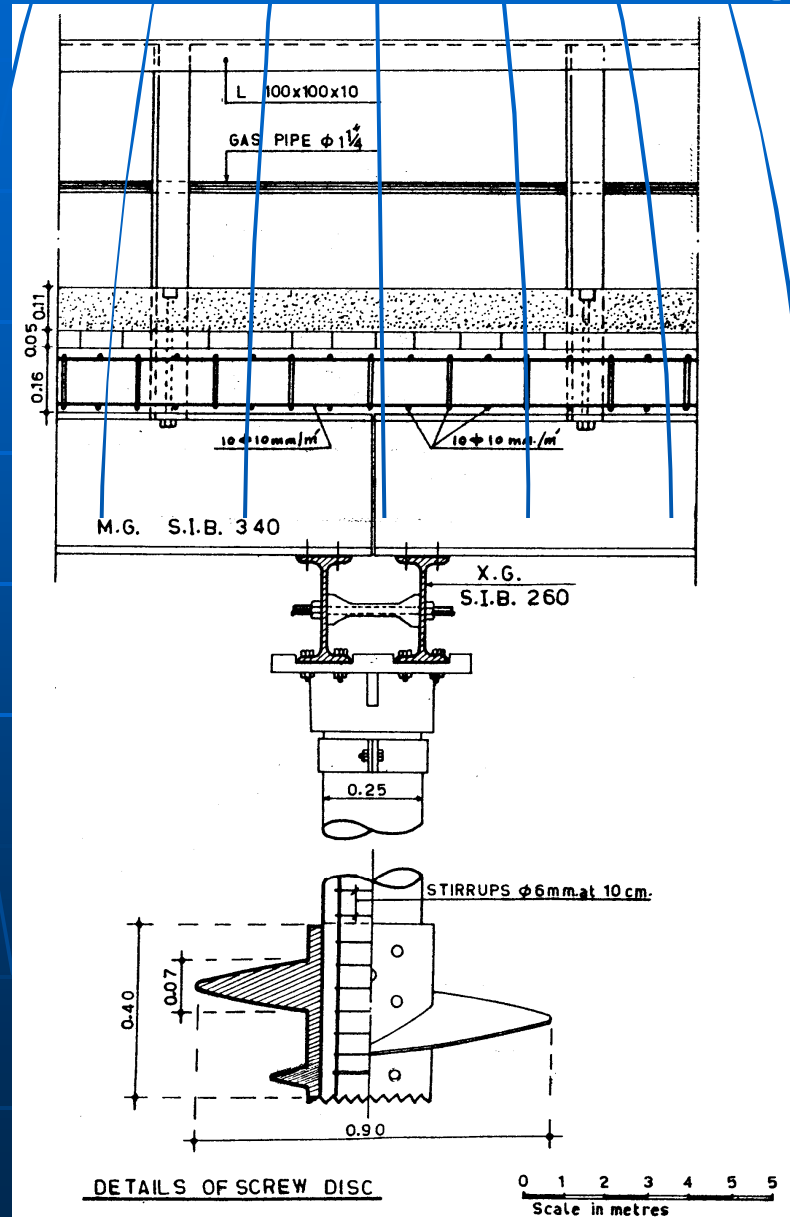




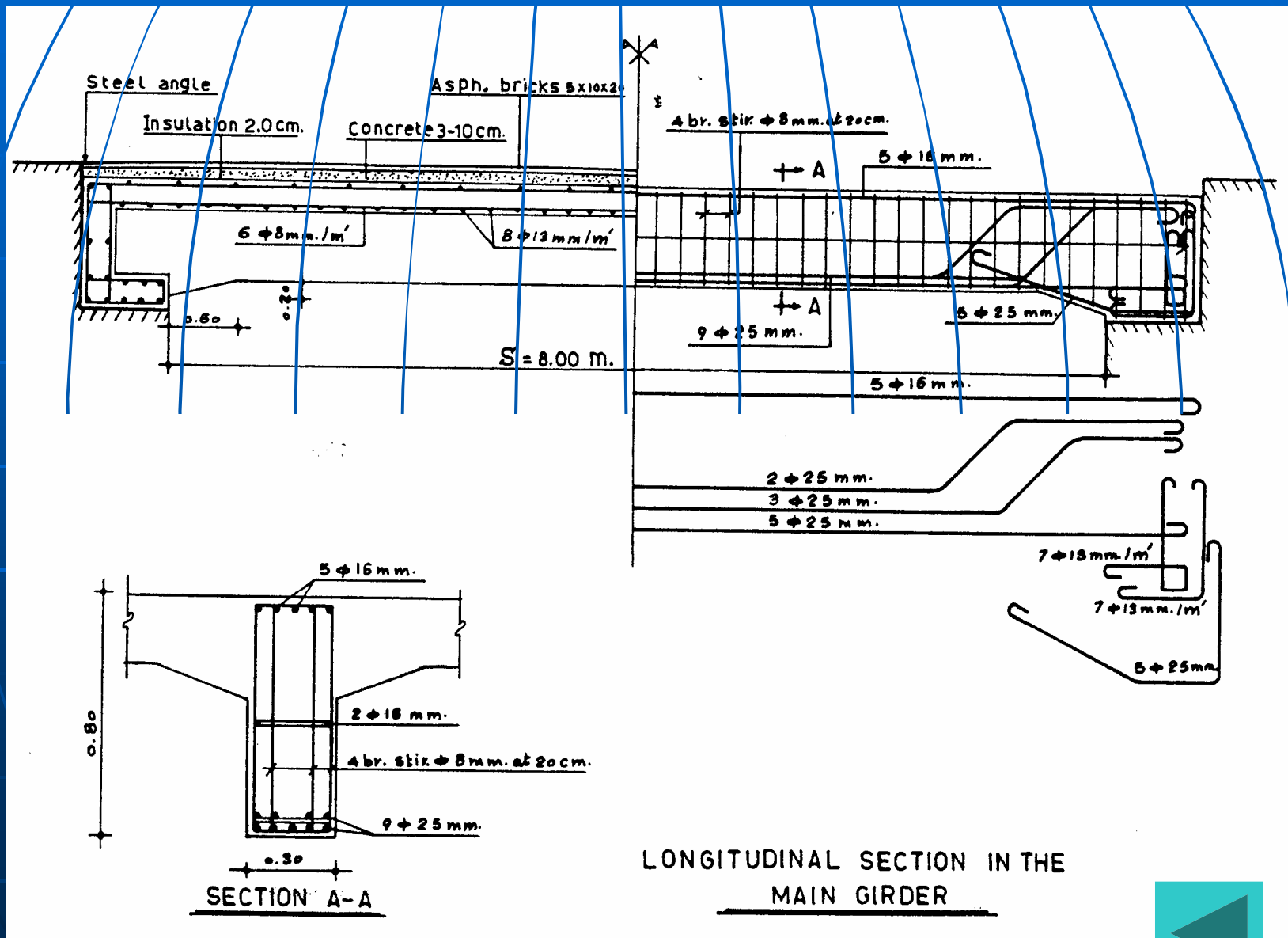
## Rolled Steel Joist Bridges On screw Files Using Reinforced Concrete Flooring (2)



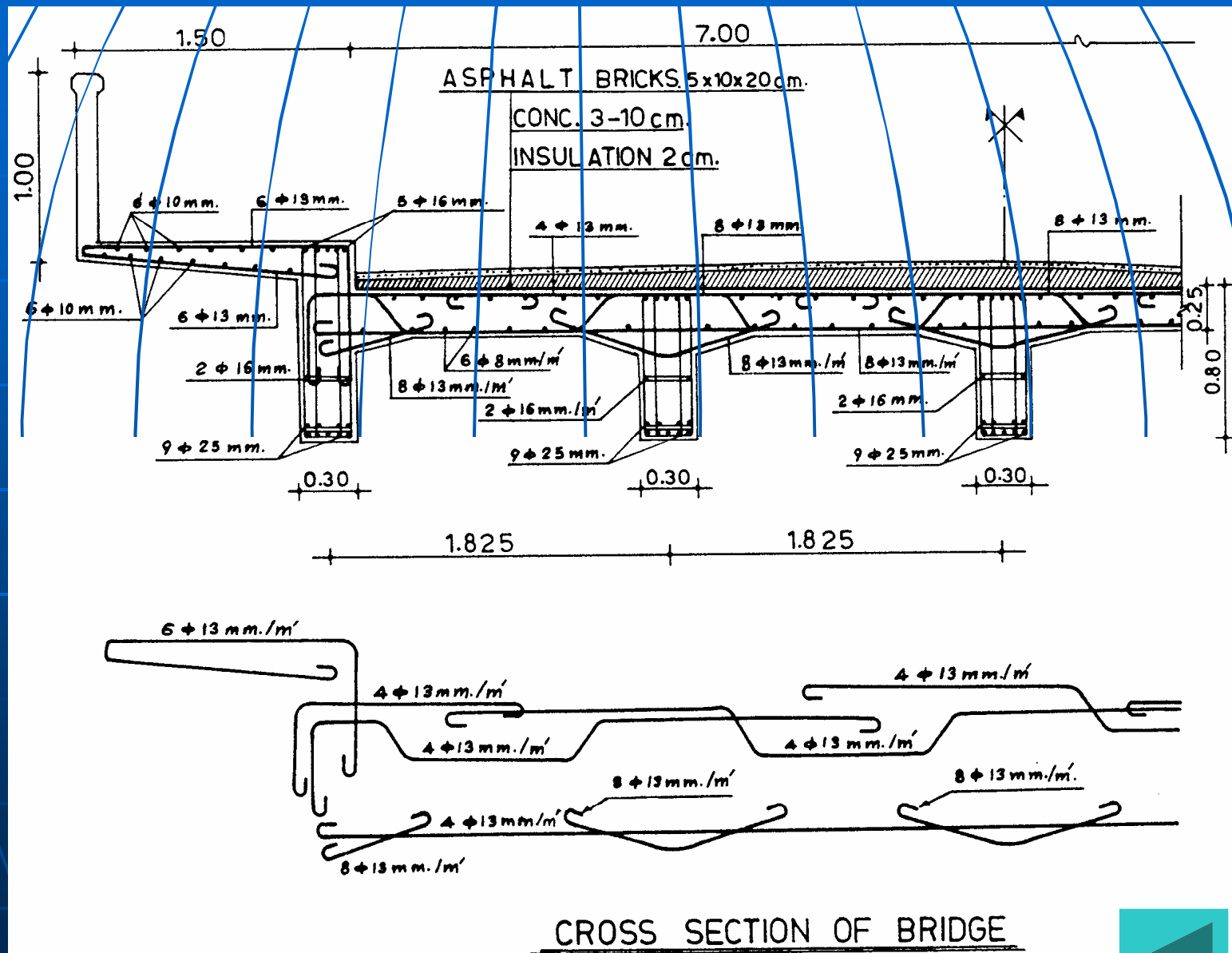
# Rolled Steel Joist Bridges On screw Piles Using Reinforced Concrete Flooring (3)



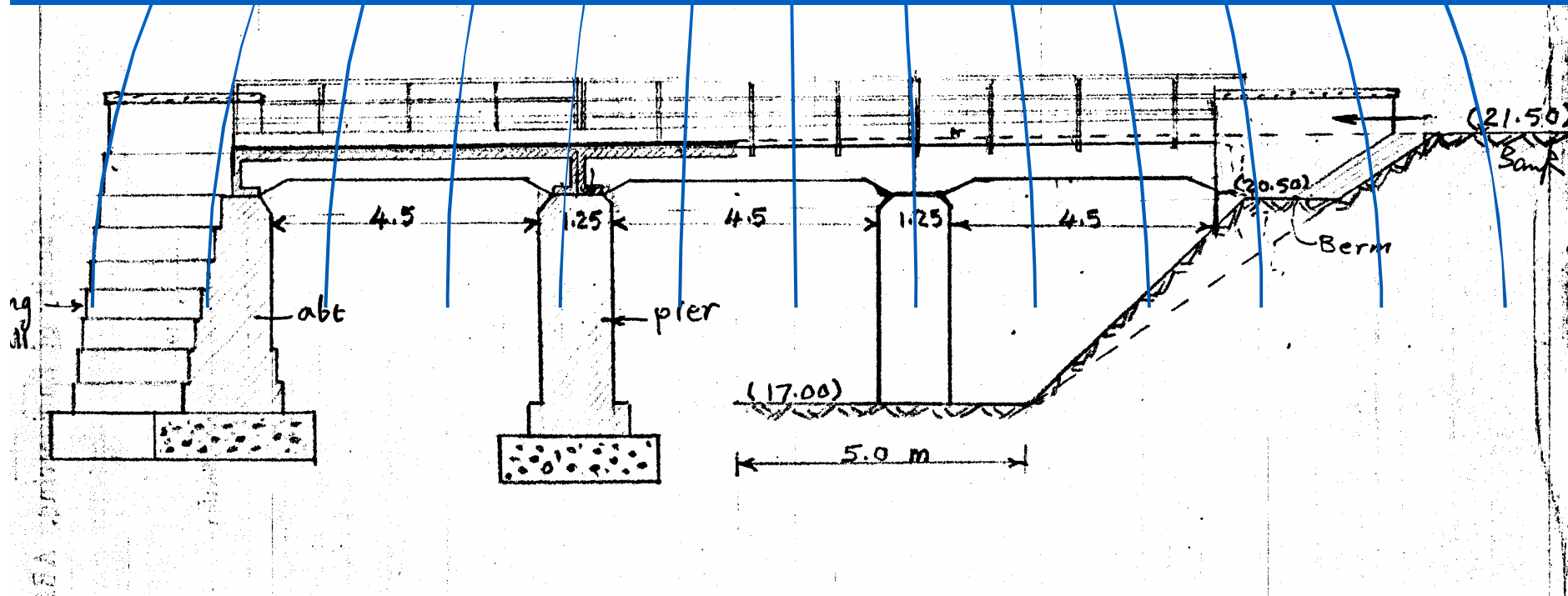
# Reinforced Concrete Bridge (1)



