

480 همد

Project

الجدار الساند

إعداد :

عبد الرحمن بن محمود

محمد حمد المناع

إشراف :

د. عبد الله المهيدب

مقدمة :

الجدران :-

لمحة سريعة عن الجدران :-

الجدار wall هو عنصر من عناصر البناء بشكل سطح مستوي plane surface يحدد بثلاثة أبعاد: الطول والارتفاع والسمكة. يمكن أن يكون الجدار عنصراً إنشائياً، أي يحمل قوى وأوزاناً غير وزنه الذاتي، أو أن يكون عنصراً غير إنشائي، أي لا يحمل إلا وزنه الذاتي. يكون الجدار بصورة عامة في المستوى الشاقولي (الرأسي). (vertical plane)

أنواع الجدران الإنشائية :

هناك ثلاثة أنواع من الجدران الإنشائية وهي الآتية:

-الجدران الحاملة (load bearing walls) :

وهي التي تتحمل القوى والأوزان الشاقولية التي تطبق على الجدران ضمن مستواها، وتكون موازية لارتفاعها

-الجدران الساندة أو الاستنادية: retaining walls وهي التي تتحمل القوى الأفقية من ضغط التربة بصورة متعامدة مع مستواها، أي بصورة موازية للسمك . ستذكر تفصيل فيما بعد .

-جدران القص: shear walls وهي التي تتحمل القوى الأفقية من الرياح أو الزلازل أو غيرها التي تطبق عليها ضمن مستواها وبصورة موازية لطولها .

ويمكن أن يكون الجدار من نوع واحد، كما يمكن أن يكون من نوعين معاً، ويمكن أن يكون من الأنواع الثلاثة، كما في الجدران المحيطة بأقبية المباني.

مواد الجدران :

يمكن إنشاء الجدران من المواد الآتية:

-الحجر الطبيعي: هي المادة التقليدية التي كانت تبنى منها الجدران الحاملة بالاستعانة بالمونة كمادة رابطة، وأحياناً من دون مونة.

-اللبن الترابي: هي مادة تقليدية تُصنع من خلط التراب الناعم بالقش، ثم تُجبل بالماء وتُصب في قوالب بشكل متوازي المستطيلات، وتترك لتجف بأشعة الشمس، لتشكل أحجار صناعية خفيفة المتانة نسبياً وتتأثر بالرطوبة. كانت أحجار اللبن الترابي تُستعمل في الجدران الحاملة في المناطق التي لا توجد فيها أحجار طبيعية، إذ كانت تُستعمل مع المونة الترابية لبناء الجدران.

-الآجر الغضاري [ر:الآجر] هو من الأحجار الصناعية الحديثة نسبياً، إذ يوضع الغضار وهو التراب الناعم جداً (المجبول بالماء ضمن قوالب نظامية، ثم يوضع في الفرن لدرجة حرارة 1400 °م فينتج منه حجر صناعي ذو متانة جيدة، ومقاوم جيد للرطوبة.

-الآجر الرملي الكلسي (الجيري): هو من الأحجار الصناعية الأحدث نسبياً (لأنه يصنع بطريقة مماثلة للآجر الغضاري، ولكن باستعمال مادتي الرمل والكلس (الجير lime) مع خلطها بالماء. ومتانة الآجر الرملي جيدة أيضاً، كما أن مقاومته للرطوبة جيدة.

-البلوك الإسمنتي: هو من الأحجار الصناعية الحديثة المكونة من الرمل والإسمنت [ر] والماء والمصبوبة بقوالب تحت الضغط، ويُعنى به برشه بالماء لمدة أسبوعين على الأقل، وهو عملياً من أنواع الخرسانة. يمكن أن يكون البلوك مصمتاً، وإذا متانة عالية، ويستعمل عندها في الجدران الحاملة. كما يمكن أن يكون مفرغاً، وإذا متانة ضعيفة نسبياً، ويستعمل عندها في العناصر الإنشائية) كالقواطع الفاصلة بين الفراغات الوظيفية المختلفة.(

-الخرسانة[ر]: تنشئ الجدران في هذه الحالة بالصب، وليس بالبناء كما هي الحال في المواد السابقة. ويمكن أن تكون الخرسانة مسلحة بقضبان فولاذية أو تكون خرسانة عادية من دون تسليح. كما يمكن أن تكون الخرسانة مغموسة cyclopean أي مؤلفة من كتل حجرية عادية بنسبة (1:2). تستعمل الخرسانة المسلحة في الجدران الحاملة والساندة، وفي جدران القص. أما الخرسانة العادية أو الخرسانة المغموسة، فتستعملان في الجدران الحاملة بصورة خاصة. كما يمكن استعمالها في الجدران الساندة ذات السمك الكبير، والتي تسمى الجدران الكتلية.

