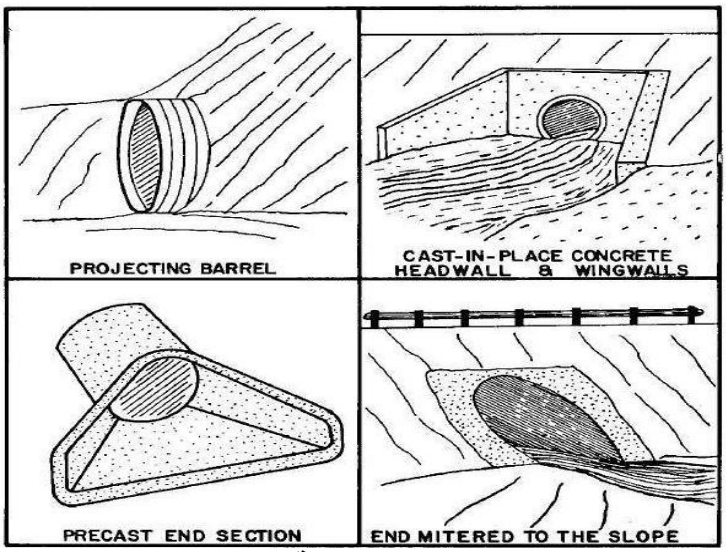
❖ خطوات التصميم الهيدروليكي :

3-1- الهدف

الهدف منه ايجاد أقصي ابعاد اقتصادية تمكن من تصريف كمية مياه الامطار المطلوبة دون زيادة مستوي المياه المسموح به.

3-2- مداخل العبارات

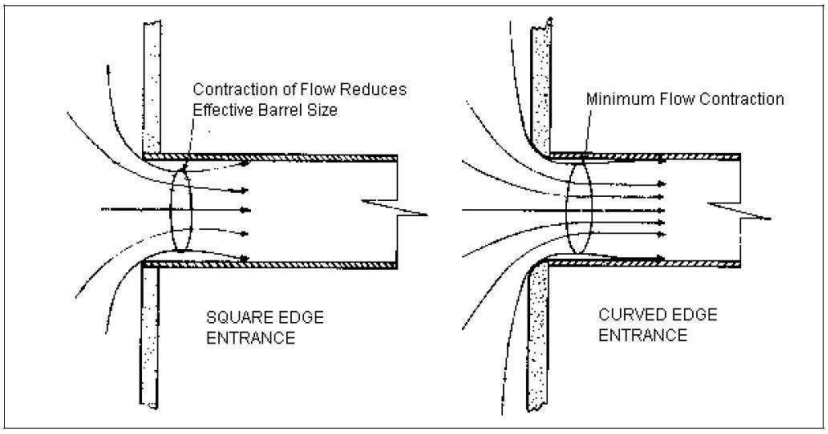
هناك ترتيبات عديدة و متنوعة تستعمل فى مداخل العبارات و تشمل النوعين المسبق الصنع و المصبوبة بالمكان ، و عادة يتم عمل مداخل العبارات إما بإبراز جزء من العبارة خارج الردم أو بتنفيذ جدران رأسية عند فتحة الدخول من الخرسانة المصبوبة بالمكان أو بوضع قطع طرفية للعبارة مسبقة الصنع أو بعمل تغليف طرفى حول مقطع العبارة متناسب مع انحدار جسم الردم، كما هو موضح فى الشكل (3-1).



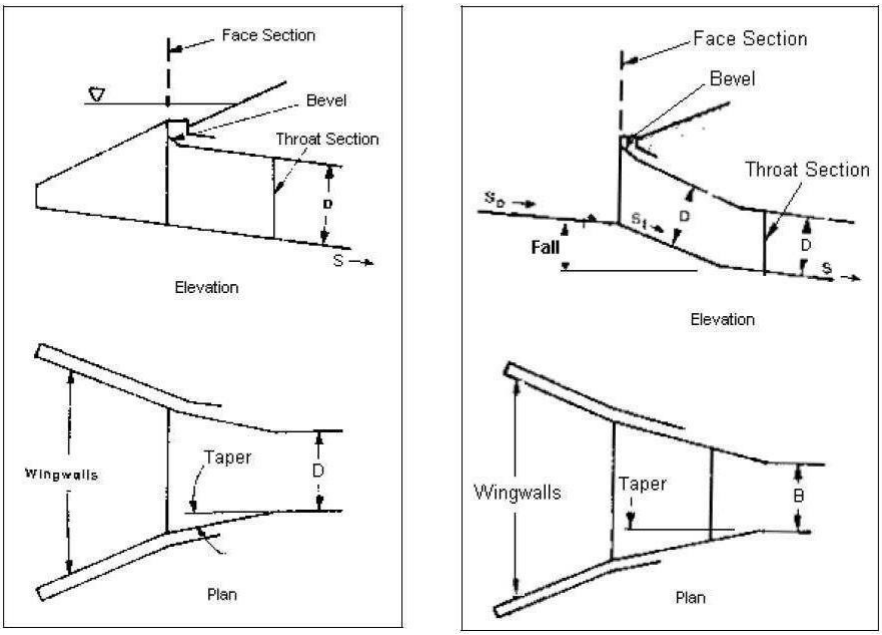
الشكل (3-1): الترتيبات المختلفة لمداخل العبارات