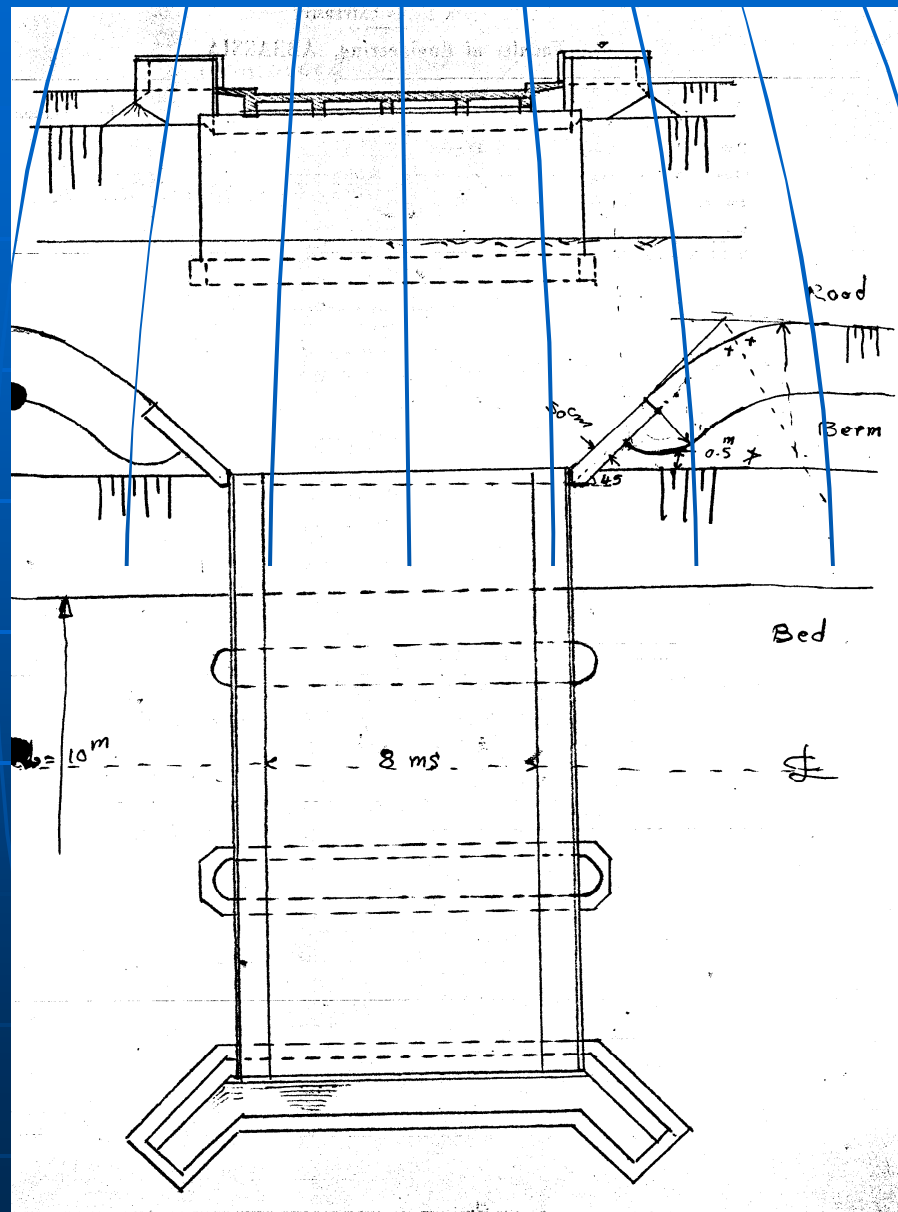
## Reinforced Concrete Bridge (2)



## Reinforced Concrete Bridge (3)

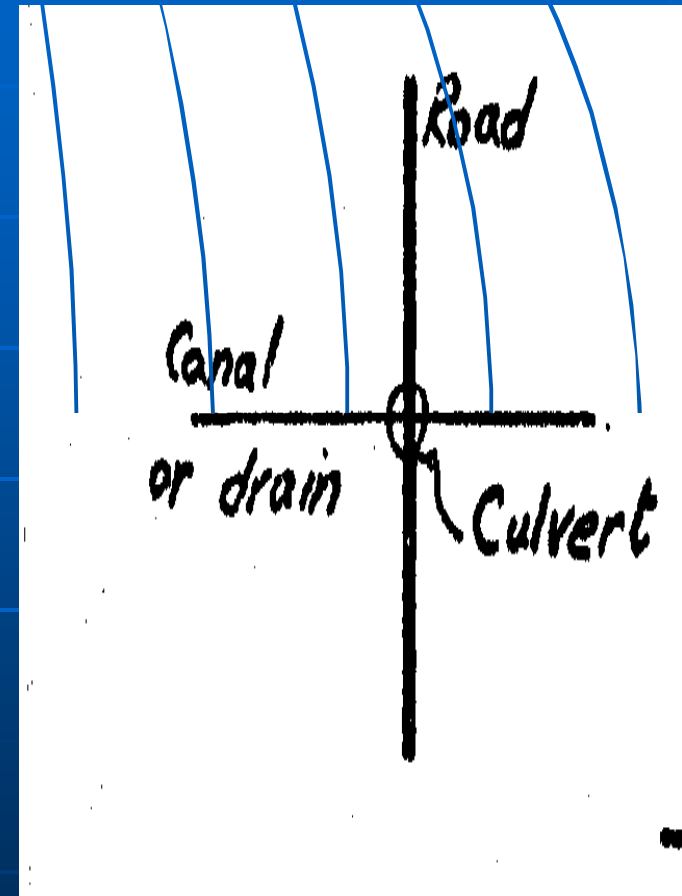
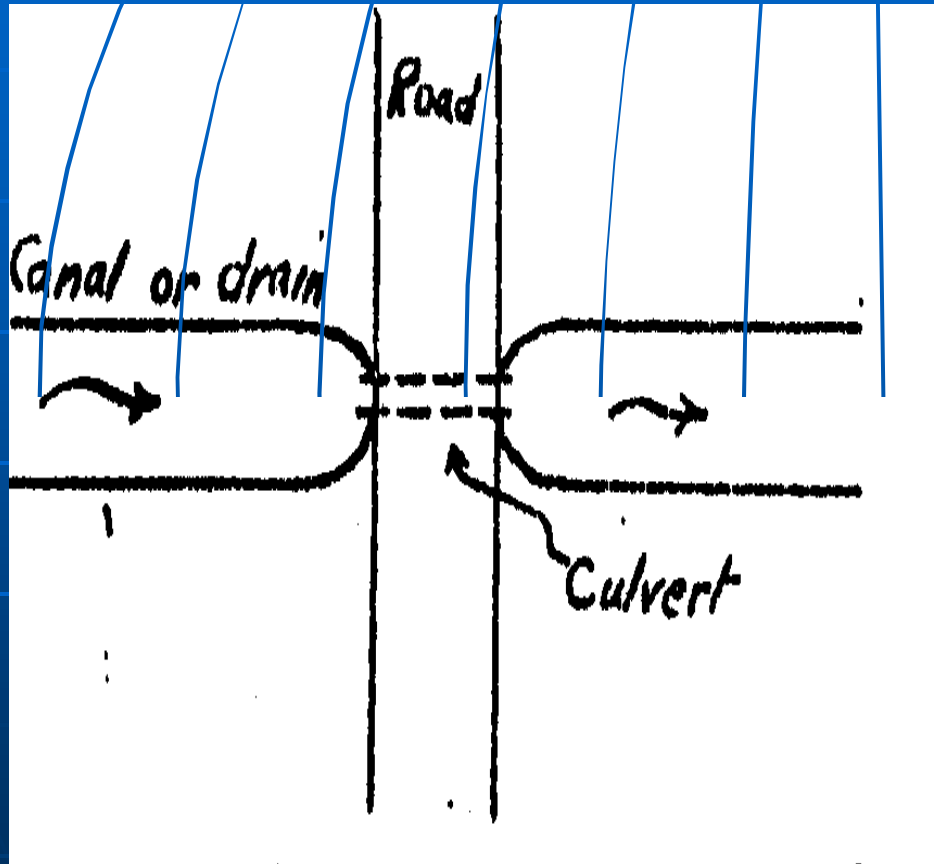


## Reinforced Concrete Bridge (4)

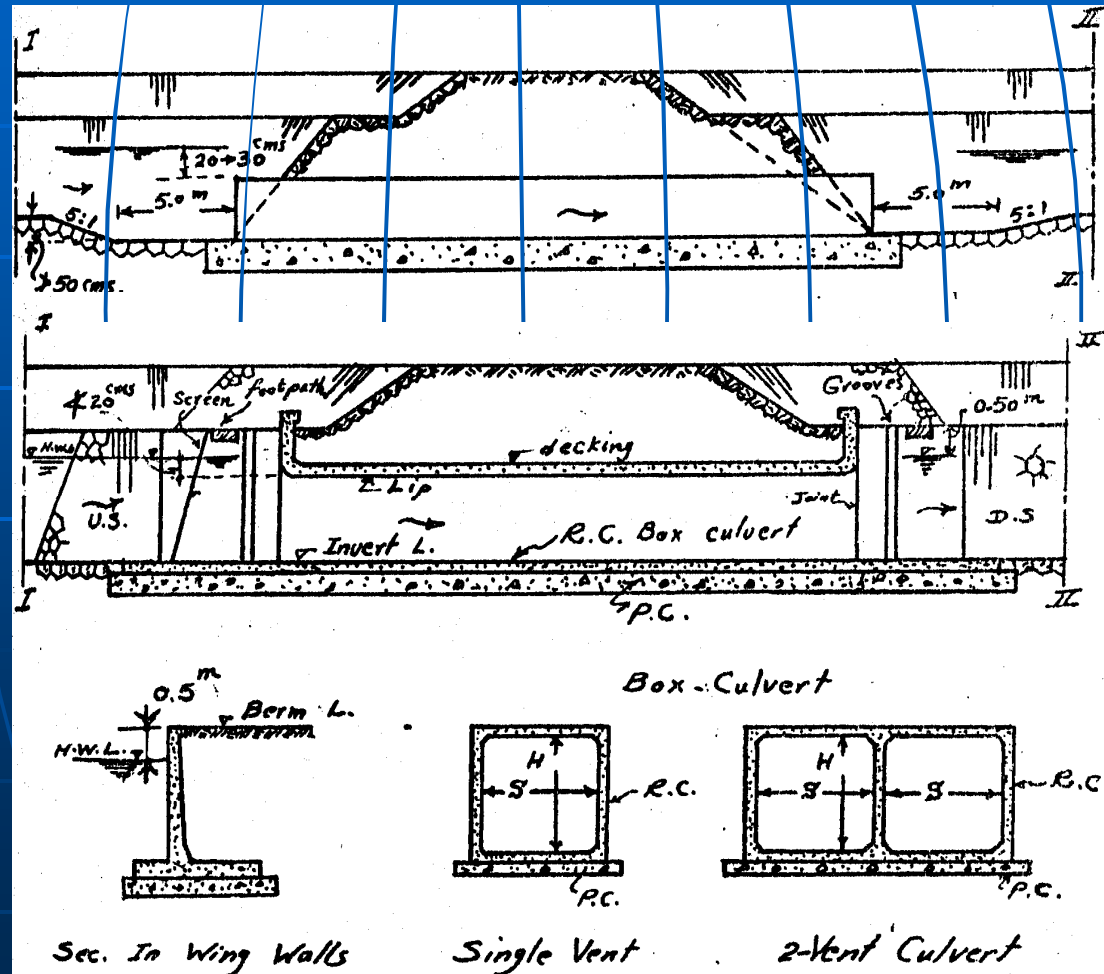
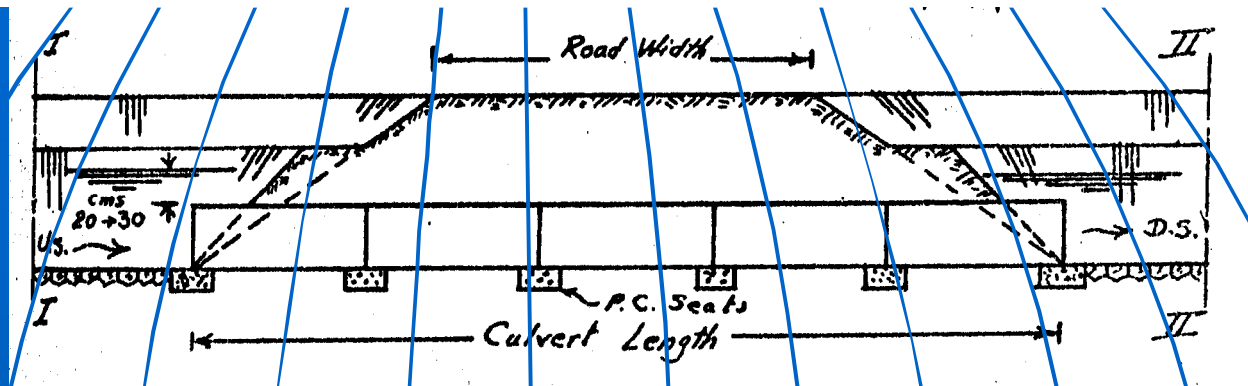