المواد الرابطة لأحجار البناء

-المونة الكلسية: هي مادة رابطة قديمة مؤلفة من الرمل والكلس، وكانت تستعمل في الجدران المبنية من الحجر الطبيعي. تكون هذه المونة ضعيفة مقارنة مع المواد الحديثة.

-مونة القصرمل: هي مونة مكونة من التراب الأحمر والكلس مع بقايا حرق الأفران (رماد) بنسب معينة، وكانت تستعمل في الجدران المبنية من الحجر الطبيعي أو من الأجر، وهي ذات متانة ضعيفة أيضاً.

-المونة الترابية: تتكون من التراب والتبن والماء، وكانت تستعمل مع اللبن الترابي، وهي ذات متانة ضعيفة تتأثر بالرطوبة والعوامل المناخية.

-مونة الجص: تصنع من خلط الجص[ر] gypsum بالماء، وهي مونة سريعة التصلب، وكانت تستعمل مع الأحجار المنحوتة لبناء القناطر، متانتها متوسطة، ويعيبها تأثيرها الشديد بالماء.

-المونة الإسمنتية: هي مادة رابطة حديثة ومتينة وتقاوم الرطوبة والعوامل المناخية بصورة جيدة. تتكون هذه المونة من الإسمنت والرمل بنسبة 1:3 أو 1:4. وتستعمل المونة الإسمنتية في الجدران الحاملة من الحجر الطبيعي أو الأجر الغضاري أو الأجر الرملي الكلسي، أو البلوك الإسمنتي.

طرائق إنشاء الجدران

كانت الجدران تنشأ سابقاً بطريقة البناء masonry construction حيث تستعمل الأحجار الطبيعية أو الصناعية مع المونة المناسبة، ويبنى الجدار طبقة (مدماك) course بعد الأخرى. ومع ظهور الإسمنت ومادة الخرسانة صار الجدار ينشأ بعمل قوالب مناسبة) ويوضع فيها التسليح إذا كانت الخرسانة مسلحة (ثم تصب الخرسانة بهذه القوالب للحصول على الجدران الخرسانية. وحالياً يمكن إنشاء الجدران بطريقة تمزج بين الطريقتين السابقتين، وذلك في المباني الخرسانية المسبقة الصنع، إذ تُصب الجدران لارتفاع طابق كامل في المعمل، وتُنقل للورشة وتركب جدران الطابق في مكانها، ثم يوضع فوقها السقف، وتُركب بعدها جدران الطابق الذي يليه وهكذا، مع تنفيذ ربط محكم بين جدران الطابقين المتتاليين والسقف بينهما بواسطة المونة الإسمنتية وقضبان التسليح.

طرائق معالجة وجوه الجدران

تعالج الوجوه الداخلية للجدران بالطينة غالباً، وتكون الطينة مشابهة للمونة التي جرى استعمالها لبناء الجدران ذاتها. أما معالجة الوجوه الخارجية للجدران فتختلف باختلاف مواد الجدران. فتستعمل الطينة من مواد مناسبة مثلاً لأحجار اللين الترابي، والأحجار الرملية الجيرية، والبلوك الإسمنتي، والجدران الخرسانية. أمّا أحجار الأجر الغضاري، فيمكن أن تترك من دون معالجة خاصة أو تعالج بالطينة. كانت الوجوه الخارجية للجدران المصنوعة من الحجر الطبيعي تعالج بأشكال كثيرة تتعلق بترتيب الوجه الخارجي وعمق النتوءات فيه، ووسيلة معالجته، وكانت المعالجة تتم بالوسائل اليدوية. وتُستعمل أحياناً الأحجار الغشيمة الموجودة في الطبيعة كما هي من دون أي معالجة، أو تعالج بالطينة. وتوافرت حالياً مناشر آلية تقوم بنشر الحجر بالأبعاد والقياسات المطلوبة. وعمّ حديثاً استعمال الأحجار الطبيعية بدلاً من الطينة لمعالجة الوجوه الخارجية للجدران الخرسانية وللجدران المصنوعة من البلوك الإسمنتي، وتكون الأحجار في هذه الحالة غير حاملة.