كما أن الثبات الإنشائي و الشكل المعمارى و السيطرة على التآكل و المحافظةعلى الردم تؤخذ بعين الإعتبار عند إختيار ترتيبات الشكل داخل العبارة ، من الممكن زيادة القدرة

الهيدروليكية للعبارة بالإختيار المناسب لترتيبات المدخل ، إن الأطراف المشطوفة لمدخل العبارات تعتبر أكثر كفاءة من الأطراف المربعة. و كذلك الجوانب المائلة و الانحدار الزائد لمدخل العبارة يشير الى جودة المدخل لأنه يزيد من الكفاءة الهيدروليكية للعبارة بإنقاصه لضياعات التدفق، تمثل الأشكال (3-2) و(3-3) الأطراف المشطوفة و الجوانب المائلة و الانحدارالزائد لمدخل العبارة وتأثيرها على التدفق.



الشكل (3-2)



الشكل (3-3)

3-2-1- عوامل اختيار مداخل ومخارج العبارات :

1. حالة الجريان المقترب من العبارة وسرعته.
2. ابعاد مقطع العبارة.
3. سرعة الجريان و حالته عند مخرج العبارة .

3-2-2- الاجزاء المستخدمة كحوائط امامية وخلفية للعبارات

1. **الحائط المستقيم:**

يستخدم كمدخل للعبارات الصغيرة ذات الميل بسيط الانحدار وعندما يكون محور المجرى منطبقا تقريبا على محور العبارة يمكن ايضا استخدام هذا النوع كمخرج للعبارة اذا كانت سرعة خروج الماء صغيرة وحائطه الخلفى من مادة قوية يصعب تاكلها ونحرها.

2. **الحائط على شكل زاوية:**

يستخدم كمدخل للعبارة اذا كان تخطيط العبارة بحيث يتطلب تغيير مفاجئ لاتجاه الجريان المقترب اليها.

3. **الحائط على شكل مجرى:**

الذى يستخدم كمدخل للعبارة حيث يتميز بسهولة تنفيذه كما يستخدم احيانا كمخرج للعبارة اذا كانت سرعة الخروج صغيرة وترعة الخلف من مادة قوية يصعب نحرها.

4. **الحوائط المنفرجة:**

تستخدم كمدخل للعبارة اذا كانت التصريفات الواردة اليها كبيرة نسبيا فى هذه الحالة فان قيمة زاوية الانفراج لا تحدد بقيمة معينة ويمكن اخذها فى حدود (30_75) درجة و يمكن ايضا

استخدام هذا النوع من الحوائط كمخرج اذا كانت قيمة السرعات عند المخرج كبيرة ، يفضل ان تكون الحوائط المنفرجة بحيث تميل مع اتجاه محور العبارة الطولى يجب الاشارة الى انه اذا كانت سرعة الجريان الخارج من العبارة كبيرة جدا فانه يجب تبديد الطاقة للجريان الخارج باستخدام احد منشأت تبديد مثل بركة التهدئة او استخدام القاع المائل .

5. حواجز الانقاض:

يصمم حاجز الانقاض ليوضع عند مدخل العبارة حتى يمنع الانقاض الطافية من دخول العبارة مما يسبب انسدادها ، عادة مايؤخذ الاتساع بين العوارض الرأسية فى حدود (1/3_1/2) البعد الصغير للعبارة و من الممكن ان تنفذ حواجز الانقاض من العوارض الخشبية او تلك المصنوعة من الخرسانة المسلحة.

3-3- هيدرولوجيا العبارات :-

يشمل التحليل الهيدرولوجي تقدير معدل التدفق التصميمي الذي يعتمد علي خصائص حوض الجريان والخصائص المناخية و هذا التحليل هو احد المفاهيم الاكثر اهمية في تصميم العبارات و عندما توجد شكوك احصائية حول التحليل الهيدرولوجي فان نتائج التحليل لن تكون بالدقة المطلوبة للتحليل الهيدرولوجي للعبارة.