# Culvert

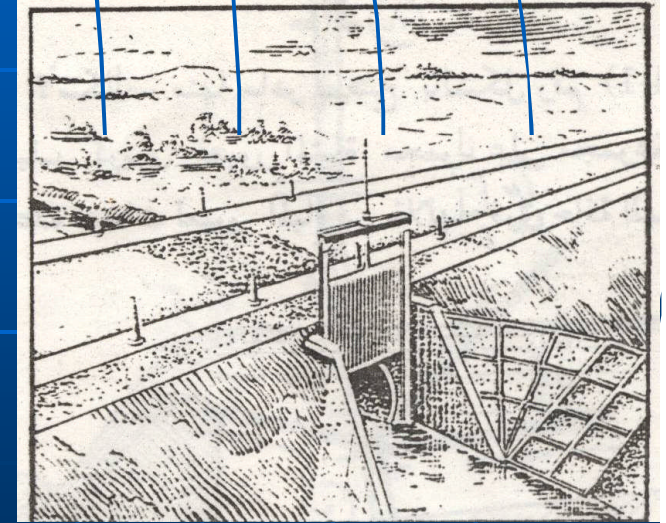
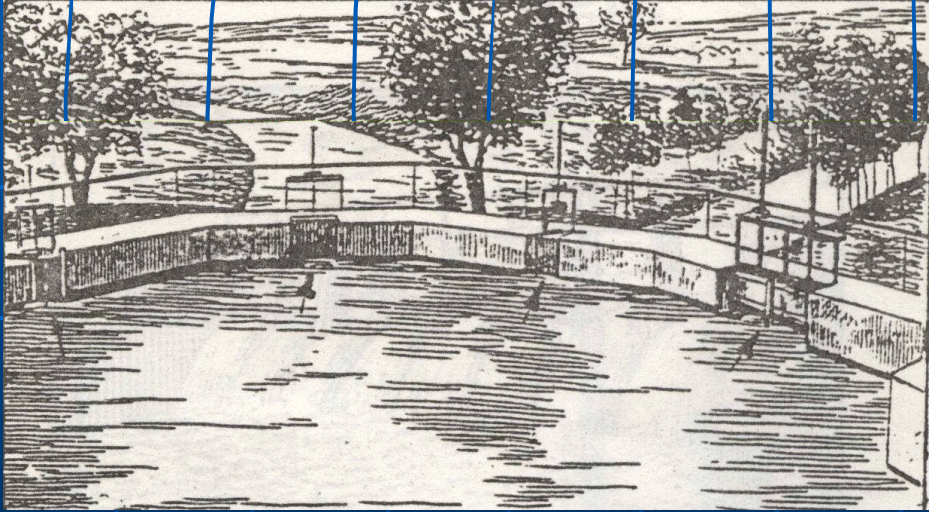


# مسقط أفقي للبريخ



# WATER INTAKES (4) المآخذ

- وتنشأ في صدر المجرى الخاص لأرض الزراعة لتمرير المياه منها.



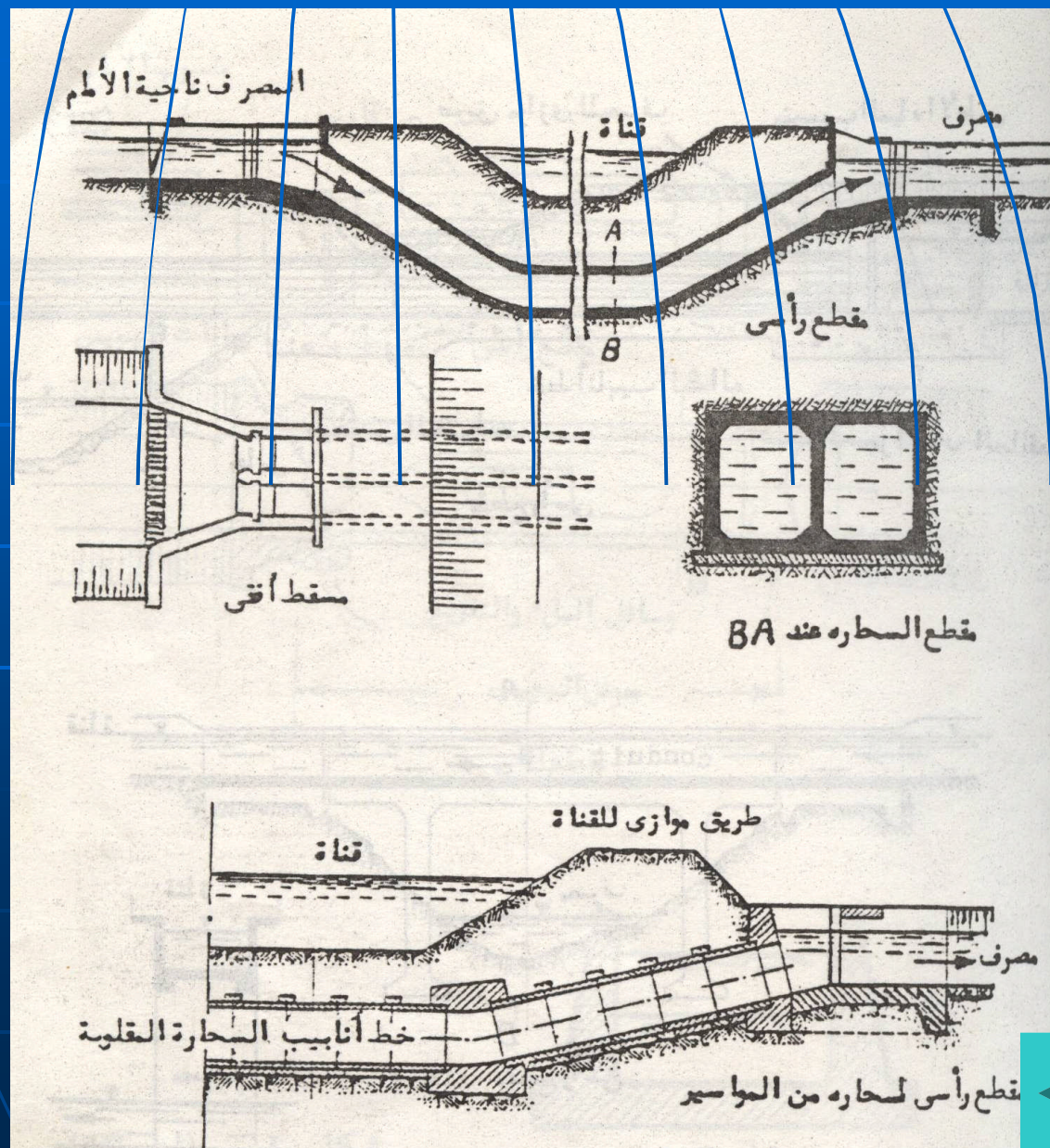
## INVERTED السحارات المقلوبة (5 SYPHONS

- وتنشأ عند تقاطع مجريين مائيين أو عند تقاطع قناة مع مصرف و في هذه الحالة يتم تمرير مياه الصرف خلال مجرى صناعي أسفل القناة و يكون المجرى من الخرسانة المسلحة أو بمثابة أنبوب من الحديد أو الخرسانة المسلحة.





# أشكال السحارات المقلوبة



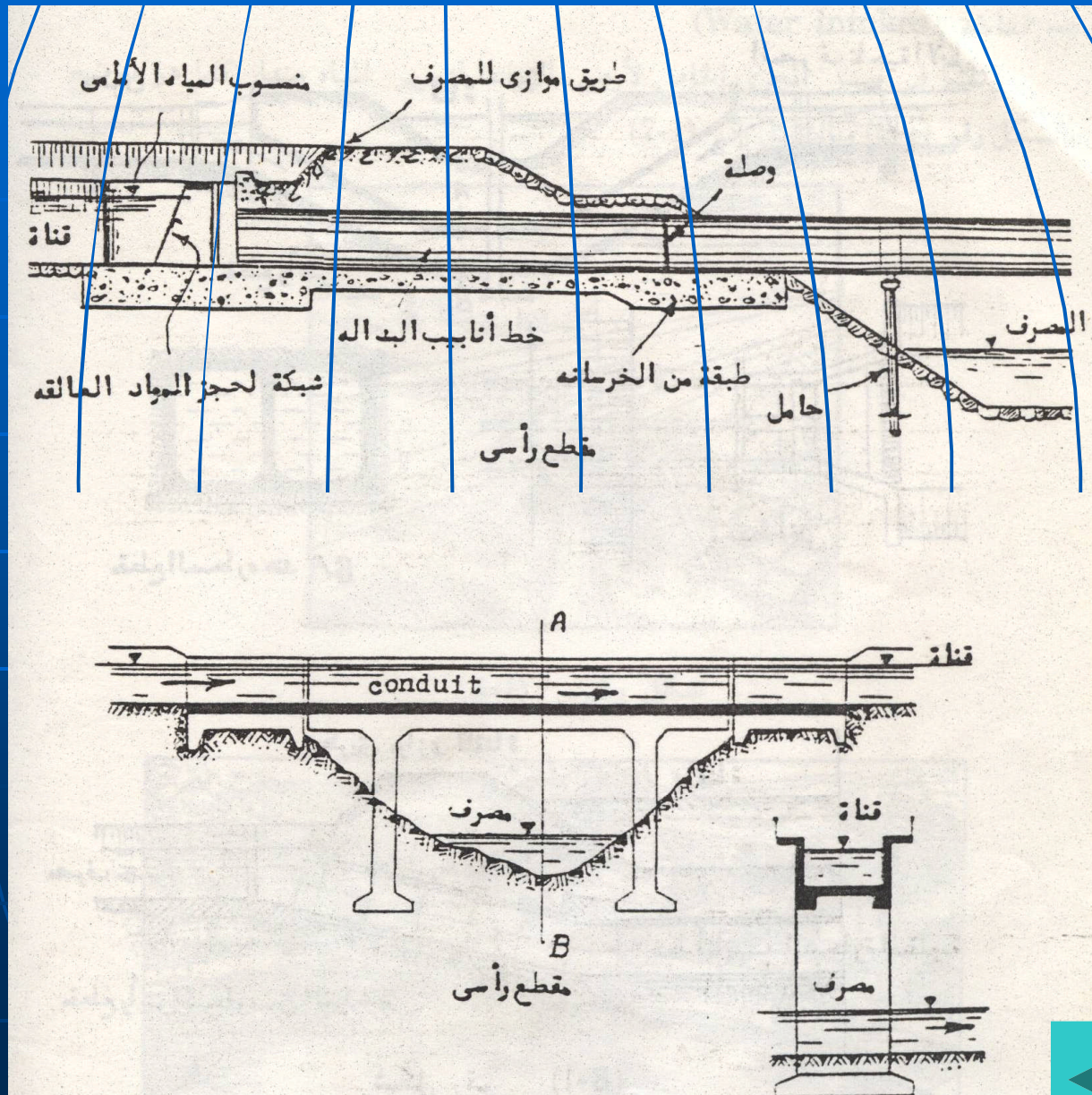
## AQUEDUCTS البدلات (6)

- وتنشأ عند تقاطع مجريين مائيين أو عند تقاطع قناة مع مصرف و لكن في هذه الحالة يتم تمرير مياه الصرف خلال مجرى صناعي فوق المصرف، و تكون البدالة عبارة عن أنبوب محمل على دعائم أو بأي مقطع يتم تشكيله من الخرسانة المسلحة أو الحديد.
- عادة يتم تمرير التصريف الأصغر في المجرى الصناعي كعامل إقتصادي هام سواء في اختيار السحارة أو البدالة.