(Retaining walls) تعريف الجدران الاستنادية

إن الجدران الاستنادية يتم انشاءها في مناطق مائلة حيث إن تاريخ الجدران الاستنادية قديم مع تاريخ الانسان وتطورت مع تطور طرق البناء إلى أن وصل إلى أربع طرق يتم اتباعها في انشاء الجدران الاستنادية وسوف يتم شرح هذه الطرق بالتفصيل إن شاء الله. حيث تم استعمال الجدران الاستنادية منذ الالف السنين حيث استعملها الرومان في الطرق الرئيسية واستعملها الاوروبيين في القلع الخاصة بهم وقام باستعملها الاسيويين في حقول الارز لحبس الماء ، وبالاكتفاء على طريق التجربة والخطأ وتطور طرق البناء تطورت الطرق الاربع لبناء إن وظيفة الجدار الاستنادي هو المحافظة على فرق المنسوب بين سطحي التربة او الماء على جانبي الجدران وان تصميم هذه الجدران يعتمد على جعل محصلة القوى يعتمد على جعل محصلة القوى تقع في الثلث الاوسط للقاعدة حتى لا تتشكل باجهادات شد بين التربة وقاعدة الجدار



صور للجدران المساندة في الماضي



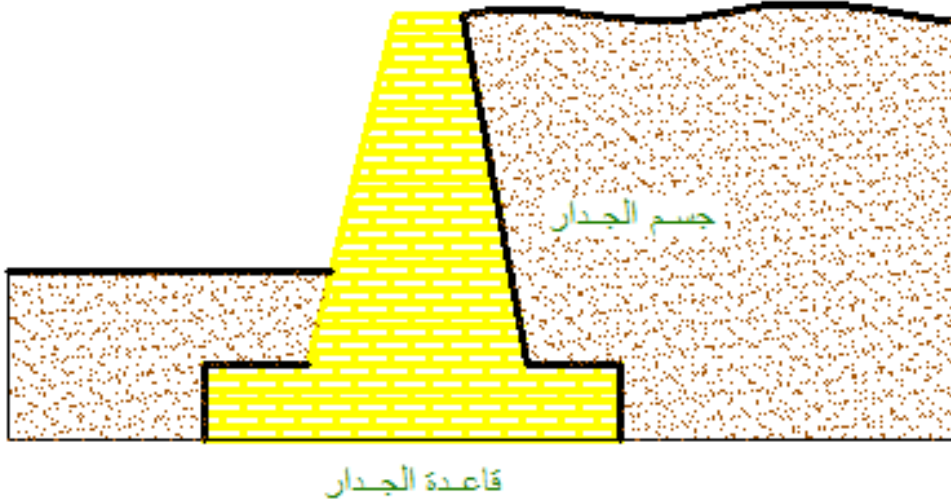
صور للجدران المساندة في الوقت الحاضر

(Retaining Walls - Types) أنواع الجدران الاستنادية :

- 1- Gravity Walls
- 2- Cantilever Walls
- 3- Counterfort Retaining Walls
- 4- Buttressed Retaining Walls

أولاً : Gravity Walls

- يتميز هذا النوع من الجدران الاستنادية بأنه قصير نسبياً حيث يكون ارتفاعه 3 إلى 4 إقدام حيث تعتمد كلياً على وزنها الكلي في صد التربة التي على جنب الحائط. حيث أنه يتم مزج مواد الحائط مع مواد أخرى لكي يعطيه قوة التصاق كافية حيث يجب أن تكون قوة الالتصاق بين أجزاء الجدار الاستنادي أقوى من دفع الأرض الجانبي. يكون الجدار من الأسفل عريض ويكون من الأعلى رفيع. يكون الجدار الاستنادي مائل إلى الوراء حيث إن هذا الميلان دليل مرئي على قوة الجدار وصموده أمام الضغط الجانبي للتربة حيث كلما أصبح الجدار مائلاً إلى الأمام أصبح قوة
- وأشار إلى أن هذا النوع من الجدران الاستنادية لا ينصح في استعماله في الارتفاعات العالية حيث أنه يستهلك كميات كبيرة من المواد وكمثال حيث أنك إذا أردت أن تبني جدار طوله أربع إقدام يجب أن يكون قاعدة الجدار من 2 إلى 3 إقدام
- وأشار إلى أن كلما ارتفع الجدار كلما قل سمكك من الأعلى، ويكون هذا النوع من الجدار الاستنادية غير متصل بالأساسات .

