المحاضرة الخامسة : نقل وتوزيع مياه الري

انواع الجريان:

هنالك عدة انواع للجريان في القنوات والانابيب لكل منها قوانينها ومعادلاتها الخاصة وهي :

1 : الجريان الثابت Steady flow : يشير الى الحالة التي يكون فيها الجريان عند اي نقطة ثابت ولا يتغير مع الزمن (لا يحصل تغير لسرعة الجريان او لعمق الجريان مع الزمن)

2 : الجريان غير الثابت Unsteady flow : يكون الجريان متغير عند اي نقطة مع الزمن.

3 : الجريان المنتظم Uniform flow : وفيه يكون الجريان ثابت ومعدل السرعة ثابتة عند اي مقطع للجريان.

4 : الجريان غير المنتظم Non uniform flow : وفيه تتغير سرعة الجريان من مقطع لا خر.

5 : الجريان الطباقي (الانسيابي) Laminar flow

يحدث عندما يتحرك الماء على شكل طبقات متوازية وموازية لسطح الماء وبدون تغير في السرعة او اختلاط لطبقات الماء.

5 : الجريان الاضطرابي Turbulent flow

يحدث عندما تختلط اجزاء الماء وتتداخل مع بعضها كما تتذبذب السرعة تذبذباً جزئياً عن معدلاتها في كافة الاتجاهات.

ويستعمل رقم رينولد Reynolds number (وهو النسبة بين قوى القصور الذاتي و لزوجة السائل)

للتميز بين الجريان الطباقي والاضطرابي من خلال رقم رينولد:

الجريان الطباقي R . N < 2000

الجريان اضطرابي R . N > 4000

الجريان الانتقالي R . N = 2000 – 4000

اساسيات الجريان :

يحصل جريان الماء في الانابيب او في القنوات وفقاً لقانون حفظ الطاقة ، وتكون هذه الطاقة بثلاث صور هي :

1 : طاقة الجذب الارضي او الارتفاع

2 : طاقة الضغط.

3 : طاقة الحركة.ان هذه الانواع من الطاقة يمكن ان تتحول من نوع الى اخر ولكن مجموعها يبقى ثابتاً ويعبر عنها رياضياً:

الطاقة الكلية = الطاقة الحركية + طاقة الضغط + طاقة الارتفاع

$$E_T = V^2/2g + P/W + Y$$

معادلة برنولي :

اوجد برنولي اول قانون للجريان استناداً الى قانون حفظ الطاقة ويتص القانون على ان ((اذا تحرك سائل في مجرى ما فان الطاقة الكلية عند اي قطاع في ذلك المجرى تبقى ثابتة بإهمال فواقد الاحتكاك)) اي ان

$$V^2/2g + P/W + Y_1 = V^2/2g + P/W + Y_2 = V^2/2g + P/W + Y_3 = Constant$$

ويعبر عن الطاقة بوحدات الطول ، يعبر عنها بشحنة الارتفاع (Y) وشحنة الضغط (P/W) وشحنة السرعة ($V^2/2g$) اذ يتحرك الماء في القنوات والانابيب بتأثير مجموه هذه الطاقات الثلاث.

معادلة الاستمرارية :

يحتسب التصريف في القناة او الانبوب باستخراج معدل سرعة الجريان ومساحة المقطع العرضي للجريان ، وان كمية الماء الداخلة الى قناة او انبوب تخرج بنفس الكمية ولو تم تغيير المقطع العرضي للانبوب فان التصريف لا يتغير وانما تتغير السرعة لذلك فان :

$$Q_1 = Q_2 = Q_{3V} = Q_n$$

$$Q = AV$$

$$A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3 = A_nV_n$$

تسمى هذه المعادلة بمعادلة الاستمرارية وتطبق على جريان الماء في الأنابيب والقنوات عندما يكون الجريان ثابتاً.

جريان الماء في القنوات المفتوحة.

