

تصميم الحوائط والجدران الساندة

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في
الهندسة المدنية

إعداد :

أحمد عبدالله الجاك المنصوري

عبدالله عبدالرحمن عبدالله عبدالرحمن

محمد بابكر محمد حسين

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبد الله البدرى

مارس 2024م

الإستهلال

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال الله تعالى :

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي لَهُ مَا فِي السَّمُوتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَلَهُ الْحَمْدُ فِي الْآخِرَةِ وَهُوَ

الْحَكِيمُ الْخَبِيرُ ﴿١﴾ يَعْلَمُ مَا يَلْجُ فِي الْأَرْضِ وَمَا يَخْرُجُ مِنْهَا وَمَا يَنْزِلُ مِنْ

السَّمَاءِ وَمَا يَعْرُجُ فِيهَا وَهُوَ الرَّحِيمُ الْغَفُورُ ﴿٢﴾

صدق الله العظيم

سورة سبأ

الإهداء

من قال أنا لها "نالها"

وانا لها إن أبت رغما عنها أتيت بها.

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون لم يكن الحلم قريبا ولا الطريق كان
محفوفا بالتسهيلات لكنني فعلتها ونلتها

إلي الذي زين أسمى بأجمل الألقاب ، من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل إلي
من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة ، إلي من غرس في روحي مكارم
الاخلاق داعمي

الأول في مسيرتي وسندي

وقوتي وملاذي بعد الله ...

إلي فخري وإعتزازي (والدي)

إلي من جعل الله الجنة تحت أقدامها وإحتضني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد
بدعائها إلي

القلب الحنون

والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات

سر قوتي ونجاحي ومصباح دربي إلي وهج حياتي (والدتي)

إلي ضلعي الثابت وأمان أيامي إلي ملهمي نجاحي إلي من شددت عضدي بهم فكانو
لي ينابيع أرتوي

منها

إلي خيرة أيامي وصفوتها إلي قره عيني (أخواني – أخواتي)

لكل من كان عونا وسندا في هذا الطريق ... لرفقاء السنين وأصحاب الشدائد
والأزمات أهدىكم هذا الإنجاز وثمره نجاحي الذي لطالما تمنيته ها أنا اليوم أتممت
أول ثمراته راجي من الله أن ينفعني بما علمني وأن يعلمني ما أجهل ويجعله حجة لي
لا علي

الشكر والتقدير

الحمد لله حمدا كثيرا حتي يبلغ الحمد منتهاه والصلاة والسلام علي أشرف
مخلوق أناره الله بنوره و إصطفاه

وإنطلاقاً من باب من لا يشكر الناس لا يشكر الله نتقدم بخالص الشكر والتقدير
للأستاذ الجليل/ سيد أحمد محمد بابكر

علي إرشاداته و توجيهاته التي لم يبخل بها علينا يوماً ، كما نتقدم بجزيل الشكر
والعطاء إلي كل يد رافقتنا في هذا العمل سواء من قريب او من بعيد والشكر
موصول إلي أوليائنا الذين سهروا علي تقديم لنا كل الظروف الملائمة لانجاز هذا
العمل

كما لا ننسي أن نشكر جميع أساتذة قسم الهندسة المدنية

فهرس الموضوعات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الاستهلال	I
	الإهداء	II
	الشكر والتقدير	III
	فهرس الموضوعات	IV
	فهرس الرموز	VI
	فهرس الأشكال	VII
	المستخلص	VIII
	Abstract	IX

الفصل الاول : المقدمة

1-1	المقدمة	1
1-2	أهداف المشروع	1
1-3	منهجية البحث	1
1-4	المواصفات القياسية	2
1-5	وصف المشروع	2

الفصل الثاني : الإطار النظري

2-1	المقدمة	3
2-2	أنواع الجدران الإنشائية	3
2-3	القسم الاول	
2-3-1	الجدار	4
2-3-2	جدار الطوب	4
2-3-3	الجدران الحجرية	4
2-3-4	الجدار الزجاجي	4
2-3-5	الجدران الخشبية	5
2-3-6	كتل جمره الجدار	5
2-3-7	جدار ألواح الصلب	5
2-4	القسم الثاني	
2-4-1	الحوائط الساندة الحجرية	6
2-4-1-1	المواد المستخدمة	7
2-4-1-2	طريقة البناء	7
2-4-2	الحوائط الساندة الفولاذية	8
2-4-2-1	إستخدام ركائز الألواح الفولاذية	9
2-4-2-2	تصميم الركائز المستعرضة	9
2-4-2-3	تركيب دعامات الصفيحة	10

10	أهم عشرة فوائد لتكديس الصفائح	2-4-2-4
11	مزايا ركائز الألواح الفولاذية	2-4-2-5
11	الحوائط الساندة من الطوب	2-4-3
11	طريقة البناء	2-4-3-1
	القسم الثالث	2-5
14	المقدمة	2-5-1
15	الجدران الساندة الجاذبية	2-5-2
16	المواد المستخدمة	2-5-2-1
16	المشاكل المتوقعة	2-5-2-2
17	شروط إستقرار وإتزان الجدران الاستنادية	2-5-2-3
18	الجدران الأستنادية شبة الجاذبية	2-5-3
19	الجدران الأستنادية الكابولية	2-5-4
20	أنواع الجدران الكابولية	2-5-4-1
23	جدران الأحتفاظ	2-5-5
24	أجزاء جدار الأحتفاظ	2-5-5-1
25	تصريف المياه خلف الجدران الاستنادية	2-6
26	إعتبارات عامة عند تصميم الحائط الساند	2-7
28	بعض المصطلحات يجب معرفتها لدراسة تصميم الحوائط الساندة	2-8
29	خطوات تصميم الحوائط الساندة	2-9

الفصل الثالث : الإطار العملي

33	تصميم حائط ساند كتلي	3-1
37	تصميم حائط ساند كابولي	3-2

الفصل الرابع : الخلاصة والاستنتاجات والتوصيات

43	الخلاصة والاستنتاجات	4-1
43	التوصيات	4-2
44	المراجع	4-3

فهرس الرموز

الرمز	التعريف
p_a	ضغط التربة الفعال
K_a	الضغط الفعال
ρ	كثافة التربة
g	عجلة الجاذبية
h	ارتفاع الحائط
P_s	الضغط الافقي من الحمل المتحرك
L, L	أحمال حية
H_k	القوة الافقية المؤثرة
G_k	أحمال الخرسانة
V_k	أحمال المتحرك
γ_1	القوة الأفقية العرضية
γ_2	القوة الرأسية
μ	معامل الاحتكاك
γ_{f1}	القوة الافقية المسببة للانزلاق
K_p	الضغط الخامل أو السلبي
H_p	القوة الرأسية المؤثرة
ϕ	زاوية الاحتكاك
M_0	عزم الانقلاب
M_R	العزوم المقاومة للإنقلاب
W_w	وزن الحائط
W_b	وزن القاعدة
W_e	وزن التراب
W_s	المتحرك الإضافي
P_s	مقاومة التربة في الموقع
M	العزم حول مركز القاعدة
D	عرض القاعدة
N	مجموع الاوزان (حائط + قاعدة + تراب + متحركة)
B	العرض أو العرض الفعال
D	العمق الفعال
F_{cu}	المقاومة المميزه للخرسانة
F_y	المقاومة المميزه لحديد التسليح
A_s	مساحة حديد التسليح

فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
2-1	جدار استنادي لمصرف مياة بمنطقة بربر	6
2-2	حائط ساند من الحجر	7
2-3	صفائح سائدة فولاذية	8
2-4	أشكال مختلفة لصفائح الفولاذ السائدة	10
2-5	طريقة تركيب صفائح الفولاذ السائدة	10
2-6	أنواع مختلفة للحوائط السائدة	14
2-7	حائط ساند كتلي	15
2-8	مواد مختلفة لبناء الحائط الساند الكتلي	16
2-9	أنواع فنش الحائط	17
2-10	جدار استنادي شبه الجاذبية	18
2-11	جدار الإستناد كابولي	19
2-12	الاشكال المختلفة للحائط الساند الكابولي	21
2-13	أنواع المشاكل التي تحدث للجدار الكابولي	22
2-14	جدار الاحتفاظ	23
2-15	تجفيف الجدار الساند	25
2-16	أنواع القوه المؤثره على الحائط الساند	27
2-17	أجزاء الحائط الساند	28
2-18	توضيح الاستقرار للحائط الساند	29
2-19	توضيح القوه المؤثره على الحائط الساند	31

المستخلص:

تناول هذا البحث تعريف شامل لأنواع الحوائط الساندة، وأهميتها وتم عمل دراسة لأنواع الحوائط الساندة الخرسانية .

تم الحديث عن أنواع الحوائط غير الساندة بمختلف مكوناتها والاماكن المناسبة لإستخدامها ثم بعد ذلك تم التعرف على أنواع الحوائط الساندة التي لا تحتوي في مكوناتها على الخرسانة والحديد، تم ذكر المواد المستخدمة في تلك الحوائط وطرق بنائها .

تم التطرق الى ذكر أنواع المشاكل التي يمكن أن تحدث للحوائط الساندة، وتم تحديد المعايير التي على أساسها يجب فحص تلك الحوائط .

تناول البحث أهم جزئية وهي طريقة تصريف المياه خلف الجدران الاستنادية حيث يعمل التصريف على الحفاظ على تلك الجدران والتخلص من الضغط الذي يسببه تجمع مياه الامطار أو المصادر الأخرى للمياه خلف وتحت الجدران .

ذكر بعض الاعتبارات العامة عند تصميم الحوائط الساندة، وتم معرفة أنواع القوة المؤثرة على الحوائط الساندة .

تم دراسة الاحمال التي يسندها الحائط لحساب الاجهادات الناتجة من ذلك الاسناد ومن ثم تم تصميم الحائط بخطوات الكود البريطاني الذي يشمل تصميم الاتزان من حيث مقاومة الحائط للإنزلاق والدوران .

Abstract:

This research dealt with a comprehensive definition of the types of support walls and their importance, and study of the types of concrete supporting walls.

We talked about the types of non-retaining walls with their various components and the appropriate places for their use. Then we identified the types of retaining walls that do not contain concrete and iron in their components. The materials used in those walls and the methods of their construction were mentioned.

The types of problems that can occur to the supporting walls have been mentioned. And the criteria for which the walls must be examined.

The research dealt with the most important part, which is the method of draining water behind the retaining walls, where the drainage works to preserve those walls and get rid of the pressure that causes rain water or other sources of water to collect behind and under the walls.

Some general considerations when designing retaining walls were mentioned, and the types of forces acting on the prevailing walls were known.

The loads that are supported by the wall were studied to calculate the stresses resulting from that attribution, and then the wall was designed according to the steps of the British code, which includes the design of the balance in terms of resistance to slip and rotation.

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الاول

1- المقدمة

1-1 المقدمة:

التأكد من سلامة التربة وإستقرارها من الأولويات في مجال الهندسة المدنية ،لأن في بعض الأحيان يختل إتزان التربة وتتحرك من مكانها فتم إيجاد حل لهذه المشكلة عن طريق بناء منشآت خاصة تسمى بالحوائط والجدران الساندة .

هي منشآت هندسية تعمل كدعامة أرضية لكتلة من التربة ومنعها من التحرك في الاتجاه الأفقي ،ويتم إقامة مثل هذه الجدران عادة لمواجهة التفاوت في منسوب سطح الأرض الموجودة أمام الجدران وخلفه .

وأيضا" هي منشآت لحجز التربة أو المياه أو غيرها من المواد الطبيعية أو الصناعية وهي تعمل على إتزان التربة أو المواد الأخرى التي لاتسمح لها ظروفها بأن تأخذ ميلها الطبيعي .

ويتم تعريفها ايضا على انها هياكل تحفظ وتعيق أي مادة عادة ما تكون أرضية ،أنه مصمم بحيث يقاوم الضغط ويمنعها من الانزلاق او التآكل يتم استخدام الجدار الاستنادي بشكل عام للاحتفاظ بالأرض أو المواد الأخرى للحفاظ على مستويات غير متساوية على وجهين تسمى المادة الموجودة على الوجه الخلفي بالردم .

1-2 أهداف المشروع:

يهدف هذا المشروع إلى :

❖ معرفه الأنواع المختلفة للجدران العادية والساندة

❖ تصميم الحوائط والجدران السانده

1-3 منهجية البحث:

تم في هذا البحث دراسة جميع انواع الحوائط عن طريق تقسيمها الي ثلاثة اقسام تم التطرق في القسم الاول الي معرفه انواع الحوائط الغير ساندة بمختلف المواد التي تتكون منها .

في القسم الثاني تم مناقشة الحوائط الساندة الغير خرسانية فقط لاهميتها و باعتبارها الصورة الاولى لشكل الحوائط الساندة قديما وما يزال بعض هذه الانواع تستخدم الي الآن لقله تكلفتها و سهولة إنشاءها وتوفر المواد المستخدمة في بنائها .

في القسم الثالث تمت دراسة الحوائط الساندة الخرسانية و مميزات كل حائط ومناقشة الظروف التي يمر بها الحائط من الاحمال التي عليها و طريقه تصريف المياه تم مناقشه الخطوات الاساسيه لتصميم الحوائط ودراسة الاحمال التي يسندها الحائط وحساب الاجهادات الناتجه من ذلك الاسناد تم تطبيق مثال علي عمليه التصميم .

1-4 المواصفات القياسية:

- ❖ استخدام التصميم اليدوي
- ❖ استخدام الكود البريطاني BS 8110 .

1-5 وصف المشروع:

- ❖ الفصل الاول يتناول مقدمة عامة وتعريف شامل عن الحوائط الساندة والمعروفة بالجدران الأستنادية .
- ❖ الفصل الثاني تم تقسيمه الى ثلاثة أقسام القسم الاول يشتمل على تعريف الانواع المختلفة للحوائط عامتا والقسم الثاني يتم فيه تعريف لجميع أنواع الحوائط الساندة ما عدا الخرسانية منها والقسم الثالث سيتم الحديث فيه عن الحوائط الساندة الخرسانية وخطوات تصميمه .
- ❖ الفصل الثالث يتضمن كيفية تحليل وتصميم الحوائط الساندة الكتلية والخرسانية.

