Republic of Iraq

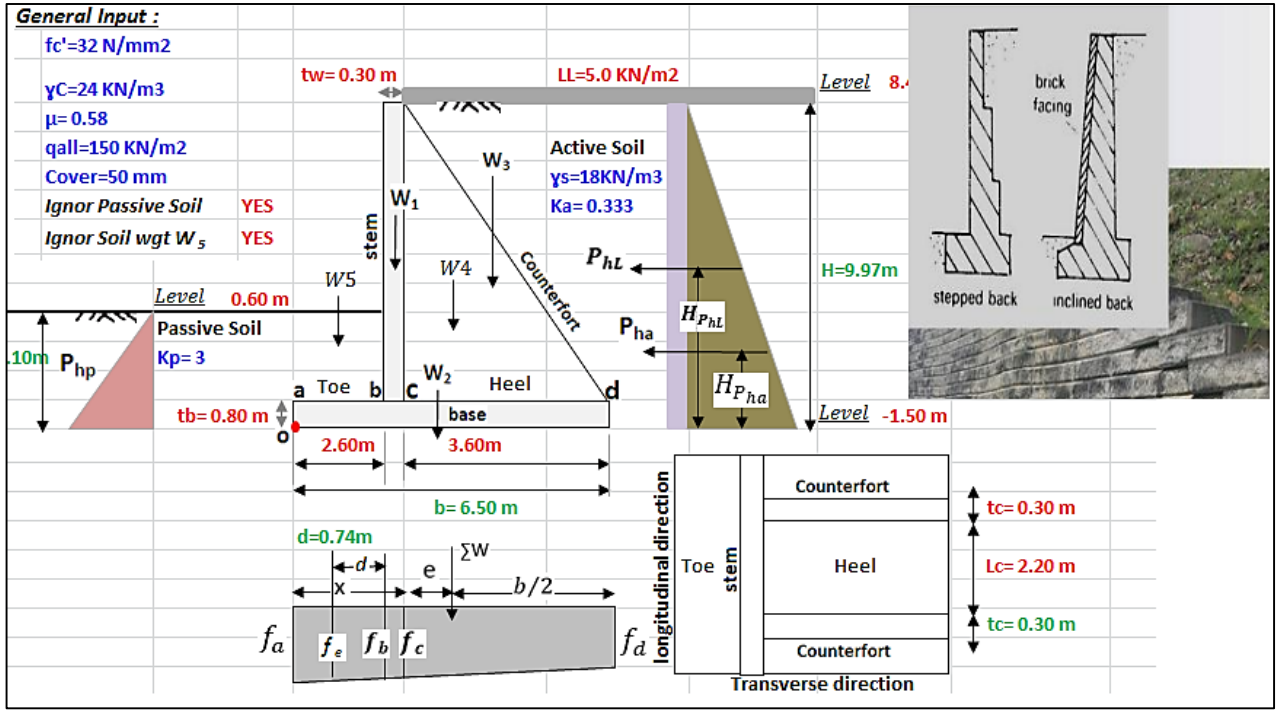
Ministry of Higher Education & Scientific Research

Al-Mustaqbal University College

Department of Building & Construction Engineering

"ESTIMATION & SPECIFICATIONS & CONTRACTS" 4th Stage

((الجدران الخرسانية الساندة))



Prepared by Dr. Abdulhadi Meteab Hasan

2-6 أنواع الفشل المحتملة للجدران الخرسانية الساندة الناتئة:

• تأثير المياه: المياه الجوفية وراء الجدار الاستنادي، سواء كانت ثابتة أو الراشحة من خلال باطن الأرض، يمكن أن يكون لها آثار سلبية على التصميم والاستقرار كون انخفاض وارتفاع مناسيب هذه المياه يسبب أضطرابا لطبقات التربة أسفل الجدران وحدوث هبوط تفاضلي لاساس الجدار.

• الانزلاق للتربة في واجهة الجدار بالشكل الدائري : تواجه أطراف الجدار الاستنادي الناتئ أحيانا في التربة الطينية خاصة أنزلاقا إذا كان هناك حمل إضافي ثقيل لوجود معدات انشائية أو احمال مؤقتة على الجهة التي يسندها الجدار.

• تدني نوعية المواد ألأنشائية التي تستخدم في بناء الجدران الساندة الناتئة وذلك بسبب الاهمال في المعايرة لاجهزة الفحص أو عدم الاهتمام بطرق الصب للخرسانة أو أستعمال مواد منتهية الصلاحية.

• انخفاض في نسب التسليح لخرسانة الجدار أو أستعمال مضافات خرسانية غير مطابقة للمواصفات ، لذا يجب التاكيد من المهندس المقيم على عمل الخلطات التجريبية والسيطرة النوعية الصارمة قبل البدء بالانشاء لجسم الجدار الساند وهذه الاجراءات مهمة في تعزيز تصميم الجدار الساند .

• خطأ في حساب المستوى الحقيقي لارتفاع منسوب المياه الجوفية وطبيعة ونوع التربة لذا يجب أجراء فحوصات التربة وقراءة التقرير الاستشاري الموقعي للتربة قبل البدء بالتصميم ومن الممكن تدقيق هذه المعلومات مع مشاريع منفذه مشابهة قريبة من موقع العمل حصلت على مستوى جيد من القبول الانشائي.

• ربما يكون الجزء الناتئ من الحائط أثناء التنفيذ فيه أنحراف غير قليل في الشاقولية بسبب عدم دقة أعمال النجارة للقالب الخرساني وضعف الاشراف على التنفيذ.

• تشققات ناتجة عن جفاف الخرسانة أو النضح بسبب زيادة المحتوى الاسمنتي في الخرسانة مما يسبب تسرب المياه الى التسليح وحدوث تصدع مهم في هيكل الجدار.

3-6 المواصفات العامة ومتطلبات التنفيذ:

تشمل ألاعمال مايلي:

1. العمل على تجهيز المواد والمعدات الازمة لبناء الإبقاء على الجدار وفقا لهذه المواصفات للخطوط والدرجات التي تظهر على خطط البناء والرسومات.

2. العمل على إعداد تربة الأساس من تسوية الارض الطبيعية ومعلجتها من التكهفات والمواد العضوية والتربة الجبسية أن وجدت وحدل طبقات الحصى الخابط بالمستويات المؤشرة في المخططات لدرجة حدل لاتقل عن 95 % من الكثافة الجافة العضمى وحسب المواصفة الامريكية ASTM D- 698 ، وتأثيث وتركيب لوحة الاستواء، ووحدة تعبئة الصرف، والردم للخطوط والدرجات التي تظهر على خطط البناء والرسومات ألانشائية المصادقة من المكاتب الاستشارية المعتمدة. من المفضل أستخدام وسادة أسناد تحت الاسس من الركام الذي يطابق المواصفة الامريكي ASTM D-422 ومن التدرجات المثبتة في الجدول رقم (73) في أدناه:

الجدول رقم (73): تدرجات الركام المستعملة للوسادة أسفل الجدار الساند

رقم المنخل أو قطر الفتحات	النسبة العابرة للركام
1 أنج	%100
رقم 4 (2.75 ملم)	% 70 -35
رقم 200	%15-0

على أن لايقل سمك هذه الطبقة عن 150 ملم كحد أدنى وتضهر من حافتي طرف الاساس للجدار الساند بما لايقل عن 150 ملم كذلك. ومن المهم التاكد من التلامس التام لهذه الطبقة مع سطح الاساس في كل المناطق منعا لما تسببه من مخاطر الهبوط التفاضلي للاسس.