3-3-1- النقاط التى يجب اخذها فى الاعتبار عند التصميم الهيدروليكى للعبارة

1. معرفة اقصى ارتفاع مسموح به للمياه

- فى حالة عدم السماح بارتفاع كبير للمياه امام العبارة ذلك يؤدى الى زيادة ابعاد مقطعها و بالتالى زيادة تكاليف انشاؤها.

- نقصان ابعاد العبارة يؤدى الى زيادة ارتفاع المياه المتجهة امامها مما قد يسبب مشاكل للطريق نفسه و كذلك للمجرى نسبة للنحر الناتج عن السرعات الكبيرة المتوقعة .كذلك للمرور فوق الطريق نتيجة للغمر المحتمل بالمياه المتجمعة امام العبارة .

على ذلك نجد ان المشكلة التى يجب حلها مبدئيا تنحصر فى تحديد اقصى ارتفاع مسموح به للمياه فى الامام من العبارة مع تقليل التكاليف الانشائية قدر الامكان .

2. التدفق التصميمي الاعلي (تدفق الذروة):-

عندما تعبر موجة الفيضان لنقطة علي طول المجري فان التدفق يزداد الي الحد العلي ثم ينحسر ، يدعي معدل التدفق الاعلي بتدفق الذروة و ان تدفق الذروة كان و لا زال العامل الرئيسي في عملية تصميم العبارة ، في التصميم التقليدي للعبارة يتم عمل المنشأ بالحجم الذي يمرر تدفق الذروة من احد جوانب جسم الطريق الي الجانب الاخر مع الاخذ بعين الاعتبار منسوب مقبول للمياه امام مدخل العبارة ، تعتمد شدة تدفق الذروة علي زمن التكرار و ان زمن التكرار يتعلق بأهمية الطريق و مقدار الاضرار المتوقعة نتيجة الفيضان ، بالنسبة للمناطق المجهزة بمقاييس يتم عمل التحليلات الاحصائية وفقاً للتدفق المسجل بمجري السيل و ذلك للحصول علي تقدير تدفق الذوة التصميمي من اجل زمن تكرار محدد وتزداد دقة هذا التقدير بإزدياد القياسات المأخوذة اما بالنسبة للمناطق غير المقاسة فهنالك مشاكل تصميمية اكثر صعوبة.

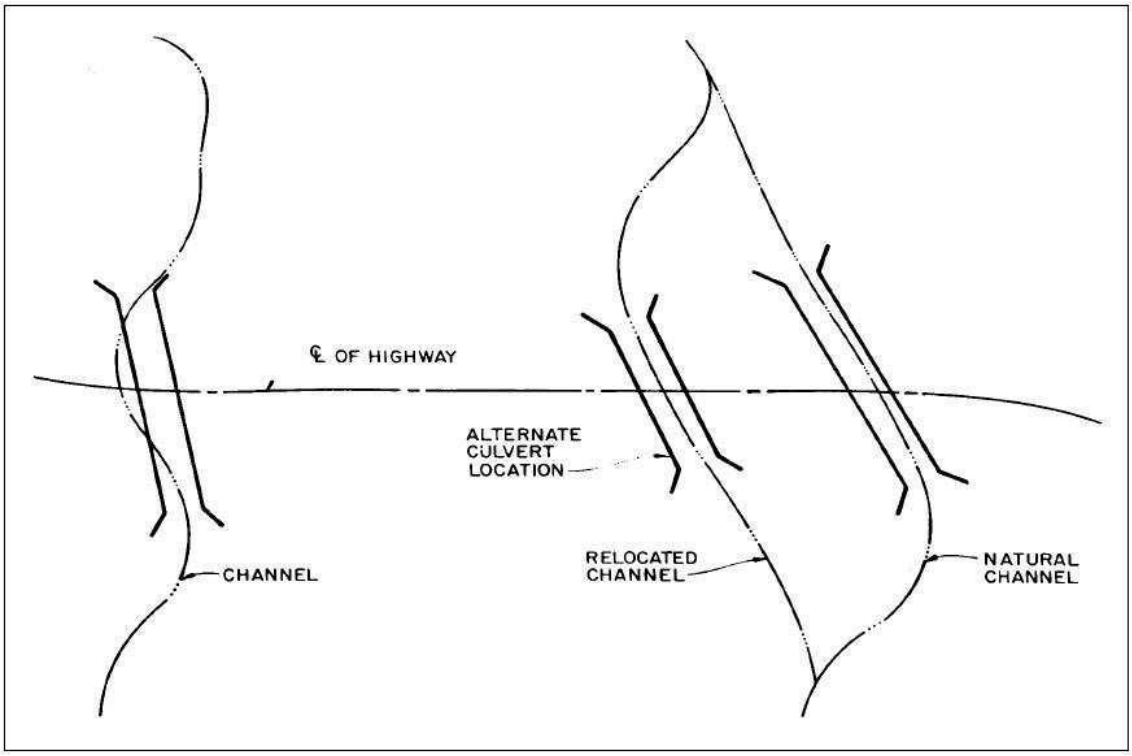
3. بيانات الموقع:-

بيانات الموقع الواجب أخذها في الإعتبار هي :