جريان الماء في القنوات المفتوحة:

القناة المفتوحة هي اي مجرى مائي لديه سطح حر معرض للضغط الجوي وتشمل الانهار والقنوات الصناعية والانابيب التي لا تكون مملوءة تماماً بالماء. ويختلف الجريان في القنوات والانابيب هو ان الماء يسير في الانابيب بتأثير شحنة الضغط والارتفاع ، بينما يتحرك الماء في القنوات المفتوحة بسبب الاختلاف في شحنة الارتفاع (بسبب انحدار القناة) لان الضغط متساوي عند جميع النقاط على مسار حركة الماء (الضغط الجوي).

شروط تصميم قنوات الري المفتوحة:

1 : يجب ان لا تكون سرعة الجريان في القناة عالية بحيث تسبب تعرية القناة او واطنة تؤدي الى ترسيب الطمي مما يقلل من سعة القناة.

2 : ذات سعة كافية لنقل كمية المياه المطلوبة.

3 : يجب ان يكون انحدارها مناسباً ومنتظماً على امتداد المجرى المائي.

4 : يجب ان تكون ذات وضع هيدروليكي جيد يجعلها مسيطرة على الحقول الزراعية.

5 :يجب ان تكون الانحدارات الجانبية للقناة ملائمة لبناء قناة ثابتة ومتينة.

6: يجب ان تكون الضائعات المائية اقل ما يمكن.

المعادلة العامة للجريان في القنوات هي معادلة تشيزي (Chezy)

$$V = C\sqrt{RS}$$

حيث ان :

V = معدل سرعة الجريان في القناة

R = نصف القطر الهيدروليكي

S = انحدار القناة

C = معامل يعتمد على ابعاد المقطع وخشونة القعر والجواب

تصميم القنوات المفتوحة :

1 : المحيط المبتل : يمثل مجموع اطوال الاجزاء التي تمثل جوانب القناة وقعر القناة والتي تكون بتماس مع الماء:

$$P = b + c + c$$

2 : مساحة المقطع العرضي : مساحة المقطع المبتل للقناة:

$$A = \frac{(b+t)}{2} d$$

3 : نصف القطر الهيدروليكي : النسبة بين مساحة المقطع العرضي للجريان والمحيط المبتل:

$$R = A / P$$

يعتبر نصف القطر الهيدروليكي متغير مهم ويستعمل لحساب سرعة الجريان في القناة ، حيث ان السرعة تتناسب طردياً مع جذر نصف القطر الهيدروليكي التربيعي:

$$V \text{ à } \sqrt{R}$$

4 : الانحدار slop : النسبة بين التغير العمودي الى التغير الافقي (طول القناة) لسطح الماء ، حيث ان السرعة تتناسب طردياً جذر الانحدار التربيعي :

$$V \text{ à } \sqrt{s}$$

5 : فضلة العمق (free board) : المسافة العمودية بين مستوى ارتفاع الماء في القناة الى العمق الكلي للقناة وتستعمل لمنع حصول تأثيرات على جانبي القناة نتيجة ضخ المياه بفعل تأثيرات الامواج او اي اسباب اخرى.

6 : زاوية الميل Ɵ : هي الزاوية التي تحدد ميل جوانب القناة وترتبط قيمتها بنوع التربة وعادة تكون كبيرة في الترب الطينية (انحدار شديد) وقليلة في الترب الرملية (انحدار قليل)

يكون تأثير نصف القطر الهيدروليكي وانحدار القناة على سرعة الجريان كالاتي:

$$V \text{ à } \sqrt{R}$$

$$V \text{ à } \sqrt{s}$$

$$V \text{ à } \sqrt{R\,S}$$

$$V = C\sqrt{R\,S} \text{ (معادلة تشيزي)}$$

اما المعامل (C) فيتم حسابه بواسطة معاملدلة مانك التالية :

$$C = 1/n\ R^{1/6}$$

حيث ان :

n : معامل خشونة مانك وله قيمة تتناسب مع طبيعة التربة .