كذلك يمكن أستخدام مواد تلتقي مع المواصفة أعلاه لمواد التصريف المتاخمة للجدار الساند من الحجر المكسر الجلمود وفق التدرجات التالية الجدول رقم (74).

الجدول رقم (74): تدرجات الحجر المكسر للتصريف المتاخمة للجدار الساند

رقم المنخل أو قطر الفتحات	النسبة العابرة للركام
3 أنج	%100
4/3 أنج	%100-75
رقم 4 (2.75 ملم)	% 25 - 0
رقم 200	%5 -0

الردم أمام الجدار الساند من التربة التي هي خالية من الحطام والمواد الضارة. ما لم يكن المصمم يحدد خلاف ذلك، الردم يجتمع التالية تدرج وفقا ASTM D-422 .

الجدول رقم (75): تدرجات حبيبات التربة الخاصة بالردم للجدار الساند

رقم المنخل أو قطر الفتحات	النسبة العابرة للركام
3 أنج	%100
1 أنج	% 100 – 50
رقم 4 (2.75 ملم)	% 100 -20
رقم 40	% 75 -0
رقم 200	%35 -0

وتربة الردم يجب ان تحوي حد للدونة (PI) أقل من 15 وحد سيولة (LL) أقل من 40 وحسب متطلبات المواصفة ASTM D-4318.

أما بخصوص أذا كانت هناك ردم مسلح أمام الجدار (Rienforced Backfill) يجب أن يكون تدرج حبيبات التربة ضمن التدرجات التالية:

الجدول رقم (76): تدرجات حبيبات التربة الخاصة بالردم المسلح للجدار الساند

رقم المنخل أو قطر الفتحات	النسبة العابرة للركام
2 أنج	%100 -75
4/3 أنج	% 100 – 75
رقم 4 (2.75 ملم)	% 100 -20
رقم 40	% 60 -0
رقم 200	%35 -0

3. قبل بدء العمل، على المالك يجب الحصول على رسوم البناء وحسابات التصميم أعدت ومختومة من قبل مكاتب استشارية معتمدة ومتخصصة وجداول كميات للعمل ومسعرة بشكل واضح.

4- أذا كان الجدار من قطع الخرسانة الجاهزة فيفضل قبل بدء العمل، أن يقوم المقاول بتقديم شهادة من الشركة المصنعة لكل مكونات نظام الجدار. ويتعين حصوله على شهادة رسمية يثبت فيها بأن العنصر الانشائي يفي متطلبات هذه المواصفة.

5- على المقاول التعاقد مع مختبرات حقلية مقيمة في الموقع مع الاجهزة معايرة بشهادة من مركز السيطرة النوعية تحوي على استشاريين لمطابقة نتائج فحص المواد الانشاية واعلان قبول استخدامها في تنفيذ الجدران الساندة والمختبرات الحقلية تكون مفضلة للمشاريع الكبيرة لسرعة انجاز فقرات العمل والحصول على النتائج بشكل دقيق مما يسهل صرف مستحقات

مالية للمقاول لكل فقرة منجزة ، والبديل استخدام الفحوصات المتفرقة في مختبرات تحددها الجهة المستفيدة أو المالك.

6- لتنصيب القطع الجاهزة المتلاحقة من الجدار الساند، يجب أن توضع هذه القطع بالمناسيب والاستواء المثبت في المخططات بشكل دقيق والتاكد من الترابط التام بينها وحسب توصيف الشركة المصنعة.

7- توضع تربة التصريف والردم لكل قطعتين من القطع الخرسانية بعدتنصيبها بالتوازي في الاعمال.

8- أثناء تنصيب القطع يسمح للمعدات الخفيفة فقط لتعمل أمام الجدار الساند وعلى بعد لايقل عن مسافة تقدر 1.5 م.

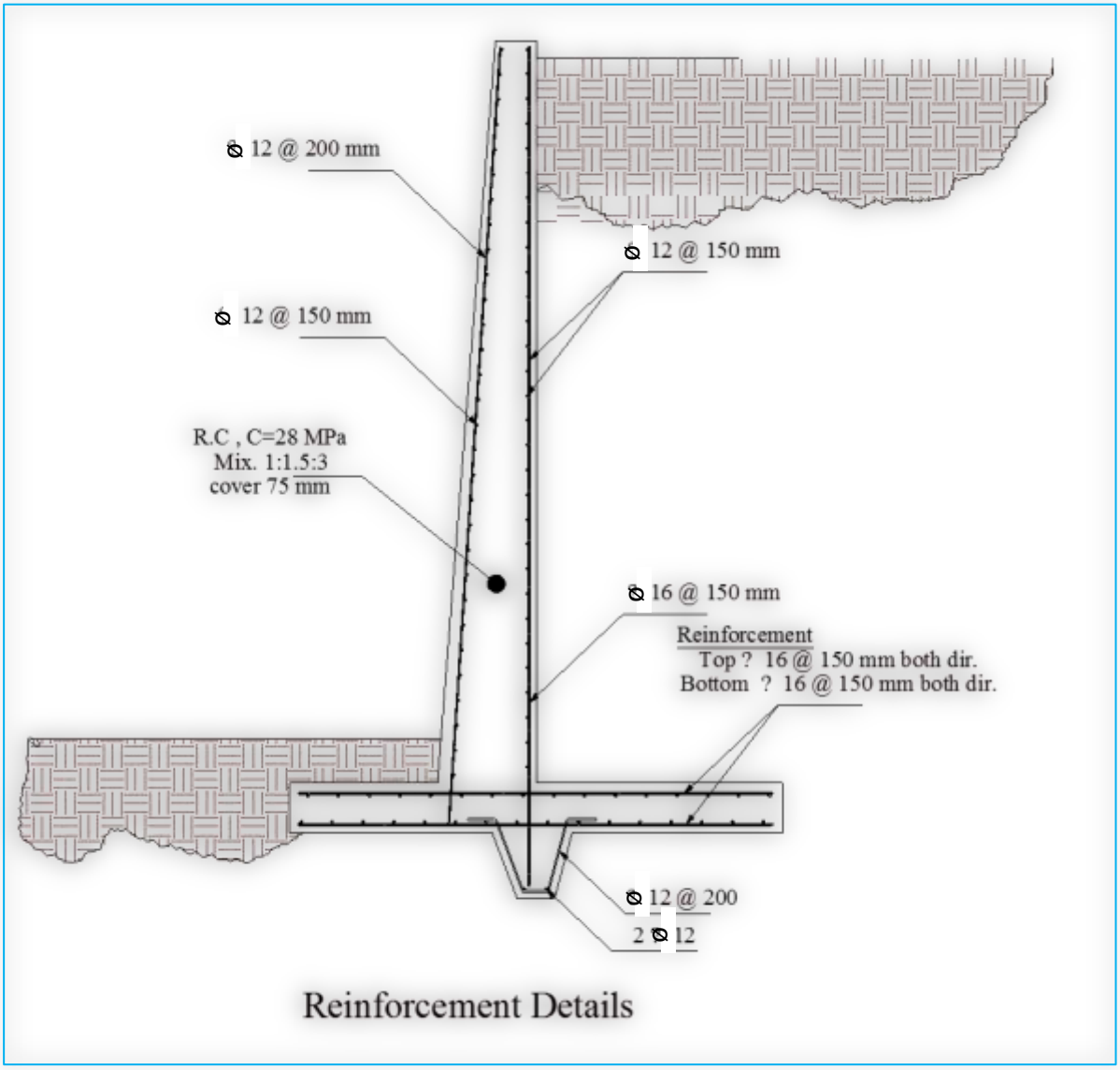
9- لا يجوز تشغيل معدات البناء المجنزرة مباشرة على طبقات التربة التحتية للجدار. وهناك حد أدنى من 150 ملم من الردم مطلوب على طبقات التربة التحتية للجدار ليسمح بعمل هذه المكائن.

