❖ خطوات التصميم الانشائي

4-1- مقدمة

يقدم هذا الدليل إجراءات التصميم الإنشائي للعبارات بما يتوافق مع طريقة LRFD (طريقة التصميم بعامل الحموله والمقاومه)

4-1-2- الخلوصات

يتم تحديد الخلوصات بشكل عام بنوعيها الرأسي و الأفقي للمنشآت الكبيره على المعابر المائيه و الملاحيه، مثل الجسور و العبارات الجسريه بالتشاور مع الجهات الحكوميه المعنيه (خفر السواحل أو أي جهات أخرى ذات الصلة الأمر).

أما بالنسبة للعبارات العادية (الأنبوبية – الصندوقية – القوسية – الإهليلجية ...إلخ)، فهناك حدود دنيا لهذه الخلوصات على المصمم الإلتزام بها وأخذها بعين الإعتبار عند التصميم.

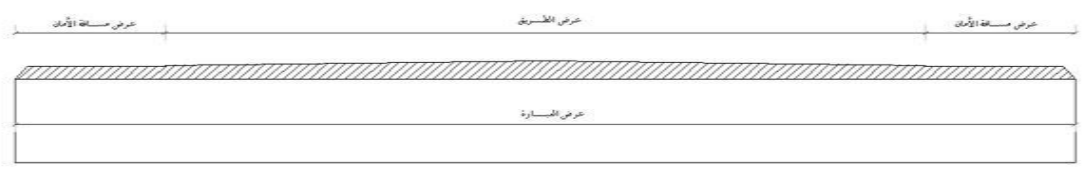
1. **الخلوصات الأفقية :-**

تمثل الخلوصات الأفقية للعبارات عرض العبارة الذي قد يساوي عرض الطريق أو يزيد عنه، وهنا لدينا حالتان:-

أ- حالة وجود مناطق أمان على جانبي الطريق كما هو موضح بالشكل

تتميز هذه الحاله بعدم وجود حواجز حمايه ويكون هنا :-

عرض العبارة = عرض الطريق + عرض مناطق الأمان



شكل (4-1)الخلوصات الأفقية للعبارة حالة وجود مناطق أمان على لجانبي الطريق

ب- حالة عدم وجود مناطق أمان على جانبي الطريق :-

تتميز هذه الحاله بوجود حواجز حمايه، ويكون عرض العبارة تبعاً لنوع الحاجز كما هو موضح في الجدول

جدول(4-1): عرض العبارة حسب نوع حاجز الحماية

نوع الحاجز	عرض العبارة
حاجز معدني بمقطع W أو مقطع Thrie	عرض الطريق + 3 م
حاجز خرساني من نوع PORTA	عرض الطريق + 2.3م
حاجز خرساني مصمت (Parapet)	عرض الطريق + 1 م

2. الخلوصات الرأسية :-

يوجد حالتان و هما :-

أ- الخلوصات الرأسية للعبارات على الممرات المائيه عدا القنوات :-

يمكن توضيح الخلوصات الرأسيه في الجدول التالي

جدول (4-2) الخلوصات الرأسية

نوع العبارة	طول الفتحة	الخلوص الرأسي	تحقيق الشرط الإضافي التالي
العبارات الأنبوبية	أصغر من 3.56 م	نسبة عمق الماء المتدفق إلي العبارة إلي قطر العبارة أصغر أو يساوي 1.25 من أجل تدفق محسوب لفتره رجوع25 سنة	ان يمرر التدفق المحسوب لفتره رجوع100سنة دون غمر الطريق
العبارات الصندوقية المغلقه	أصغر من 3.65 م	نسبة عمق الماء المتدفق إلي العبارة إلي إرتفاع العبارة أصغر أو يساوي 1.25 من أجل تدفق محسوب لفتره رجوع25 سنة	أن يمرر التدفق المحسوب لفتره رجوع 100 سنة دون غمر الطريق
جميع الأنواع الأخرى من منشآت الجسور والعبارات	أكبر أو يساوي 6م	لا يقل عن 6 م من اجل تدفق محسوب على فتره رجوع 50 سنة	أن يمرر التدفق المحسوب لفتره رجوع 100 سنة دون غمر الطريق
جميع الأنواع الأخرى من منشآت الجسور والعبارات	أكبر أو يساوي 6م	لا يقل عن 6 م من اجل تدفق محسوب علي فتره رجوع 50 سنة	أن يمرر التدفق المحسوب لفتره رجوع 100 سنة دون غمر الطريق