عند نعويض قيمة ثابت مانينك في معادلة تشيزي نحصل على معادلة مانينك لحساب الجريان في القنوات وكالاتي :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

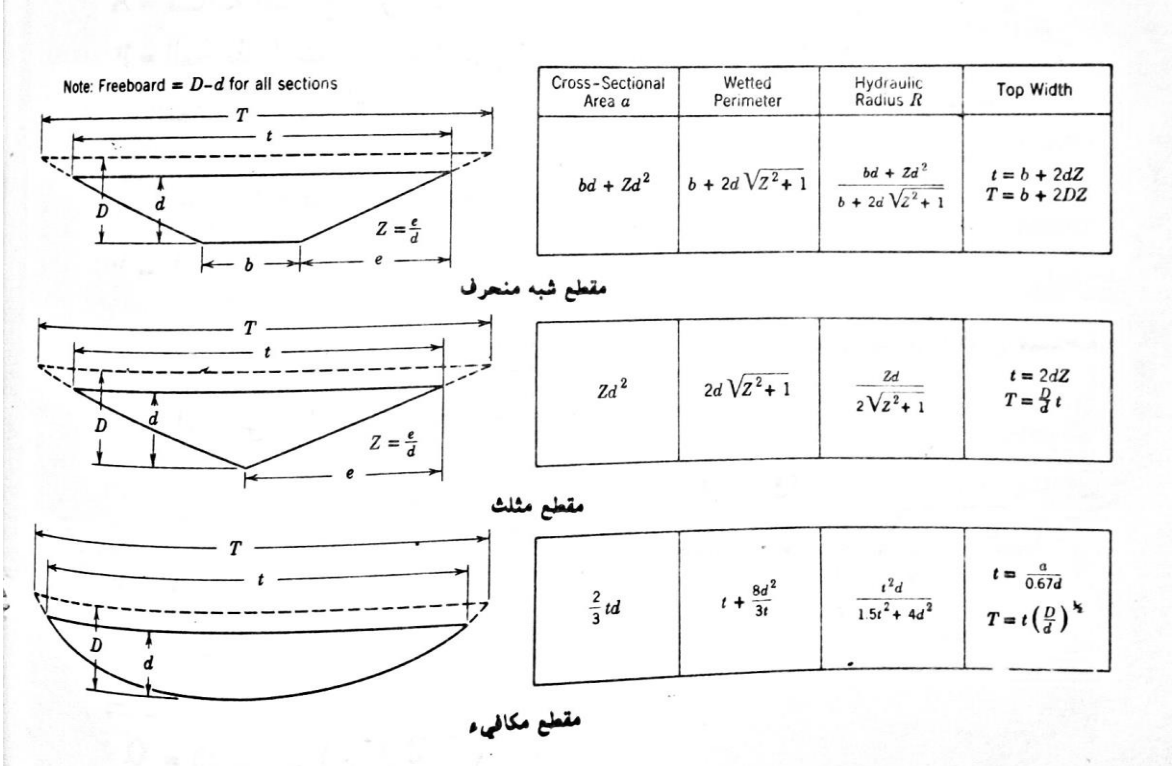
حيث ان :

V = معدل سرعة الجريان م / ثا

n = معامل مانينك للخشونة (بدون وحدات)

S = انحدار القناة ، م / م

R = نصف القطر الهيدروليكي ، م



Cross-Sectional Area a	Wetted Perimeter	Hydraulic Radius R	Top Width
$bd + Zd^2$	$b + 2d\sqrt{Z^2+1}$	$\frac{bd + Zd^2}{b + 2d\sqrt{Z^2+1}}$	$t = b + 2dZ$ $T = b + 2DZ$
Zd^2	$2d\sqrt{Z^2+1}$	$\frac{Zd}{2\sqrt{Z^2+1}}$	$t = 2dZ$ $T = \frac{D}{d}t$
$\frac{2}{3}td$	$t + \frac{8d^2}{3t}$	$\frac{t^2d}{1.5t^2+4d^2}$	$t = \frac{a}{0.67d}$ $T = t\left(\frac{D}{d}\right)^{\frac{1}{2}}$

شكل (1) مقاطع عرضية ومعادلات القنوات المفتوحة المنتظمة

حساب التصريف في القنوات المنتظمة :

يحسب التصريف من خلال تطبيق معادلة الاستمرارية :

$$Q = AV$$

Q = التصريف ، $م^3$ / ثا

A = مساحة المقطع العرضي للجريان ، $م^2$

V = معدل سرعة الجريان ، م / ثا

حساب التصريف في القنوات المفتوحة غير المنتظمة:

يتطلب قياس التصريف مايلي:

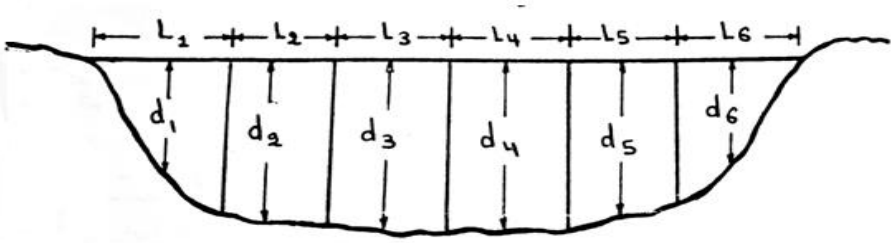
1 – مساحة المقطع العرضي للجريان

2 – السرعة المعدلة

يتم حساب مساحة المقطع العرضي بطريقة المقاطع البسيطة او باستخدام طريقة سمبسون (Simpson rule)

a: طريقة المقاطع البسيطة:

يتم تقسيم النهر او القناة الى عدة مقاطع



شكل (2) المقاطع البسيطة

نفترض اطوال المقاطع $L_1 , L_2 , L_3 \ldots\ldots\ldots L_n$

نفترض اعماق المقاطع $d_1 , d_2 , d_3 \ldots\ldots\ldots d_n$

مساحة المقطع العرضي = مساحة المقطع الاول + مساحة المقطع الثاني + ... مساحة المقطع الاخير

$$A = A_1 + A_2 + A_3 \ldots\ldots\ldots A_n$$

$$A = L_1 d_1 + L_2 d_2 + L_3 d_3 \ldots\ldots\ldots L_n d_n$$

تزداد دقة القياس بزيادة عدد المقاطع.

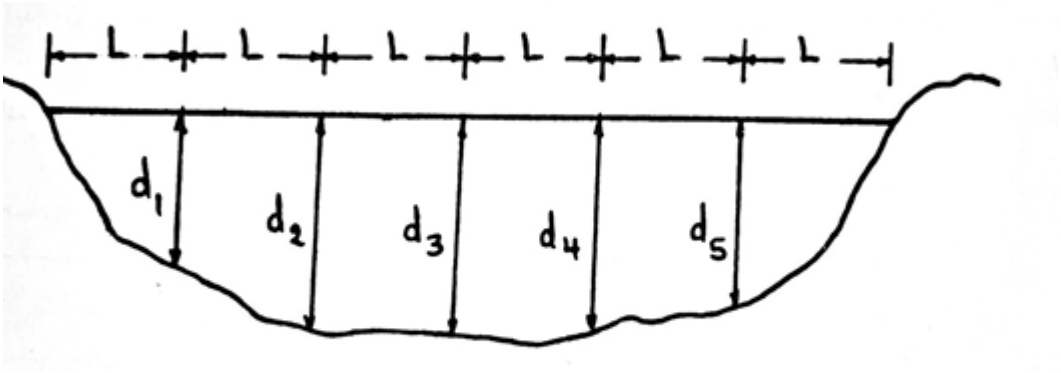
b : طريقة سمبسون :

يقسم النهر او القناة الى مقاطع متساوية وتؤخذ الاعماق في نهاية كل مقطع.

- **اطوال المقاطع المتساوية = L**
- **اعماق المقاطع في نهاية كل مقطع = $d_1 , d_2 , d_3 \ldots\ldots\ldots d_n$**

مساحة المقطع العرضي للجريان = $\frac{\text{طول المقطع}}{3}$ [(العمق الاول + العمق الاخير) + 2 (مجموع الاعماق الفردية) + 4 (مجموع الاعماق الزوجية)]

$$A = \frac{L}{3} \left(\left(d_1 + d_{last} \right) + 2 \left(d_1 + d_3 + d_5 \ldots\ldots \right) + 4 \left(d_2 + d_4 + d_6 \ldots\ldots \right) \right)$$



شكل (3) مقاطع طريقة سمبسون

القنوات الترابية :

يفضل ان تكون الانحدارات الجانبية في القنوات الترابية من (1.5 – 1) الى (3 - 1) ولا يفضل استعمال (1 - 1) الا في الجداول الصغيرة.