10- لا يجوز تشغيل معدات البناء ذات العجلات المطاطية البطيئة ذات السرع تعادل 10 ميل في الساعة مباشرة على طبقات التربة التحتية للجدار .

11- في نهاية العمل كل يوم، يقوم المقاول برفع الردم الفائض بعيدا عن القطع الخرسانية والصرف من أجل ضمان الجريان للمياه السطحية الناتجة عن عملية الحفر والردم المباشر بعيدا عن وجه الجدار. يجب على المقاول ضمان الجريان السطحي من المناطق المجاورة أن لا يدخل موقع بناء الجدار.

12- أكبر فجوة مسموحة بين القطع الخرسانية بعد التركيب أن لاتتجاوز 12 ملم كحد أقصى.

الشكل رقم (11) ادناه يمثل تفاصيل التسليح لجدار ساند من الخرسانة المسلحة.



الشكل رقم (11): التفاصيل الإنشائية لتسليح الجدار الساند

4-6 نوعية الخرسانة وموادها الاولية المستخدمة للجداران الساندة:

ينبغي أن يضمن المهندس المقيم أن تكون الخرسانة ذات نسب خلط تتناسب بشكل صحيح وتعطي القوة والمتانة الكافية ، وذات مظهر موحد ومرونة مقبولة، وينبغي أن يكون مجدية من الناحية الاقتصادية. إذا كان الخرسانة مسبقة الصنع فيجب التاكد من أن المصنع يحافظ على تصميم المزيج بشكل يضمن جودة الخرسانة المنتجة؛ عن طريق الاختيار المناسب للمواد والعمليات ، وهذه النسب يمكن تكرارها بشكل مستمر ومتسق. معظم الخرسانة المستخدمة في تصنيع الخرسانة سابقة الصب لديها قوة الضغط بين 3000 و 6000 باوند /أنج^2 (20-41

ميجا باسكال)، ولكن يمكن أن يتم التوصية بان مقاومة الانضغاط المستهدفة هي (28 ميجا باسكال) عن عمر 28 يوما كحد أدنى ويوصى بهذه المقاومة بشدة. معظم مصنعي الخرسانة سابقة الصب تقدم منتجاتها مع نقاط القوة ما يزيد على 4000 باوند /أنج^2 (28 ميجا باسكال) من أجل تجنب الضرر المصاحب لمقاومة أنضغاط للخرسانة أقل من ذلك بحيث تواجه ضعف في السلامة الهيكلية فقد تتعرض للخطر إذا التحميل الزائد والتي ربما تلحق بالجدار الساند أثناء خدمته الطويلة. في حالة انتاج الخرسانة الجاهزة للجدران الساندة يجب التاكيد على أنتاج خرسانة ذات نفاذية قليلة وديمومة عالية ومقاومة أنضغاط أعلى للتغلب على كافة العوائق الخاصة بالنوعية والتكامل للخرسانة.

من الامور المهمة لنوعية الخرسانة المنتجة أنها تمتلك نفاذية قليلة للسوائل والغازات ومن الممكن تحقيق ذلك عن طريق استخدام نسبة ماء الى الاسمنت تقل عن 0.45 للمزيج . الاسمنت المستخدم في البناء هو الاسمنت المقاوم ويتفق مع المواصفات القياسية الامريكية ASTM C – 150 وهي المواصفات القياسية للاسمنت البورتلاندي وكذلك المواصفة ASTM C - 1157, المواصفات القياسية والاداء للاسمنت الهايدروليكي. المواصفات القياسية الامريكية ASTM C 150 حددت ثمانية أنواع من الاسمنت البورتلاندي لتحقيق الاداء الافضل للخرسانة المنتجة والتي تمتلك الخصائص الكيميائية والفزيائية المختلفة ، خمس أنواع منها تستخدم في الانتاج في مصانع الخرسانة الجاهزة هي:

Type I Normal
Type II Moderate Sulfate Resistance
Type III High Early Strength
Type IV Low Heat of Hydration
Type V High Sulfate Resistance

وللمواصفة CSA A3000 فانواع الاسمنت المستخدم هي:

Type GU General Use Hydraulic Cement
Type MS Moderate Sulfate-Resistant Hydraulic Cement
Type MH Moderate Heat of Hydration Hydraulic Cement
Type HE High Early-Strength Hydraulic Cement
Type LH Low Heat of Hydration Hydraulic Cement

Type HS High Sulfate-Resistant Hydraulic Cement

الاسمنت العادي (Type I) يستخدم عادة اذا لم يؤكد جدول الكميات على نوع الاسمنت بانه من نوع أخر ولو ان استخدام النوع الثاني (Type II) مفضل للجدران الساندة لان المنشا ملامس للتربة ولكن يعتبر النوع الاول اكثر توفرا واكثر اقتصادية. أما النوع الثالث ذو التجمد المبكر مفضل في المدن الكبرى لما يمثل من انجاز اسرع للمنشا في مناطق يصعب فيها تاخير اعاقة الطرق العامة. أما النوع الرابع (Type HE) يستخدم للمنشات حسب الطلب للسدود والركائز وغيرها فهو نادر التوفر في الاسواق. والنوع الخامس الاخير يستخدم فقط للاعضاء الانشائية المتعرضة لهجمات شديدة للسلفات.

من الضروري أستخدام نوعية الركام الجيدة في انتاج الخرسانة للجدران الساندة وذلك كون الركام بنوعيه الناعم والخشن يحتل مانسبته 60 -70 % من مكونات المزيج فهو بالتالي يحدد خواص الخرسانة ومقدار جودتها ولذلك يكون من الضروري أن تلتقي خواص الركام مع متلطلبات المواصفة الامريكية ASTM C-33 . هناك اسباب وجيهة لتحديد المقاس الاقصى للركام الخشن المستعمل لما لها من تاثير في قابلية تشغيل الخرسانة الطرية ومسامية الخرسانة المتصلبة ونميل الى استخدام مقاسات كبيرة للركام ولكنها يجب أن لاتزيد عن 20% من سمك القطع الخرسانية للجدار الساند و 75 % من المسافة بين التسليح وسطح الخرسانة (الغطاء الخرساني). وقد أظهرت العملية بان محتوى الركام الناعم ذو النعومة العالية غير مرغوب فيه وكذلك العكس لذلك حددت المواصفة الامريكية في أعلاه مستوى معامل النعومة المقبول للرمل مابين 3.1 الى 2.3 .

تؤكد المواصفات القياسية الامريكية على الاهتمام بعدم تعرض الركام للانفصال والانعزال في التدرجات والمحافظة على اكداس الركام من التلوث لذلك يوصى بتغطية الركام وعدم التكديس بمخروطات عاية للركام وبميل جوانب يزيد عن 1:1.5 للجوانب . ويمكن الحرص على إزالة الركام المخزن من خلال العمل أفقيا عبر وجه الكومة. إذا كان ذلك ممكنا، وتجنب اتخاذ الكلي من نفس المكان المحدد في كل مرة.