الفصل الثاني

الإطار النظري

الفصل الثاني

2- الإطار النظري

2-1 مقدمة:

نسبتاً لما وجدناه من أهمية في الجدران الاستنادية كان لا بد أن يتطرق البحث في ذكر الجدران في صورتها الأساسية والمواد المختلفة التي تستخدم في بناءها وأسباب اختلاف تلك المواد حسب نوع وظيفتها أو مكان استخدامها.

ولذلك سيتم تقسيم هذا الفصل الى ثلاثة أقسام بغرض التسهيل والترتيب والتصنيف سيتحدث القسم الأول عن انواع الحوائط والجدران عموماً والقسم الثاني سيتحدث عن الحوائط والجدران الساندة بأنواعها ما عدا الخرسانية والقسم الثالث سيتحدث عن أنواع الحوائط الساندة الخرسانية .

2-2 أنواع الجدران الإنشائية:

هنالك ثلاثة أنواع من الجدران الإنشائية وهي الآتية:

1. الجدران الحاملة Load bearing walls :وهي التي تتحمل القوى والاوزان الشاقولية التي تطبق على الجدران ضمن مستواها وتكون موازية لارتفاعها.
2. الجدران الساندة أو الاستنادية Retaining walls :وهي التي تتحمل القوى الأفقية من ضغط التربة بصورة متعامدة مع مستواها أي بصورة موازية للسبك.
3. جدران القص Shear walls :وهي التي تتحمل القوى الأفقية من الرياح أو الزلازل أو غيرها التي تطبق عليها ضمن مستواها وبصورة موازية لطولها.

2-3 القسم الأول

2-3-1 الجدار

هو بناء صلد يستخدم عادة لحماية أو تطويق مساحة معينة. يبني الجدار من مواد متنوعة مثل الخشب أو الطوب أو الحجر أو الخرسانة. قد يكون الجدار حاملاً لأحمال المبنى كالسقف أو الطوابق العليا أو قد يكون حاملاً لنفسه فقط وقد يحيط الجدار بمساحة مفتوحة ويكون غير مرتبط بغرف أو مساحة مغلقة ويسمى في هذه الحالة بالسور .

2-3-2 جدار الطوب

جدار الطوب هو عنصر رأسي من عناصر الهيكل المصنوع من الطوب والملاط الذي يقسم مكونات المبنى إلى أجزاء مختلفة. يستخدم جدار الطوب كجدار خارجي أو داخلي للمبنى ، حواجز ، حواجز داخلية ، جدران قائمة بذاتها ، جدران استنادية ،

في العصور القديمة ، كانت جدران القرميد تُصنع باستخدام الطوب المربوط ببعضه البعض بواسطة ملاط طيني رقيق ، وقد أثبت بعضها أنه مرن بشكل مدهش. يتمتع بالمرونة في أن يتم بناؤه بشكل مستقيم ومنحني ومتعرج ، كما هو مصمم في الخطة.

بالنظر إلى البناء الحديث ، تُستخدم الجدران المبنية من الطوب كمكون خارجي لبناء جدار التجويف من أجل تقليل الانتقال الحراري عبر الجدار. ومع ذلك ، يتطلب جدار القرميد أساساً يمكن أن يكون إما شريطاً خرسانياً أو "قاعدة" تقليدية.

2-3-3 الجدران الحجرية

تستخدم الجدران الحجرية في جميع أنحاء العالم بأشكال مختلفة. على الرغم من أن بناء جدار من الطوب يعتبر مفهوماً قديماً جداً ، إلا أنه يُستخدم في العصر الحديث من خلال تطبيق تعديلات مختلفة عليه.

هو نوع من البناء الحجري الذي تم استخدامه لآلاف السنين بسبب موثوقيته. من المعروف أنه تم بناؤه أولاً من قبل المزارعين والأشخاص البدائيين عن طريق تكديس أحجار الحقل السائبة في جدار حجري جاف.

2-3-4 الجدار الزجاجي

يُعرف الجدار الزجاجي أيضاً باسم جدار التقسيم الزجاجي وهو عبارة عن هيكل جدار داخلي مصنوع أساساً من الزجاج أو من بديل للزجاج. لتشكيل قسم زجاجي ، يتم إقران الألواح الزجاجية باستخدام إطارات أو قنوات أو مشابك معدنية لإنشاء جدران مخصصة غير حاملة.

تعمل الجدران الزجاجية كمقسمات للمكاتب ، وجدران فاصلة للحمام ، وأنظمة جدران زجاجية ، وحتى كقسم في المباني السكنية. ومع ذلك ، فهي أكثر شيوعاً في تصميم المكاتب الحديثة المستخدمة في المقصورات وقاعات المؤتمرات والمداخل.

تم تصميم أقسام الجدران الزجاجية لتناسب العديد من المساحات المختلفة التي تناسب العديد من أفكار التصميم ، وبالتالي فهي صديقة للمساحة ، وتملاً مساحة أرضية أقل من الهيكل التقليدي. يتطلب استخدامه عدداً أقل من تركيبات الإضاءة لأنه يسمح للضوء الطبيعي بالدخول من خلال النوافذ بالتدفق بحرية في جميع الأنحاء.

2-3-5 الجدران الخشبية

أكثر الأخشاب الصلبة شيوعاً والأكثر استخداماً لصنع الجدران الخشبية أو الأقسام الخشبية تشمل البلوط والقيقب والماهوجني والكرز والجوز وخشب الساج. هذه الأخشاب عبارة عن مادة حائط جيدة ولكنها غالية الثمن بعض الشيء ، ومع ذلك ، فإن متانة وطول عمر الخشب جيدة للغاية .

غالباً ما يستخدم الخشب الصلب لبناء هذا الجدار. يستخدم الخشب الصلب في بناء الأسقف والأرضيات.

2-3-6 كتل جمر الجدار

يستخدم Cinder Blocks Wall كتل Cinder المصنوعة من خرسانة الفحم الأخرى ، والتي تتطلب التخطيط والإشراف الضروريين لبنائها. قد يتطلب الأمر قدرًا كافياً من التعزيز للتركيب الصلب للكتل.

على غرار الطوب ، يتم تكديس كتل السنيد معاً وربطها بملاط مصنوع من الأسمنت المطلوب والرمل ونسبة من الماء، هذه الكتل مجوفة من الداخل مما يسمح بحشو القضبان الفولاذية والملاط داخل الكتل.

2-3-7 جدار ألواح الصلب

على الرغم من أن جدار الألواح الفولاذية باهظ الثمن ، إلا أنه متين للغاية ، وله قوة هائلة ملحوظة توفر ميزة كبيرة للمنازل. لا يقتصر الأمر على المتانة والقوة فحسب ، بل يمتاز بالسمة الحيوية للمرونة من حيث المعنى.

لا شك أنه ينحني بسهولة دون أن ينكسر حتى لو تم تطبيق قوة خارجية. وهي متوفرة في السوق مع مجموعة واسعة من التشطيبات والمقاييس بحيث يصبح تشكيل الجدران أمراً سهلاً.

إنها مادة مثالية في تشييد المباني الصناعية ولكنها في الآونة الأخيرة كانت أيضاً خياراً رئيسياً للعديد من المنازل الحديثة والمعاصرة.

2-4 القسم الثاني

2-4-1 الحوائط الساندة الحجرية

يعتبر الحجر من المواد التي استخدمت في البناء منذ فجر التاريخ والحضارة الانسانية، وهي مازالت الى يومنا هذا تحتفظ بقيمتها المعمارية والجمالية.

يتم بناؤها بشكل عام لحماية وجه منحدرات القطع في التربة أو السدود الترابية من التآكل .

الجدران الحجرية هي نوع من البناء الذي تم استخدامه لآلاف السنين. تم بناء الجدران الحجرية الأولى من قبل المزارعين والبدائيين عن طريق تراكم الحجارة الميدانية الفضاضة في جدار حجر جاف. تنتشر هذه الجدران الحجرية في جميع أنحاء العالم بأشكال مختلفة وهذا هو أبسط شكل من أشكال الجدران الاستنادية ويعتمد استقرار هذه الجدران على ترتيب الحجارة في الجدار والاحتكاك بين الحجارة الفردية. أنظر الى الشكل (2-1)



شكل(2-1) في هذه الصورة جدار إستنادي لمصرف مياة بمنطقة بربر (الهجانة) .



شكل (2-2) حائط ساند من الحجر

2-4-1-1 المواد المستخدمة

عادة ما تكون الجدران الحجرية مصنوعة من المواد المحلية متفاوتة من الحجر الجيري والفليت إلى الجرانيت والحجر الرملي. ومع ذلك، يختلف نوعية بناء الحجر بشكل كبير، سواء في التحمل إلى التجوية والمقاومة لتغلغل المياه وفي قدرتها على العمل في الأشكال العادية قبل البناء. عادة ما يعرف الحجر العام باسم أتشلار، وغالباً ما يستخدم لزوايا في المباني الحجرية. ومن الحجارة التي يتم استخدامها أيضاً هو الجرانيت ويمتاز بالمقاومة العالية، في حين أن الحجر الجيري على العموم ضعيف للغاية. ما عدا حجر بورتلاند، أكثر مقاومة للطقس.

2-4-1-2 طريقة البناء

يجب أن تكون الأحجار المستخدمة في الجدار ذات حجم كبير ومخشنة لضمان الحد الأقصى من مساحة الفرش.

في حالة القنوات والسدود يجب أن يكون التدبيش 90 سم على الأقل فوق منسوب سريان المياه العالي. ولضمان استقراره يجب منع القدم من الانزلاق عن طريق البناء المناسب ويختلف سمك التدبيش من 30 سم حتى 75 سم والحجارة المختارة معبأة يدوياً بإحكام ويتم ملء جميع المسافات البينية بقطع أصغر من الحجر وتثبيتها بإحكام ويتم وضع كل حجر في التدبيش بشكل مسطح ولا يسمح بأحجار بارزة.

يجب أن يكون الحد الأدنى لعرض الجدار من أعلى 60 سم. ويجب أن يكون للوجه الأمامي ميل تدرج يتراوح من 1 : 4 إلى 1 : 3.

يتم استخدام ميل 1 : 4 للجدران التي يقل ارتفاعها عن 4,5 متر.

من حيث المبدأ، يجب أن يقتصر ارتفاع جدار البناء الحجري الجاف على 6 أمتار.

بالنسبة للجدران التي يزيد ارتفاعها عن 4,5 متر، فإن ال 4,5 متر العلوية من الجدار يتم بناؤها عادةً من الحجارة الحجرية الجافة والجزء السفلي من هذا الجدار يبنى بالمونة.

يتم وضع الأحجار المستخدمة في بناء الجدار بزاوية قائمة في جهة الردم. يتم الحفاظ على رابطة مناسبة ويتم ربط الوجه الأمامي والخلفي للجدار بدقة مع قلب الجدار. يجب أن يتكون الردم مباشرة خلف الجدار من الحصى رقائق الحجر أو المواد الحبيبية المماثلة وليس الأرض. يجب توفير ثقب تصريف مساحتها ٧٥ إلى ١٠٠ ملم مربع في الجدار كل ٢ م عمودياً وأفقياً لتصريف المياه من الردم خلفها.

2-4-2 الحوائط الساندة الفولاذية

وتعرف بخوازيق لارسن للورق وهي نوع من خوازيق الجدران الاستنادية كما يوحي الاسم ، عبارة عن صفائح ضيقة من المواد ، وعادة ما يتم تصميمها بمظهر جانبي وحواف متشابكة ، بحيث يمكن تركيب أكوام صفائح متعددة معاً لتشكيل جدار أو حاجز سليم هيكلياً. الأحواض تزيد من مقاومة الانحناء. المقاطع عادة ما تكون مصنوعة من الفولاذ أو معدن آخر. تم تطوير أساسات ورقة لارسن في عام 1906 بواسطة لارسن. تستخدم في المناطق التي بها تربة مشبعة بالمياه الجوفية كما تستخدم في الموانئ وغالباً ما يتم تصنيع ركائز الألواح الفولاذية باستخدام معادن مستدامة معاد تدويرها ، وحيث تتطلب كيمياء التربة ذلك ، يتم رشها بطبقة مقاومة للتآكل . أنظر إلى الشكل (2-3) .



شكل (2-3) صفائح ساندة فولاذية

ركائز الألواح الفولاذية هي النوع الأكثر استخداماً ، لأنها متعددة الاستخدامات. يمكن لحامها أو ربطها ببعضها البعض عمودياً لتوفير طول أو عمق أكبر ، إذا لزم الأمر. فهي شديدة المقاومة للضغط التي تسببها القيادة وتوفر أفضل خيار للقوة مقارنة بوزنها.

هي متوفرة في العديد من المقاطع العرضية والأشكال. يمكن أن تكون أكوام صفائح مدلفنة على الساخن ، أو أكوام صفائح مدلفنة على البارد ، أو ركائز صفائح مشكلة على البارد.

تم تعزيز متانة ركائز الصفائح الفولاذية بمساعدة تدابير الحماية من التآكل مثل الطلاء والحماية الكاثودية. الصلب هو الشكل الأكثر شيوعاً لأكوام الألواح لأنه يتمتع بمقاومة جيدة لضغوط القيادة العالية ، ومقاومة ممتازة للماء ، ويمكن زيادته في الطول إما عن طريق اللحام أو التثبيت. أو يتم الاتصال بين الألواح عن طريق التشابك. هناك أربعة أشكال أساسية لأكوام الألواح الفولاذية ، والأقسام العادية ، وأقسام الويب المستقيمة ، والأقسام الصندوقية ، والأقسام المركبة.

2-4-2-1 استخدامات ركائز الألواح الفولاذية

يمكن استخدام دعائم الألواح لتوفير أساسات دائمة وجدران داعمة دائمة أو مؤقتة وكأقفال قوية للغاية عند الحاجة إلى أساس خرساني مصبوب أو جدار احتياطي. ومن مميزاتها أنه يمكن إعادته استخدامها أكثر من مرة.