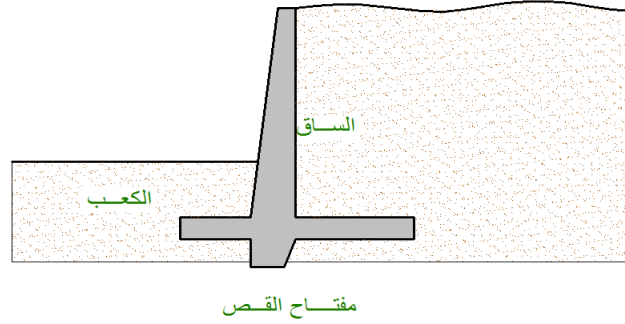


ثانياً: Cantilever Walls

يمتاز هذا النوع من الجدار الاستنادية بأنه يكون متساوي السمك على طول الجدار وكمثال على هذا الجدار يكون متواجد في قيو المباني والمنازل، ويكون هذا النوع من الجدران الاستنادية متصل مع الأساسات عن طريق (الحديد التسليح) التشريك .

حيث إن عرض الأساسات مهم جداً بالنسبة للجدار الاستنادي حيث انه يتم تصميم هذه الأساسات من أجل أن تقاوم الانزلاقات والقوة الضاغطة على الجدار من التربة

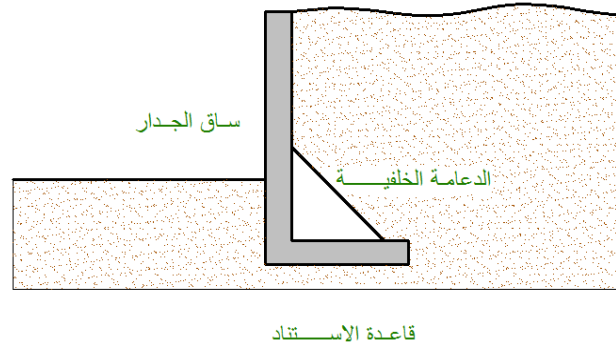
إن الأساسات التي تشترك مع الجدار الاستنادي تحتاج إلى حديد قوي ممتد من الأساس حيث يزيد من قوة الجدار الاستنادي ويصبح الجدار والأساس كتلة واحدة. حيث إن تصميم هذا النوع من الجدار يتطلب مهندسون انشائيون ولذلك لتقدير كميات الحديد المطلوبة وضعها فيه



ثالثاً : Counterfort Retaining Walls

إلى أنه يختلف عنه بميزة إضافية حيث يوضع جدار Cantilever Walls هذا النوع من الجدار الاستنادي شبيه على شكل مثلث خلف الجدار الاستنادي ويجب أن يكون شكل الجدار الداعم والجدار الاستنادي والأساسات مرتبطة مع بعضها عن طريق حديد التسليح، وأشير إلى أن الجدران الداعمة تكون في الجهة الداخلية من الجدار الاستنادي أي تكون مطمورة مع بالتربة. حيث تسمى الجدران الداعمة أعضاء شد

وعند صب الخرسانة يجب صب الجدار الداعم مع الجدار الاستنادي ككتلة واحدة، إن الجدار الداعم كانت فكرة عظيمة حيث أنها أعطت قوة كبيرة جداً للجدار الاستنادي



رابعاً : Buttressed Retaining Walls

إلا إن الاختلاف الوحيد هو إن Counterfort Retaining Walls إن هذا النوع من الجدار يكون متشابه مع الجدار الداعم يكون في الجهة الخارجية من الجدار أي بمعنى انه تكون مرئية حيث إن الجدار الداعم يساعد على حمل القوة الضاغطة على الجدار الاستنادي ومنعه من إن يتكسر .حيث تسمى الجدران الداعمة أعضاء ضغط في سلوكها الطبيعي تحتل التربة مكانا متوسطا بين السوائل والمواد الصلبة -

إذا انشئ جدار ملاصق لمادة صلبة متماسكة (وجه سخر مثلا) فلن تؤثر عليه أية قوة. ولكن إذا كان الجدار (wh) إلى ضغط هيدرو استاتيكي (h) سائدا لسائل (كما في الخزانات مثلا) فإنه يتعرض عند أي مستوى هي المسافة المقاسة من سطح السائل h هي كثافة السائل و w حيث إن