القوالب الخرسانية

من أجل تصنيع دقيق للقوالب (ضمن متطلبات التحمل والأبعاد) و لانتاج سطوح خالية من العيوب، تحتاج أشكال الخرسانة مسيقة الصب أن تكون في حالة جيدة. فترات التفتيش من المهندس المقيم بمراحل متكررة ومنتظمة تضمن صيانة تلك القوالب لتكون خالية من أي ضرر

والتي يمكن أن تسبب صعوبات صب الخرسانة أو مشاكل في الأبعاد مع المنتج النهائي. يجب أن تكون الأسطح الخرسانية المنتجة موحدة وأقل نفاذا من خلال تعزيز التراكيب الخاصة بالقوالب والاهتمام بالنواحي الجمالية. استخدام النماذج التي تمنع تسرب عجينة الأسمنت. وهذه القوالب يجب أن تمتلك الكفاية والقوة على تحمل الاهتزازات التى تواجهها القوالب في عملية الإنتاج. والحفاظ على الأشكال بشكل صحيح كما تطلبه المخططات الانشائية، بما في ذلك التنظيف بعد كل استعمال والتفتيش قبل كل استخدام، لضمان أستواء الأسطح الخرسانية.

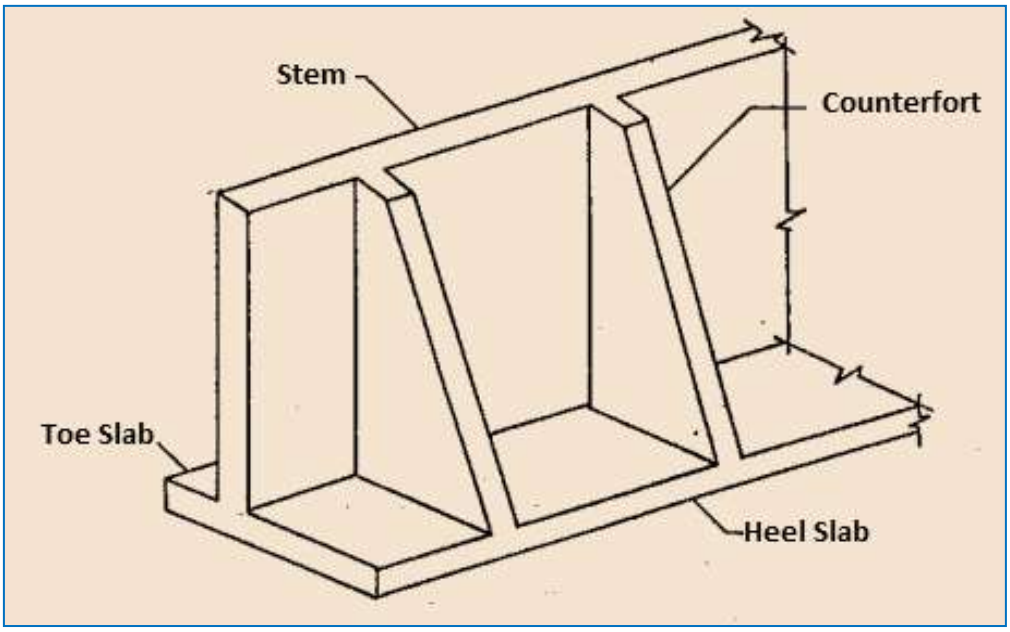
تعليمات أضافية للتنفيذ

1- يجب على كل نظام جاهزة للجدار الاستنادي أن يقدم المقاول دليل المواصفات لاستخدامها من قبل المهندسين المعماريين والمهندسين والمتخصصين. هذه المواصفات يجب في الحد الأدنى من العنوان؛ (أ) تقديمات، (ب) التسليم وتخزين والتعامل مع والتنصيب (ج) ضمان الجودة، (د) الخصائص المادية للمنتج والمواد الاولية الانشائية (ه) تعليمات الربط للقطع الجاهزة والنقل السليم لها. وكذلك السماحية في اختلاف الارتفاعات عند التنصيب ، وعلى العموم تشير أغلب التعليمات الى السماحية في التفاوت بين القطع لايزيد على 3 ملم لكل 1.5 م من طول الجدار.

2- يجب على المقاول أن يوفر المستندات التالية عند التنفيذ والتي لها أهمية للمهندس المدني والمعماري المنفذ لما يمتلك مثل هذا المشروع من تعقيدات في التنفيذ والاستلام وهذه المستندات التي تتعامل مع التنفيذ والتصميم هي:

- كتلوك الاشكال المعمارية والابعاد الانشائية
- خواص الانهائات المعمارية
- طريقة الانشاء والتنصيب للقطع المتلاحقة للجدار.
- التفاصيل الاضافية الانشائية للجوانب ومناطق الترابط مع الاسس والقطع المتلاحقة.
- تفاصيل طبقات التربة التحتية الساندة للجدار.

عندما يكون أرتفاع الجدار الساند أعلى من 6 م فان استخدام النوع الناتئ من الجدران الساندة يكون غير أقتصادي بتاتا وذلك للاحتياج الى زيادة سمك الجدار والاسس الساندة وبذلك يكون الاختيار الى التوجه لاستخدام الجدران الساندة المدعمة بجدران خلفية تسمى (Counterfort) والشكل أدناه رقم (12) يوضح الخيار الاقتصادي الافضل لمثل هذه الحالة وهذه الجدران الداعمة الخلفية المتعامدة مع الجدار تقلل الاحتياج الى السمك الاكبر لمقاومة ضغط التربة وبذلك يقلل كمية حديد التسليح المستخدم الاكثر كلفة من الخرسانة.



الشكل رقم (12): الجدار الساند من نوع (Counterfort Retaining Wall)

7-1 عام :البربخ أو المجرى الصندوقي هو عبارة عن منشأ هيدروليكي يستخدم في حالة التقاء قناة طبيعية بقناة صناعية مع وجود انحراف وتستخدم القناطر الصندوقية لأغراض الانشائية التالية:

1- جسور قصيرة لعبور المركبات والمشاة فوق الانهار الصغيرة.
2- استمرار تدفق الانهار والمبازل تحت الطرق وتصريف مياه الامطار.
3- أنفاق تقوم بتمرير انابيب الخدمة العامة وكابلات التوصيل الكهربائية والاتصالات تحت الطرق العادية والسريعة. والصور التالية توضح استعمالات القناطر الصندوقية.

الصورة رقم (13): القنطرة الصندوقية كجسور قصيرة

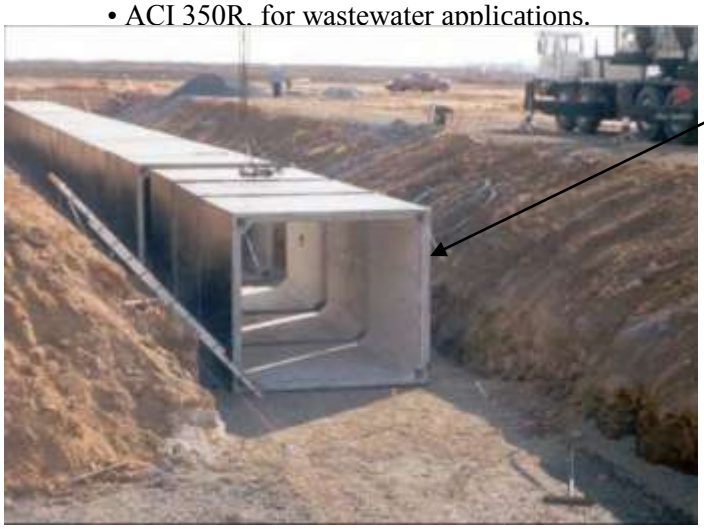
الشكل رقم (14): القنطرة الصندوقية وتصريف مياه الامطار

الصورة رقم (15): تركيب وإنهاء القناطر الصندوقية

Benefits: • Box culverts can be made in large sizes to accommodate increased flow rates and capacities.
• Boxes can be set with 0 feet to 100 feet of cover.

List of common design standards:

• ACI 318, for tunnels and special design.
• ACI 350R, for wastewater applications.