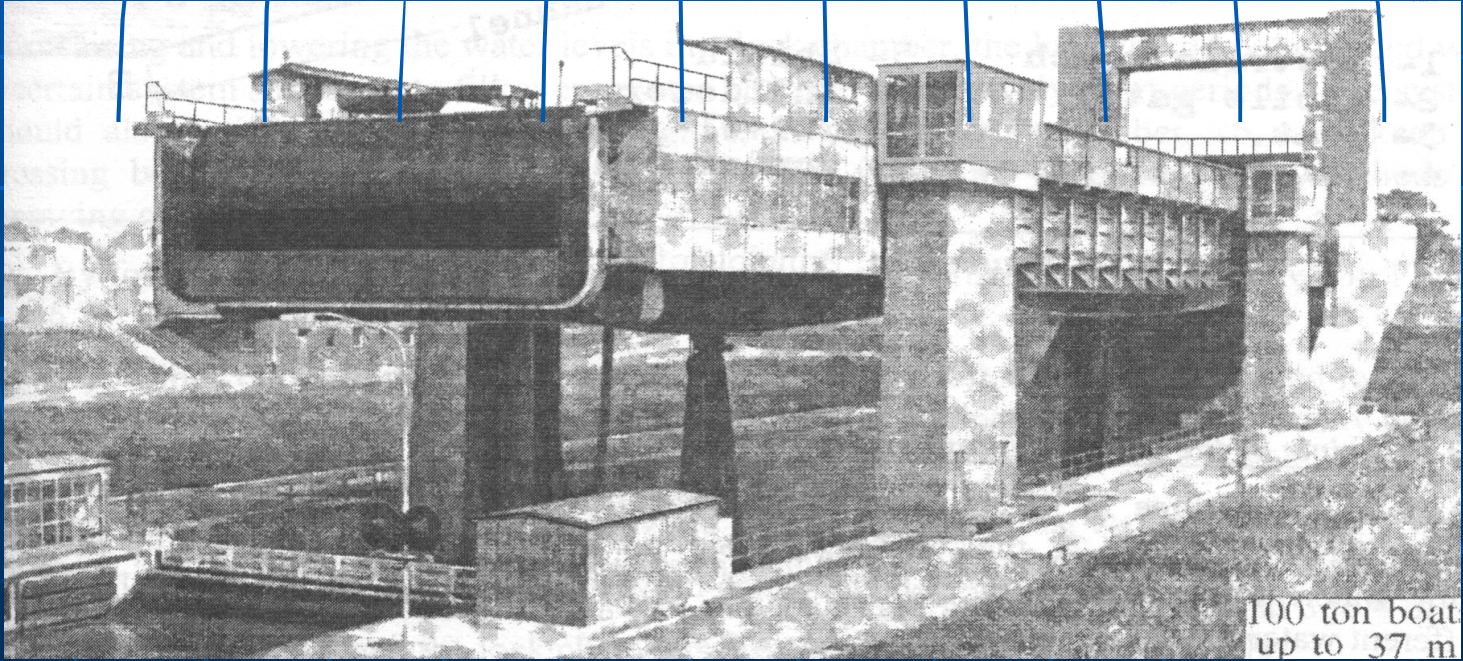
## أشكال البدلات





# LOCKS الأهوسة (7)

- تتشأ على المجارى المائية الملاحية لتمكين الوحدة العائمة من المرور بين منسوبين مختلفين.

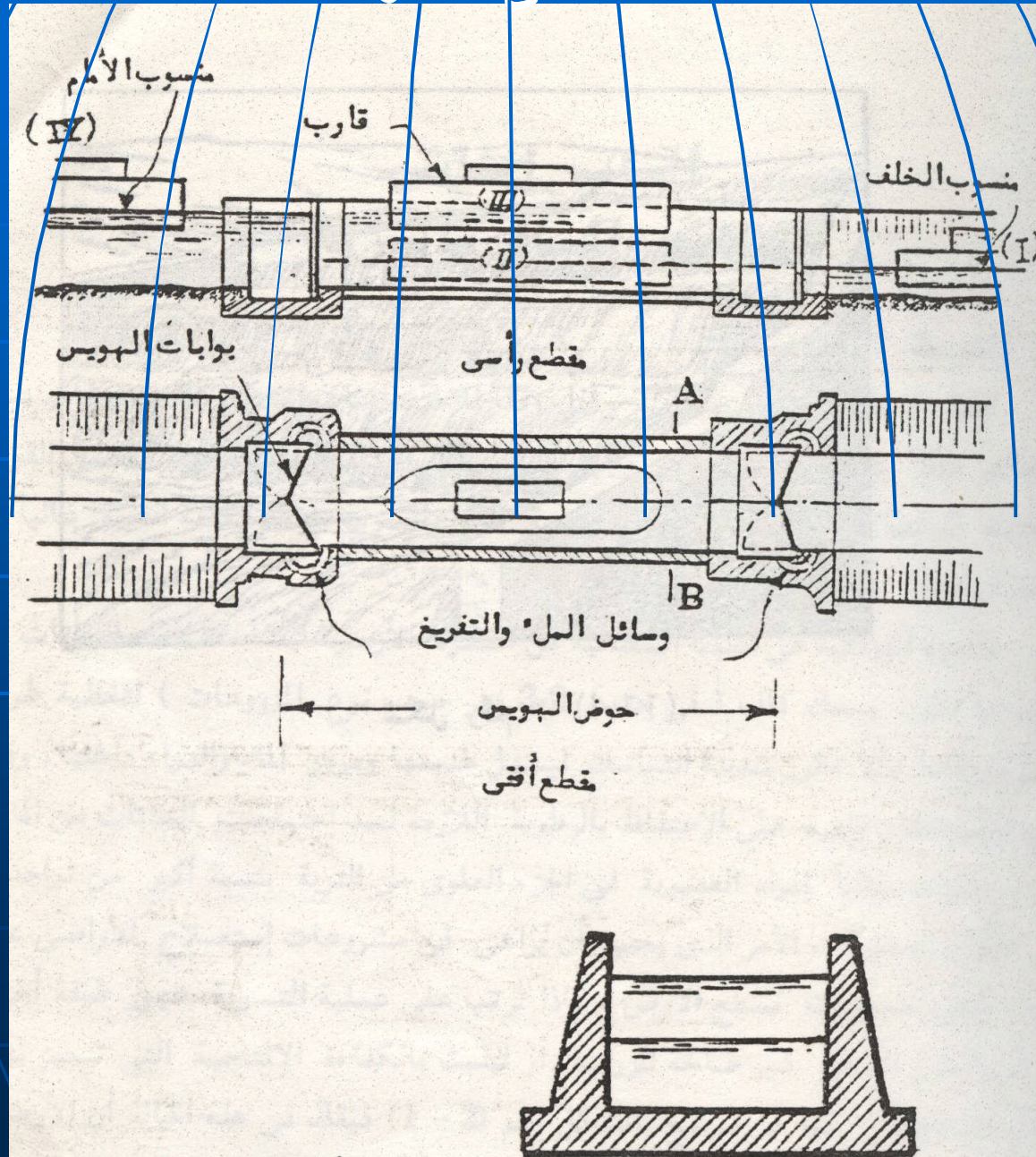


A picture for an elevator constructed in Henrichenbur





## مسقط أفقي للأهوسة



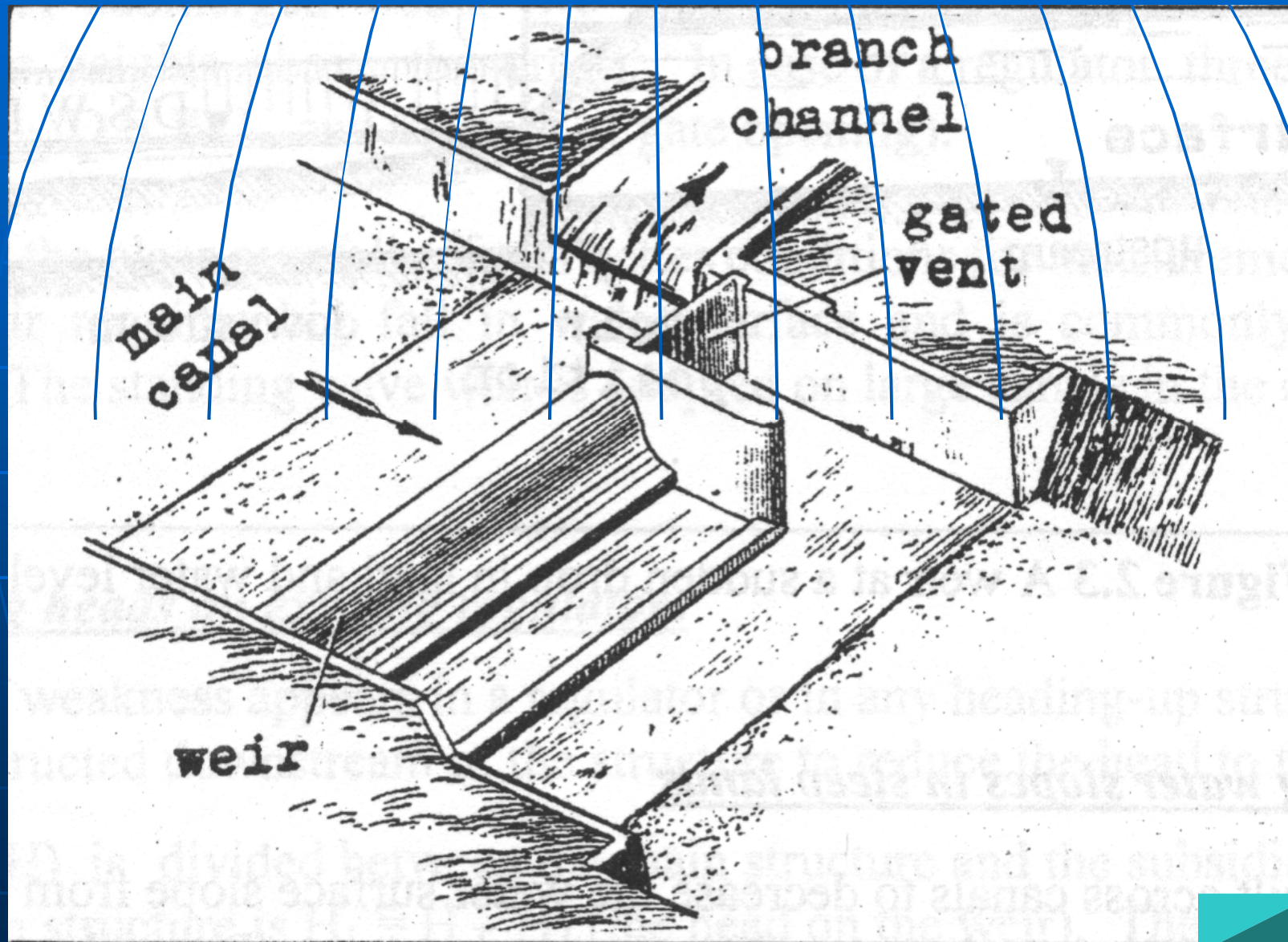
## WATER FAILS (8) مساقط المياه

- عند وجود انخفاض مفاجئ في منسوب المياه يستلزم الأمر إنشاء هدار واحد أو أكثر إذا كان الفرق في المناسيب كبيراً. و أهم ما يراعى في هذه المنشآت هو العمل على تفطيت الطاقة الحركية المتولدة من سقوط المياه لتجنب جريان المياه بسرعة تزيد عن المسموح بها وذلك لتجنب النحر.