ب- الخلوصات الرأسية للعبارات على القنوات المائيه :-

يجب أن لا يقل الخلوص الرأسي لجميع العبارات والجسور على القنوات المائيه

عن 3م وبشرط إضافي هو أن يمرر أعلى تدفق من تحت أخفض عنصر في المنشأه

2-4 خطوات تصميم العبارات المصبوبة في المكان ذات المقاطع الصندوقية المغلقة والمفتوحة

يجب أن يتطابق تصميم العبارات الخرسانيه المصبوبه في المكان مع "القسم5" و"القسم 12" منAASHTO LRFD bridge design specification

1-2-4 المواد

سيتم إستعمال الخرسانة من الصنف (Class 40) وحديد التسليح من الصنف (Grade 60)في هذا التصميم.

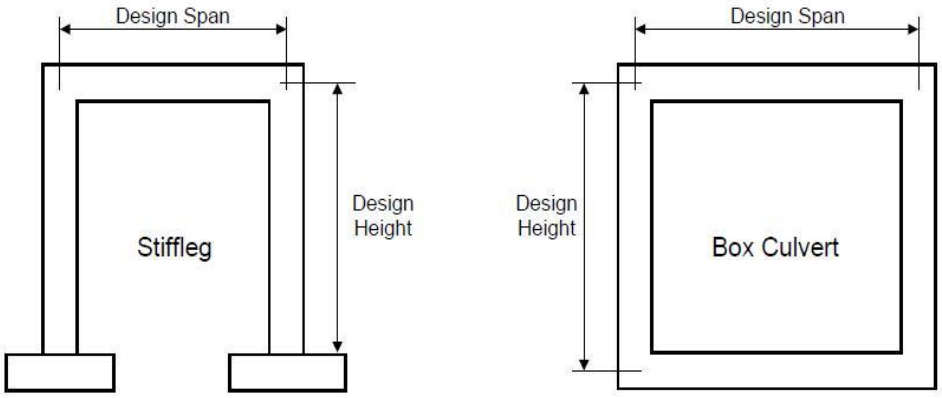
منالممكن إستعمال الخرسانة من الصنف (Class 40B) للأساسات وأرضية العبارة وجدراها يتم إستعما ل خرسانة من الصنف (Class 40A) من أجل بلاطات السطح الى لا يزيد إرتفاع الردم فوقها عن 0.6 م ، أما في حالة زاد إرتفاع الردم عن هذا الحد فيجب إستعمال خرسانة من الصنف(Class 40B)

2-2-4 التركيب

يتم وضع حديد التسليح الرئيسي في حالة العبارات المائلة بزاوية تزيد عن 25° عن محور الطريق،بحيث يكون متعامدا مع المحور الطولي للعبارة. أما في حالة العبارات المائلة بزاوية أقل أو تساوي 25° عن محور الطريق، فيتم وضع التسليح الرئيسي بشكل مائل عن محور الطريق بنفس ميل العبارة ويحسب طول فتحة العبارة على أساس الميل الموجود.

3-2-4 الإشتراطات البعدية

- يجب أن لا يتجاوز طول فتحة العبارات الخرسانية المصبوبة في المكان ذات المقاطع الصندوقية المغلقة في أي حال من الأحوال عن 4.5 م.
- ويجب أن لايتجاوز طول الفتحة في حالة المقاطع ذات الأرجل (الصندوقية المفتوحة) في أي حال من الأحوال عن 7.6 م.