1. موقع العبارة :

إنه من المثالى وضع العبارة فى قناة المجرئ لتخفيض تكلفة أعمال الحفر. و لكن هذا الأمر غير ممكن دائماً فهناك بعض أسرة الجداول تكون ملتوية وغير مناسبة للعبارات المستقيمة ، وفى حالات أخرى قد حرف قناة الرى عن مكانها لتفادي الحاجة الى عبارة طويلة بشكل غير

إعتيادي ، يوضح الشكل (3-4) مثالين عن إجراءات موقع العبارة، الأول تكون فيه العبارة متوافقة مع إستقامه القناة الطبيعية و الثانى يمثل حرف القناة لتقصير طول العبارة.



الشكل (3-4): حالات تحديد موقع العبارة

2. بيانات مجرى الماء :-

إن تركيب العبارة لحمل الماء عبر جسم الطريق يؤدي الى تقليص فى مساحة مستوي الفيضان. وللتنبأ بنتائج هذا التعديل، يتوجب بعض البيانات الدقيقة قبل عملية التنفيذ. تشمل هذه البيانات معلومات عن المقطع العرضي، وانحدار القناة والمقاومة الهيدروليكية لقناة المجرئ و مستوى الفيضان، وأي ظروف ممكن أن تؤثر على منسوب الماء فى المنطقة بعد مخرج العبارة، وسعة تجميع الماء قبيل مدخل العبارة. و من المفيد إلتقاط بعض الصور الفوتوغرافية لظروف و حالة الموقع .

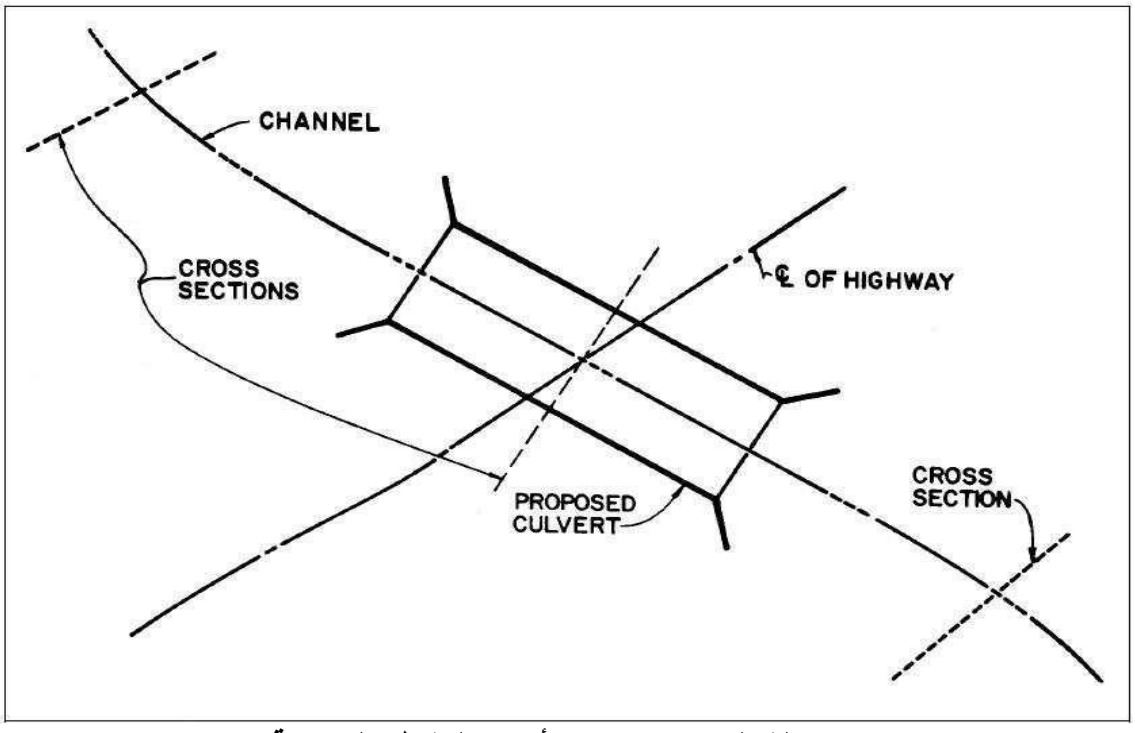
البيانات المطلوبة عن المجري :-

1. المقاطع العرضية :

من المفضل أخذ بيانات المقطع العرضي للمجرى عن طريق المساحةالحقلية . ويجب أخذ بيانات ثلاثة مقاطع عرضية على الأقل لتحديد انحدارالمجرى و هذه المقاطع تكون على الشكل التالي :

- مقطع قبل التقاطع مع الطريق بـ ٣٠ متر (أي قبل مدخل العبارة المفترض).
- مقطع بعد التقاطع مع الطريق بـ ٣٠ متر(أي بعد مخرج العبارة المفترض).
- مقطع واقع بين المقطعين السابقينعند محور الطريق.