يمكن أن تشكل دعائم الألواح الأساس لهيكل تحت الأرض مثل الطابق السفلي أو موقف السيارات تحت الأرض. يتم استخدامه أيضاً للتطبيقات البحرية ، وغالباً ما يتم استخدامه في مشاريع تعزيز جدار الميناء ، ولكن يمكن استخدامه أيضاً في المشاريع

التي تتطلب جدراناً داعمة على طول ضفاف الأنهار أو القنوات ، أو في المشاريع التي تركز على إصلاح الجسور والبناء.

2-4-2-2 تصاميم الركائز المستعرضة

هناك أشكال مختلفة لتلك الألواح الفولاذية منها على شكل Z ، على شكل U وأقسام الويب المستقيمة.

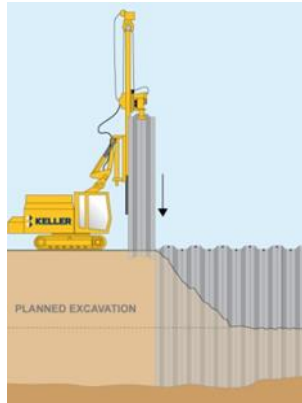
تعتبر أكوام الألواح على شكل Z هي الأكثر كفاءة من حيث الشكل. يتم استخدامها لبناء الجدران المتوسطة والعميقة وعادة ما تكون للجدران الخلفية المقيدة والجدران الاستنادية. تُستخدم المقاطع على شكل حرف U في تطبيقات مماثلة ، لكن مقاومتها للانحناء أقل من الأكوام على شكل حرف Z . أنظر إلى الشكل (2-4)



شكل (2-4) أشكال مختلفة لصفائح الفولاذ الساندة

2-4-2-3 تركيب دعائم الصفيحة

يتم دفع الألواح أو الأقسام الضيقة إلى التربة باستخدام مطارق اهتزازية أو مطارق صدم ، إذا كانت الأرض صلبة أو كثيفة بشكل خاص. بالنسبة لبعض التطبيقات حيث تعني الظروف المحلية وجود قيود على الضوضاء والاهتزاز ، يتم استخدام الطرق الهيدروليكية لإدخال الأكوام. أنظر إلى الشكل (2-5)



شكل (2-5) طريقة تركيب صفائح الفولاذ الساندة

2-4-2-4 أهم عشرة فوائد لتكديس الصفائح

1. تعتبر دعائم الصفائح أسرع في التركيب من بناء الجدران الخرسانية المسلحة.
2. إنها ضيقة ، مما يسمح بتثبيتها في أماكن محدودة.
3. لا تؤدي إلى إتلاف الأرض المحيطة ، على عكس الأساسات الخرسانية المملّة أو المتجاورة.
4. لا تتطلب دعائم الصفائح أي أعمال حفر

5. الركائز الفولاذية ، عند معالجتها ، مناسبة للاستخدام في جميع أنواع التربة.
6. يمكن تثبيتها قبل أن تبدأ الأعمال الأخرى.
7. أنها توفر قدرات التحميل الفوري
8. يمكن إنهاء الركائز الفولاذية لتتلاءم مع التصميم المرئي للمشروع.
9. يمكن استخدامها كجدار ستائر يحتوي على الموقع لأمن وحماية المنطقة المحيطة من التأثيرات المرئية والبيئية.
10. إنها مصنوعة في مصنع ، وليس في الموقع ، لذا فإن مراقبة جودة المكونات أفضل.

2-4-2-5 مزايا ركائز الألواح الفولاذية

- ❖ قابلة لإعادة التدوير وإعادة الاستخدام.
- ❖ تتوفر مجموعة كبيرة من خيارات الأطوال والحجم والصلب.
- ❖ يمكن استخدامها للهياكل المؤقتة والدائمة.
- ❖ يمكن تركيبها باستخدام طرق صامتة وخالية من الاهتزازات.
- ❖ تركيب أسرع من الجدران المجاورة أو المتقطعة.
- ❖ يمكن بناء Cofferdams في أي شكل مرغوب فيه تقريباً .
- ❖ خفيف الوزن ، مما يجعل الرفع والتعامل أمراً سهلاً.
- ❖ يمكن تعديل طول وتصميم الوبر بسهولة.
- ❖ تم تصميم المفاصل لتحمل الضغط العالي اللازم لوضعها في مكانها.
- ❖ هناك حاجة إلى القليل من الصيانة فوق وتحت الماء.

2-4-3 الحوائط السانده من الطوب

عادة ما يتم بناء هيكل الجدار الاستنادي للاحتفاظ بكتلة الأرض أو مواد التعبئة الخلفية. تم تشييد الجدران الاستنادية من الطوب الخرساني في مشاريع هندسية مختلفة لخدمة أغراض مختلفة.

2-4-3-1 طريقة البناء

أولاً :خطوات بناء جدار الطوب الخرساني :

يتكون بناء الجدار الاستنادي للطوب الخرساني من عدد من المراحل بما في ذلك الحفر وإعداد تربة الأساس وبناء قاعدة الجدار الاستنادي ووضع وحدة الطوب الخرسانية وتركيب نظام الحشو والصرف. يتم شرح هذه المراحل باختصار .

1-أعمال حفر الجدران الاستنادية للطوب الخرساني :

يجب اختيار الآلات أو الأدوات المناسبة واستخدامها لهذا الغرض ويمكن الوصول إلى تربة قوية غير مضطربة ومرضية بعد إزالة التربة. يجب أن يتم تنفيذ العمل بناءً على الخطوط والدرجات المقدمة من رسومات تصميم الجدار الاستنادي.

يجب توخي الحذر الشديد لمنع الحفر المفرط. يجب أن نتذكر أنه يجب تحديد موقع الهياكل والمرافق بالقرب من موقع المشروع واتخاذ التدابير اللازمة لمنع الأضرار الناجمة عن أعمال الحفر.

2-تحضير التربة الأساسية للجدران الاستنادية من الطوب الخرساني :

يجب حفر تربة الأساس تحت الطابق السفلي وفقاً لرسومات تصميم الجدار الاستنادي للطوب الخرساني. يجب أن يتم ضغطها على الأقل 95% اختبار ضغط بروكتور قياسي.

يجب على مهندس الموقع استكشاف وفحص تربة الأساس للتأكد من أنها تُلبي متطلبات التصميم. إذا كان أساس التربة لا يُلبي متطلبات التصميم، فيجب استبداله بمادة مقبولة.

3-بناء قاعدة حائط داعمة للطوب الخرساني :

على غرار الجزء الآخر من الجدار الاستنادي، يجب أن يتم وضع المادة الأساسية وفقاً للرسومات المُقدّمة. يوصى بالنظر إلى مادة حبيبية منخفضة النفاذية كمادة أساسية ويتم وضع طبقة التربة هذه على تربة الأساس. عند وضع المواد الأساسية، يجب رفع العمق المناسب وفقاً لتوصيات القوانين المعمول بها أو مستندات التصميم لتثبيت ودفن الجزء السفلي من الجدار.

يجب ضغط المواد الأساسية عند 95% بروكتور قياسي ويُنصح السطح العلوي بالتسوية باستخدام 13 مم من الرمل المصنّف جيداً. يعتمد سُمك المادة الأساسية على ارتفاع الجدار الاستنادي. على سبيل المثال، يمكن اعتماد 100 مم للارتفاعات الأقل من 1.2 م و 150 مم للارتفاعات الأكبر من 1.2 م.

4-وضع وحدة البلوك الخرساني في الجدار الاستنادي :

يجب تركيب وحدات الكتل الخرسانية بشكل صحيح وفقاً لوثائق التصميم وتحتاج إلى مواسير. يجب وضع خلايا رأسية ويجب تطبيق الملاط على جميع جوانب الكتلة في الاتجاهين الأفقي والرأسي.

يجب التأكد من أن المسار الأول للجدار يجب أن يكون ملائماً للمادة الأساسية. يجب ألا يقلّ سُمك مفصل الملاط الأفقي والعمودي عن 10 مم. إذا كانت الوصلات مرئية، فيجب إنشاء قسم مفصل مُقعر وإلا سيتم ضرب أعمال التشطيب بالمجرفة.

يوصى باستخدام ملاط من 1 أسمنت أو 1 جير إلى 6 رمل أو 1 أسمنت إلى 5 رمل بالإضافة إلى أن يكون مُثخّن بالماء. إذا تم تقوية الجدار الاستنادي بقضبان فولاذية،

فيجب تنظيف الخلية من الدورة الأولى باستخدام الوسائل والتقنيات المناسبة. يُعتبر التنظيف مفيداً إلى حد كبير نظراً لأن موضع القضبان الفولاذية سيتأثر بالحطام في الفراغات .

ثانياً: فحص بناء جدار الطوب الخرساني :

من الضروري إجراء التفتيش في مراحل البناء المختلفة الموضحة أدناه:

1. سيكون الفحص ضرورياً بعد الانتهاء من أعمال حفر الأساس ووضع حديد التسليح، ويجب إجراؤه قبل صب الخرسانة.
2. قبل وضع الملاط، بعد وضع وحدات الطوب الخرسانية وإدخال القضبان الفولاذية .
3. قبل وضع مواد الردم.
4. أخيراً، بعد انتهاء أعمال البناء بالكامل.

ثالثاً: مزايا تطبيقات جدار الطوب الخرساني :

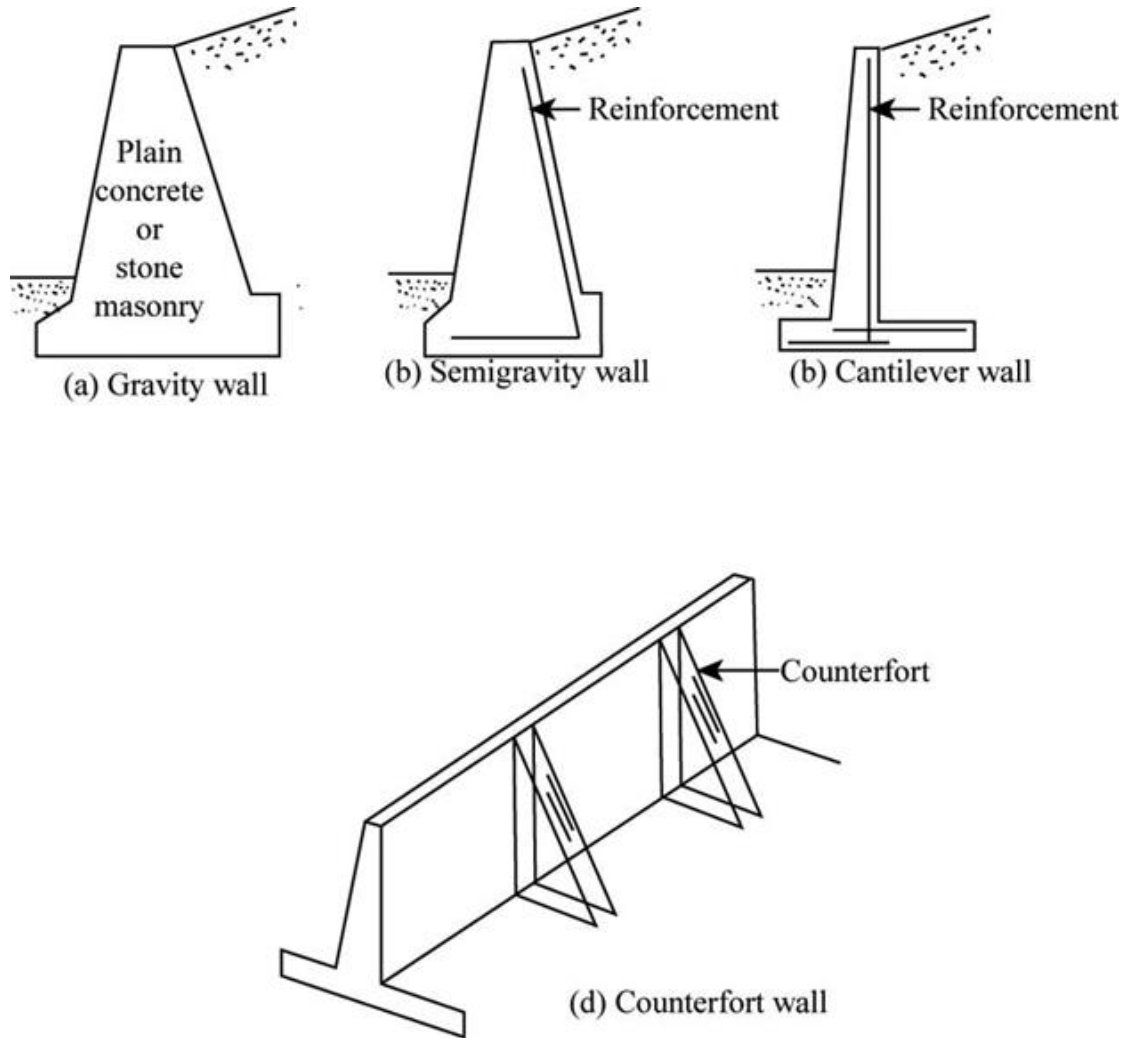
1. يحتفظ جدار الطوب الخرساني بمواد الردم
2. يزيل منحدرات مواد تعبئة الأرض.
3. يُساعد في السيطرة على التآكل.
4. جدار الطوب الخرساني بسيط وسهل البناء.
5. إنه فعال من حيث التكلفة.
6. إنه متين مقارنة بأنواع الجدران الاستنادية الأخرى

2-5 القسم الثالث

2-5-1 مقدمة

تمثل الحوائط الساندة الخرسانية أي التي تتكون من الخرسانة وحديد التسليح أهمية أكبر من بقية الأنواع الأخرى لأنها تنشأ بطرق علمية ورياضية لتكون أكثر مقاومة وبدون أخطاء وكل ذلك لأهمية الدور الذي صممت لأجله .