شكل (4-2) المقاطع الصندوقية والمقاطع المفتوحة

- وعندما يتجاوز طول الفتحة الحدود السابقة، فيجب إختيار مقاطع أخرى كالمقاطع المتعددة الفتحات.
- إذا كانت المسافة بين سطح الرصف المنتهي وسطح بلاطة العبارة أقل من 100مم، فيجب أن تقل سماكة التغطية الخرسانية للطبقة العليا من الحديد عن 65 مم. ويجب أن يكون جميع الحديد الواقع على عمق أقل من 100مم من سطح البلاطة، مطلي بالإبوكسي.
- أما إذا كانت المسافة بين سطح الرصف المنتهي وسطح بلاطة العبارة أكبر من 100مم وأقل من 600مم، فيجب أن لا تقل سماكة التغطية الخرسانية للطبقة العليا من الحديد عن 65 مم. ولا يشترط أن يكون الحديد مطلي بالإيبوكسي
- وإذا كانت المسافة بين سطح الرصف المنتهي وسطح بلاطة العبارة أكبر من 600 مم، فيجب أن لا تقل سماكة التغطية الخرسانية للطبقة العليا من الحديد عن 60 مم، ولا يشترط أن يكون الحديد مطلي بالإيبوكسي.
- يجب أن لا تقل سماكة جدران العبارة عن 254مم ويجب تسليحها بشبكي تسليح.
- يجب أن لا تقل سماكة البلاطة عن 205 مم أو 30/(3000+ S) أيهما أكبر حيث أن طول الفتحة S (مم) يمثل المسافة الصافية بين أوجه الجدران ومن خلاله يتم تحديد السماكة الدنيا.
- يتم وضع وصلات التنفيذ (بمفاتيح قص) بين قطع العبارة بشكل عرضي على محور قناة العبارة في الجدران وفي البلاطات العلوية والسفلية. ويجب أن لا تزيد المسافة بين الوصلات عن 12 م. ويمكن السماح للمقاول بإستبدال وصلات التنفيذ بوصلات تقلص

يوافق عليها من قبل المهندس.

- يجب أن لا يقل عرض أساس العبارات الصندوقية المفتوحة (stifflegs) عن 0.6 م على الأرض الصخرية وعن 0.9 م على ترب التأسيس الأخرى.

4-2-4 الحمولات التصميمية وعواملها

يجب أن يكون التصميم الإنشائي للعبارات متوافقا مع حالة حدود الخدمة (Service - 1) وحالة حد المقاومة (Strength-I).

وحسب الجداول التي تعطي معاملات الحمولة ، نشكل الجدول التالي :-

جدول (4-3)عوامل الحمولات التصميمية في حالتي الخدمة -I وحالة حد المقاومة-I.

Design loads and factors			
	Strength– 1		Service -1
CONCRETE MEMBER D.L	1.25	0.9	1.0
Earth Fill D.L.	1.30	0.9	1.0
Earth Pressure (at rest ,for barrel)	1.35	0.5	1.0
Earth Pressure (active ,for wings)	1.50	0.9	1.0
Earth Surcharge (at rest ,for barrel)	1.50	0.5	1.0
Earth Surcharge (active ,for wings)	1.50	0.75	1.0
Live Load Surcharge	1.75	0.0	1.0
Live Loads	1.75	0.0	1.0
Water Pressure	1.00	0.0	1.0

وفيما يلي شرح لجميع أنواح الحمولات في الجدول السابق وكيفية حسابها

1. **الوزن الميت للخرسانة المسلحة** (Concrete Member D.L.)

يتم إفتراض وزن الخرسانة المسلحة 2.4 طن/م^{٣}.