يمكن الحصول على عرض المجرئ الطبيعي و انحدارالجوانب و عرض مستوي الفيضان من المقاطع العرضية السابقة. و تفيد هذه المقاطع أيضاً للتأكد من دقة الخرائط الطبوغرافية المتوفرة ، يوضح الشكل (3-5) أماكن المقاطع العرضية الثلاثة الواجب عملها.



الشكل (3-5): تحديد أماكن المقاطع العرضية

2. إنحدار المجرى:

يجب تحديد انحدار أو الميل الطولى للمجرى المجاور للعبارة المفترضة و ذلك لملائمة وضع العبارة فى المقطع الرأسي و لتحديد خصائص التدفق فى المجرئ الطبيعي. غالباً يتم وضع العبارة بنفس الميل الطولى لمجرئ السيل.يمكن معرفة عمق نقاط المجرئ من المقاطع العرضية و بمعرفة المسافة بين المقاطع العرضية، يتم حساب الميل الطولى للمجرى المائى.

3. مقاومة الجريان :

يجب تقرير عامل المقاومة الهيدروليكى للقناة الطبيعى لحساب حالات التدفق يسمى هذا المعامل بمعامل مانج و تكون قيمته كاتالى :

- فى حالة المقطع العرضى المنتظم تتراوح بين (01._08.)
- فى حالة المقطع العرضى غير المنتظم فيجب زيادة القيمة السابقه بمقدار (01._02.)
- فى حالة التدفقات من اعلى الجبال و عند معدل تدفق الذروة تتراوح قيمته من (04._05.)

4. منسوب الماء خلف مخرج العبارة :

يتأثر أداء العبارة بمنسوب سطح الماء بالقرب من مخرجها. ولهذا يجب التحقق من عدم حصول إرتفاع كبير في منسوب هذا الماء عند حدوث الفيضان. والتأكد من عدم وجود عوائق أو أي أشياء أخرى تؤدي الى تخزين كبير للماء خلف مخرج العبارة. كما أن منسوب الماء عند مخرج العبارة يعتمد على منسوب الماء فى قناة المجرئ و هذا المنسوب يمكن حسابه بدقة باستخدام طرق حساب منسوب الماء أو يمكن تقديره باستخدام التقريبات المبسطة لعمق الماء.

5. سعة التخزين أمام مدخل العبارة :

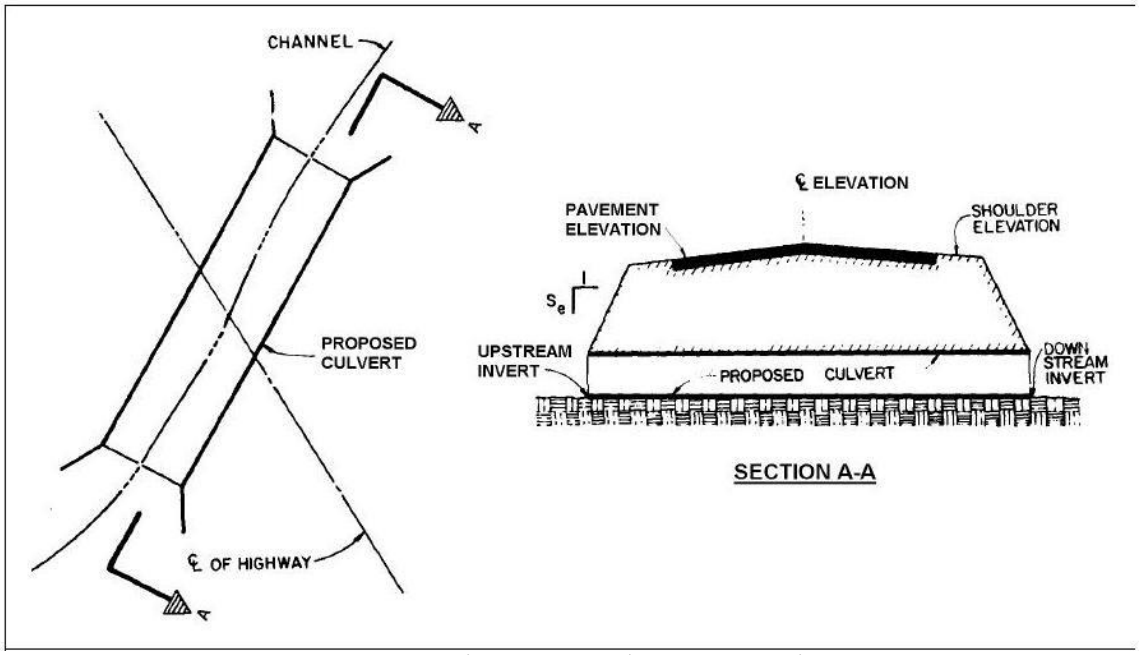
إن سعة تخزين الماء أمام مدخل العبارة قد يؤثر على تصميمها يمكن الحصول على سعة التخزين من الخرائط الكنتورية ذات المقياس الكبير لمنطقة الجريان للعبارة . ومن المفضل أن تكون خطوط الكنتور لهذه الخرائط بتباعدات لا تزيد عن ٥٠متر. وإذا لم تتوفر هذه الخرائط فيمكن الحصول على سعة التخزين بعمل مقاطع عرضية للمجرى فى هذه المنطقة.

