

# الثاني



## الباب الثاني

### الأساسات

#### الأساسات

الأساس هي الجزء الذي ينقل أحمال المبنى إلى التربة ولذلك فإن الأساسات تتأثر بالوزن المحمل عليها، فكلما كان الوزن أكبر كلما كان حجم القاعدة أكبر كي تستطيع تحمل ذلك الوزن، والعلاقة بين الأساسات والتربة هي أنه كلما كانت التربة أقوى في التحمل فإن الحجم للقاعدة يكون أصغر.

**تصميم الأساسات:** تمر عملية تصميم الأساسات بثلاث مراحل:

#### 1. استكشاف التربة (أخذ العينات):

ويتم ذلك بعمل حفر (يتراوح قطرها بين 5 - 40 سم، والغالب في غزاة 40 سم) في أرض المشروع، تختلف أعماقها باختلاف المشروع، حيث يكفي في مشاريع الطرق مثلاً الوصول إلى عمق متر أو متر ونصف، وتؤخذ عينة عند كل نصف متر، أما في حالة المباني، فيتم تحديد العمق بطريقتين:

أ. إما بربطه بعرض القاعدة الأقصى المتوقع، فمثلاً يتم الحفر إلى ضعف عرض القاعدة، أو أكثر أو أقل، ومن عيوب هذه الطريقة أنه في حالة قواعد اللبشة يستحيل ربط العمق بأبعاد القاعدة، لكبر هذه الأبعاد.

ب. أو بالوصول إلى عمق يصل الضغط فيه إلى عُشر الضغط المبذول على التربة أسفل القاعدة مباشرة. من عيوب هذه الطريقة أنها قد تؤدي في بعض الأحيان إلى الوصول إلى أعماق كبيرة للوصول إلى عشر الضغط السطحي

ملاحظة:

(1) العدد الأدنى لحفر الاستكشاف هذه هو ثلاثة، ويجب أن تقع تحت البناء موزعة على مساحة المبنى، وإن تعذر ذلك، فيجب أن تقع في أقرب مكان للبناء.

(2) حفر الاستكشاف يمكن الاستفادة منها أثناء عملية الحفر في أمرين:

أولاً: التعرف بالنظر على طبقات التربة التي مر عليها الحفر من حيث سمك ونوعية هذه الطبقات. ثانياً: التعرف على التربة الردمية إن وجدت في الموقع، حيث يتم التعرف عليها مباشرة من خلال عدم تجانس مكوناتها، ويتم إزالتها نهائياً من الموقع.

#### 2. إجراء التجارب وتحديد قدرة تحمل التربة.

وينتج عن هذه الخطوة فحص التربة الذي يعطي المعلومات الآتية:

- طبيعة الطبقات وسمكها.
- خصائص خاصة بالعينة مثل ( Bearing ) Liquid limit, Plastic limit, Water content, capacity, Unit weight, Plasticity index, void ratio.
- كذلك يعطي اختبار التربة قيمتين مهمتين في تحديد قوة تحمل التربة، وهما (زاوية الاحتكاك بين حبيبات التربة  $\Phi$ ، وعلاقتها أساساً بالرمل Sand)، (قوة الالتصاق بين حبيبات التربة Cohesion (C)، وعلاقتها الأساسية بالطين Clay)، فمثلاً عندما تكون  $\Phi$  ذات قيمة معينة، و  $C=0.0$ ، فإن التربة رملية (Sand)، وتكون طينية (Clay) في حالة العكس. أما في حالة وجود قيم لكلا الثابتين، فإن العينة خليط (Silty sand, or Silty clay).
- يعطي فحص التربة معلومات هامة عن التأسيس، فمثلاً يمنع التأسيس على تربة غير أصلية (ردم) إلا بعد فحص الدمك.

### 3. تحديد نوع الأساس الملائم (تصميم الأساسات):

تنقسم الأساسات إلى أساسات سطحية وأخرى عميقة وكل منها يوجد لها عدة أشكال يمكن تصنيفها كالتالي:

#### أ. الأساسات السطحية (shallow foundation):

وهي ما كانت فيها ( $D_f/B$ ) أصغر من 1، حيث  $B$  عرض القاعدة،  $D_f$  عمق التأسيس. والجدير ذكره هنا أن التأسيس يمكن أن يكون نظرياً على سطح الأرض، أما عملياً فيصعب ذلك لعدة اعتبارات، منها:

- إمكانية ارتفاع أو انخفاض منسوب الشارع، بالردم أو الحفر مستقبلاً، وبناءً على ذلك يتم معرفة المنسوب التصميمي للشارع قبل تحديد عمق التأسيس.
- منسوب شبكات المياه والصرف الصحي في الشوارع.
- في المناطق الباردة، تتعرض الطبقات السطحية للتربة إلى التجمد شتاءً (بسمك حوالي 60 سم)، مما يؤدي إلى زيادة حجمها، وينعكس ذلك عند ارتفاع درجات الحرارة، مما يعني حركة دائمة للتربة أسفل المنشأ، وهنا يجب النزول بالتأسيس إلى أعماق أكبر من سمك هذه الطبقات.