2. **الوزن الميت للردم الترابي** (Earth Fill D.L)

يؤخذ الوزن الذاتي للردم الترابي يجب تعديل الوزن الذاتي للردم بضربه بعامل يأخذ بعين الإعتبار التداخل بين المنشأة والردم. يعطى عامل التداخل هذا كمايلي:

- من أجل حالة جسم الردم (الحالة النموذجية):

بحيث لا تزيد قيمة F_e عن 1.15 عند التركيب مع وجود ردم مرصوص على جانبي المقطع الصندوقي. وأن لاتزيد قيمته عن 1.4 للحالات الأخرى.

$$F_e = 1 + 0.\ 2\ (H/B_c) \text{-----(4-1)}$$

حيث:

H إرتفاع الردم فوق سطح البلاطة (م).

B_c: قياس فتحة العبارة بين الأوجه

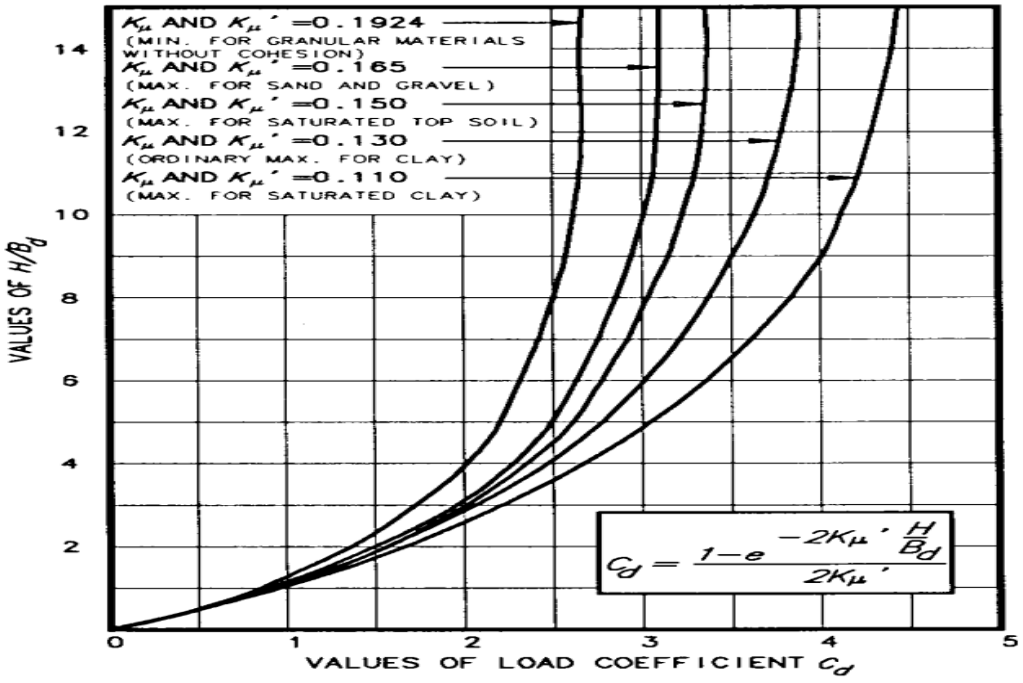
- من أجل حالة التركيب في خندق:

$$F_t = C_d\ B_d^2/HB_c \leq F_e \text{ -----(4-2)}$$

حيث:

C_d: عامل

B_d: العرض الأفقي للخندق.



شكل (3-4) مخطط إيجاد C_d

3. **ضغط التربة الجانبي** (Earth Pressure)

يجب الإفتراض بأن ضغط التربة متناسبا خطيا مع عمقها بالإعتماد على معامل ضغط الراحة المعطى بالعلاقة التالية

$$k_0 = 1 - \sin\phi \text{ -----(4-3)}$$

حيث:

ϕ_f : زاوية الإحتكاك الداخلي للتربة

4. **الضغط الجانبي الإضافي للتربة** (Earth Surcharge)

عندما يكون المنشأ مدفوناً فإن الردم فوق البلاطة يشكل ضغطاً إضافياً وعندئذ يجب إضافة ضغط تربة أفقي موزع بإنتظام بالإضافة لضغط التربة الأساسي. ويعتمد هذا الضغط الجانبي الإضافي على معامل ضغط الراحة k_o .