3. بيانات خط الطريق :-

إن خط الطريق الموجود أو افتراض أن يكون، يؤثر على تكلفة العبارة و على طاقتها الهيدروليكية و على اتجاهها يمكن الحصول على المقطع الطولى لخط الطريق و كذلك على المقاطع العرضية من الرسومات الأولية للطريق أو من التفاصيل النموذجية لمقاطع الطرق البيانات المطلوبة هي :

1. **المقطع العرضي للطريق :**

عادة يتوفرالمقطع العرضي العمودي على خط الطريق بشكل نموذجي من مخططات الطريق السريع. على أية حال، إن المقطع العرضي الذي يحتاجه مصمم العبارة هو المقطع الواقع عند منطقة التقاطع مع خط المجرئ ، هذا المقطع يمكن ان يكون مائلاً بزاوية على محور الطريق كما يوضح الشكل (3-6).



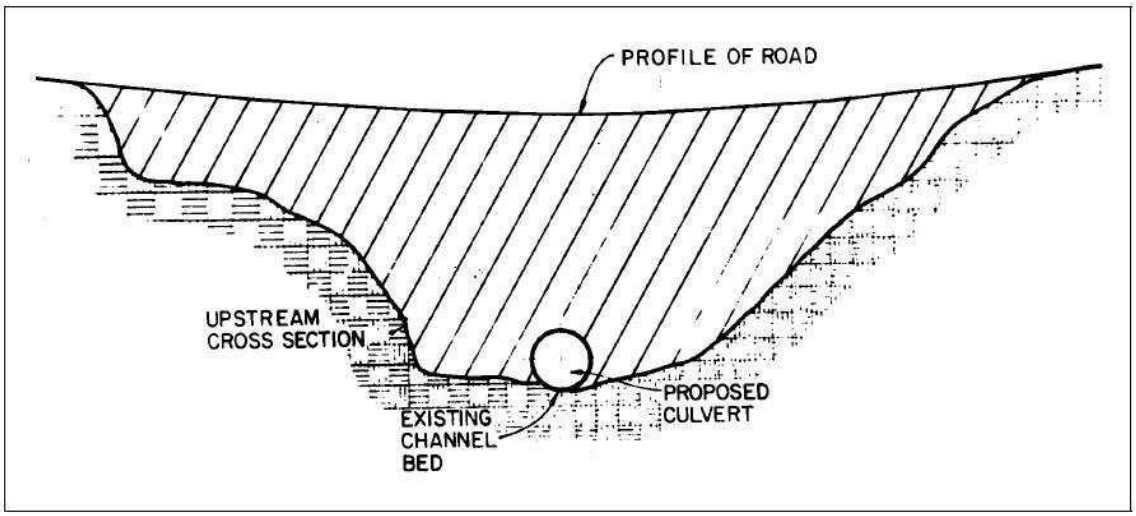
الشكل (3-6): المقطع العرضي للطريق عند تقاطعه مع المجر ى المائي

2. **طول العبارة :**

إن أبعاد و قياسات العبارات ستصبح واضحة عند قياس و معرفة المقطع العرضي المطلوب للطريق. سيتم معرفة ابعاد العبارة بتطبيق خط العبارة المفترض على المقطع العرضي للطريق وعلى مسقط خط الجريان كما هو موضح فى الشكل (3-6). هذا التطبيق سيحدد منسوب قاعدة مد خل و مخرج العبارة. وإن هذاالمنسوب وكذلك طول العبارة الناتجين سيكونا تقريبيين حتى يتم تثبيت القياسا ت النهائية للعبارة.