وتنقسم الأساسات السطحية إلى عدة أقسام أهمها:

1) قواعد منفصلة: وفيها تحتوي كل قاعدة على عامود واحد فقط، وتحسب أبعادها من خلال حساب المساحة (بقسمة الضغط المبذول على القاعدة على قدرة تحمل التربة)، ثم فرض أحد الأبعاد، وإيجاد الآخر من خلال المساحة.

ويفضل أن يكون مركز العامود على مركز القاعدة، أما في حالة وجود إزاحة للعامود، فيجب ألا يزيد البعد بين المركزين عن  $(L/6)$ ، حيث  $L$  هو الطول الموجود على امتداده خط الإزاحة.

أنواع الانهيارات في القواعد المنفصلة:

أ. **Bearing Failure**: وينتج عن كون مساحة القاعدة غير كافية لمنع القاعدة من الغوص في التربة بفعل الأحمال.

ب. **Shear Failure**: وينتج بفعل عدم كفاية سمك القاعدة لتحمل الأحمال.

2) قواعد مشتركة: وتحتوي القاعدة من هذا النوع على عامودين، أو أكثر، بشرط أن يكون خط عملهما واحداً، مع السماح بانحراف عن خط العمل لا يزيد عن 10% من المسافة بين العمودين.

أسباب استخدام القواعد المشتركة:

أ. تداخل القواعد المنفصلة أثناء التصميم، بسبب:

- إما قرب الأعمدة من بعضها البعض.

- أو زيادة الأحمال على الأعمدة، مما يؤدي إلى كبر حجم القواعد، وتداخلها.

ب. قرب القواعد من بعضها البعض.

ج. (عمود حد الجار)، حيث يمنع التأسيس خارج حدود البناء، عند الحاجة للبناء على هذه الحدود.

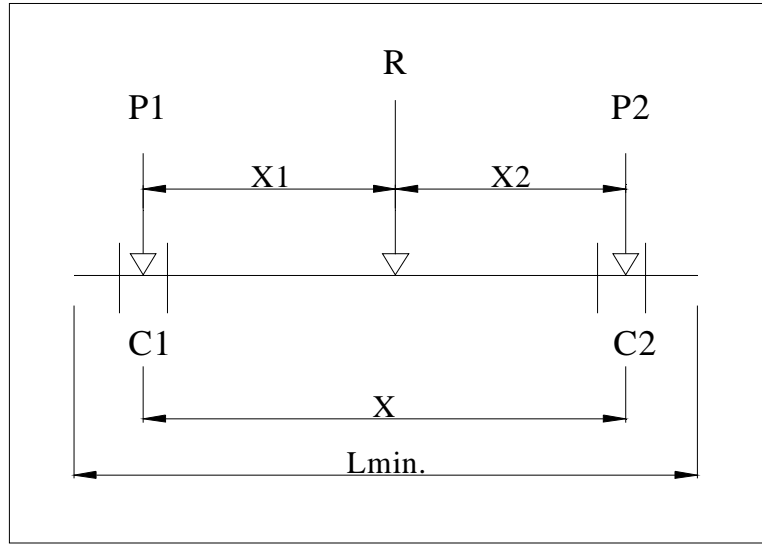
أنواع القواعد المشتركة: ما يسعى إليه مصمم القواعد هو الحصول على ضغط منتظم أسفل القاعدة، وهذا ليس شرطاً وإنما هو الأفضل، لذلك تقسم القواعد تبعاً لظروف المبني، ومن أجل تحقيق الغاية المذكورة إلى:

أ- مستطيلة (شكل 1) يلجأ إلى هذا النوع في حالة:

- كون المسافة بين الأعمدة متوسطة إلى قريبة (4 أو 5م أو أقل)