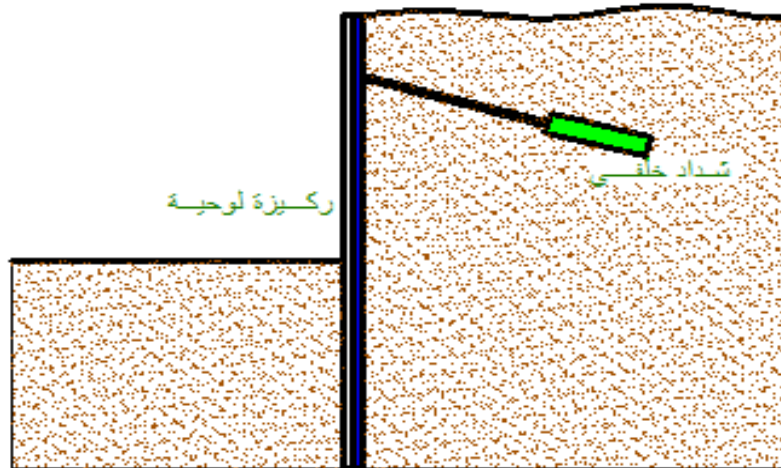
$P = w \cdot h \cdot k$ ويحسب من العلاقة (h) إذا كان الجدار سائدا لتربة فان الضغط كذلك يزداد طرديا مع العمق

ضغط التربة الجانبي $P =$

كثافة التربة $w =$

من المستوى الذي يحسب عنده ضغط التربة الجانبي $h =$

معامل ضغط التربة الجانبي ويعتمد على خواص التربة $k =$



اثر المياه على ضغط التربة الجانبي :

قد تسبب الأمطار الغزيرة اوي مصادر اخرى للمياه السطحية في تشبييع التربة الواقعة خلف الجدار الساند - في الحالات التي لا تتخذ فيها الاحتياطات اللازمة لصرف مياه الامطار المتجمعة خلف الجدار الساند او في - الحالات التي لا يكن فيها تفادي تجمع المياه فانه يجب تصميم الجدار الساند لمقاومة الضغط الجانبي الناتج عن المياه المتجمعة خلفه

تصريف المياه

- يفضل تصريف المياه المتجمعة خلف الجدار الساند على تصميم الجدار الساند لمقاومة ضغط التربة وضغط المياه
- (weep holes) يتم تصريف المياه المتجمعة خلف الجدار الساند اما باستخدام فتحات تصريف للمياه تسمى - في الجدار الساند او باستخدام أنابيب تصريف طولية على طول الجانب الخلفي من الجدار الساند
- يجب احاطة فتحات تصريف المياه في الجدار الساند او فتحات أنابيب التصريف الطولية بمادة حبيبية لتجنب انسداد الفتحات كمثال (أكياس من الحصى)، ويتحقق ذلك بالحطة الفتحات بمادة حبيبية ذات تدرج مناب
- يجب إن ألا يقل قطر فتحة تصريف المياه في الجدار الساند عن 100 ملم وألا تزيد المسافة الأفقية والراسية - بين فتحات التصريف عن 1.5 متر
- التربة التي يحدث فيها انتفاخ نتيجة ازدياد نسبة الرطوبة فيها يجب إن لا تستخدم للطم خلف الجدران الساندة -

المشكلة

اسم المشكلة :

ميلان الجدار المساند لأحد الأنفاق في مدينة الرياض ومن ثم أنهياره تماماً بعد نزول مطر شديد .

الموقع:

الرياض - تقاطع طريق الملك عبد العزيز مع طريق الإمام سعود بن محمد



أسباب المشكلة (ميلان الجدار المساند):

1 - الضغط الجانبي للتربة (lateral earth pressure):

وكما هو معلوم أن الضغط يزداد بزيادة العمق ، لذا يأخذ في الاعتبار عند التصميم ضغط التربة ويؤثر في ذلك نوعية التربة و قوة تماسكها ، بالإضافة إلى قوى الأحمال الخارجية عليها (surcharge) ، والتي تتمثل بـ وزن المركبات التي تسير على الطريق و سرعتها . وفي المشروع ما روعي تلك القوة أو بالأصح ما أحسبت بالشكل المطلوب ز

صورة رقم 1 توضّح ذلك .