5. **الضغط الجانبي الإضافي الناتج عن الحمولة الحية** (Live Load Surcharge)

يتم تعويض الضغط الجانبي الإضافي على جدار العبارة الناتج عن الحمولة الحية، بإفتراض وجود إرتفاع ردم إضافي مكافىء كما هو موضح في الجدول

جدول(4-4): إرتفاع التربة الإضافي المكافئ للضغط الجانبي الناتج عن الحمولة الحية

إرتفاع المنشأ من السطح إلى أسفل الأساس H	إرتفاع التربة الإضافي المكافيء h_{eq}
حتى إرتفاع 1.5 م	1.2 م
من 1.5م وحتى 3 م	1.2-0.2 (H-1.5)
من 3 م وحتى 6 م	0.9-0.1(H-3)
أكبر من 6 م	0.6 م

6. **الحمولات الحية** (Live Loads)

- عندما تزيد فتحة العبارة عن 4.5 م، فإن الحمولات الحية التصميمية ستكون إما شاحنة مع حمولة حاراتية أو حمولة عجلة ثنائية (TANDEM) مع حمولة حاراتية.
- وعندما لا تتجاوز فتحة العبارة 4.5 م فسيتم تطبيق فقط الحمولة المحورية للشاحنة أو الحمولة المحورية للعجلة الثنائية.
- وإن الحمولة الحية المطبقة ستكون من أجل حارة مرورية واحدة مع الأخذ بعين الإعتبار لمعامل إحتمال التواجد المتعدد وتطبيقه على الحمولة الحية

7. **معامل الصدم**

يؤخذ معامل الصدم (Impact Factor) كما يلي في العلاقة

$$IM = 33(1.0 - 4.1 \times 10^{-4} D_E) \geq 0\ \% \text{ -----(4-4)}$$

حيث:

D_E: العمق الأدني لغطاء التربة فوق المنشأ. (مم).

يطبق معامل الصدم فقط لحمولة الشاحنة (truck) أو حمولة العجلة الثنائية (tandem)

4-2-5- التحليل الإنشائي

هناك حالتان وهم :-

أ- **حالة إرتفاع الردم أقل من 0.6 م :-**

وهنا أيضاً حالتان :-

١- حركة السير موازية لفتحة العبارة (الحالة العادية) :-

سيتم التحليل بتحميل حارة مرورية واحدة ثم إدخال عامل إحتمالية التواجد المتعدد (التواجد في أكثر من حارة مرورية في آن واحد).

سيتم توزيع الحمولة المحورية على قمة البلاطة من أجل حساب العزم وقوى الدفع وقوى القص كما يلي:

$$E = 2440 + 0.12\ (S) \text{ -----(4-5)}$$

$$E_{span} = L_T + LLDF(H) \text{ -----(4-6)}$$

حيث

E:عرض التوزيع الجانبي العمودي علي فتحة المنشأ مم.

E_{span} :عرض التوزيع الجانبي الموازي لفتحة المنشأ مم.

S: طول الفتحة الصافية مم.

L_T: طول مساحة تماس إطار العربة مع الإسفلت وهذا الطول موازي لفتحة العبارة م.

H: عمق الردم من قمة العبارة إلى قمة الرصف م.

$LLDF$: عامل توزيع الردم ويؤخذ 1.15 أو 1

- إن عرض الشريحة المكافئة المستخدمة من أجل البلاطة العلوية، يستعمل أيضاً من أجل الجدران والبلاطة السفلية

٢- حركة السير عمودية على فتحة العبارة :-

سيتم هنا توزيع الحمولة الحية وفقاً للفقرة 4-6-2-1 من (MA-100-D-V1/2).