هنالك عدة أنواع للحوائط الساندة الخرسانية لكن أشهرها أربعة أنواع وأكثرها إستخداما هو النوع الأول .أنظر الى الشكل (2-6)



شكل (2-6) يوضح أنواع مختلفة للحوائط الساندة

هذه الصور توضح أربعة أنواع لحوائط سائدة خرسانية:

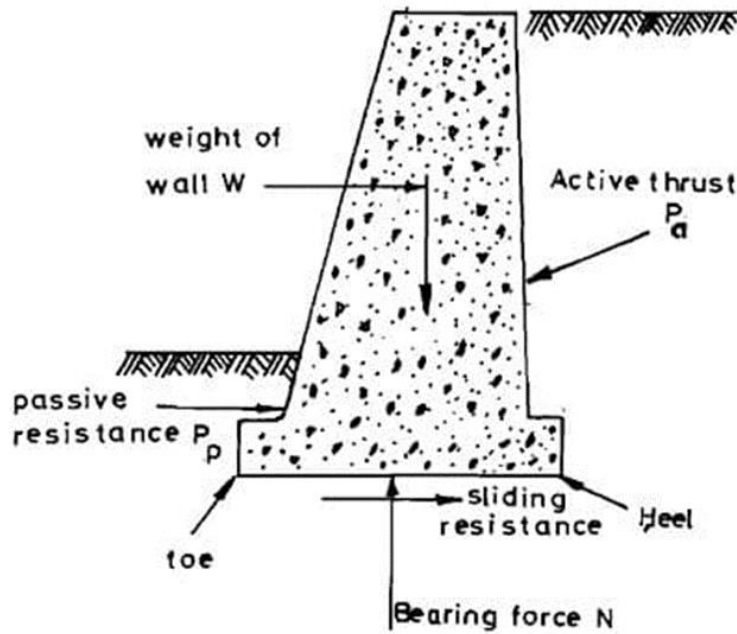
- ❖ حوائط الجاذبية أو السائدة الكتلية
- ❖ حوائط شبه الجاذبية
- ❖ حوائط كابولية
- ❖ جدار الاحتفاظ

2-5-2 الجدران السائدة الجاذبية Gravity retaining wall

هي عبارة عن حوائط خرسانية مسبقة الصب بأحجام ومقاسات معينة يتم تصميمه وإنشائه لتحمل الضغط الجانبي للتربة أو حبس مواد التربة. يمكن أن يكون الضغط الجانبي أيضاً بسبب ردم الأرض، وضغط السوائل، والرمل، والمواد الحبيبية الأخرى التي تكون خلف هيكل الحائط الاستنادي.

وتسمى أيضاً بالجدران الكتلية وكذلك بالجدران الاستنادية التثاقلية لأعتمادها على وزنها فقط لمقاومة ضغط الأرض الجانبي.

بشكل عام يكون الجدار الاستنادي التثاقلي ضخماً لأنه يتطلب حمولة وزن كبيرة لمواجهة فعل ضغط التربة الجانبي. أنظر إلى الشكل (2-7)



شكل (2-7) حائط سائد كتلي

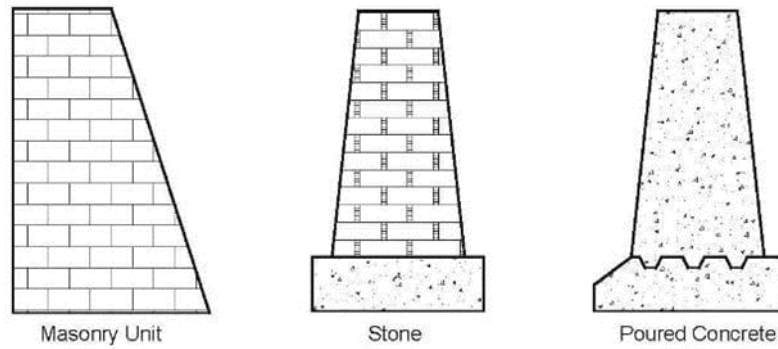
إنه اقتصادي لارتفاع يصل إلى ٣ أمتار. يجب ألا يقل العرض العلوي لجدران الطوب والجدران الخرسانية عن ٦٠ سم و٤٥ سم على التوالي.

يختلف العرض السفلي للجدران باختلاف الارتفاع ، يتم التصريف في المواد المحتجزة من خلال توفير مساحة ٥٠ إلى ٧٥ مم مربع كل ٢ متر أفقياً ورأسياً، كما أن جدار الاستنادي Crib RW، و Gabion RW هي أيضاً نوع من جدران السند الثقالية.

عادةً ما تكون الجدران الحاملة للجاذبية أوسع في قاعدتها ، مع وجوه مائلة ، مما يمكنها من مقاومة ضغوط الأرض الجانبية المرتفعة في العمق. هذا يعني أنه على الرغم من سهولة بنائها ومناسبتها للارتفاعات المحتجزة التي تصل إلى حوالي 3 أمتار ، فإن أي ارتفاع أعلى وتميل إلى شغل مساحة كبيرة جداً ويمكن أن ينتهي بها الأمر إلى أن تكون ثقيلة جداً على الأرض تحتها ، مما يؤدي إلى فشل قدرة التحمل. هذا يمكن أن يؤدي إلى فشل التربة التي تحتفظ بها .

2-5-2-1 المواد المستخدمة

يمكن بناؤه من مواد مختلفة مثل وحدات الخرسانة والحجر والطوب. أنظر إلى الشكل (2-8)



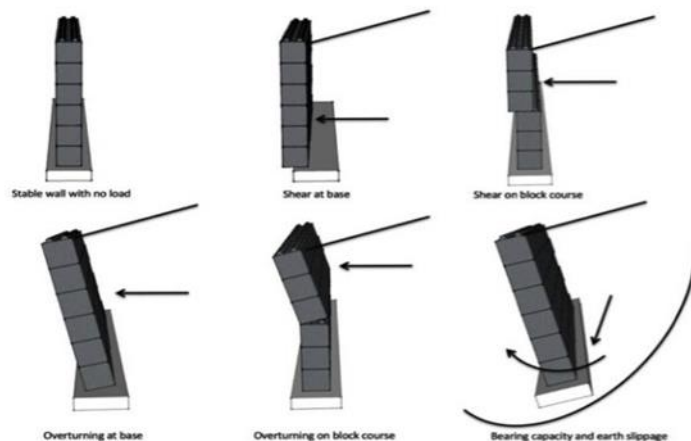
شكل (2-8) مواد مختلفة لبناء الحائط الساند الكتلي

2-5-2-2 المشاكل المتوقعة

يجب أن تؤخذ في الاعتبار قوى الانزلاق ، الانقلاب ، والتحمل أثناء تصميم هذا النوع من هياكل الجدران الاستنادية.

يمكن أن تفشل الجدران الاحتفاظ بطرق كثيرة. يصف الشكل أدناه أنواع الفشل. أنظر

الى الشكل (2-9)



شكل (9-2) انواع فشل الحائط

❖ انقلاب:

يتم الاحتفاظ بالمواد التي تخلق قوة (لحظة) تسبب إسقاط الجدار. وزن الجدار الاحتفاظ بالجاذبية يقاوم هذه اللحظة.

❖ تحمل القدرة:

يتم دعم وزن الجدار والأرض من قبل الأرض تحتها. يجب التحقق من القدرة على تحمل الأرض لضمان وجود أي تسوية ضمن حدود.

❖ انزلاق:

الأرض الاحتفاظ يخلق قوة أفقية يمكن أن تتسبب في الشريحة الجدار الاحتفاظ. يقاوم هذا الاحتكاك بين الجدار والأرض تحتها، وتضمن الجدار.

❖ الاستقرار:

تتطلب الأرض حول الجدار قوة كافية لتجنب فشل إجمالي.

❖ القص:

كتل يمكن أن تقش في القاعدة أو على الدورات. نقدم كيك في أضرار القاعدة والاشترائية لمقاومة هذه القوى.

3-2-5-2 شروط إستقرار وإتزان الجدران الاستنادية

يجب ان يلبي الجدار الاستنادي المتطلبات التالية لضمان استقراره وإتزانه :

1. يجب أن يكون الجدار قادراً من الناحية الهيكلية على مقاومة الضغط المطبق عليه.
2. يجب أن يكون قطاع الجدار متناسباً بحيث لا ينقلب بالضغط الجانبي.

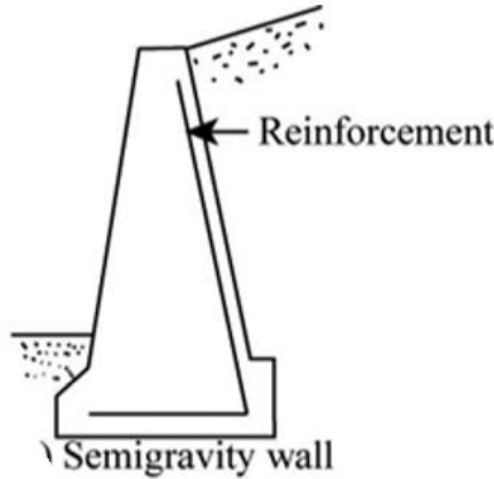
3. يجب أن يكون الجدار آمناً ضد الانزلاق. أي لا يجب تحرك الجدار تحت تأثير الضغط الجانبي.
4. إن وزن الجدار مع القوة الناتجة عن ضغط الأرض المؤثرة عليه. يجب ألا تضغط على أساسه بقيمة أكبر من قدرة التحمل الآمنة للتربة التي تأسس عليها.
5. من المهم منع تراكم المياه خلف الجدار الاستنادي. يجب تصريف الكتلة المحتجزة بشكل مناسب من خلال توفير ثقوب.
6. يجب قدر الامكان تزويد جدران السند الغير خرسانية الطويلة بفواصل تمدد تقع على بعد 6 إلى 9 أمتار.

2-5-3 الجدران الاستنادية شبه الجاذبية Semi gravity retaining wall

جدار الاحتفاظ شبه الجاذبية هو شكل خاص من اشكال جدران الاحتفاظ بالجاذبية في هذا النوع من الجدران الاستنادية يتم استخدام كمية صغيرة من حديد التسليح بالقرب من الوجه الخلفي لتقليل حجم قسم الجدار.

لذلك تقاوم الجدران شبه الجاذبية الأحمال الخارجية بمقاومة مشتركة يوفرها الوزن الذاتي للهيكل ومكون التربة الرأسى للوزن فوق القاعدة .

يتم توفير التعزيز على الجانب الخلفى من الجدار الاستنادي حيث يوجد ردم. يتم إجراء أنواع مختلفة من الأبعاد أثناء تصميم الجدران الاستنادية. تسمى هذه العملية بالتناسب. انظر الى الشكل (2-10)



شكل (2-10) جدار إستنادي شبه الجاذبية

يجب فحص الجدار الاستنادي على أساس المعايير التالية :

- ❖ تحقق من الانزلاق على طول القاعدة.
- ❖ تحقق من انقلاب إصبع قدمه.
- ❖ الفشل بسبب قدرة التحمل في القاعدة.
- ❖ يجب ان تكون التسوية ضمن الحدود المسموح بها.
- ❖ الاستقرار العام للهيكل.

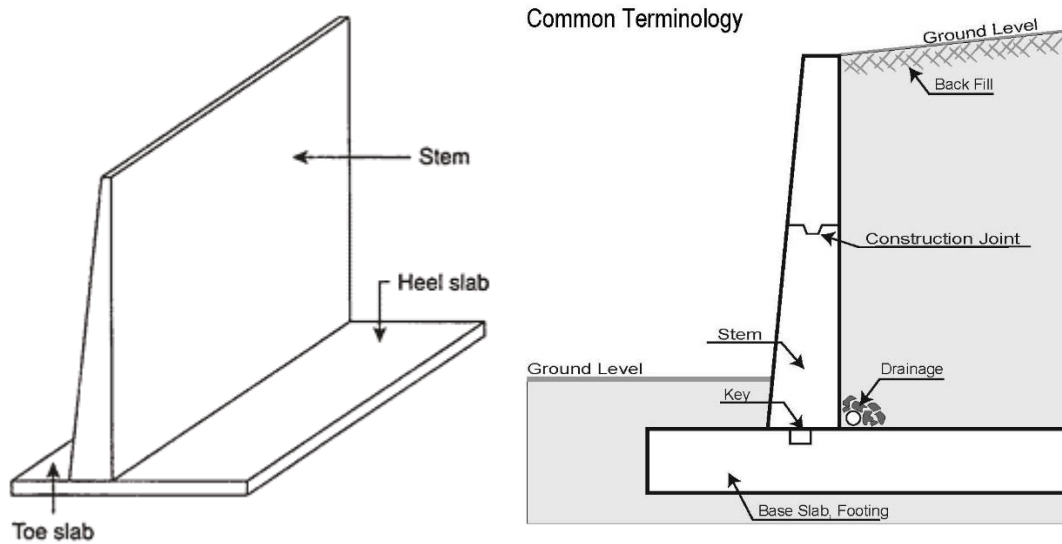
يمكن أيضا بناء الجدران الاستنادية شبه الجاذبية بحجر البناء. يمكن استخدامه في كل من تطبيق القص والتعبئة.

لا يتم استخدام الجدران الاستنادية شبه الجاذبية بشكل عام في حالة الأساس العميق. إنه القسم الأكثر اقتصادا في حالة ارتفاع الجدار المنخفض.

2-5-4 الجدران الاستنادية الكابولية Cantilever retaining wall

وهي تتكون من جذع رفيع نسبياً ولوح قاعدة. وتنقسم القاعدة أيضاً الى جزأين الكعب وأصبع القدم. تمتد هذه الجدران الى أعماق ابعد للأستفادة من الضغط السلبي للارض أدناه لمواجهة ضغط الأرض النشط الذي يمارس على الجدار أعلاه.

يتم توفير دعم إضافي لهذه الهياكل الاستنادية من خلال دعائم داخلية عادةً من اللوح الأساسي واللوح الأرضي وأية ألواح أرضية وسيطة. أنظر الى الشكل (2-11)



الشكل (2-11) يوضح صور لجدار الاستناد الكابولي

يستخدم هذا النوع من الجدران الاستنادية لتشكيل هياكل تحت الأرض قريبة من السطح مثل التي في مواقف السيارات ومحطات المترو.