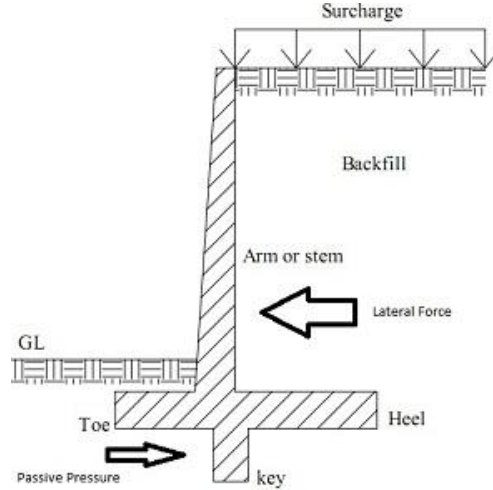
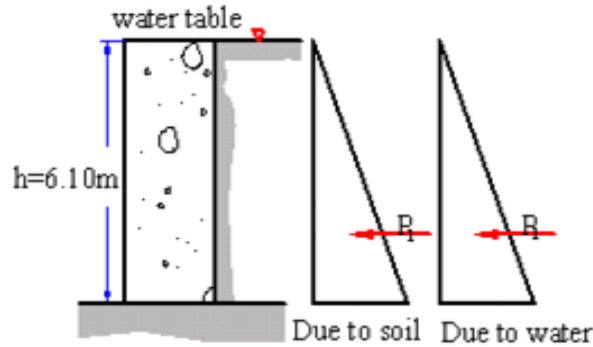


Figure 1: Retaining Wall

صورة رقم (1)

2 - الضغط الجانبي للماء (lateral water pressure).

ضغط الماء من أهم العوامل الداخلة في التصميم لعدة أسباب ، منها كون الماء يؤثر تأثيراً أفقياً وعمودياً على الجدار المساند ، وتكاد تكون أغلب انهيارات الجدران المساندة من أثر الماء ، ويرجع ذلك لكون الماء يتسرب بسهولة و يخترق طبقات التربة ليتجمع خلف الجدار المساند مكوناً بذلك قوة أفقية وعمودية تدفع بالجدار للخارج (active) ، لذا يلجأ الكثير من المهندسين بوضع قناة تصريف للمياه والتي بدورها تخلصه من تلك المشكلة ، ففي هذا المشروع لم تراعى تلك النقطة و أهملت مما أدى إلى تجمع الماء خلف الجدار بدون تصريف مكوناً بذلك قوة دافعة للخارج ، ومما عزز تواجد الماء هو تشقق طبقة الاسفلت التي عززت تسرب الماء إلى داخل التربة .



صورة رقم (2)

3 - عدم وجود فواصل تمدد (without expansion joint)

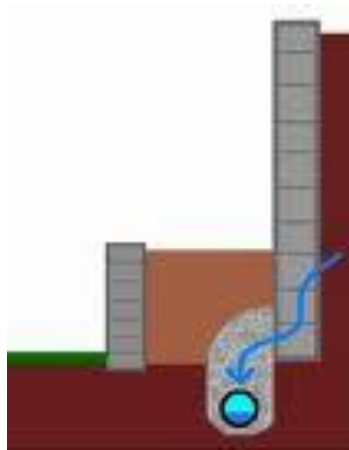
وجود الفواصل يضمن لك قوة تقاوم التربة حين اندفاعها ، بحيث يربط الجدار بأكمله مع بعضه البعض فإذا تعرض جزء منه لقوة تدفعها للخارج فـ الجدار يصبح كتلة وحدة لمقاومة ذلك الإندفاع ، ولكن الحاصل في المشروع هو خلوه من تلك الفواصل مما عزز لتحرك الجدار و بالتالي انهياره . ونود الإشارة إلى أن الفواصل وكما أنها تمنع الجدار من السقوط إلا وتسمح لها بالتمدد و التقلص بقدر كافي. شاهد الصورة رقم (3)



صورة رقم (3)

4 - عدم وجود تصريف للماء (water drainage).

قد سبق إيضاح تلك النقطة في الفقرة رقم (2) ، حيث غياب قناة تصريف للمياه تسبب تجمع المياه خلف الجدار و من ثم تكون قوة عمودية و أفقية تدفع الجدار للخارج ، صورة رقم (4) توضح تلك القناة .