Provide for emergency egress, as with this tunnel underneath a warehouse and distribution center

List of common design standards:
• ASTM C 1433 – Box culverts, for conveyance of storm water, industrial wastes and sewage.
• ASTM C 1504 – Three-sided structures, for storm water conveyance and culverts.
• AASHTO Standard Specification for Highway Bridges for short-span bridges.

الصورة رقم (16): القناطر الصندوقية أثناء التنصيب في الموقع

2-7 متطلبات التنصيب للقناطر الصندوقية:

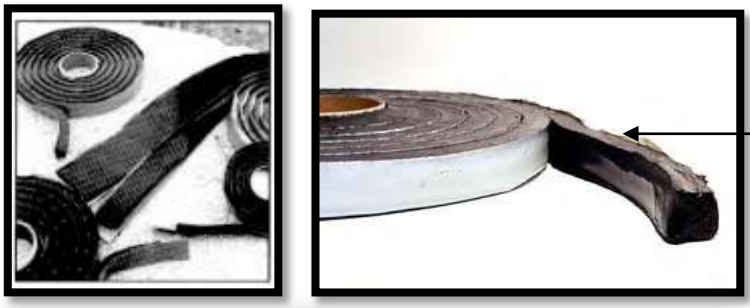
1- عند تركيب القناطر الصندوقية يجب ان يكون المجرى جافا لا يحتوي على المياه الجوفية (لذلك يراعى سحب الماء الجوفي ان وجد تحت مستوى التركيب عن طريق السحب بالمضخات المستمرة بالعمل لغاية الانتهاء من التنصيب).

2- طبقة ما تحت الاساس Sub-base layers تكون محدولة بالكامل لنسبة لا تقل عن 95% من الكثافة الجافة ولا تزيد سمك الطبقة المحدولة عن 20 سم ، ويتم ضبط منسوب وميلان هذه الطبقة باستخدام أجهزة المساحة.

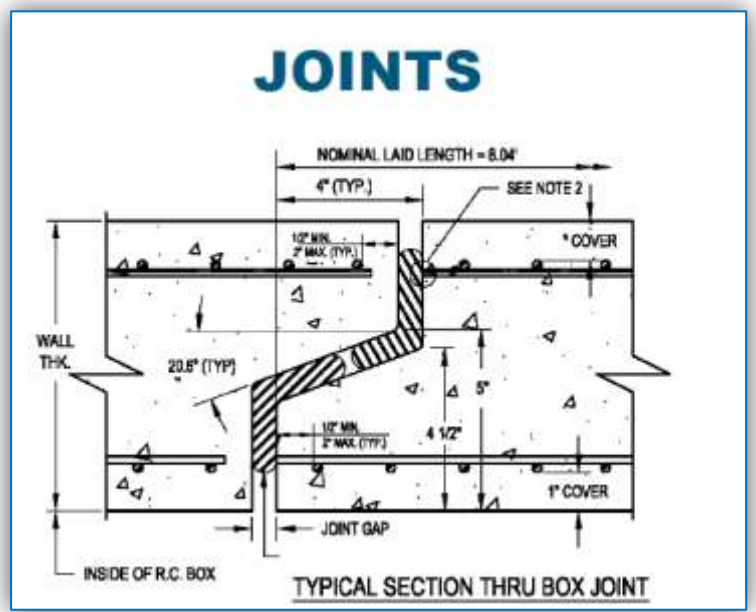
3- لا يسمح بتعريض القطع المتلاحقة لأي احمال خارجية لحين استكمال مسار الجريان بالكامل وأتمام تجهيز المفاصل بين القطع.

4- الردم الجانبي للقطع الخرسانية يجب ان يوضع بشكل منتظم وطبقات الدفن للقنطرة تتناغم مع المتطلبات الفنية المثبتة في المخططات وجداول الكميات.

المفاصل بين القطع المتلاحقة للقنطرة الصندوقية: تستخدم مواد مانعة لتسرب المياه للمفاصل بين القطع المتلاحقة للقنطرة الصندوقية والصورة التالية توضع نوعا من اشهر المواد المستخدمة مع شكل توضيحي للمفصل.



Closed cellular rubber (vinyl & nitrile elastomers) , Physical properties of ASTM D1056 Type 2C-1 & chemical resistance requirements of AASHTO M198.



الشكل رقم (13): يمثل المفصل الانشائي والمواد العزلة المستخدمة في التركيب للقطع المتلاحقة

3-7 القناطر الصندوقية تصمم لمتطلبات الأحمال التالية: Box culverts are subject to

- الاحمال الجانبية الناتجة من دفع التربة الجانبي وضغط المياه الجوفية الجانبي. Lateral earth loads from soil and hydrostatic loads from ground water.
- الاحمال الشاقولية الناتجة من تربة الدفن أعلى القنطرة والأحمال الحية . Vertical loads from the cover soil and live loads above.
- الاحمال الناتجة عن المعدات الازمة للحفر والمنشات المجاورة Surcharge loads from nearby impact loads.
- الاحمال الزلزالية اذا كانت موجودة Seismic loads where applicable

Related Precast Concrete Box Culvert Specifications

- ASTM C 877 - Specification for External Sealing Bands for Concrete Pipe, Manholes, and Precast box Sections
- ASTM C 990 - Specification for Joints for Concrete Pipe, Manholes, and Precast Box Sections Using Preformed Flexible Joint Sealants
- ASTM C 1433 - Standard Specification for Precast Reinforced Concrete Monolithic Box Sections for Culverts, Storm Drains and Sewers
- ASTM C 1504 - Standard Specification for Manufacture of Precast Reinforced Concrete Three-Sided Structures for Culverts, Storm Drains
- ASTM C 1504M - Standard Specification for Manufacture of Precast Reinforced Concrete Three-Sided Structures for Culverts, Storm Drains (Metric)
- ASTM C 1577 - Specification for Precast Reinforced Concrete Monolithic Box Sections For Culverts, Storm Drains, and Sewers Designed According to AASHTO LRFD
- ASTM C 1675 - Practice for Installation of Precast Reinforced Concrete Monolithic Box Sections for Culverts, Storm Drains, and Sewers.
- AASHTO M 198 - Joints for Concrete Pipe, Manholes, and Precast Box Sections Using Preformed Flexible Joint Sealants
- AASHTO M 259 - Precast Reinforced Concrete Box Sections for Culverts, Storm Drains, and Sewers
- AASHTO M 259M - Precast Reinforced Concrete Box Sections for Culverts, Storm Drains, and Sewers [Metric]
- AASHTO M 273 - Precast Reinforced Concrete Box Sections for Culverts, Storm Drains, and Sewers with Less Than Two Feet of Cover Subjected to Highway Loadings
- AASHTO M 273M - Precast Reinforced Concrete Box Sections for Culverts, Storm Drains, and Sewers with Less Than 0.6 m of Cover Subjected to Highway Loadings [Metric]

4-7 معايير اختيار القنطرة الصندوقية الملائمة لتلبية احتياجات المشروع

لاختيار النوع الملائم لنوعية القنطرة يجب على المصمم تحديد مايلي :

1- ظروف موقع المشروع وأهميتها في تحديد نوعية القنطرة من ناحية مواد صنعها وابعادها القياسية والاعتبارات الاقتصادية مهمة جدا وخاصة عند استخدام القناطر المسبقة الصب ذات المواصفات العالية.

2- نوعية مواد الصناعة لهذه القناطر مهمة جدا باعتبار هذا العضو الانشائي من الصعب استبداله او صيانته بالامد القريب.

3- الاهتمام بالاعتبارات البيئية الناتجة عن الظروف المحيطة بالقنطرة وما تسببه لها من مشاكل الصدا لحديد التسليح والاضرار الميكانيكية الناتجة عن عدم استقراريتها.