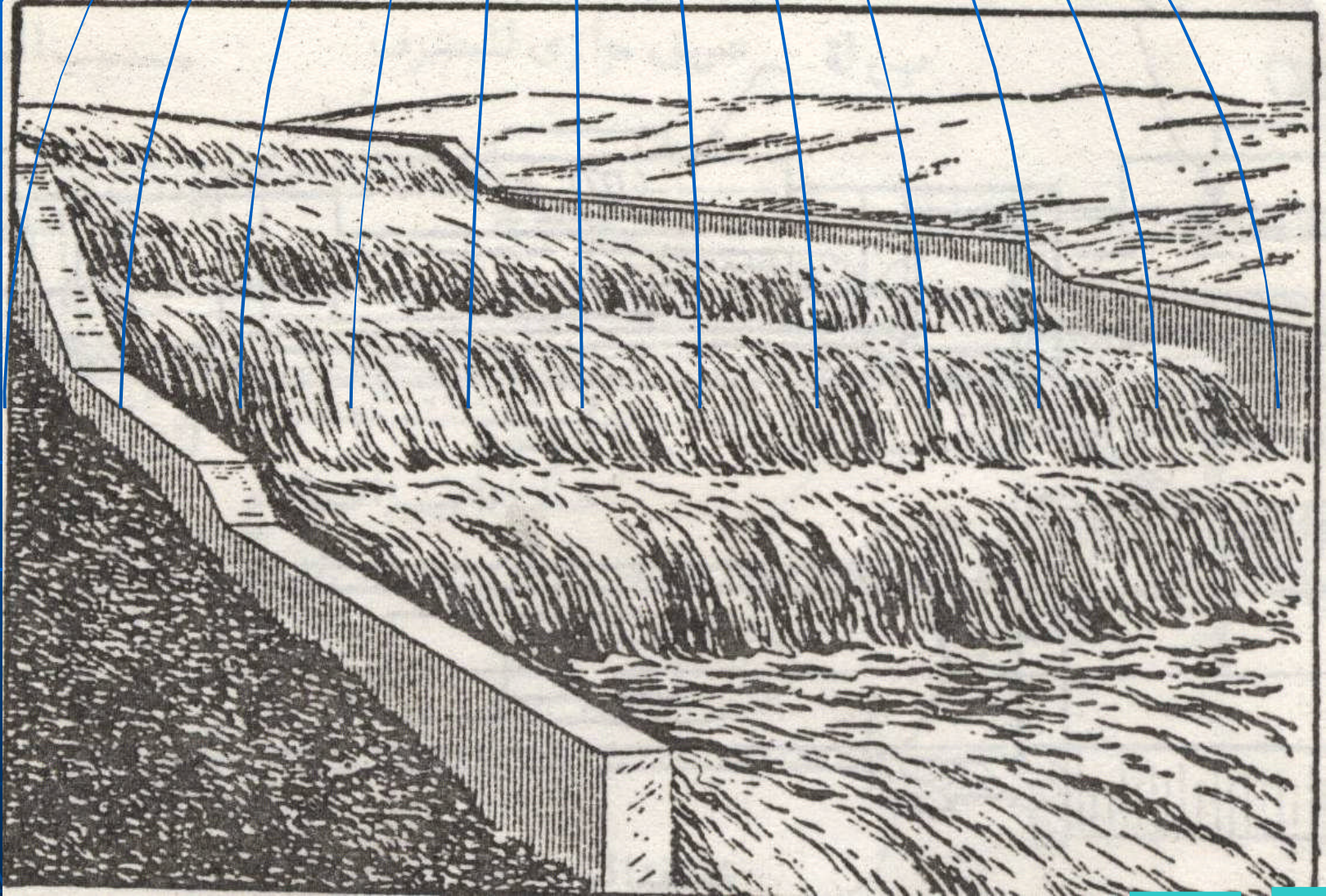


**Weirs are constructed to rise U.S.W.L.**



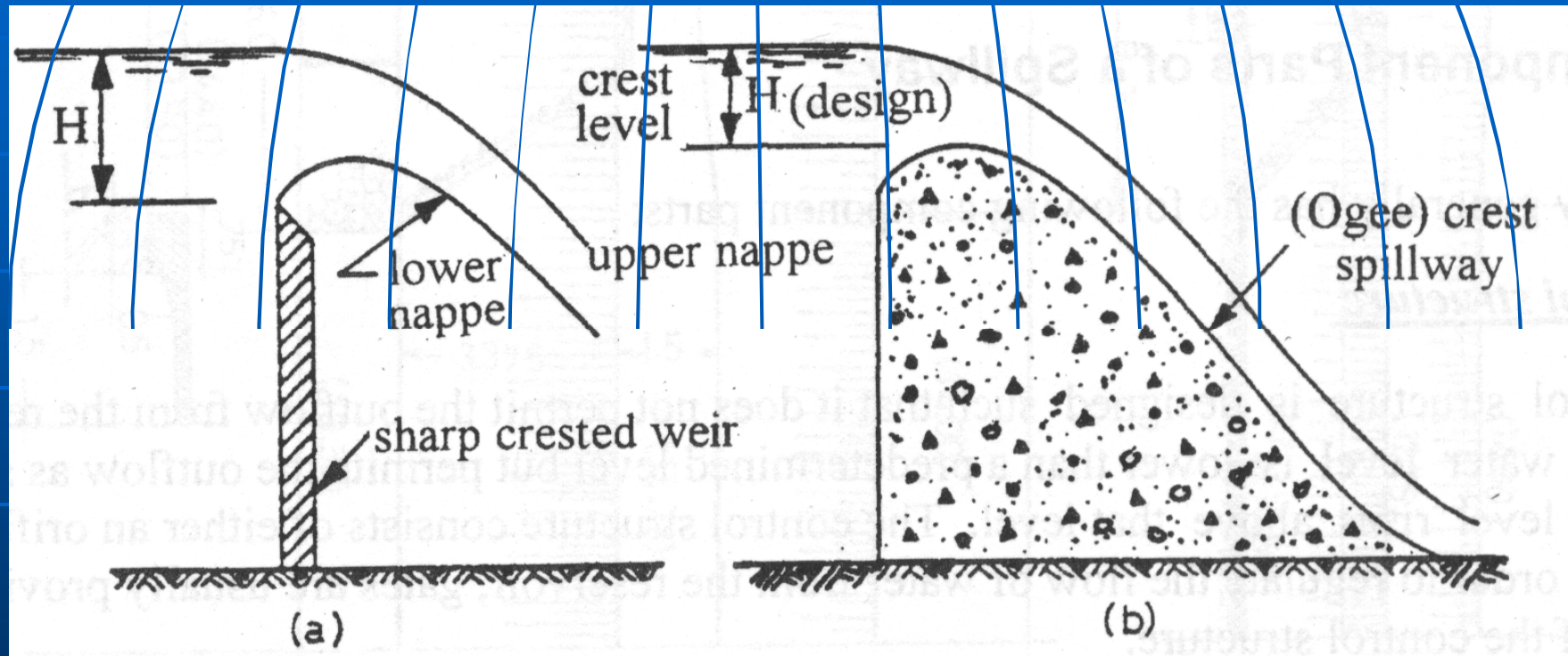


(النحر لقاع و جوانب المجرى المائي الترابي).





## Shape of the Ogee spillway



## (9) السدود





# السدود

Earthfill dams ■

Rockfill Dams ■

Gravity Dams ■

Arch Dams ■

Buttress Dams ■



# Earthfill dams



# Earthfill dams

Typical cross section of Dam at a site where sand and gravel are available at impervious core from a long distance. ■

Typical cross section of Dam at a site where both coarse sand and impervious are available. ■

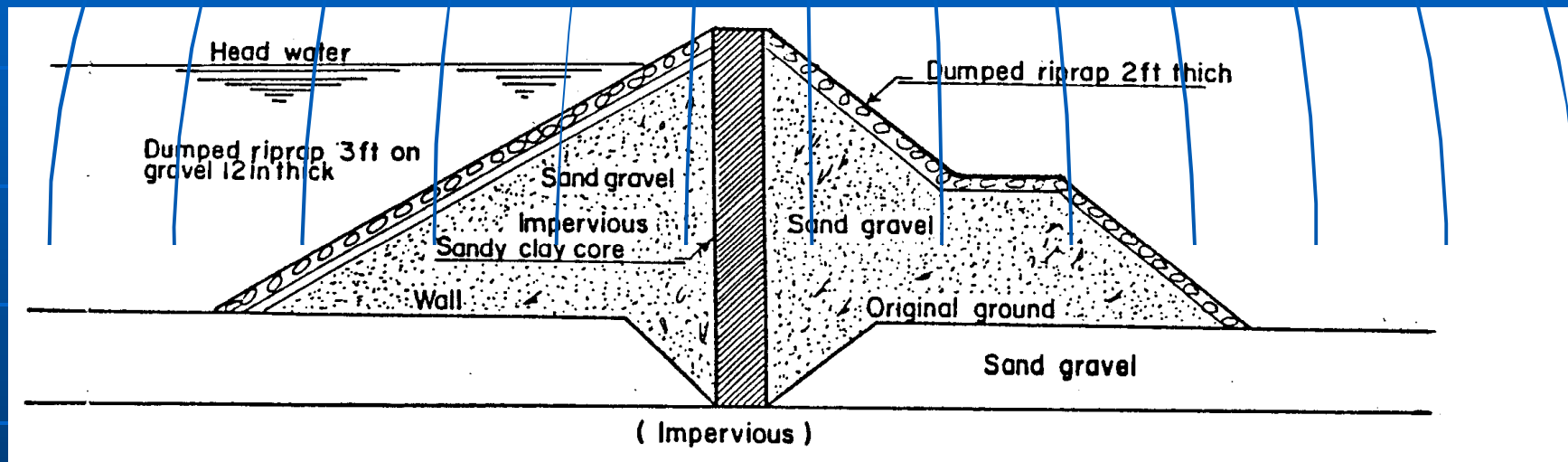
Typical cross section of Dam at a site where coarse sand and clayey silt are available and foundation is impervious. ■

Typical cross section of Dam at a site where only available material is silt clay and Foundation consists of plastic silty clay. Slopes are flattened out to reduce shearing stresses in foundation soil. ■

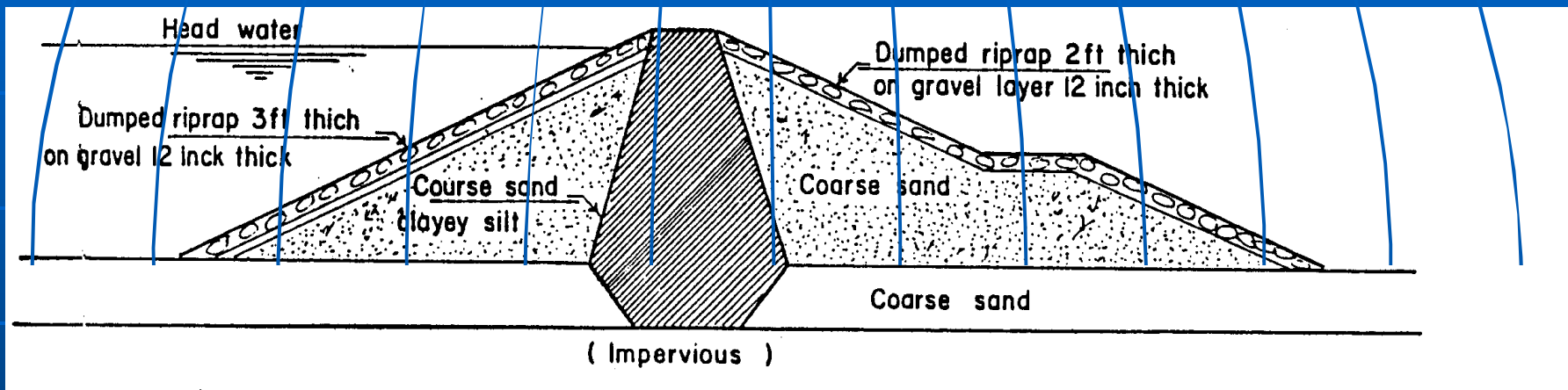
Typical cross section of Dam at a site where sand and gravel are available on pervious foundation. ■



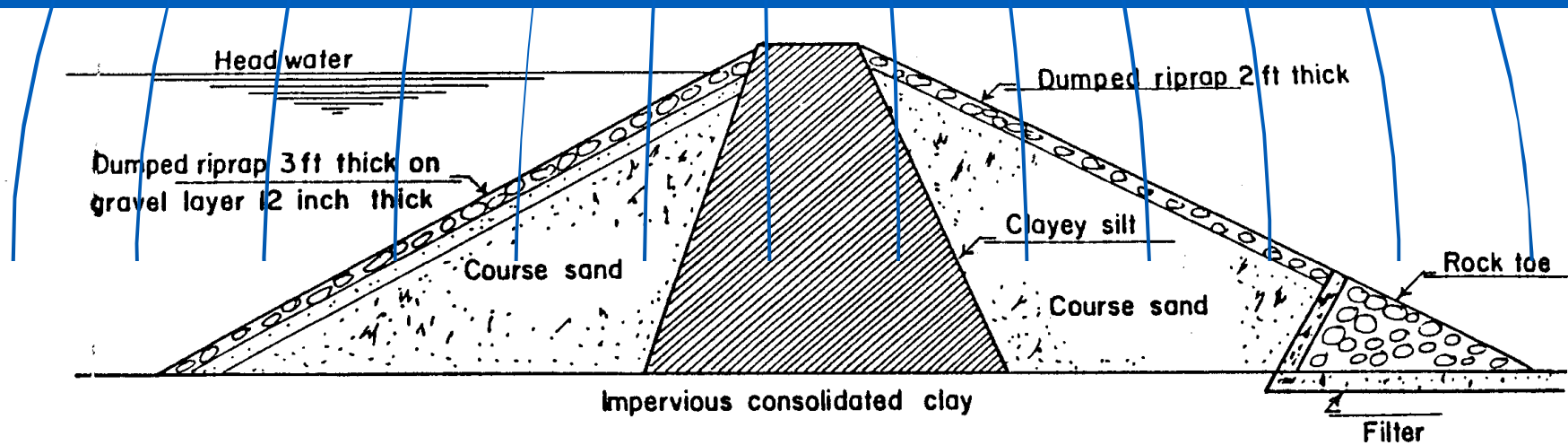
## Typical cross section of Dam at a site where sand and gravel are available at impervious core from a long distance