يمكن أن تكون الجدران ضخمة ويتم فيها استخدام خرسانة أقل بكثير من جدران الجاذبية ولكنها تتطلب المزيد من التصميم والبناء الدقيق .

يتم بناء الجدران الكابولية باستخدام الخرسانة المسلحة على شكل حرف L أو مقلوب على شكل حرف T.

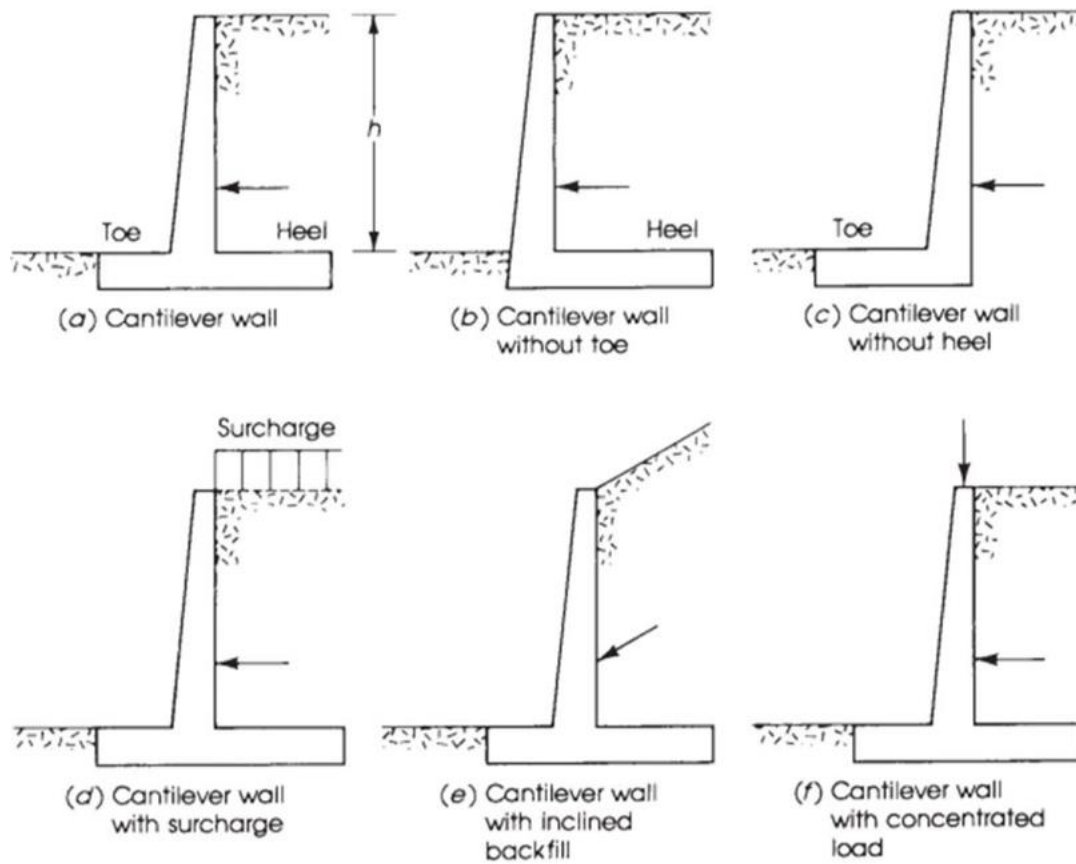
يتم نقل الضغط العمودي وراء الجدار الى الاساس. ومنع الاطاحة بسبب ضغط الأرض الجانبي من نفس كتلة التربة مما يسمح للجدران بالوقوف دون عائق.

تتضمن هذه الجدران في بعض الأحيان "مفتاح" في قاعدتها مما يتصعد في الارض لمنع فشل انزلاق. ميزة كبيرة من الجدران الكابولية مقارنة بأنواع جدار الاحتفاظ الأخرى هي أنهم يأخذون مساحة صغيرة .

وهي مناسبة للارتفاعات المحتجزة تصل الى 5 أمتار. ومع ذلك يتطلب البناء مساحة خلف الجدار وبالتالي فإن هذه الجدران الاحتفاظ لاتتناسب بشكل خاص لدعم المنحدرات الموجودة. ما لم يتم توفير الدعم المؤقت أثناء البناء.

2-5-4-1 أنواع الجدران الكابولية

يتم استخدام أشكال مختلفة لهذا النوع من الجدار حسب ما يتطلبه الموقع وشكل وحجم القوى المسلطة عليه، وأيضاً المساحة المتوفرة تلعب دور رئيسي في تحديد هذا الشكل. أنظر الى الشكل(2-12)



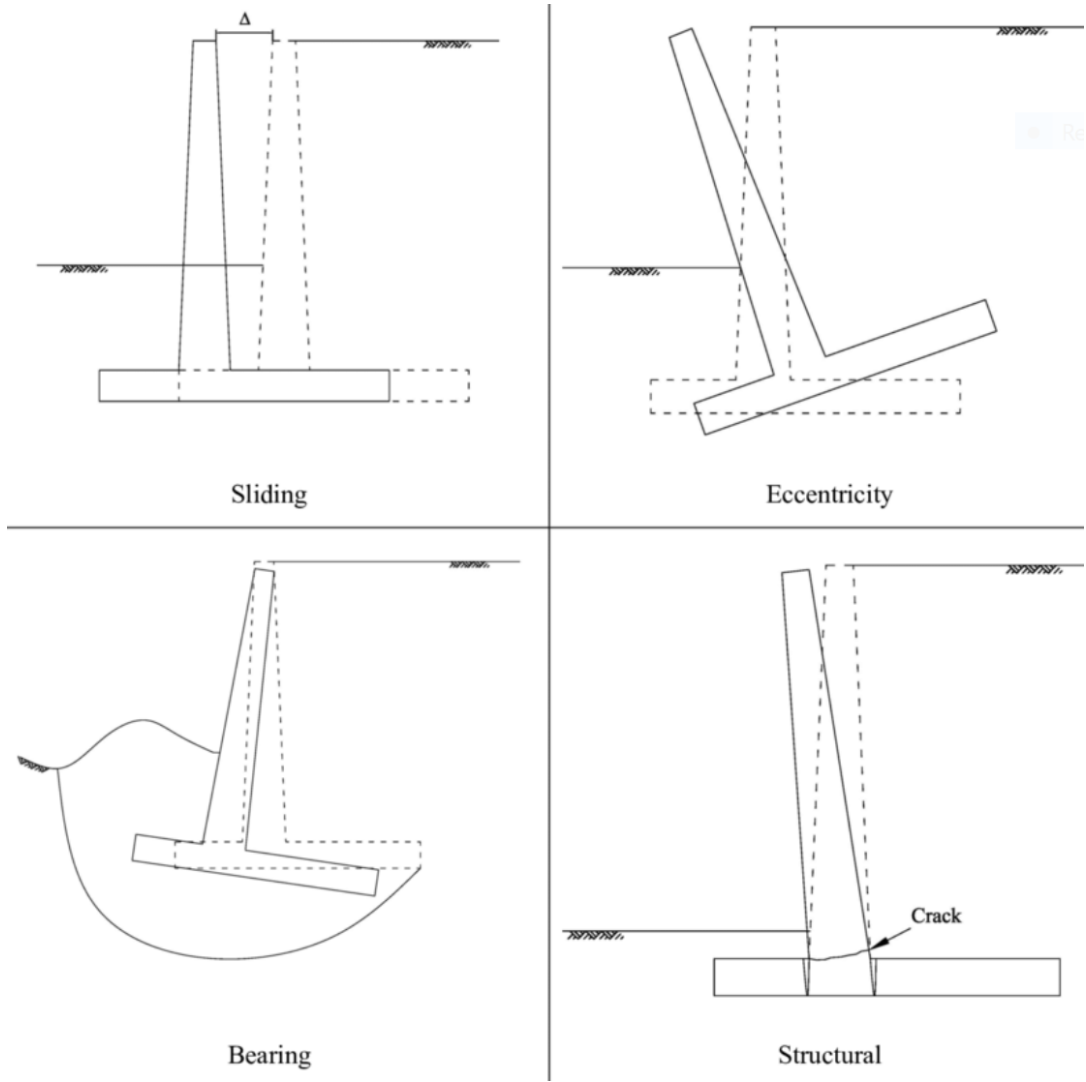
الشكل (2-12) يوضح الاشكال المختلفة للحائط الساند الكابولي

يمكن أن يتم بناؤها باستخدام عدد من الطرق المختلفة اعتمادا على ظروف الأرض ومدى إحكام الحفر المائي وإمكانية البناء (أي الوقت والتكلفة وطريقة الحفر) والعمق المحتفظ به المطلوب.

يتكون الجدار الكابولي من الجذع والبلاط الأساسي الذي تم إنشاؤه من الخرسانة المسلحة. يتم إنشاؤها في الموقع أو التي تكون جاهزة بشكل مسبق.

يتم التصميم والبناء بعناية. مماثلة لجدار الجاذبية ويجب ان يؤخذ في الاعتبار الجاذبية والانزلاق والانقلاب وضغط الحاملة أثناء تصميمه.

توجد مشاكل تواجه الجدار الكابولي بعد الانشاء كبقية الانواع الاخرى من الجدران السانده. انظر الى الشكل (2-13)



شكل (2-13) صورة توضح أنواع المشاكل التي تحدث للجدار الكابولي

كما ذكر أن الكابولي يتكون من الجدار العمودي والذي يشار إليه أيضاً باسم الجذع وبلاطة الكعب وبلاطة إصبع القدم. يتم تثبيت الكابولي في المكان الذي تلتقي فيه لوح الكعب وبلاطة إصبع القدم والجدار العمودي وتصل إلى الطرف الآخر.

يتم دفع الجذع للخارج بعيداً عن الردم نتيجة لضغط الأرض الجانبي الذي يعاني منه.

كل من لوح الكعب وبلاطة القدم يتعرضان لضغط التربة التصاعدي الناجم عن قاع الهيكل ونتيجة لذلك ينحنيان لأعلى. لذلك يتم توفير التعزيز على جانب التوتر أي

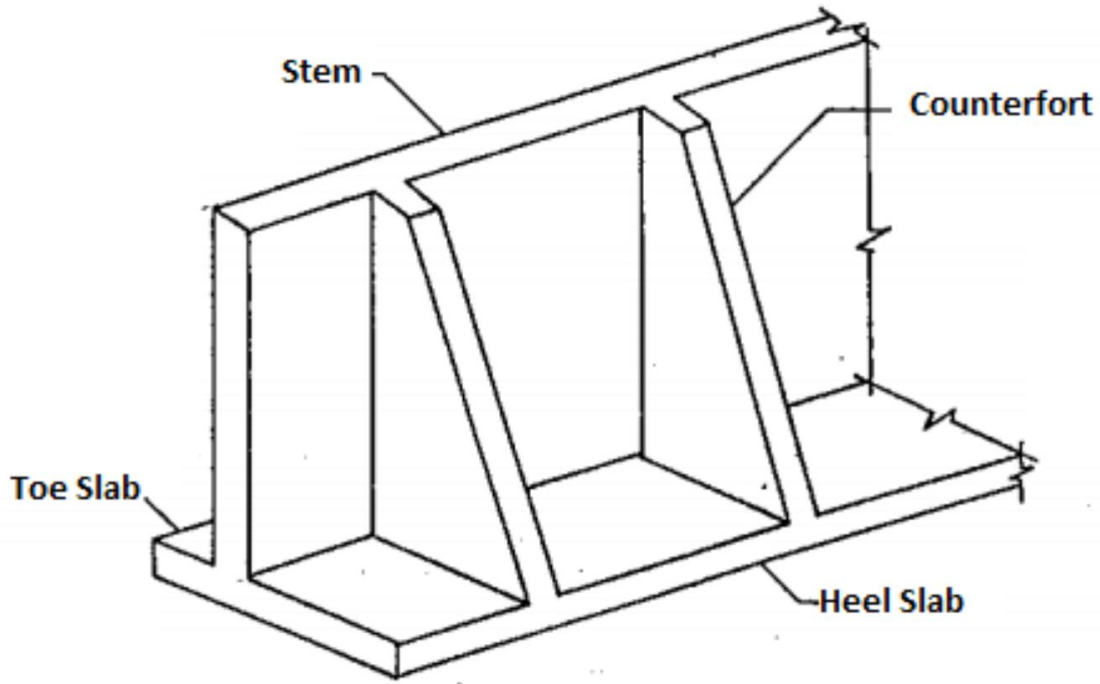
على شكل دعامة رأسية على الجانب الخلفي من الجذع بالإضافة إلى دعامة أفقية عند قاعدة لوح الكعب وبلاطة إصبع القدم على التوالي.

عند مقارنتها بوزن جدران الجاذبية يكون وزن جدار الاحتفاظ الكابولي أقل بشكل ملحوظ. ونتيجة لذلك يحتاج ببساطة إلى أساس أقل اتساعاً.

2-5-5 جدران الاحتفاظ Counter fort retaining wall

جدران الاحتفاظ هو بناء هيكل جامد للاحتفاظ بالتربة أو مجموعة من الحطام لها مستويات مختلفة بحيث لا تنزلق كتل التربة منه. وبالتالي تم تصميم هذه جدران خصباً لضغط قوه الأرض الجانبية. انظر الى الشكل (2-14)

وهي تقاوم جميع القوى الجانبية من خلال عملها المرن بدلاً من وزنه. لذلك فإن هذا الجدار يحتوي على مؤسسة قاعدة واسعة. ووسيلة رأسية عززت مع شريط ودعمها ألواح عرضية رقيقة.



شكل (2-14) جدار الاحتفاظ

تشبه جدران الاحتفاظ الجدران الكابولية إلا أنها تحتوي على شبكات خرسانية عمودية رفيعة تسمى بالأعصاب توضع على فترات منتظمة على طول الجانب الخلفي من الجدار تعرف هذه الشبكات أيضاً باسم Counter forts تربط بين اللوح والقاعدة معا والغرض الأساسي منها هو تقليل قوى القص وعزم الانحناء التي تفرضها التربة على الجدار.