4- محددات موقع العمل بحيث يتوجب مد القنطرة تحت الطرق بحيث لايقل الغطاء من الاملائات الترابية كحدود دنيا عن 60 سم ومن الافضل أن يكون العمق للاملائات الترابية يزيد عن 1.2 م لتقليل التأثيرات الميكانيكية الناتجة عن الصدمة للمرور أعلى القنطرة.

5- أن لا يقل سمك طبقة التبليط المرن عن 10 سم فوق القنطرة فهو يساهم بشكل جيد نسبيا بتوزيع احمال الصدمة الميكانيكية للمرور.

6- أبعاد القنطرة الصندوقية عن حافات التعرية الطبيعية والصناعية ولا يجوز رص الأملائات ترابية تحوي على الصخور أو غطاء غير كافي يحميها من دورات التجميد والتمدد الحراري.

7- العوائق والتعليمات المقدمة من الجهة المستفيدة والكلفة المسبقة والمحددة للمشروع.

8- تقليل انحناءات امتداد مجرى القنطرة مما يسبب تراكم المخلفات والمواد الثقيلة داخل المجرى ويسهم في تغيير الخصائص الهيدروليكية للمجرى وتقليل خدمية المشروع على المدى الطويل وهي تسبب كذلك بزيادة كلفة الاعتناء بالمفاصل لمنع تسرب المياه من المجرى مما تؤدي الى الاضرار بالاملائيات المحدولة لجوانب وأسفل القنطرة وكذلك الاعتناء بانحدار القناة ودرجة الميل.

9- الانحناءات المفاجئة للقنطرة غير مقبولة وتحتاج الى التدريج باستخدام اكثر من ثلاث قطع للقنطرة اذا كانت مؤلفة من قطع مسبقة الصب وبقطر قوس يزيد على 3 م للقناطر التي يزيد ارتفاعها عن 2 م .

10- اقصى ارتفاع لجدران القنطرة هو 3.1 م وعند استخدام ارتفاعات اعلى من المفضل تدعيم جوانب الحفر باستخدام جدران ساندة من الطابوق او الخرسانة المسلحة وكذلك تستخدم طبقة من الخرسانة المسلحة تحت القنطرة تسلح بمشبكات حديدية BRC لزيادة الاستقرارية.

5-7 متطلبات سمك الجدار للقناطر الصندوقية:

يتم التحكم في سمك الجدار الخارجي لمتطلبات القناطر الصندوقية الخرسانية المسلحة حسب التصميم، إلا أن الحد الأدنى من المتطلبات الخارجية لسمك الجدار وضعت للسماح لتوزيع أفضل للعزوم السالبة التي تنتج بسبب الاحمال المتوقعة، وحسب الجدول رقم (78) وعلى النحو التالي.

الجدول رقم (78): الحد الادنى لسمك الجدار الخرساني

CLEAR SPAN	WALL THICKNESS
<2.44 m	150 mm
2.44 m< 4.27 m	200 mm
4.27 m & < 6.096 m	250 mm
6.096 m	300 mm

سمك الجدار الداخلي ، في التطبيقات المتعددة القطع، يتم التحكم فيها من قبل التصميم ولكن لا يجوز أن يكون أقل من 150 ملم.

6-7 مقاومة الخرسانة المستعملة لانتاج القنطرة.

يجب تصميم القنطرة الصندوقية الخرسانية المسلحة لقوة أنضغاط للخرسانة حسب الجدول رقم (79):

Type	Concrete Strength MPa
Precast f'	C = 35 MPa, min. to 50 MPa, max. (increments of 5 MPa)
Cast-in-place f'	C= 21 MPa

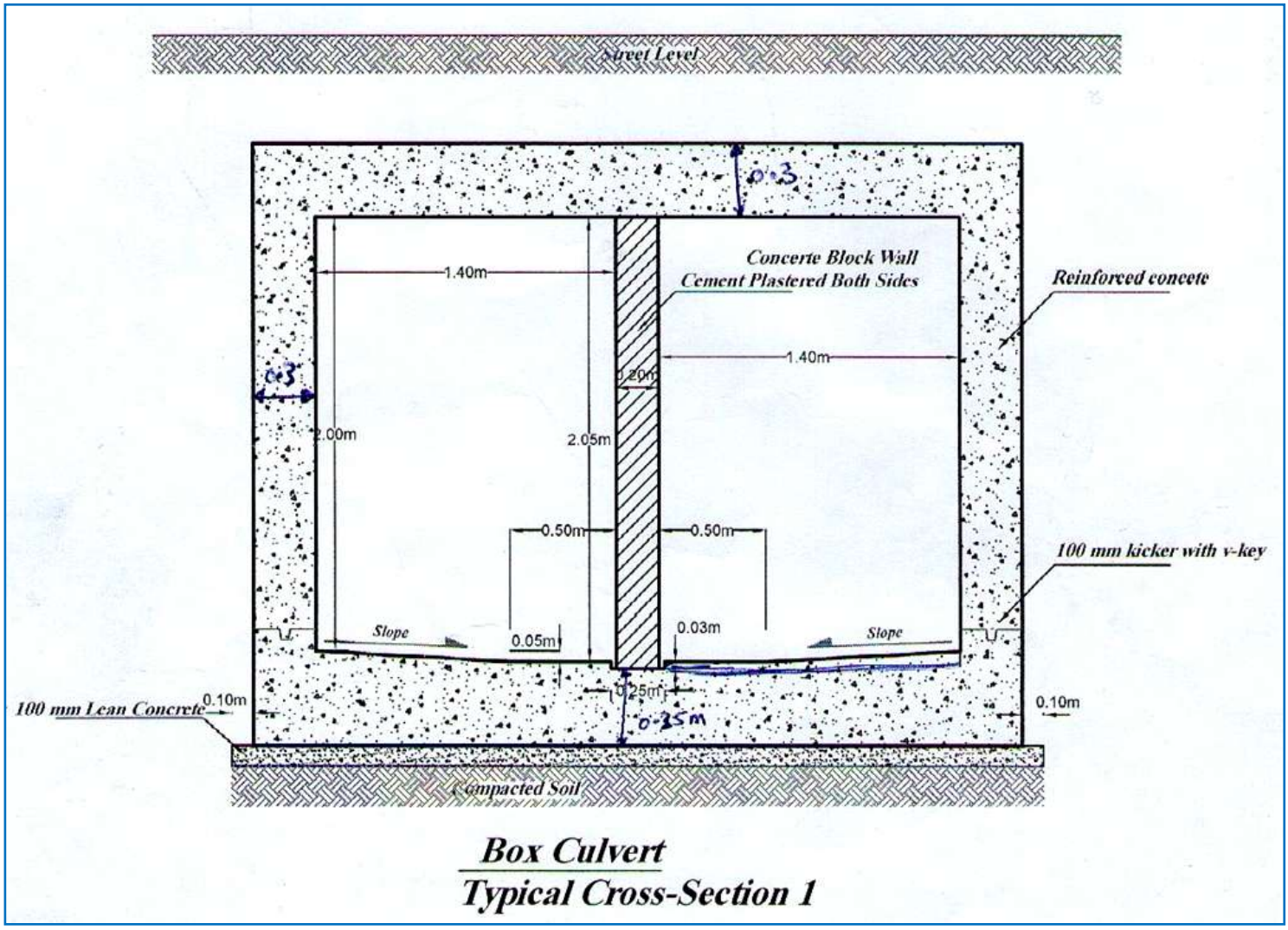
7-7 متطلبات حديد التسليح للقنطرة الصندوقية