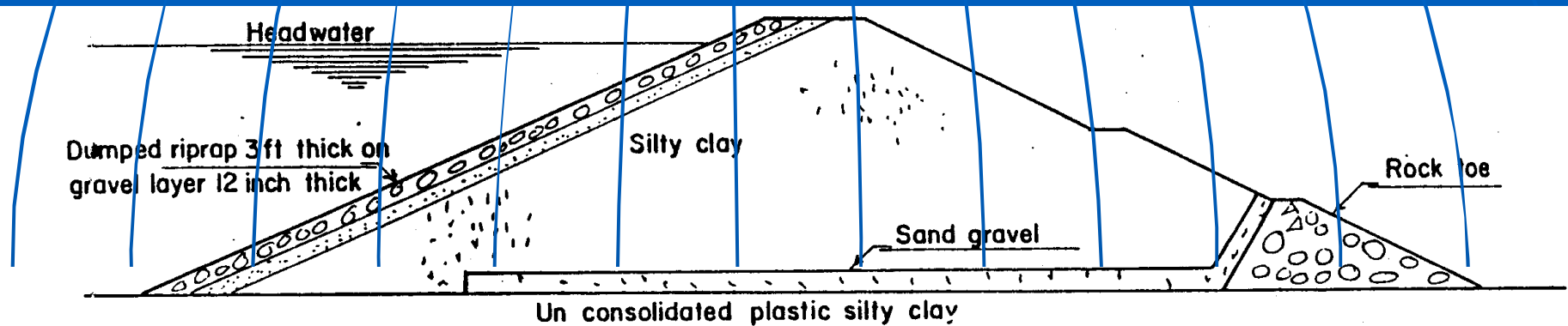
**Typical cross section of Dam at a site where  
both coarse sand and impervious are  
available**



**Typical cross section of Dam at a site where coarse sand and clayey silt are available and foundation is impervious**

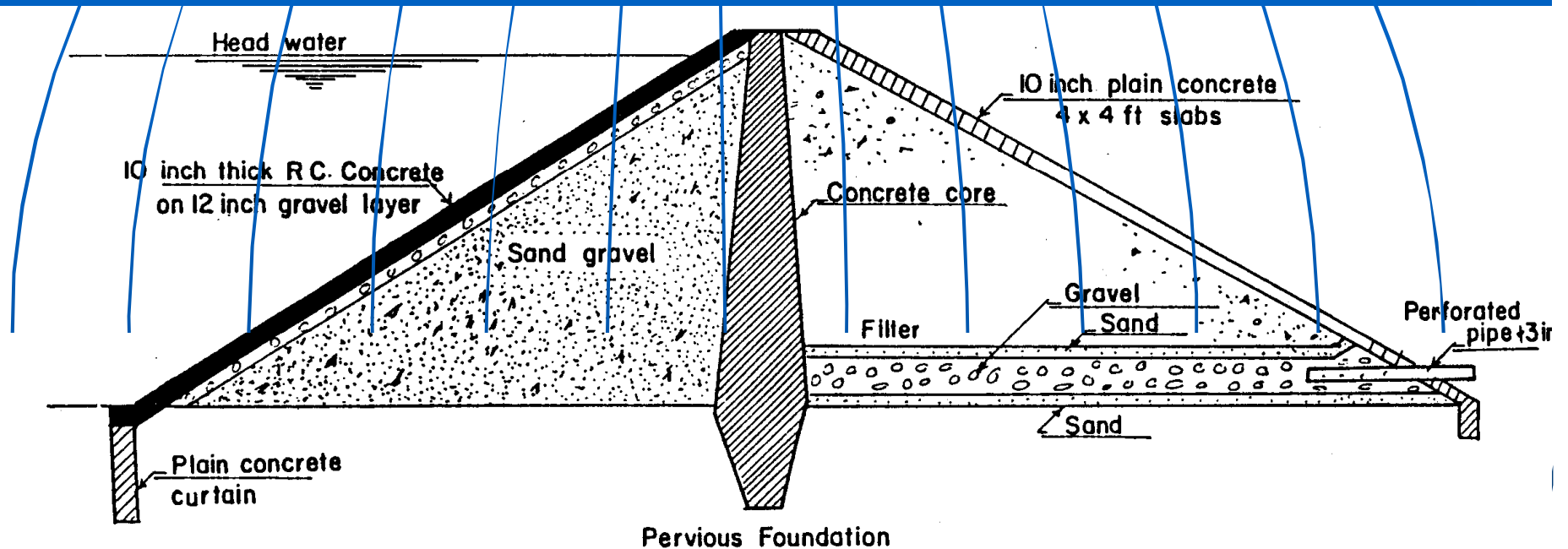


Typical cross section of Dam at a site where only available material is silt clay and Foundation consists of plastic silty clay. Slopes are flattened out to reduce shearing stresses in foundation soil.