3. **المقطع الطولي للطريق :**

يظهر المقطع الطولى للطريق منطقة التقاطع مع خط الجريان . و إن جسم الطريق عند منطقة التقاطع مع المجرئ يتصرف كسد. و تمثل العبارة بوابة تحرير طبيعية لمياه هذا السد. و تمثل قمة الطريق فوهة تدفق عند الطوارئ فى حال الإرتفاع الزائد فى منسوب الماء أمام جسم الطريق. و إن موقع قمة الطريق عند منطقة التقاطع مع خط الجريان تتبع للدراسات البعدية (الجيومترية) للمقطع الطولى للطريق. أنظر الشكل (3-7).



الشكل (3-7): المقطع الطولي للطريق عند نقطة تقاطعه مع المجرى المائي

إن المقطع الطولى الموجود فى مخططات الطريق يمثل مقطع طولى مار بمحور الطريق. و لهذا فإن مناسيب هذا الخط قد لا النقطة الأعلى فى المقطع العرضي للطريق. و لهذا

فعلى مصمم العبارة أن ينتقي المقطع الطولى الذي يثبت مناسيب نقاط الفيضان أو الإنسكاب من بين المخططات المتوفرة.

4. **إرتفاع عمود الماء أمام العبارة :-**

إن العبارة الأكثر إقتصادية هي العبارة التى تستخدم إرتفاع عمودها المائى عند مدخلها لتمرير التدفق التصميمي. و لهذا فإن سعة التصريف للعبارة تزداد بازدياد منسوب عمودها المائى عند مدخلها. ويعتمد تصميم منسوب العمود المائ امام مدخل العبارة على عدة عوامل اهمها الإعتبارات الإقتصادية والقيود التنظيمية.

❖ **تلخيص البيانات المطلوبه فى تصميم العبارات :-**

1. تدفق الذروة يكون عن طريق القياس او الحساب بالصيغ الرياضية
2. موقع العبارة يكون اعتمادا على خصائص الموقع بما تتضمنه من معلومات عن المجرى (مقاطع عرضيه - انحدار - استقامة).
3. المقاطع العرضية عن طريق المسح الحقلى او عن طريق الخرائط الطبوغرافية .
4. مقاومة الجريان عن طريق المعاينة و التصوير و الحساب .
5. منسوب المياه الفعلى خلف المخرج عن طريق المسح الحقلى او عن طريق الخرائط الطبوغرافية.

3-4- حالات التصريف :-

1. الحالة الاولى:(مغمورة المدخل والمخرج)

وتحدث عندما يكون التصريف اسفل العبارة غير مكتمل فالتحكم فى التصميم يكون عند المخرج اسفل التصريف.

2. الحالة الثانية:(مغمورة المدخل والتصريف حر)

تحدث عندما يكون التصريف اسفل العبارة غير مكتمل فالتحكم فى التصميم يكون عند المخرج اسفل العبارة.

3. الحالة الثالثة :(مغمورة المدخل التصريف جزئ)

تحدث عندما يكون عمق الماء عند المخرج اقل من قيمته و بذلك يحدث جريان جزئ ويكون التحكم عند المدخل.

3-5- حساب التصريف في العبارات

يحسب من العلاقة :-

$$Q = \frac{A}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{-----(3-1)}$$

حيث:

A= المساحة

n= معامل مانننج

R= نصف القطر الهيدروليكي

$$R = \frac{A}{P} \text{-----(3-2)}$$

P= المحيط المبتل

S= ميلان السطح

Q= معدل السريان "m3/s"

يمكن حساب التصريف من الاتي :-

$$Q=A*R*I \quad \text{-----(3-3)}$$

حيث:

A= المساحة المبتلة

R= شدة نزول المطر

I= معامل شدة المطر

شدة نزول المطر تحسب من الاتي :

$$R=\frac{131}{T+16} \quad \text{-----(3-4)}$$

T= زمن نزول المطر (دقيقة)

3-5-1- حساب الفواقد في العبارات :-

هناك ثلاثة انواع من الفواقد :-

فواقد طاقة الدخول :

$$H_{in}=k*v2/2g \quad \text{-----(3-5)}$$

فواقد طاقة الخروج :

$$H_{out}=v^2/2g \quad \text{-----(3-6)}$$

فواقد طاقة السريان :

$$H_f=l*s \quad \text{-----(3-7)}$$

حيث ان :

k= معامل يؤخذ دائما (0.5)

v= سرعة السريان

g= عجلة الجاذبية الارضية

l= طول العبارة

s= ميلان سطح العبارة

فواقد الطاقة الكلية = فواقد طاقة الدخول + فواقد طاقة الخروج + فواقد طاقة السريان

$$H_t=(k*v^2/2g)+(v^2/2g)+l*s \quad \text{-----(3-8)}$$

$$Q=A*V \quad \text{-----(3-9)}$$

$$V=Q/A \quad \text{-----(3-10)}$$

بتعويض قيمة V في المعادلة (1) نجد ان :