الغرض الثانوي منها هو زيادة وزن الجدار من الخرسانة المضافة. يمكن ان تكون مسبقة الصب أو تشكل في الموقع .

تم تصميم البلاطة خصباً لوضعها داخل القسم حيث يجب الاحتفاظ بكتلة التربة وبالتالي فهي مصممة للإجهاد العالي. ولكن إذا تم الاحتفاظ بالبلاطة بالخارج حيث لا يجب الاحتفاظ بكتلة التربة. فيطلق عليها اسم دعامة وتعرف بأسم جدار الاحتفاظ بالدعم .

2-5-5-1 أجزاء جدار Counter fort

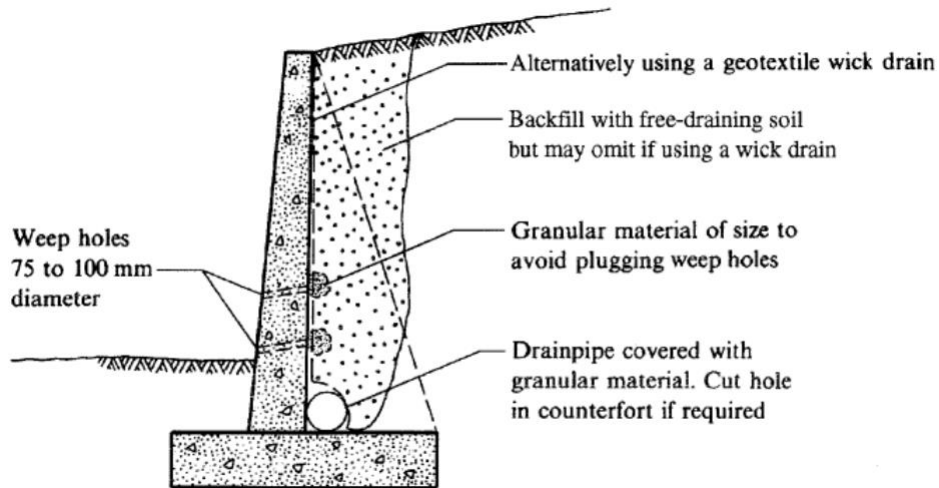
1. الجذعية: هو جزء الانتصاب الرقيق والعمودي من الجدار المضاد الذي يحتفظ بالتربة أو الردم.
2. لوح القاعدة: اللوح الأساسي هو قاعدة الجدار المضاد الذي يدعم الجذع والقاعدة.
3. لوح إصبع القدم: يسمى لوح القاعدة خارج قسم الاستبقاء لوح إصبع القدم. لا يحتوي هذا الجزء على الألواح الداعمة المستعرضة.
4. لوح الكعب: يسمى لوح القاعدة الذي يقع داخل القسم الاستنادي للجدار. يحتوي هذا الجزء على اللوح النحيف الداعم المستعرض الذي يطلق عليه أسم العدادات.
5. Counter forts: هي الواح عرضية رفيعة متصلة عند كعب اللوح الأساسي لدعم الجذع وتوضع على مسافات محددة.
6. نظام الصرف: هو جزء لا يتجزأ من الجدار الداعم للجدار المضاد الذي تتمثل وظيفته في التحكم في ضغط المياه الداخلي الذي يتكون من فتحات تصريف.

6-2 تصريف المياه خلف الجدران الاستنادية

من الاسباب الرئيسية لإنهيار الجدران الاستنادية هو تجمع المياه خلف الجدار أو أسفله وذلك نتيجة لنزول المطر أو التسرب من مواسير المياه أو الصرف العمومية والذي تسبب ضغطاً كبيراً على واجهة الحائط حيث تمتلئ مسامات التربة بالمياه .

للتخلص من هذا الضغط يتم عمل فتحات في الجدار لتصريف المياه من خلف الحائط الساند وتوضع أنابيب تصريف من أجل إخراج هذه المياه إلى الفتحات وتوضع طبقات من الركام الخشن غير المتجانس بالتدرج خلف الحائط ثم وضع ماسورة أسفل الحائط بحيث تكون مثقبة من أعلى لتصريف الماء بسهولة . انظر الى الشكل (2-15)

يمكن التغلب على ضغط الماء هذا في المناطق الباردة بتركيب فواصل إنشائية حتى تتمدد الجدران وتنقلص على مسافات يحددها المصمم حيث أن المياه المتجمعة في هذه المناطق تتجمد فيكبر حجمها وتضغط على الجدار وتحاول قلبه ونهياره .



شكل (2-15) تجفيف الجدار الساند

7-2 اعتبارات عامة عند تصميم الحائط الساند

تصميم الحوائط الساندة يعتمد على عدة عوامل مهمة مثل الحمل الذي ستتحمله الحائط، والمواد المستخدمة في البناء، والظروف البيئية المحيطة. خطوات عامة لتصميم الحوائط الساندة:

1. تحديد الحمل والضغط:

يتم بحساب الحمل الذي ستتحمله الحائط. يشمل ذلك الحمل العمودي (من الأعلى) والحمل الأفقي (مثل الرياح أو الزلازل إذا كانت تلك الظروف موجودة).

2. اختيار الشكل الهندسي للحائط:

يتم بتحديد الخواص الهندسية للحائط مثل ارتفاعه، وعرضه، وسماكته. تأكد من أن هذه الخصائص تتناسب مع الحمل المتوقع.

3. اختيار المواد:

يتم تحديد نوع المواد التي ستستخدم في البناء. الخرسانة والطوب والحجر من بين المواد الشائعة.

4. تحليل الاستقرار:

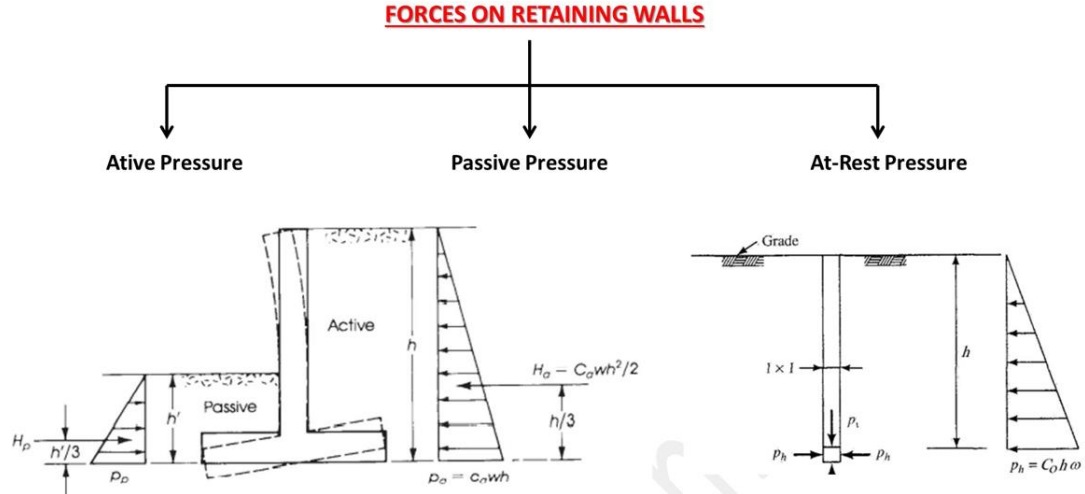
يتم إجراء تحليل للاستقرار لضمان أن الحائط يمكنه تحمل الحمل المتوقع. يشمل ذلك التحليل الهندسي وتحليل الاستقرار الانزلاحي.

5. تصميم الأساسات:

يصمم الأساسات بشكل مناسب لضمان توزيع الحمل بشكل متساوٍ وتحقيق الاستقرار.

6. اعتبارات إنشائية:

يتم مراعاة العوامل الإنشائية مثل العزل الحراري والعزل الصوتي إذا كانت ذلك ضروريًا.

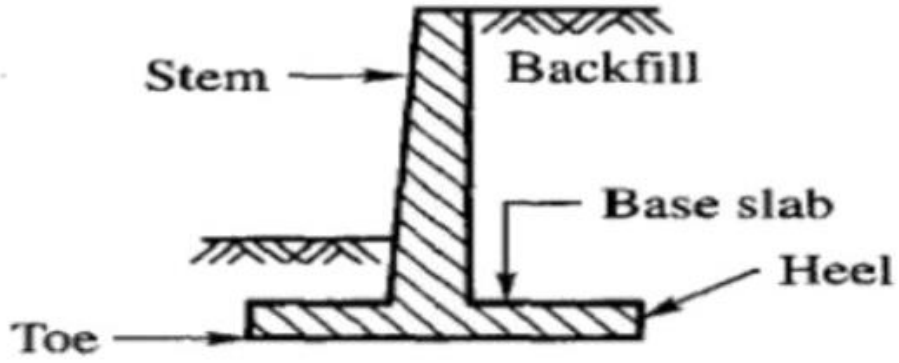


شكل (2-16) انواع القوه المؤثره على الحائط الساند

لدراسة الضغط الجانبي المؤثر من التربة على الحائط الساند نقوم بتحديد قيمة الاجهاد الاقصى المؤثر من التربة المؤثرة على الحائط بمعلومية كل من كثافة التربة وإرتفاع التربة ومعامل التصحيح .

يكون إتجاه حركة التربة الاكبر المؤثرة على الحائط يسمى بـ Active Earth Pressure بينما يكون الإتجاه المؤثر عليه إرتفاع أقل من التربة يسمى بـ Passive Earth Pressure .

2-8 بعض المصطلحات يجب معرفتها لدراسة تصميم الحوائط الساندة



شكل (2-17) اجزاء الحائط الساند

- ❖ الردم الخلفي خلف الحائط - Backfill
- ❖ الوجه الامامي للحائط - Front Face
- ❖ القاعده المسلحه - Base Slab
- ❖ السلاح - Stem
- ❖ قدم الحائط - Toe
- ❖ كعب الحائط - Heel

2-9 خطوات تصميم الحوائط الساندة

يمكن تقسيم تصميم الحوائط أو الجدران الساندة الى ثلاث مراحل أساسية :

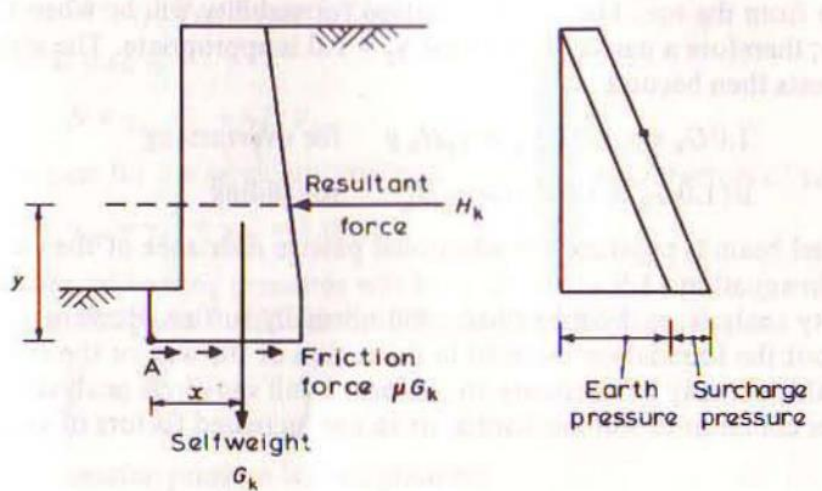
1. تحليل الاستقرار (الحالة الحدية القصوى)
2. تحليل قدرة تحمل الانضغاط (الحالة الحدية للأستخدام)
3. تصميم الأعضاء والتفاصيل – حالات الحد النهائي وقابلية الخدمة

وهذه المراحل يجب ان تفي متطلبات تصميم الكود البريطاني BS8110:-

- الأحمال الإضافية الجانبية دائماً أكبر من 10 KN/m^2 وتؤخذ على انها احمال حية علي سطح التراب المحجوز خلف الحائط .
- كذلك يجب اعتبار واحتمال وجود محتوى رطوبي وحدوث دمك للتربة المحجوزه خلف الحائط الساند .

1. تحليل الاستقرار

تحت تأثير الأحمال المقابلة لحالة الحد النهائي، يجب أن يكون الجدار الاستنادي مستقراً من حيث مقاومة الانقلاب والإنزلاق. ويتم توضيح ذلك من خلال الحالة البسيطة لجدار الجاذبية كما هو موضح في الشكل (2-18). الشروط الحرجة للاستقرار هي عندما تؤثر القوة الأفقية القصوى مع الحد الأدنى من الحمل الرأسى.



شكل (2-18) توضيح الاستقرار للحائط الساند

للحماية من فشل الاستقرار يجب استخدام معامل أمان القوة الأفقية العرضية

$$\gamma_f = 1.6$$

أما إذا كانت قوة الاحتكاك المقاوم اكبر من القوة الأفقية المسببة للانزلاق اذن الحائط امن ضد الانزلاق

وإذا كانت هذه القوة في الغالب هيدروستاتيكية ومحدده جيداً، فيمكن استخدام معامل أمان

$$\gamma_f = 1.4$$

عادتا ما يتم تطبيق معامل امان جزئي قدره $\gamma_1 = 1.0$ على احمال الخرسانة G_K من اجل مقاومة الانقلاب، عادة ما يتم أخذ العزوم حول إصبع القاعدة، النقطة A في الشكل () وبالتالي فإن الشرط هو أن

$$1.0G_Kx \geq \gamma_f H_K y$$

يتم توفير مقاومة الانزلاق عن طريق الاحتكاك بين الجانب السفلي من القاعدة والارض وبالتالي ترتبط أيضاً بالوزن الذاتي الإجمالي G_K . قد تؤدي المقاومة التي يوفرها ضغط الارض السلبي على الوجه الامامي للقاعدة الى بعض المساهمة، ولكن نظراً لأن هذه المادة غالباً ما يتم ردمها على الوجه، فلا يمكن ضمان هذه المقاومة ويتم تجاهلها عادة. وبالتالي، إذا كان معامل الاحتكاك بين القاعدة والتربة هو μ ، فسيتم الحصول على قوة الاحتكاك الكلية بواسطة μG_K لطول جدار الوزن G_K وبالتالي فان الشرط هو

$$1.0\mu G_K \geq \gamma_f H_K$$

حيث H_K هو القوة الأفقية المؤثرة على هذا الطول من الجدار

إذا لم يتم استيفاء هذا المعيار أو بمعنى اخر اذا كانت القوة الافقيه المسببة للانزلاق اكبر من قوة الاحتكاك المقاوم في هذه الحالة يمكن استخدام عارضة الكعب، وقد يتم تضمين القوة الناتجة عن ضغط الارض السلبي على منطقة وجه الكعب في مقاومة قوة الانزلاق، يجب ان تؤخذ قوة مقاومة التحميل الجزئي γ_f على عارضة الكعب على انها 1.0، لضمان العمل المناسب لعارضة الكعب، يجب صب الوجه الامامي مباشرة في مواجهة الصوت، والمواد غير المضطربة، ومن المهم عدم التغاضي عن ذلك اثناء البناء. لاحظ انه اذا تم توفير عارضة الكعب، يجب حساب القوة المؤثرة على الجزء الخلفي من الجدار لتشمل الضغوط النشطة على الجزء الخلفي من عارضة الكعب.