## Typical cross section of Dam at a site where sand and gravel are available on pervious foundation



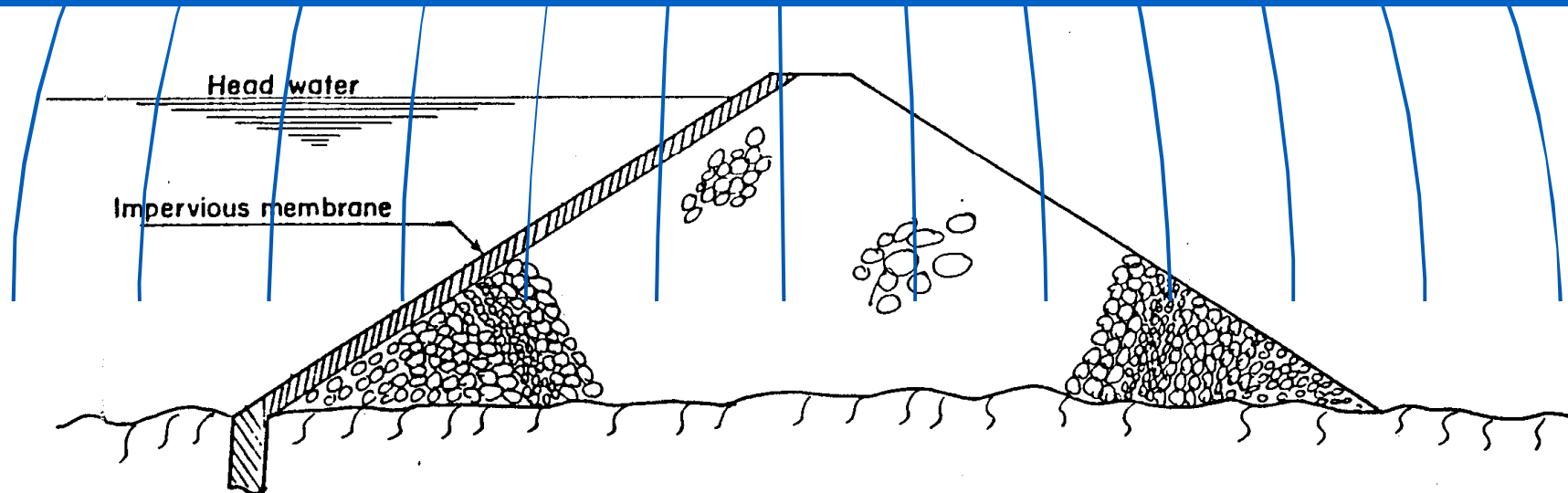
# Rockfill Dams

Typical cross section in Rockfill Dam with upstream membrane ■

Typical cross section in Rockfill Dam with central membrane ■



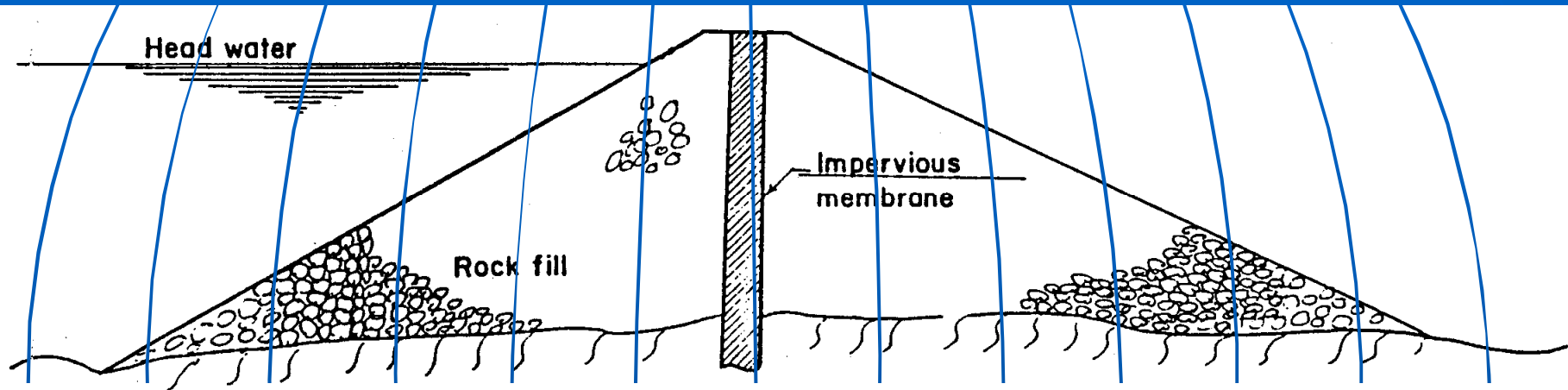
## 2) Rockfill Dams



**Typical cross section in Rockfill Dam with upstream membrane**



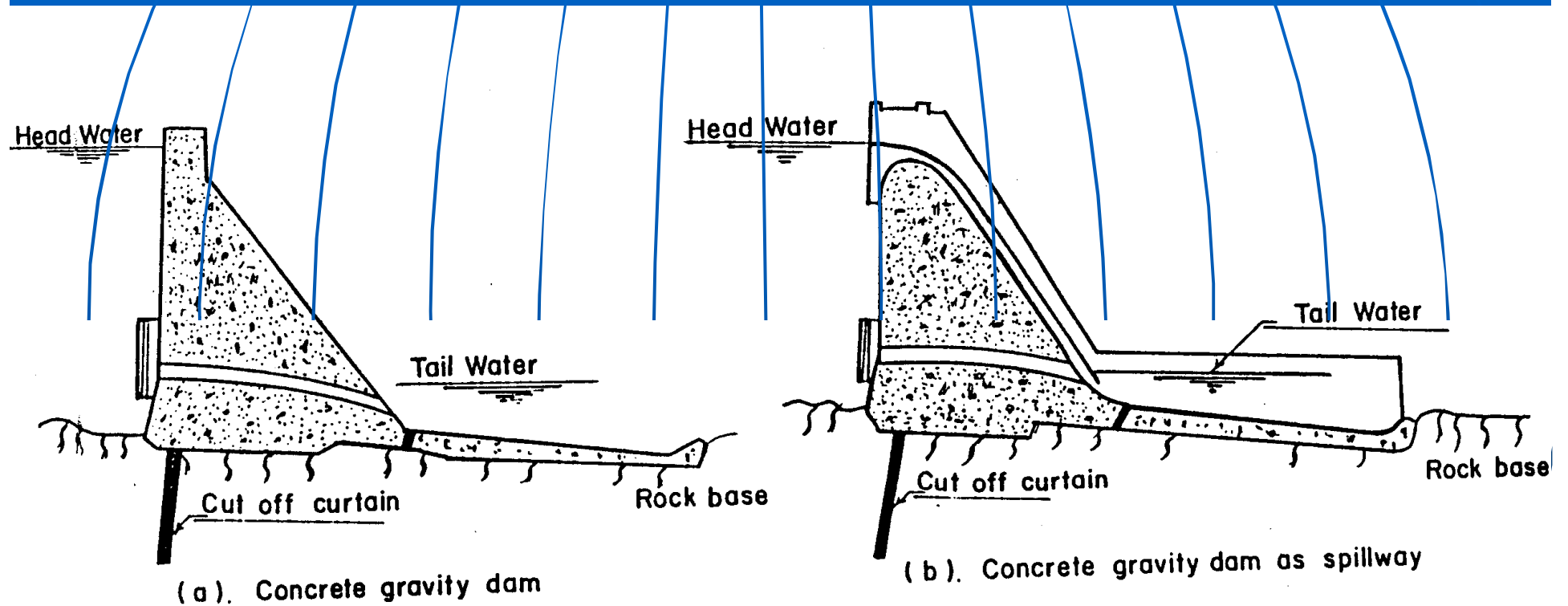
## 2) Rockfill Dams



**Typical cross section in Rockfill Dam with central membrane**



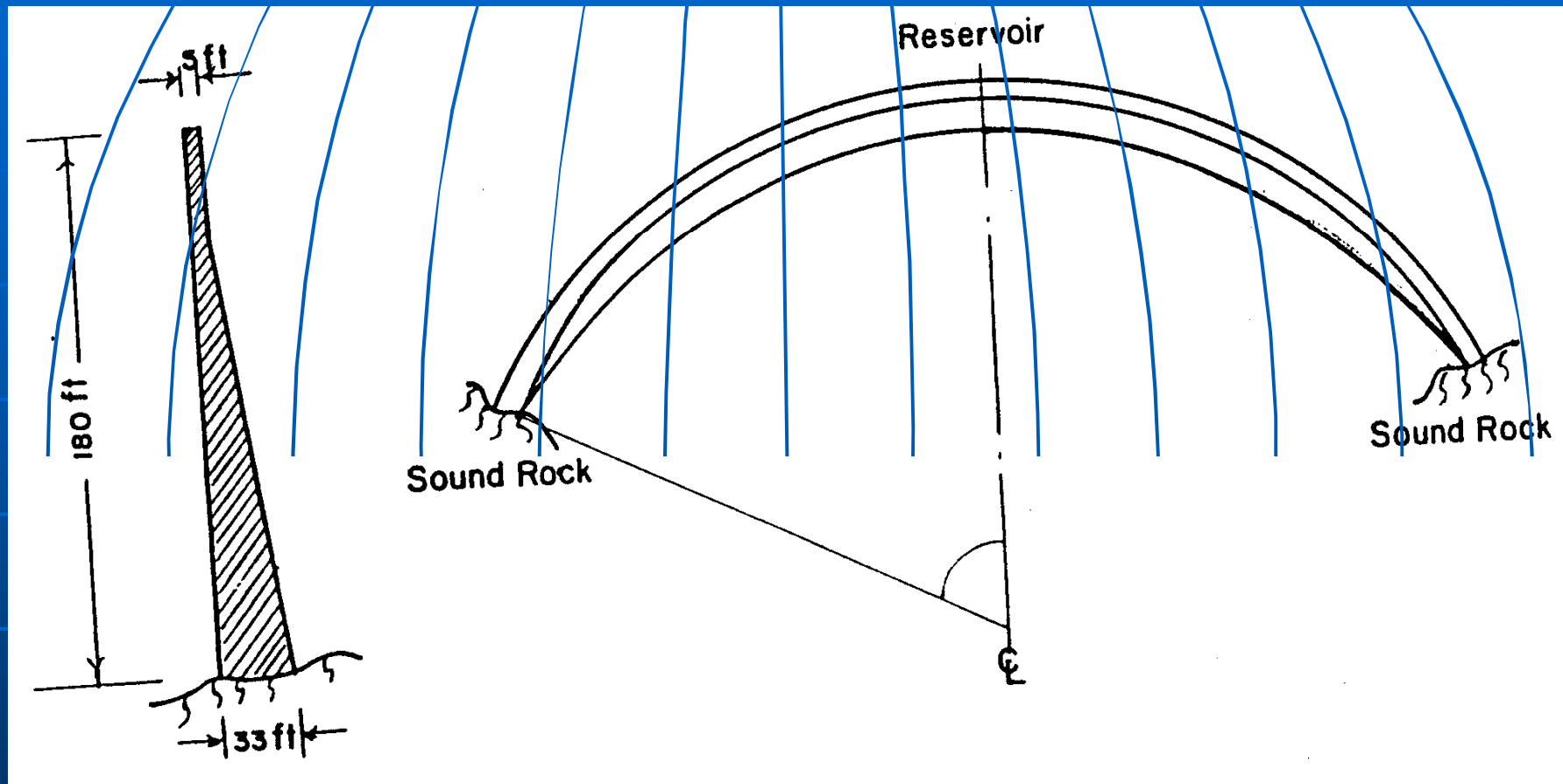
### 3) Gravity Dams



**Concrete Gravity Dams**



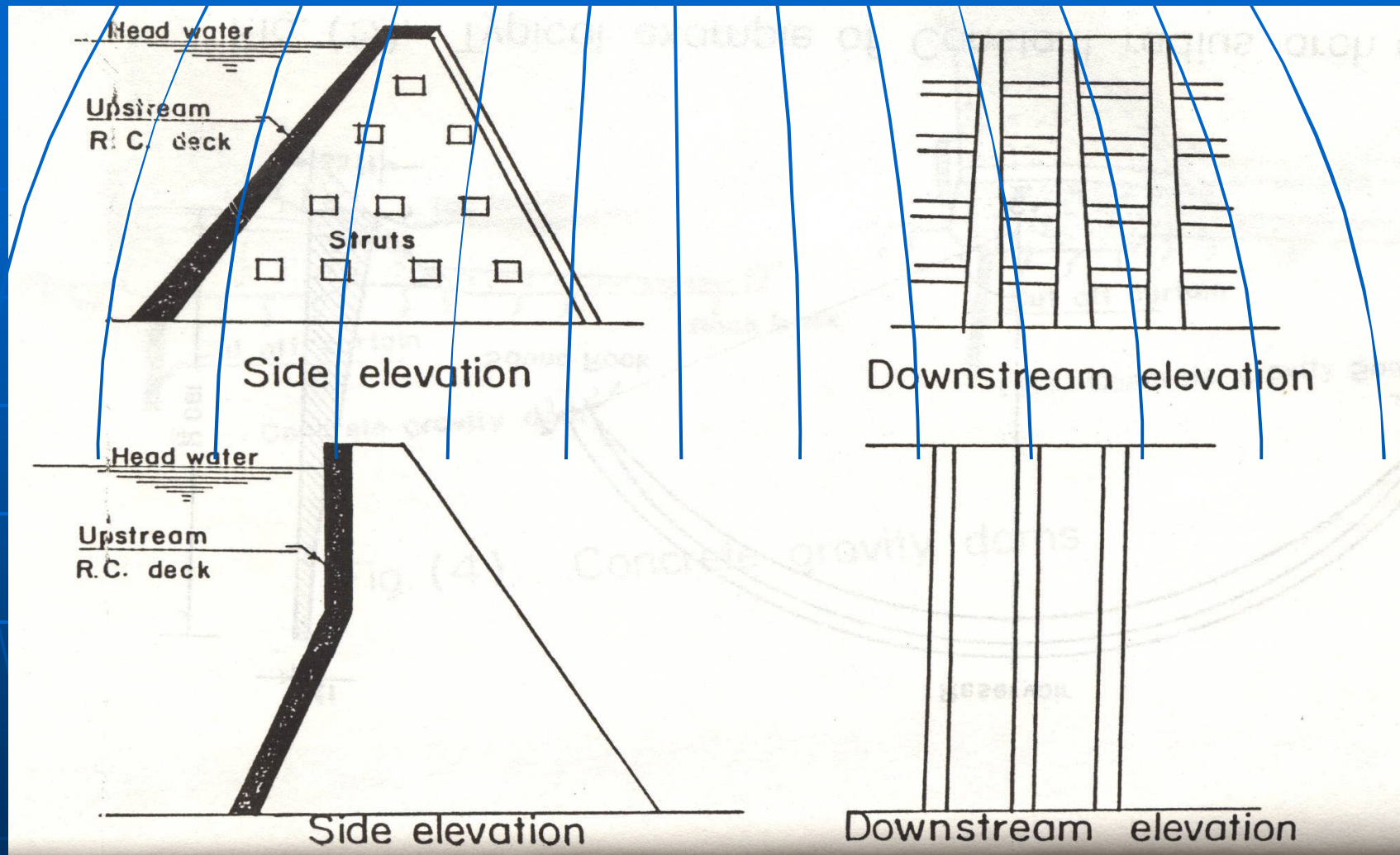
## 4) Arch Dams



**Typical example of Constant radius Arch Dam**



## 5) Buttress Dams



**Typical examples of buttress dams with upstream reinforced concrete deck supported by buttress walls.**



# التربة

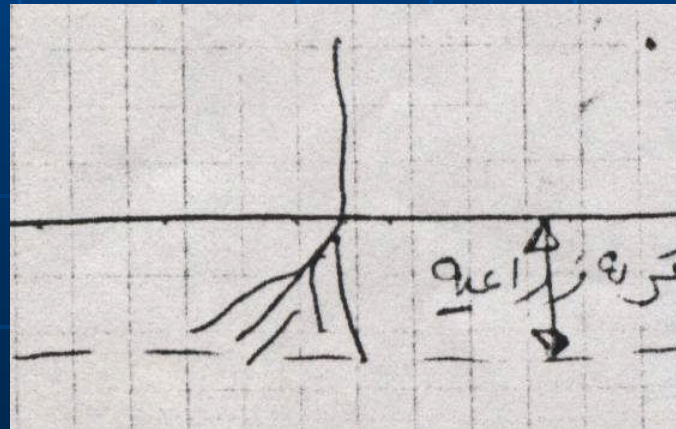
- التربة من وجهة النظر الهندسية كما يعرف التربة من وجهة النظر الزراعية
- أشكال تواجد المياه الجوفية (رسم)
- أشكال تواجد المياه الجوفية
- المعاملات الرطوبة للتربة
- تصنيف التربة
- الصفات العامة للتربة الصالحة للزراعة
- الصفات العامة للأرض من الوجهة الطبوغرافية
- فائدة تصنيف التربة لمهندس الري
- تعريفات



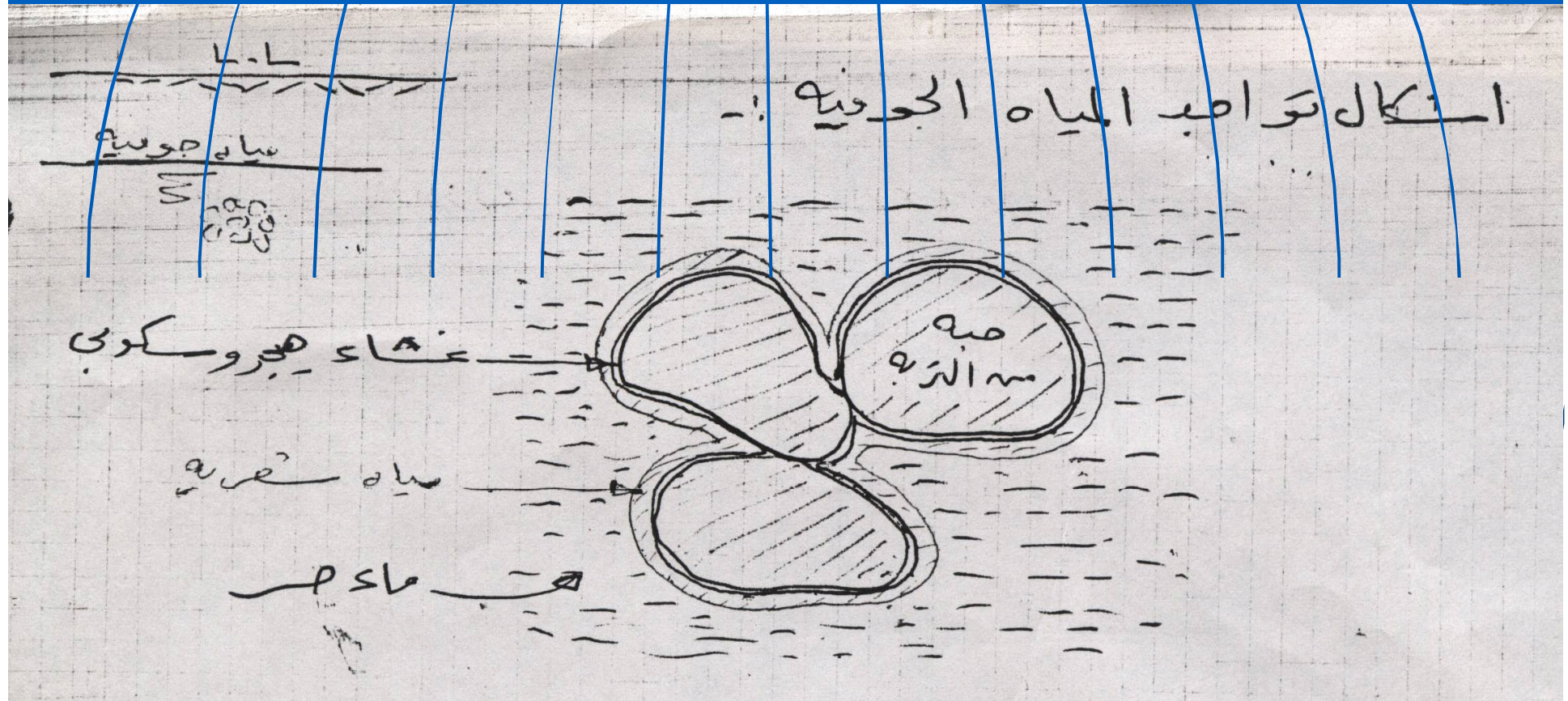


# التربة من وجهة النظر الهندسية كما عرف التربة من وجهة النظر الزراعية

- التربة من وجهة النظر الهندسية : المادة الأرضية على حالتها الطبيعية أو الداخلة فى أى أعمال ترابية ( الجسور – السدود الترابية).
- التربة من وجهة النظر الزراعية : تلك الطبقة السطحية من القشرة الأرضية التى يمكن لجذور النبات اختراقها. على أن تكون صالحه كيمائيا و طبيعيا لنمو النبات.



# أشكال تواجد المياه الجوفية



## ■ أشكال تواجد المياه الجوفية :

### 1. الماء الهيجروسكوبي :

غلاف رقيق من المياه يحيط بحبيبات التربة و لا يمكن انتزاعه إلا بتسخين التربة صناعيا. ( لا يستفيد منه النبات) على إنه يعود للالتصاق مرة أخرى عند تعرض التربة للجو الحار.

### 2. الماء الشعري :

غلاف مائي يحيط بالغشاء الهيجروسكوبي بواسطة الجذب السطحي بين الجزيئات و هو محمول بالخاصية الشعرية و يتحرك في جميع الاتجاهات. (ستفيد منه النبات).

### 3. الماء الحر :

مياه تزيد عن السعة الشعرية للتربة وتتحرك داخل الفراغات البينية (ضار للنبات فيجب التخلص منه بالصرف).