ب- **حالة إرتفاع الردم أكبر أو يساوي 0.6 م :-**

- في هذه الحالة يمكن إعتبار حمولة الإطارات حمولة موزعة بإنتظام على مساحة مستطيلة بأبعاد مساوية لأبعاد منطقة التماس بين الإطار والرصف مع زيادة بمقدار 1.15 مرة من عمق الردم الحصمي أو بمقدار عمق الردم في حالات الردم من مواد أخرى غير الحصمة.
- أما الحمولة الحاراتية فيتم توزيعها على عرض 3.56 م لجميع الحالات.
- أبعاد منطقة تماس الإطار مع الرصف هي 508 مم بالإتجاه العرضي و 254 مم بالإتجاه الطولي. وعندما تتداخل المساحات فيما بينها، فإن الحمولة الإجمالية سيتم توزيعها ضمن المحيط الناتج عن هذا التداخل.
- يمكن أن يتم تجاهل الحمولة الحية في حال كان عمق الردم أكبر من 2.4 م ويتجاوز الطول الإجمالي للمنشأ.
- وإذا كانت قيمة عزم الإنعطاف الناتج عن الحمولة الحية المحسوبة إعتماداً على توزيعها ضمن عمق الردم الأكبر من 0.6 م ، أكبر من عزم الإنعطاف المحسوب من أجل عمق ردم أقل من 0.6 م (الحالة الأولى) عندئذ يتم إعتماد قيمة عزم الإنعطاف الناتج عن حالة عمق الردم الأقل من 0.6 م.

4-2-6- إشتراطات التسليح

1. **المساحة الدنيا للتسليح الطولي :-**

إنظر الفقرة 3-4-11-12 من (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications)

وعلى جميع الأحوال فعلى مساحة التسليح الدنيا أن تقاوم وبشكل كافي القيمة $1.2M_{cr}$ أو القيمة $1.33M_u$ أيهما أقل.

حيث:

M_{cr}:العزم الذي يؤدي الي حدوث تشقق

M_u: العزم الناتج عن الحمولات المطبقة

2. مساحة التسليح العرضي :-

$$A_{dist}=1750\ A_s/(L)^{0.5} \geq 0.5\ A_s \text{ -----(4-7)}$$

حيث:

A_{dist}: مساحة التسليح العرضي (مم^2)

A_s: مساحة التسليح الطولي (مم^2).

L: طول فتحة العبارة (مم).

3. **ضبط التشقق :-**

من أجل ضبط التشقق تؤخذ القيمة $\gamma_e = 0.75$ لتعويضها في العلاقة يجب أن تحقق تباعدات أسياخ التسليح في الطبقة القريبة من وجه الشد الآتي:

$$s \leq \frac{123000\,\gamma_e}{\beta_s\, f_{ss}} \text{ -----(4-7)}$$

و التي فيها:

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)} \text{ -----(4-8)}$$

حيث :

γe: معامل تعرض.

يساوي 1 لحالة التعرض للفئة 1.

يساوي 0.75 لحالة التعرض للفئة 2 .

dc: سمك غطاء الخرسانة (مم).

fss: إجهاد الشد في حديد التسليح (ميجا بسكال) .

h: السماكة الكلية، عمق العنصر (مم).

تطبق حالة التعرض للفئة 1 عندما يسمح للشروخ بسبب تقليل الإهتمام بالمظهر أو التآكل. تطبق حالة التعرض للفئة 2 للتصميم العرضي للكمرات الصندوقية الخرسانية المجزأة لأي أحمال مطبقة قبل تحقيق مقاومة الخرسانة الإعتبارية الكاملة وعندما يكون هناك الإهتمام الزائد بالمظهر والتآكل