عن النظر في الجدران الكابولية، غالباً ما يتم وضع كمية كبيرة من الردم على القاعدة، ويؤخذ ذلك في الاعتبار في تحليل الاستقرار. تظهر القوة المؤثرة في هذه الحالة في الشكل (19-2) بالاضافة الى G_K وال H_K هنالك حمل رأسي V_K إضافي نظراً لأن المادة الموجودة فوق القاعدة تعمل على مسافة q من إصبع القدم.

أسوأ شروط الاستقرار ستكون عندما يكون هذا في حده الأدنى؛ ولذلك فإن عامل التحميل الجزئي $\gamma_f = 1.0$ مناسباً. ثم تصبح متطلبات الاستقرار

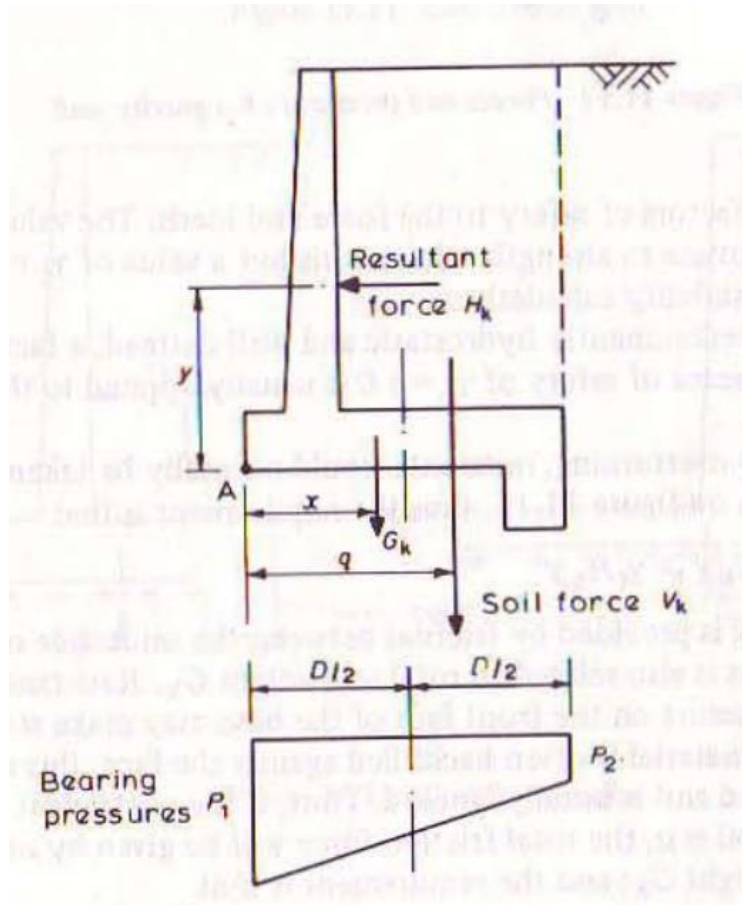
للإنقلاب:

$$1.0G_k x + 1.0V_k q \geq \gamma_f H_k y$$

للإنزلاق :

$$\mu(1.0G_k + 1.0V_k) \geq \gamma_f H_k$$

عند توفير عارضة الكعب، يجب تضمين المقاومة السلبية الإضافية للارض في معادلة الانزلاق.



شكل (2-19) توضيح القوى المؤثرة على الحائط الساند

تحليل الاستقرار، كما هو موضح هنا، سوف يكون كافياً عادة. ومع ذلك، إذا كان هناك شك حول مادة الأساس في منطقة الجدار أو موثوقية قيم التحميل، فقد يكون من الضروري إجراء تحليل كامل لدائرة الانزلاق، باستخدام تقنيات شائعة في ميكانيكا التربة، أو استخدام عوامل أمان متزايدة.

2. تحليل قدرة تحمل الإنضغاط

كما في الاساسات قدرة التحمل أسفل الحوائط يرتكز على أساس الحالة الحديدية للاستخدام عندما يتطلب حساب حجم القاعدة .

باعتبار وحدة طول في جدار كابولي فإن محصلة العزوم حول محور مركز القاعدة هي :-

$$M = \gamma_{f1} H_k y + \gamma_{f2} G_k (D/2 - x) + \gamma_{f3} V_k (D/2 - q)$$

والحمل الرأسي

$$N = \gamma_{f2} G_k + \gamma_{f3} V_k$$

في هذه الحالة بالنسبة للحالة الحديدية للاستخدام تكون معاملات الاحمال الجزئية هي:-

$$\gamma_{f1} = \gamma_{f2} = \gamma_{f3} = 1.0$$

ولحساب ضغط التحميل الأقصى

$$P_1 = \frac{N}{D} + \frac{M}{I} \times \frac{D}{2}$$

$$I = D^3/12 \text{ حيث}$$

$$P_1 = \frac{N}{D} + \frac{6M}{D^2}$$

و

$$P_2 = \frac{N}{D} - \frac{6M}{D^2}$$

3. تصميم الاعضاء والتفاصيل

كما في القواعد تصميم تسليح القص يرتكز تحليل الاحمال للحالة الحديدية القصوى مع المقابلة مع ضغط التحميل .

يوصى الكود البريطاني BS8110 بالقيم العادية ل γ_f في الحالة الحديدية القصوى، والحوائط الثقيلة نادرا ما تتطلب تسليح خاص بالعزوم والقص، في حين سيتم تصميم حوائط الاحتفاظ والكابولية كالواح .

الفصل الثالث

الإطار العملي (تصميم الحائط الساند)

الفصل الثالث

3. تصميم الحائط الساند

3-1 تصميم حائط ساند كتلي :

تصميم حائط ساند كتلي من الخرسانه وذلك لاسناد حاجز ترابي بارتفاع 3.50 m خلف الحائط مستوى الحاجز الترابي مسطح و عليه احمال حيه $l.l = 19KN/m^2$

الحاجز الترابي الخلفي يتكون من تربة رمليه حصويه مخلوطه بكميه معتبره من ترابه ناعمة مواصفاتها كما يلي

1. الكثافة (وزن الوحدة) $\rho = 18.85KN/m^3$

2. سمك القاعدة 0.6m

3. زاوية الاحتكاك $\phi = 30^\circ$

4. معامل الاحتكاك $\mu = 0.5$

5. $\sin \phi = \sin 30 = 0.5$

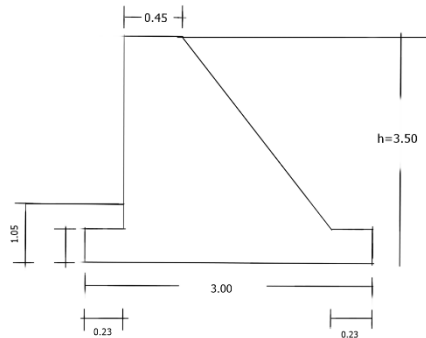
6. معامل ضغط التربة:

$k_a = 0.333$ (الضغط الفعال)

$k_p = 3.00$ (الضغط الخامل)

7. مقاومة التربة في الموقع $p = 383KN/m^2$

8. كثافة الخرسانة المستخدمة في حساب الحائط $f_{cu} = 25KN/m^3$



خطوات تصميم الحائط الساند الكتلي:

للحصول على حائط ساند امن ومناسب يتم اختيار ابعاد مناسبة اعتماداً على الخبرات السابقة وكذلك بعد دراسته واستكشاف الموقع والظروف والمتغيره في الموقع مع ملاحظه ان هذه الاختبار الاولي يمنك تعديله لمره او مرتين او أكثر حتى يتم الحصول على الحائط المناسب النهائي.

في هذا النموذج الابعاد التي سيتم التصميم عليها هي الابعاد النهائية بعد إعاده محاولات ومراعات نتائج دراسات الموقع. (الابعاد مضحه في الشكل)

تحقيق الاتزان

القوه الافقيه المؤثره:

من ميكانيكا التربة وبما أن كثافة التربة الحبيبية هي $\rho = 18.85 \text{KN/m}^3$ ومعامل الضغط الفعال $K_a = 0.333$ اذن ضغط التربة المحجوزه (الضغط الفعال) يحسب من المعادله:

$$P_a = K_a * \rho * h$$
$$= 0.333 * 18.85 * 3.50 * 1 = 21.96 \text{KN/m}^2$$

وحيث ان الحمل الاضافي على سطح التراب المحجوز $= 19 \text{KN/m}^2$

اذن القوه الافقيه الناتجه عن هذا الحمل المتحرك على سطح التراب المحجوز بالحائط يحسب من المعادله:

$$P_s = K_a * 19 = 0.333 * 19 = 6.32 \text{KN/m}^2$$

ويكون هذا الحمل المتحرك موزعاً ومنتظماً بكامل إرتفاع الحائط

اذن من هذه القوى الافقيه المؤثره H_k على شريحه عرض 1m من الحائط الكتلي نجد ان

$$H_k = \frac{1}{2} * P_a * h * 1 + P_s * h * 1$$
$$= \frac{1}{2} * 21.96 * 3.50 * 1 + 6.32 * 3.50 * 1 = 60.55 \text{KN}$$

القوه الرأسية المؤثره:

$$W = \gamma_{rc} * Volume$$

$$G_k + V_k =$$

$$w_1 = 25 * 0.5 * 2.9 * 2.09 * 1 = 75.7 \text{KN}$$

$$w_2 = 25 * 2.9 * 0.45 * 1 = 32.6 \text{KN}$$

$$w_3 = 25 * 0.6 * 3 * 1 = 45 \text{KN}$$

$$w_4 = 18.85 * 0.23 * 2.9 * 1 = 12.5 \text{KN}$$

$$w_5 = 18.85 * 0.5 * 2.9 * 2.09 * 1 = 57.1 \text{KN}$$

$$w_6 = 19 * 2.32 * 1 = 44.08KN$$

اذن مجموع الازان $G_K + V_K = 266.98KN$

اذن القوة الرأسية المؤثرة هي $266.98KN$

وللتحقق من اتزان الحائط

نستخدم معادلات الامان الجزئي الاتية:

القوة الافقية العرضية $\gamma_1 = 1.6$

القوة الرأسية (مقاومة الضغط) $\gamma_2 = 1.4$

أولاً الانزلاق

يحسب من المعادلة

$$\mu * \gamma_1 * G_k + \mu * \gamma_1 * V_k \geq \gamma_f * H_k$$

وبما ان معامل الاحتكاك $\mu = 0.5$

يتم حساب قوة مقاومة الاحتكاك من المعادلة

$$\mu(1.0G_k + 1.0V_k) = 0.5 * 1.0 * 266.98 = 133.49KN$$

والقوة الافقية المسببة للانزلاق يتم حسابها من المعادلة

$$\gamma_{f1} * H_k = 1.6 * 60.55 = 96.88KN$$

اذن من المعادلة $\mu(1.0G_k + 1.0V_k) \geq \gamma_{f1} * H_k$

$$133.49 \geq 96.88$$

اذن الحائط آمن ضد الانزلاق

ثانياً تحقيق الانقلاب

نأخذ عزوم القوى المؤثرة على الحائط حول النقطة A وهي حافة القاعدة في حالتها الحدية القصوى

اذن عزم الانقلاب M_o ويتم حسابه من المعادلة

$$M_o = \gamma_{f1} \left(\frac{1}{2} * P_a * \frac{h^2}{3} + P_s * \frac{h^2}{2} \right)$$

حيث ان $\gamma_{f1} = 1.6$

$$= 1.6 \left(\frac{1}{2} * 21.96 * \frac{3.50^2}{3} + 6.32 * \frac{3.50^2}{2} \right) = 133.7KN.m$$

والعزوم المقاومه للانقلاب M_r

$$M_r = \gamma_{f1}(w_1(1.393 + 0.45 + 0.23)) + w_2(0.225 + 0.23) + w_3\left(\frac{3}{2}\right) \\ + w_4(2.54 + 0.23) + w_5(1.393 + 0.45 + 0.23) + 19 \\ * 2.32\left(\frac{2.32}{2} + 0.45 + 0.23\right)$$