## المعاملات الرطوبية للتربة

■ المعامل الهيجروسكوبي :

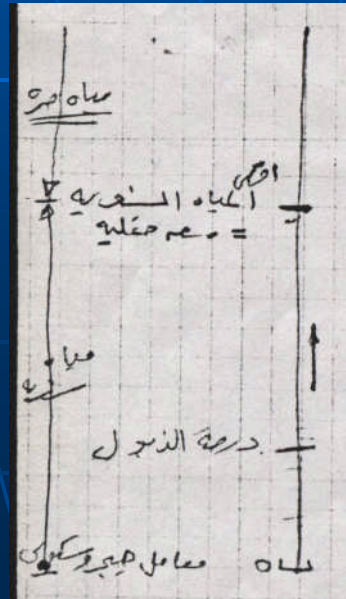
■ أقصى كمية من الرطوبة يمكن للتربة أن يكتسبها من الجو المحيط به.

■ درجة الذبول :

■ كمية الرطوبة الموجودة بالتربة و لا يمكن للنبات الاستفادة منها.

■ السعة الحقلية :

■ أقصى كمية من المياه يمكن للتربة الاحتفاظ بها بالخاصية الشعرية بعد صرفها طبيعيا (بالجاذبية الأرضية بعد تمام ريها .



# تصنيف التربة

- تقسم التربة إلى مجموعات حسب حجم حبيباتها, 1- الطين  
2- السلت, 3- الرمل الناعم 4- الرمل المتوسط 5- الرمل  
الخشن 6- الزلط الرفيع 7- الزلط المتوسط 8- الزلط  
الخشن.
- أي تتدرج من الطين ثم السلت ثم الرمل ثم الزلط.



# الصفات العامة للتربة الصالحة للزراعة

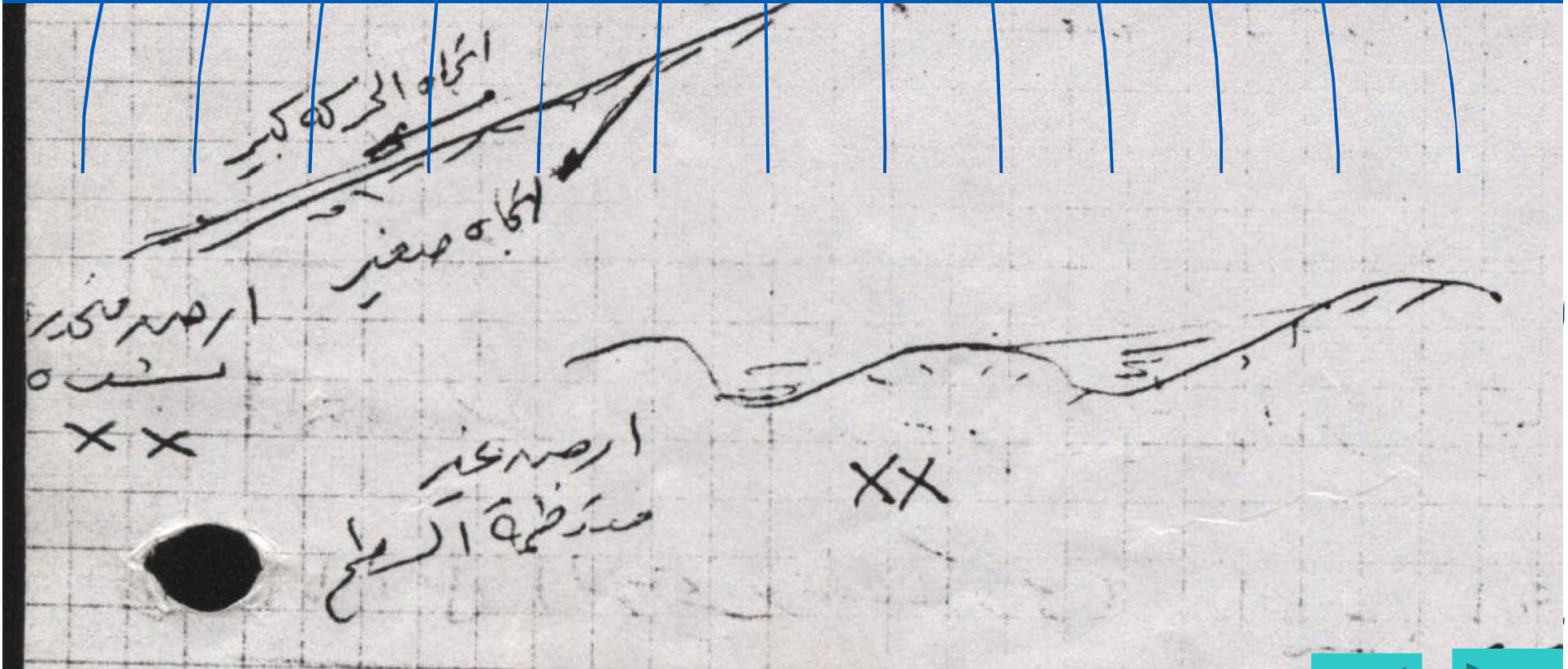
1. أن تكون منفذه للمياه و تحوى فراغات بينية.
2. أن تكون سهلة الاختراق للنبات.
3. تكون ذات عمق كافى لنمو النبات.
4. أن تحتوى على عناصر الأساسية اللازمة لنمو النبات.
5. أن تكون خالية من العناصر السامة للنبات.
6. أن تكون خالية من الأملاح الضارة (غير قابلة للغسيل).
7. أن يكون معدل امتصاص التربة قليل لمنع فواقد التسرب إلى المياه الجوفية.



## الصفات العامة للأرض من الوجهة الطبوغرافية

1. أن تكون قليلة الانحدار.

2. أن يكون السطح منتظم.



# فائدة تصنيف التربة لمهندس الري

1. تحديد كمية المياه اللازمة للري و معدلاتها.
2. تحديد طبيعة عمليات الصرف اللازمة.
3. تحديد طرق غسيل الأراضي.
4. تحديد نوع السماد اللازم.
5. تحديد نوع المحصول.





## تعريفات

### ■ التبخر :

■ التبخر هو عملية انطلاق جزيئات الماء إلى الجو و ذلك بعد تحويلها من حالة السيولة إلى بخار.

### ■ النتح :

■ عملية النتح تتمثل في خروج المياه من خلال الثقوب الدقيقة للأوراق على صورة بخار ماء ينطلق إلى الجو.

### ■ الاستهلاك المائي :

■ ذلك الجزء الذي يستهلك بالكامل في عمليتي التبخر و النتح من المياه التي تعطى في الحقل.



# تقدير الاستهلاك المائي



# تقدير الاستهلاك المائي

- معادلة الثنائي بلاني كريدل و الجداول
- التبخر الكلي الكامن
- التبخر الكلي الفعلي
- معادلات حساب التبخر الكلي الكامن



## معادلة الثنائي بلاتى كريدل

$$U = 4.57 * K * \Sigma p (t+17.8)$$

■  $U$  = الاستهلاك المائي خلال فترة نمو المحصول (سم)

■  $K$  = معامل وضعي يتوقف على نوعية المحصول.

■  $p$  = (عدد الساعات المضيئة خلال الشهر المحدد / عدد الساعات المضيئة خلال العام) \* 100

■  $t$  = متوسط درجة حرارة الهواء خلال الشهر المحدد (مئوية)

■ في مجال حساب الاحتياجات المائية فإن قيمة التبخر الكلى ( $E_t$ ) تعتبر مساوية لقيمة الاستهلاك المائي وهو الاستهلاك الذي لا يؤخذ في حساباته كمية المياه التي تستهلك في بناء أنسجة النبات و ذلك لصغر حجمها.



# جداول لمعادلة الثنائي بلائي كريدل

المحصول	قيمة معامل بلائي	المحصول	قيمة معامل بلائي
البسليم	0.90 - 0.80	حبوب زيتية Oil Seeds	0.75 - 0.65
البقول Beans	0.70 - 0.60	الأرز Rice	1.10 - 1.0
الذرة Corn	0.85 - 0.75	البنجر السكري Sugar beets	0.75 - 0.65
القطن Cotton	0.70 - 0.60	القصب السكري Sugarcane	0.90 - 0.80
الكتان Flax	0.80 - 0.70	الدخان Tobacco	0.80 - 0.70
حبوب رقيقة Grains, Small	0.85 - 0.75	الطماطم Tomatoes	0.70 - 0.65

خط عرض	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°
يناير Jan	7.49	7.40	7.30	7.20	7.10	6.99	6.87	6.73
فبراير Feb.	7.12	7.07	7.03	6.97	6.91	6.86	6.79	6.73
مارس Mar.	8.40	8.39	8.38	8.37	8.36	8.35	8.34	8.30
أبريل Apr.	8.64	8.68	8.72	8.72	8.80	8.85	8.90	8.92
مايو May.	9.37	9.46	9.53	9.63	9.72	9.81	9.92	9.99
يونيو June	9.30	9.38	9.49	9.60	9.70	9.83	9.95	10.08
يوليو July	9.49	9.58	9.67	9.77	9.88	9.99	10.10	10.34
أغسطس Aug.	9.10	9.16	9.22	9.28	9.33	9.40	9.47	9.56
سبتمبر Sept.	8.32	8.32	8.34	8.34	8.36	8.36	8.38	8.41
أكتوبر Oct.	8.06	8.02	7.99	7.93	7.90	7.85	7.80	7.78



# POTENTIAL التبخر الكلى الكامن EVAPOTRANSPIRATION) (PE)

- أقصى كمية من البخار يمكن أن تنطلق من مساحة معينة من الأرض إلى الجو تحت تأثير العوامل الجوية بالمنطقة المحددة.



# التبخر الكلي الفعلي (ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION) ( $E_t$ )

- الكمية الفعلية للبخر المنطلق من المساحة المعينة من الأرض إلى الجو التي لا تتوقف فقط على العوامل الجوية بالمنطقة بل و أيضا على مقدرة النطاء النباتي على استخراج الرطوبة من التربة .



# معادلات حساب التبخر الكلى الكامن (POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION) (PE)

1- معادلة ثورنسويت

2- معادلة بنمان

3- معادلة جينسن و هيس



# 1 – معادلة ثورنثوايت (THORNTHWAITE)

- $PE_t = 1.6 L_d (10 t / I)^a$
- $PE_t$  = التبخر الكلي الكامن خلال فترة ثلاثين يوما (سم).
- $L_d$  = نسبة عدد الساعات المضيئة خلال الثلاثين يوما إلى عدد 360 ساعة و تؤخذ من الجدول الموضح.
- $t$  = المتوسط الشهري لدرجة حرارة الهواء (درجة مئوية)
- $I$  = مؤشر حراري خلال العام.
- $I = \sum_{i=1}^{12} i$
- $i = (0.2 t)^{1.514}$
- $a$  = معامل يتوقف على قيمة ( $I$ ) ويحسب من المعادلة الآتية:
- $a = (0.000000675) I^3 - (0.0000771) I^2 + (0.0179) I + 0.49239$

خط عرض	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.35
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81

## 2 - معادلة بنمان PENMAN

$$PE_t = \left[ \frac{\Delta}{(\Delta + \gamma)} R_n \right] + \left[ 0.35 \left( \frac{\gamma}{(\Delta + \gamma)} \right) (1.00 + 0.0062 W_2) (e_a - e_d) \right]$$

- $PE_t$  = التبخر الكلي الكامن (مم/اليوم)
- $W_2$  = سرعة الرياح السائدة على ارتفاع 2 متر من سطح الأرض (كيلومتر/يوم).
- $R_n$  = صافى الإشعاع (مم زئبق/اليوم)
- $R_s$  = الإشعاع الشمسي
- $R_L$  = صافى الإشعاع الطويل الموجهة المنعكس (مم زئبق/اليوم)
- $\Delta$  = ميل المنحنى الرطوبي المرسوم بين ضغط البخار عند التشبع و درجة حرارة الهواء
- $\gamma$  = الثابت المرطابي
- $e_a$  = ضغط البخار عند التشبع المناظر لدرجة حرارة الهواء (مم زئبق)
- $e_d$  = ضغط البخار للهواء (مم زئبق).
- و الجدول الآتي يوضح قيم  $\Delta/(\Delta + \gamma)$  ,  $\gamma/(\Delta + \gamma)$  لدرجات مختلفة لحرارة الهواء.

$\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$	$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$	درجة حرارة الهواء	
		فهرنهايت	مئوية
0.522	0.478	41	5
0.448	0.552	50	10
0.379	0.621	59	15
0.318	0.682	68	20
0.265	0.735	77	25
0.219	0.781	86	30
0.181	0.819	95	35
0.149	0.851	104	40





### 3- معادلة جينسن و هيس (JENSEN & HAISE)

لحساب التبخر الكلي الكامن

$$PE_t = (0.025 t + 0.08) H_{sh} / 59 \quad \blacksquare$$

$$PE_t = \text{التخر الكلي الكامن (مم/اليوم)} \quad \blacksquare$$

$$H_{sh} = \text{الأشعاع الداخل القصير الموجه (كالورى/سم مربع يوم).} \quad \blacksquare$$

$$t = \text{درجة حرارة الهواء (مئوية).} \quad \blacksquare$$