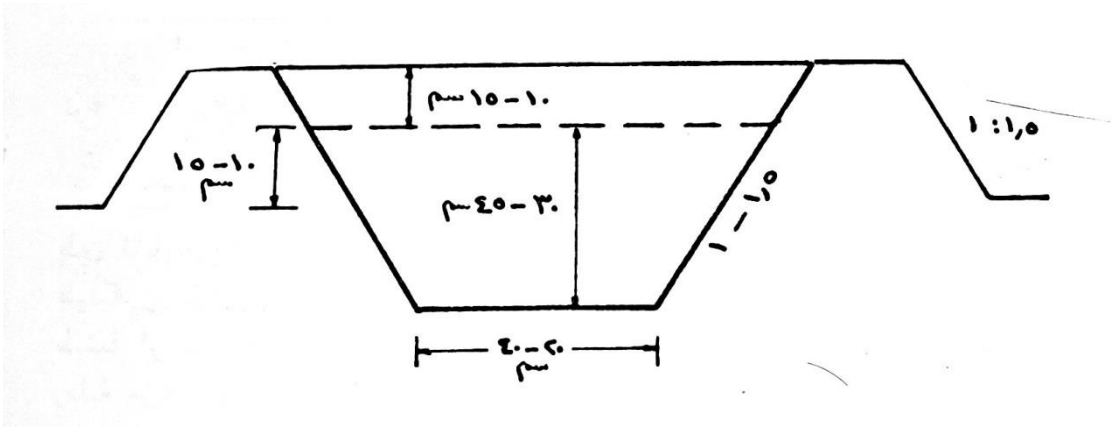
محددات القنوات الترابية:

1 : زيادة نسبة الضائعات

2 : سرعة الجريان تكون واطئة

3 : سهولة انهيارها وانكسار اكتاف القنوات بفعل التعرية والانجراف والحيوانات العارضة.

4 : نمو الادغال والحشائش يقلل من سرعة الجريان ويقلل من سعة القناة ويزيد من كلفة الصيانة



شكل (4) مقطع نموذجي لقناة ترابية (غير مبطنة)

القنوات المبطنة : تتميز بمييزات عكس محددات القنوات الترابية

الجريان في الانابيب

تستعمل بكثرة في اعمال الري والبزل وتعتبر اكفأ طريقة نقل للمياه ، والانبوب عبارة عن قناة مغلقة ذات مقطع دائري بعد ان يمتلئ الانبوب بالماء . ويتحرك الماء في الانبوب بتأثير الضغط والارتفاع ويحسب التصريف من خلال المعادلة:

$$Q = AV$$

ضائعات الاحتكاك في الانابيب:

تعتمد ضائعات الاحتكاك على العوامل التالية :

1 : سرعة الجريان : يرافق السرعة العالية للجريان مقاومة كبيرة بفعل الاحتكاك ، اي ان الاحتكاك يتناسب مع مربع السرعة لذلك تقل المقاومة عند السرع المنخفضة.

2 : حجم الانبوب : يؤثر نصف القطر الهيدروليكي على سرعة الجريان في الانابيب المملوءة بالماء :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A = d^2 \pi$$

$$\text{(المساحة) } A = \frac{D2}{4} \pi$$

$$\text{(المحيط) } P = \pi D$$

$$\text{(نصف القطر الهيدروليكي) } R = \frac{\pi D2}{4\pi D} = \frac{1}{4} D$$

الانبوب ذو القطر الكبير تكون قيمة R كبيرة فتكون السرعة عالية

3 : الخشونة : تعتمد على المادة المصنوع منها الانبوب ، فالانبوب البلاستيكي ذو خشونة واطئة مقارنة بالانبوب الكونكريتي وتختلف عن الحديد المغلون والالمنيوم ومع عمر الانبوب ايضاً.

4 : طول الانبوب : تتناسب الضائعات طردياً مع طول الانبوب.