If $\gamma_{f1} = 1.0$

$$\therefore M_r = 1.0(75.7(1.393 + 0.45 + 0.23)) + 32.6(0.225 + 0.23) \\ + 45\left(\frac{3}{2}\right) + 12.5(2.54 + 0.23) \\ + 57.1(1.393 + 0.45 + 0.23) + 19 \\ * 2.32\left(\frac{2.32}{2} + 0.45 + 0.23\right) = 473.36KN.m$$

$$473.36 > 133.7$$

$$\therefore M_R > M_o$$

أي ان حالة الانقلاب مقبولة حسب ما هو مطلوب

ثالثاً التصميم لحالة الضغط

يتم حساب قوه ضغط التربة من المعادلة التالية

$$P(P_1, P_2) = \frac{N}{D} \pm \frac{6M}{D^2}$$

حيث M هو العزم حول مركز القاعدة

اذن لأيجاد ضغط التربة (تربة التأسيس) على القاعده يجب ان نوجد M و N وحيث D عرض القاعده

$$N = \text{Total vertical forces}$$

$$N = G_K + V_K = 266.98KN$$

ولإيجاد M نأخذ العزوم حول خط مركز ال القاعده ويتم حسابها عن طريق الاتي:

$$M = \left(\frac{1}{2} * P_a * h\right) * \frac{h}{3} + (P_s * h) * \frac{h}{2} + w_1(1.5 - (0.23 + 0.45 + 1.393)) \\ - w_2(1.5 - (0.23 + 0.225)) - w_4(0.23 - 1.5) \\ - w_5(1.393 - 1.5) - w_6(2.32 - 1.5)$$

$$\begin{aligned}
 M = & \left(\frac{1}{2} * 21.96 * 3.50 \right) * \frac{3.50}{3} + (60.55 * 3.50) * \frac{3.50}{2} \\
 & + 75.7 (1.5 - (0.23 + 0.45 + 1.393)) \\
 & - 32.6 (1.5 - (0.23 + 0.225)) - 12.5 (0.23 - 1.5) \\
 & - 57.1(1.393 - 1.5) - 44.08 (2.32 - 1.5) = 335.9KN.m
 \end{aligned}$$

$$P_1 = \frac{N}{D} + \frac{6M}{D^2} = \frac{266.48}{3} + \frac{6 * 335.9}{3^2} = 312.9KN/m^2$$

$$P_2 = \frac{N}{D} - \frac{6M}{D^2} = \frac{266.48}{3} - \frac{6 * 335.9}{3^2} = -134.9KN/m^2$$

$$\therefore P_1 = 312.9 < 383$$

الضغط في الموقع أقل من المسموح

3-2 تصميم حائط ساند كابولي:

الحائط الاستنادي الكابولي الموضح أدناه يدعم مادة حبيبية ذات كثافة مشبعة 2000 kg/m^3 ، وضغط التحمل المسموح به هو 110 KN/m^2 .

المطلوب :-

1. التحقق من استقرار الجدار
2. تحديد ضغط التحمل الفعلي
3. تصميم تعزيز الانحناء باستخدام الفولاذ عالي الانتاجية

$$f_y = 460 \text{ N/mm}^2 \text{ مقاومة حديد التسليح}$$

$$f_{cu} = 35 \text{ N/mm}^2 \text{ كثافة الخرسانة المستخدمة في حساب الحائط}$$

خطوات تصميم الحائط الساند الكابولي :

1-Stability

1-الاستقرار

القوة الافقية: يفترض أن معامل الضغط النشط $K_a = 0.33$ وهي قيمة نموذجية للمادة الحبيبية. وبالتالي فإن ضغط الارض يعطى بالعلاقة

$$P = K_a \rho g h$$

ρ هي تمثل كثافة الردم و h هو العمق المعتبر.

$$P = 0.33 \times 2000 \times 10^{-3} \times 9.81 \times 4.9 = 31.7 \text{ kN/m}^2$$

تكون القوة الافقية على طول 1 متر من الجدار هي

$$H_k = 0.5 p h = 0.5 \times 31.7 \times 4.9 = 77.7 \text{ KN}$$

والاحمال العمودية

$$\text{Wall} = \frac{1}{2} (0.4 + 0.3) \times 4.5 \times 24 = 37.8 \text{ kN}$$

$$\text{Base} = 0.4 \times 3.4 \times 24 = 32.6$$

$$\text{Earth} = 2.2 \times 4.5 \times 2000 \times 10^{-3} \times 9.81 = 194.2 \text{ kN}$$

$$\text{Total} = 264.6 \text{ kN}$$

وللتحقق من اتزان الحائط (الاستقرار) نستخدم معادلات الامان الجزئي :

يتم استخدام عامل أمان جزئي قدره 1.6 للتحميل الجانبي بينما سيتم استخدام 1.4 لحساب القوة الرأسية .

أولاً الانزلاق

يحسب من المعادلة

$$\mu(1.0G_k + 1.0V_k) \geq \gamma_f H_k$$

وبافتراض قيمة معامل الاحتكاك $\mu = 0.45$

يتم حساب قوه مقاومة الاحتكاك من المعادلة

$$\mu(1.0G_k + 1.0V_k) = 0.45 \times 1.0 \times 264.6 = 119.1 \text{ KN}$$

والقوة الأفقية المسببة للانزلاق يتم حسابها من المعادلة

$$\gamma_f \times H_k = 1.6 \times 77.7 = 124.3 \text{ KN}$$

نظراً لأن قوة الانزلاق تتجاوز قوة الاحتكاك، يجب توفير مقاومة قوة احتكاكية بواسطة ضغط الأرض السلبي ويتم تحقيق ذلك عن طريق القانون التالي

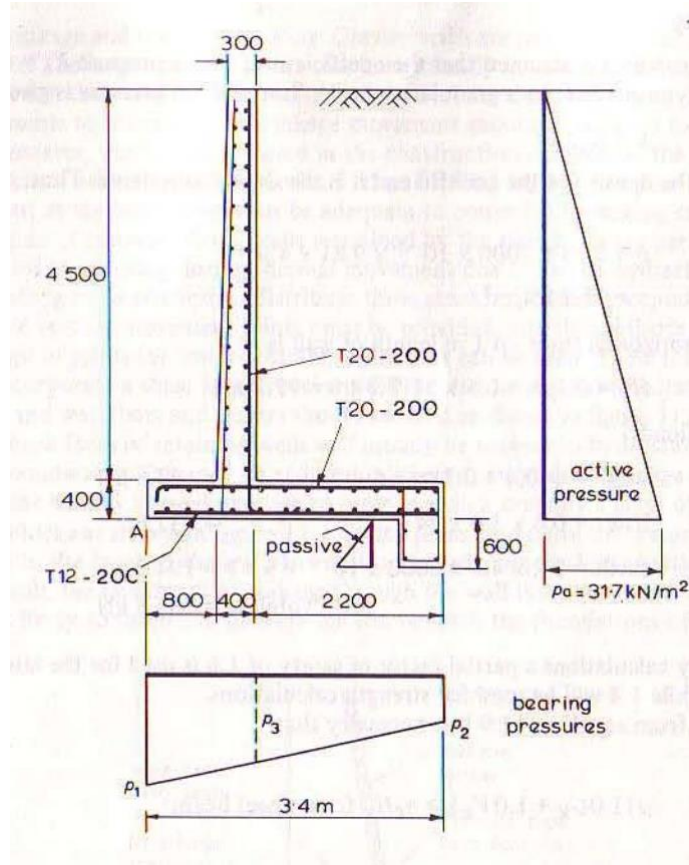
$$H_p = \gamma_f \times 0.5K_p \rho g a^2$$

حيث ان ال K_p هو معامل الضغط السلبي، يفترض ان يكون 3.0 لهذه المادة الحبيبية و a تمثل عمق الكعب

$$H_p = 1.0 \times 0.5 \times 3.0 \times 2000 \times 10^{-3} \times 9.81 \times 0.6^2 = 10.6 \text{ KN}$$

وبالتالي فإن اجمالي قوة المقاومة هي

$$119.1 + 10.6 = 129.7 \text{ KN}$$



ثانياً الانقلاب

نأخذ عزوم القوى المؤثرة على الحائط حول النقطة A وهي حافة القاعدة في حالتها الحدية القصوى
عزم الانقلاب يتم حسابة من المعادلة التالية

$$\gamma_f H_k h/3 = 1.6 \times 77.7 \times 4.9/3 = 203 \text{ KN m}$$

والعزوم المقاوم للانقلاب

$$1.0(37.8 \times 1.0 + 32.6 \times 1.7 + 194.2 \times 2.3) = 540 \text{ KN m}$$

وبالتالي يتم استيفاء معيار الانقلاب

2-Bearing pressures

2-ضغط التحمل

يتم ايجاد ضغط التحمل من المعادلات التالية

$$P = \frac{N}{D} \pm \frac{6M}{D^2}$$

حيث M هو العزم حول محور مركز القاعدة

$$M = 77.7 \times 4.9/3 + 37.8(1.7 - 1.0) + 194.2(1.7 - 2.3) \\ = 126.9 + 26.5 - 116.5 = 36.9 \text{ KN m}$$

ولذلك فإن

الحد الأقصى لضغط التحمل

$$P = \frac{264.6}{3.4} + \frac{6 \times 36.9}{3.4^2} \\ = 77.8 + 19.2 = 97 \text{ KN/m}^2$$

وهو أقل من المسموح به

3-Bending Reinforcement

3-تصميم تعزيز الانحناء

تصميم حديد التسليح للحائط والقاعدة

1- الحائط

القوة الأفقية المؤثرة

$$= \gamma_f 0.5 K_a \rho g h^2 \\ = 1.4 \times 0.5 \times 0.33 \times 2000 \times 10^{-3} \times 9.81 \times 4.5^2 \\ = 91.8 \text{ kN}$$

والعزوم حول المقطع الحرج بإعتبار الحائط كابولي لإيجاد العزم M البحر الفعال

$$M = 91.8(0.2 + 4.5/3) = 156 \text{ KN m}$$

$$\frac{M}{bd^2 f_{cu}} = \frac{156 \times 10^6}{1000 \times 330^2 \times 35} = 0.04$$

من المعادلة

$$Z = 0.94 \times 330$$

$$A_s = \frac{156 \times 10^6}{0.95 \times 330 \times 0.94 \times 460} = 1243 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Provide T20 bars at 200 mm centers

2- القاعدة

نستخدم معاملات الامان الاتية

$$\gamma_{f1} = 1.4$$

ومعامل أمان جزئي

$$\gamma_{f2} = \gamma_{f3} = 1.0$$

لتصميم حديد التسليح للقاعدة نأخذ العزم عن المقطع الحرج في القاعدة M وفي نحسب كمية حديد التسليح A_s حسب المعادلة

$$M = \gamma_{f1} \times 126.9 + \gamma_{f2} \times 26.5 - \gamma_{f3} \times 116.5 = 87.7 \text{ kN m}$$

و

$$N = \gamma_{f2}(37.8 + 32.6) + \gamma_{f3} \times 194.2 = 264.6 \text{ kN}$$

ولذلك

$$P_1 = \frac{264.6}{3.4} + \frac{6 \times 87.7}{3.4^2} = 78 + 45 = 123 \text{ KN/m}^2$$

$$P_2 = 78 - 45 = 33 \text{ KN/m}^2$$

$$P_3 = 33 + (123 - 33)2.2/3.4 = 91 \text{ KN/m}^2$$

للكعب

$$M \approx \gamma_{f2} \times 32.6 \times 1.3 \times \frac{2.2}{3.4} + \gamma_{f3} \times 194.2 \times 1.3 - 33 \times 2.2 \times 1.3 \\ - (91 - 33) \times \frac{2.2}{2} \times 0.93 = 126 \text{ kN m}$$

$$A_s = \frac{126 \times 10^6}{0.87 \times 460 \times 0.95 \times 330} = 1004 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Provide T20 Bars @200 mm centers

للقدم

$$M \approx \gamma_{f2} \times 32.6 \times 0.6 \times \frac{0.8}{3.4} - \gamma_{f3} \times 123 \times 0.8 \times 0.6 = 55 \text{ kN m}$$

$$A_s = \frac{55 \times 10^6}{0.87 \times 460 \times 0.95 \times 330} = 438 \text{ mm}^2/\text{m}$$

المساحة الأدنى لحديد التسليح

$$A_s = 0.13 \times 1000 \times 400 = 520 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Provide T12 Bars @200 mm centers

يتم تسليح وجه الحائط لمقاومة الضغط لمنع التشقق $T10 \text{ Bars @200 mm Centers}$ في كل وجه

الفصل الرابع

الخلاصة والإستنتاجات والتوصيات

الفصل الرابع

4. الخلاصة والاستنتاجات والتوصيات

4-1 الخلاصة والاستنتاجات :

من خلال البحث وجد ان للجدران أنواع عديدة وخاصتاً منها الجدران الساندة .
كذلك التعرف علي انواع إختلاف الجدران الانشائية من مفهوم القوى المسلطة عليها أو للأحمال المؤثرة عليها .

تم التعرف على أنواع الجدران عموماً والمواد المستخدمة في بنائها .
تم التعرف على أنواع الحوائط الساندة غير الخرسانية والمواد المكونة لها .
وكذلك التعرف على أنواع الحوائط الساندة الخرسانية وأيضاً انواع القوه المؤثره عليها.
تم التعرف علي طريقة تصميم وتحليل الحائط الكتلي .
تم التعرف علي طريقة تصميم وتحليل الحائط الكابولي .

4-2 التوصيات :

عمل دراسات في الحوائط من بناء المواد الاخرى مثل الحجار والبلكات الاسمنتيه والطوب الاحمر
التوسع في دراسه الحوائط السانده لاهميتها كعنصر إنشائي
عمل تصميم وتحليل للحوائط الساندة الاخرى (الحوائط ذو الشدادات)

4-3 المراجع

- W.H.Mosley and J.H.Bungey – Reinforced Concrete Design – 1990.

• أنواع الحوائط الساندة – Sky Civ

<https://skyciv.com/docs/skyciv-retaining-wall/articles/types-of-retaining-wall/>

• أنواع الحوائط الساندة – The Constructor

<https://theconstructor.org/geotechnical/retaining-wall-types-use/24566/>

- المهندس/ رجب المصري - 2018 - Design of Retaining walls
- المهندس الدكتور / أسامة مصطفى الشافعي – الاساسات. الجزء الاول. إستكشاف المواقع. الاساسات السطحية. الحوائط الساندة
- المهندس الاستشاري / خليل ابراهيم واكد – تصميم الحوائط الساندة والستائر اللوحية – دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - 2018
- د. الشريف محمد عبدالعزيز - تطبيقات في ميكانيكا التربة والاساسات - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – 2007