صورة رقم (4)

بعد تلك الأسباب التي بينت أسباب **ميلان الجدار** ، يُبحث عن حل لردم تلك المشكلة و إعادة الجدار لوضعه الطبيعي ، وكانت الحلول المطروحة على طاولة النقاش هي :

- (1) هدمه و إعادة بناءه من جديد
- (2) إعادة وضع الجدار إلى ما كان عليه بواسطة شدّه دون هدمه

ولكن هدمه و إعادة بناءه من جديد مكلفة ، علاوةً على طول المدة التي سيأخذها ذلك المشروع من تعطيل للطريق ونحوه، لذلك رجحت فكرة سحب الجدار ب خوازيق دون هدمه .

البدء في حل المشكلة [الحل الأولي] :

وبدأ العمل على المشروع ب عدة خطوات ، كما يلي : -

- (1) وضع استنادات خلف الجدار لحمايته من السقوط أثناء العمل ، كما في الصورة رقم (5) .



صورة رقم (5)

(2) بدأ الحفر خلف الجدار لوضح الخوازيق* خلف الجدار لسحبه و إعادته لمكانه الأصلي .



صورة تعبيرية (6)

- * الخوازيق نوع من أنواع الأساسات تعتمد نظريتها على نقل أحمال المبنى/المنشأ من مستوى قريب من سطح الأرض إلى السطح الصالح للتأسيس على أعماق بعيدة وذلك في حالة عدم وجود هذا السطح المناسب على أعماق قريبة . هذا وقد تعتمد بعضها على نظرية الاحتكاك المباشر حيث أن أي طول من المواد التي تدق في أي تربة (ماعدا الماء) تعطى احتكاكا يتناسب تناسباً طردياً مع الطول الممتد في الأرض .
- ومن هذا المنطلق تنقسم الخوازيق إلى نوعين رئيسيين هما :-

أ- خوازيق الارتكاز :

وتعتمد على نظرية نقل أحمال المبنى إلى أعماق كبيرة تتراوح بين 8 متر إلى 25 متر تحت سطح الأرض حسب عمق السطح المناسب للتأسيس و تستعمل للمباني الهيكلية ذات الأحمال الكبيرة .

ب- خوازيق الاحتكاك :

وتعتمد على تحمل التربة المحيطة بالخازوق للأحمال الناتجة عن المبنى بالاحتكاك المباشر ... وعادة يتحدد طول الخازوق بمقدار 30 مرة من قطرة ... كما يتخذ الخازوق شكل متعرج مما يساعد في زيادة قوة الاحتكاك بينه وبين التربة المحيطة به .

وتنقسم الخوازيق من ناحية المواد المستعملة إلى أنواع كثيرة نذكر منها ما يلي :-

*الخوازيق الخشبية ، الخوازيق الحديدية ، الخوازيق المركبة ، الخوازيق الخرسانية ، خوازيق الخرسانة المسلحة سابقة الصب .. الخ .

وبعد إزالة التربة التي خلف الجدار لوضع بدلاً منها خوازيق ، ظهرت عدة أسباب ومشاكل كانت مخفية

ومنها :

1-وجود كسور في الجدار الداخلي ، مما جعل إعادة الجدار لوضعه الأصلي أشبه بالمستحيل !

2-وجود صدأ للحديد ، نظراً لتسرب الماء داخل التربة ومن داخل الجدار.



صورة تعبيرية رقم(7)

أثناء العمل [الحل الأولي] :



صادف نزول مطر كثيف مما أدى إلى تجمع الماء خلف الجدار حيث من المعلوم أن التربة التي خلف الجدار أزيلت ، تم إلغاء الحل الأول و البدء بالحل الثاني وهو مقسم إلى عدة مراحل وهو إعادة بناء الجدران الساندة للنفق من جديد(الجهة الشمالية).



*مع بداية الحفر الجديد بدئت تتضح أسباب المشكلة بظهور ماء في الموقع وجود كسور في الجدران من الداخل وحصول صدأ في الحديد.

حل المشكلة:

*تم البدء بالمرحلة الأولى وهي إزالة جزء من الجدار القديم وحفر خوازيق أسفله بأعماق مختلفة (على حسب ارتفاع الجدار) على طول الجدار الذي تم إزالته.



*بعد صب الخوازيق يتم صب قاعدة الجدار.



*عدد الجدران 21 جدار كل جدار يحتوي على 5 خوازيق 3 منها ظاهره (أعمده ممتدة حتى إرتفاع الجدار) و 2 حتى قاعدة الجدار.