1- حديد التسليح المستعمل في تسليح الخرسانة يكون من حديد التسليح المحزز (deformed) و welded wire fabric (plain), or welded wire fabric (deformed) وبمقومة شد لاتقل عن 420 ميكاباسكال لحديد التسليح العادي و 450 ميكاباسكال للانواع الاخرى من التسليح. عندما يكون سمك طبقة الاملائات الترابية أعلى القنطرة الصندوقية لا تزيد عن 600 ملم فان جميع حديد التسليح لسقف وقاعدة القنطرة يجب أن تطلى بمادة الايبوكسي للحماية. يمكن أستخدام تسليح لقضبان بقطر 25 ملم وبتباعد لايزيد على 300 ملم لكل أوجه القنطرة أذا لم يتم أجراء تصميم حقيقي للاحمال التي من المحتمل التعرض لها من قبل المنشأ. لايستخدم حديد تسليح

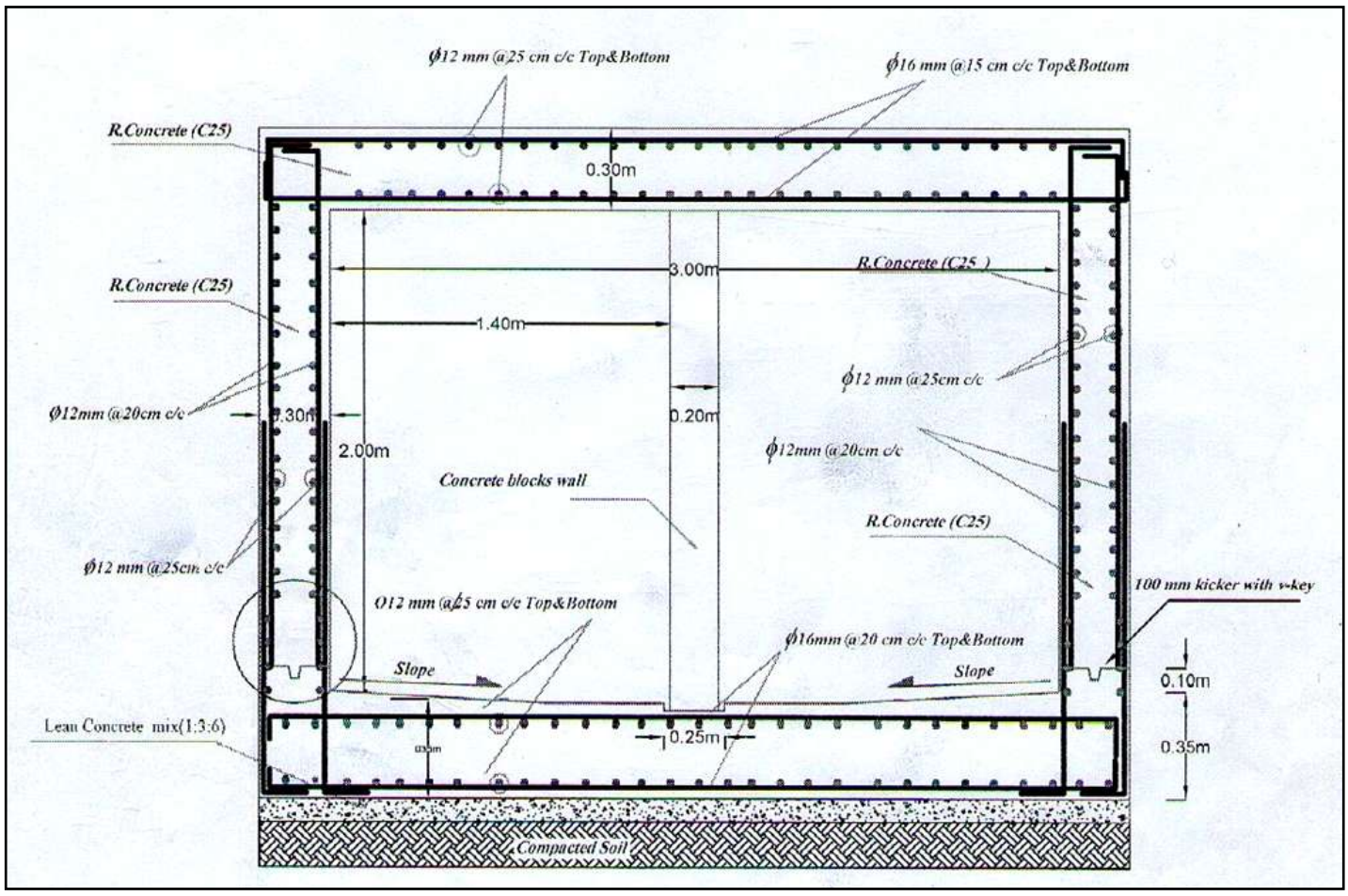
للقص في تسليح القناطر وانما يتم تضمين أجهادات القص في مراحل التصميم حسب متطلبات المواصفة الامريكية للطرق والجسور AASHTO Articles 8.15.5 or 8.16.6.

2- في التصميم للقنطرة الصندوقية الثلاثية الاوجه فان نسبة طول القطعة الى ارتفاعها لايزيد عن أربعة أضعاف لان العزوم وقوى القص تصبح معقدة وتحقق نسب تسليح أعلى.

وتوضح الأشكال الآتية مقطع عرضي نموذجي في المجرى الصندوقي حيث يوضح الشكلالأول رقم (29) مقطع عرضي نموذجي في المجرى الصندوقي والشكل الثاني رقم (30) يوضح تفاصيل التسليح للمقطع العرضي النموذجي الأول الذي سيتم أخذه كمثال تخميني.



الشكل رقم (14): مقطع عرضي نموذجي في قنطرة صندوقية



الشكل رقم (15): تسليح نموذجي في قنطرة صندوقية

مثال تخميني) خمن كمية المواد الإنشائية (سمنت، رمل، حصى، حديد) اللازمة لتنفيذ 10م طول من المجرى الصندوقي للمقطع العرضي النموذجي الأول.

الحل:

1) حسابات حجم الخرسانة:

الجدران الجانبية = (2.05+0.3+0.35)*0.3*2*10=16.2m^3

السقف = (1.4*2+0.2)*0.3*10 =9m^3 = 36.4m^3

الأساس = (1.4*2+0.2)*0.35*10 =11.2 m^3

مثلث ___ + 0.5*(1.4*0.05)*2*10

ولو فرضنا أن نسبة المزج هي 1:1.5:3 فإن الكميات ستكون كالآتي:

36.4=0.67(C+1.5C+3C) , C=9.88m^3

Cement = 13.83 ton, Sand = 14.82m^3, Gravel = 29.63m^3

2) حسابات تسليح الأساس:

أ) حسابات التسليح الرئيسي (بالاتجاه العرضي): ϕ16

المسافة التي تتوزع عليها القضبان = 10م

$$l_1 = 3.6 - 2*0.075 + 32db = 3.45 + 32*0.016 = 3.962m$$

$$No. = \frac{10}{0.2} + 1 = 51 bars$$

$$L_1 = 51 * l_1 * 2 = 51 * 3.962 * 2 = 404.124m$$

$$w_1 = \frac{L_1 D_1^2}{162} = \frac{404.124 * 16^2}{162} = 638.62kg$$

ب) حسابات التسليح الثانوي (بالاتجاه الطولي): ϕ12

$$spacing = 3.6 - 2*0.075 = 3.45m$$

$$No. = \frac{3.45}{0.25} + 1 = 15 bars$$

$$l_2 = 10m, \; L_2 = 10 * 15 * 2 = 300m$$

$$w_2 = \frac{L_2 D_2^2}{162} = \frac{300 * 12^2}{162} = 266.67 kg$$

ج) حسابات تسليح الجدران: ϕ12

المسافة = 10م

$$No. = \frac{10}{0.2} + 1 = 51 bars$$

$$l_3 = H + 56db - cover = 0.35 + 56 * 0.012 - 0.075 = 0.947 m$$

$$L_3 = 0.947 * 51 * 2 * 2 = 193.188m$$

$$w_3 = \frac{L_3 D_2^2}{162} = \frac{193.188 * 12^2}{162} = 171.72kg$$

3) حسابات تسليح الجدران:

أ) التسليح الرئيسي (بالاتجاه العلوي-السفلي أو العرضي): ϕ12

$No. = 51 \; bars$

$l_4 = 2.05 + 0.3 - 0.04 + 32db = 2.694m$

$L_4 = 2.694 * 51 * 2 * 2 = 549.576m$

$$w_4 = \frac{L_4 D_2^2}{162} = \frac{549.576 * 12^2}{162} = 488.512kg$$

ب) التسليح الثانوي (بالاتجاه الطولي): ϕ12

$$spacing = 2.05m,\ No. = \frac{2.05}{0.25} + 1 = 10\,bars$$
$$l_5 = 10m,\ L_5 = 10 * 10 * 2 * 2 = 400m$$
$$w_5 = \frac{L_5 D_2^2}{162} = \frac{400 * 12^2}{162} = 355.56kg$$

4) حسابات تسليح السقف

أ) التسليح الرئيسي (بالاتجاه العرضي): ϕ16

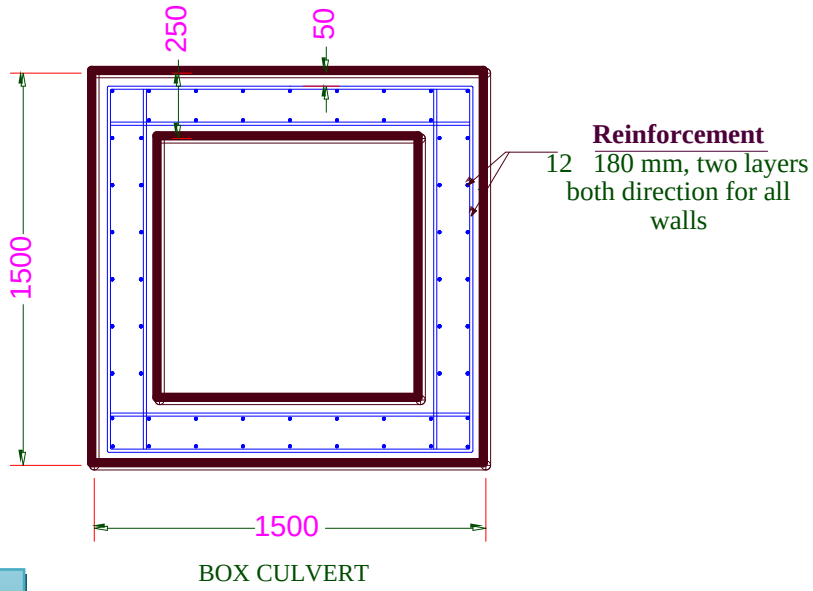
$$spacing = 10m,\ No. = \frac{10}{0.15} + 1 = 68\,bars$$
$$l_6 = 3.6 - 2 * 0.04 + 32db = 3.904m$$
$$L_6 = 3.904 * 68 * 2 = 530.944m$$
$$w_6 = \frac{L_6 D_1^2}{162} = \frac{530.944 * 16^2}{162} = 839.02kg$$

ب) التسليح الثانوي (بالاتجاه الطولي): ϕ12

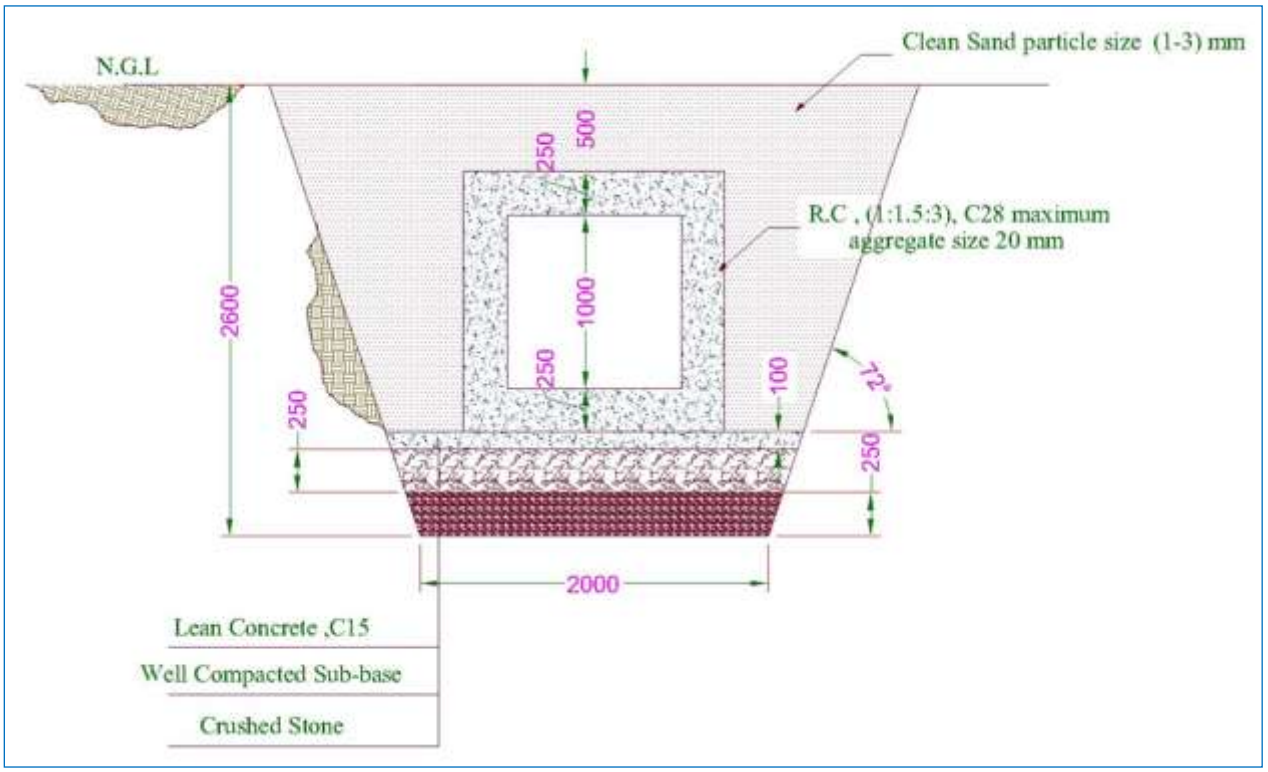
$$spacing = 3m,\ No. = \frac{3}{0.25} + 1 = 13\,bars$$
$$l_7 = 10m,\ L_7 = 10 * 13 * 2 = 260m$$
$$w_7 = \frac{L_7 D_2^2}{162} = \frac{260 * 12^2}{162} = 231.11kg$$

w_T of ϕ12 = 1513.57kg, w_T of ϕ16 = 1477.64kg, W_T = 2991.21kg

تمرين: خمن كمية المواد الإنشائية للقنطرة الصندوقية أسفل طريق سريع بطول 12 م المبين تفاصيلها في الشكل رقم (16) أدناه:



الشكل رقم (16)



الشكل رقم (17): مقطع عرضي لموقع القنطرة الصندوقية مع التفاصيل الانشائية للطبقات أعلى واسفل القنطرة.