$$V=1/n*R^{2/3}*S^{0.5} \quad \text{-----(3-11)}$$

$$S=H/L \quad \text{-----(3-12)}$$

$$V=1/n*R^{2/3}*(H/L)^{0.5} \quad \text{-----(3-13)}$$

$$V^2=1/n^2*R^{4/3}*H/L \quad \text{-----(3-14)}$$

$$H=V^2*n^2*L/R^{4/3} \quad \text{-----(3-15)}$$

الفواقد الكلية =

$$H_t=k*v^2/2g + v^2*n^2*l/r^{4/3} + v^2/2g \text{ -----(3-16)}$$

$$H_t=[1+k+n^2*l*2g/r^{4/3}]*v^2/2g \text{ -----(3-17)}$$

من معادلة الاستمرارية نجد ان :

$$V^2=Q^2/A^2=16Q^2/D^4*\pi^2 \text{ -----(3-17)}$$

بالتعويض في معادلة الفواقد :

$$H_t=[1+k+n^2*l*2g/r^{4/3}]*8Q^2/ D^4*\pi^2*g \text{ -----(3-18)}$$

❖ **حسابات التصميم الهيدروليكي**

6-3- التصميم الهيدروليكي

B=8m y=3m

Z=1.7m $Qc=30m^3/s$

حيث ان:-

B = عرض الطريق

Y= ارتفاع العبارة

Z= الميلان الجانبي

Q_c= السريان (التصريف)

1. **نوجد مساحه المجري المائي من العلاقة التالية :-**

$$A_c=[b+z*y]*y$$

$$=[8+1.7*3]*3=39.3m^2$$

2. **نحسب سرعة التصريف في المجري المائي من العلاقة:-**

$$V_c=Q_c/A_c$$

$$=30/39.3=0.76\ m/s$$

3. **نحسب سرعه العبارة :-**

$$V_{culvert}=(2-3)V_c$$

$$V_{culvert}=2*0.76=1.52m/s$$

- يجب ان تحقق الشرط :

$$1.2<V_{culvert}<1.8$$

$1.2<1.52<1.8$

4. **نحسب مساحه العبارة :-**

$$A_{culvert}=Q/V_{culvert}$$

$$=30/1.52=19.7m^2$$

5. **نحسب مساحه فتحه العبارة :-**

$$A_{culvert}=3^2=9m^2$$

6. **نحسب سرعه العبارة للفتحة المختارة :-**

$$V_{culvert}=Q_c/A_{culvert}$$

$$=30/19.7=1.52m^2$$

يجب ان تحقق سرعة العبارة للفتحة المختارة الشرط التالي :

$$2> V_{culvert} > 0.8$$

$$2>1.52>0.8$$

Ok

السرعة مقبولة

7. **نحسب H_{up} للتاكد من سلامة التصميم الهيدروليكي للعبارة من العلاقة : -**

$$H_{up}=V_{CULVERT}^2[C_{enter}+C_{exit}+C_p+C_{sc}]$$

حيث ان :

C_{enter}= تعتمد علي فقدان المدخل

C_{exit}= يعتمد علي فقدان المدخل وتكون قيمته (1)

حساب قيمة كلا من C_P,C_{SC} من العلاقات التالية :-

$$G_P=a(1+b/r)*l/r$$

$$C_{SC}=Ø[t/b]\sin(a)$$

حيث ان :-

L= طول العبارة

R= المحيط المبتل- ويحسب من العلاقة :

$$R=S/4$$

Ø= معامل يعتمد علي قطاع الاسياخ

a= زاوية ميل الشبكة وتاحذ في القالب 60°

t= قطر حديد التسليح

b= المسافة بين حديد التسليح

بالتعويض في المعادلتين السابقتين نجد ان :

$$R=4/4=1$$

جدول يوضح القيم المختلفة لمعاملات الاحتكاك :-

	خرسانة	فولاذ
A	0.005	0.004
B	0.03	0.02

$$C_P=0.005(1+0.003/1)*8/1=0.041$$

ASSUME:

$$Ø=1.78$$

$$t=12$$

B=25

$\sin(60)=\frac{\sqrt{3}}{2}$

$C_{SC}=1.78(12/25)*\frac{\sqrt{3}}{2}=0.739$

بالتعويض في المعادلة نجد ان :

$H_{UP}=1.52^2/2*9.81[0.05+1+0.041+0.739]=19.47cm < 20cm$

تم التاكد من سلامة التصميم وعليه فهو امن و صالح للاستخدام.