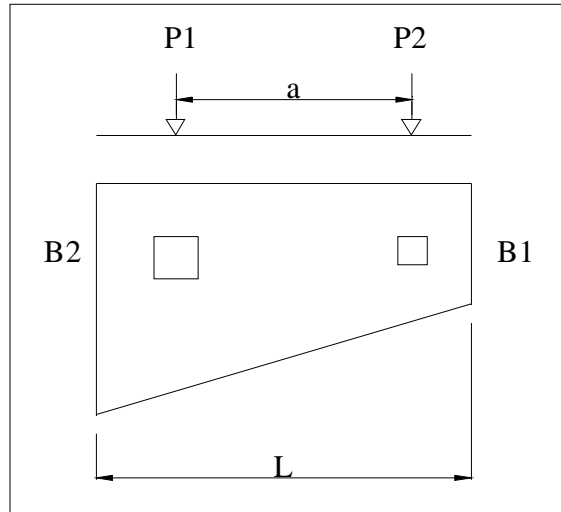
- وكذلك عند تقارب الأحمال على هذه الأعمدة.

- وعندما تكون إمكانية امتداد القاعدة على جانبي العامود واردة.



شكل (1)

- ب - شبه منحرف (شكل 2) تستخدم القواعد شبه المنحرفة في حالة:
- كون الأحمال على عامود أكبر بكثير منها على عامود آخر على نفس القاعدة.
  - وعدم إمكانية امتداد القواعد على الجوانب.



شكل 2

ت - كابولي (شداد): والشداد هو عبارة عن جسر (حزام)، يربط بين العمودين في منسوب القواعد، أو فوق القواعد مباشرة. ويستخدم في حالة:

- كبر المسافات بين الأعمدة (7 أو 8م)، ووصول أحد الأعمدة إلى حد الجار، وبالتالي لا يمكن الامتداد بقاعدته إلى خارج الحد.

ملاحظة مهمة: التربة أسفل الشداد يجب أن تكون ضعيفة، مقلقة، وقابلة للإنضغاط، لأن التربة لو كانت قوية غير قابلة للإنضغاط، فسوف تؤدي إلى عمل رد فعل معاكس على الشداد، مما يؤدي إلى مضاعفة الحمل والعزم عليه.

ويمكن حل هذه المشكلة أيضاً بإضافة (كلكل) أو إسفنج قابل للإنضغاط أسفل الشداد، أو بعدم دمك الرمل، أو بترك فراغ بين التربة والشداد.

(3) القواعد الشريطية: وتستخدم في نظام الجدران الحاملة وذلك بان تستمر تحت كامل الجدار وبعرض يعتمد على قيمة الاحمال الواقعة عليها وعلى قدرة تحمل التربة للاحمال ويمكن انشاؤها من الخرسانة او الطوب او الدبش وخير مثال للنوعين الاخيرين أساسات الأسوار والبنائيات القديمة

- (4) لبشة: هي عبارة عن قاعدة تحتوي على عمودين، أو أكثر ليسوا على خط عمل واحد.
- أنواع اللبشة: وهي نوعان أساسيان: مصمتة ومفرغة، ويندرج تحت كل نوع عدة أنواع:
1. مصمتة ذات سمك ثابت: وهي النوع الغالب في غزة، حيث يتم الصب بسمك ثابت على كامل المساحة.
  2. مصمتة ذات سمك متغير: حيث يتم زيادة سمك القاعدة أسفل الأعمدة ذات الأحمال المرتفعة فقط.
  3. مصمتة بأحزمة غير ظاهرة: في النوعين السابقين لا توجد أحزمة في اللبشة بين الأعمدة، أما في هذا النوع و النوع الذي يليه فيتم إضافة أحزمة في اللبشة. وهنا تكون الأحزمة بسمك يساوي سمك القاعدة (لا يظهر الحزام بعد الصب).
  4. مصمتة بأحزمة مقلوبة: وفيها يكون سمك الأحزمة أكبر من سمك القاعدة.
  5. مفرغة: ويتم اللجوء إليها من جانب اقتصادي عند التصميم لمبان ذات ارتفاعات منخفضة نسبياً.

## متى تستخدم اللبشة؟

تستخدم اللبشة في حالة:

1. زيادة مساحة القواعد عن 60% من مساحة الأرض.
2. أو كون الأرض معرضة لهبوط متفاوت (Differential settlement).

## ب الأساسات العميقة (deep foundation)

أشهر أنواعها الخوازيق (Piles)، وتسمى في القطاع (القدوح)، وتستخدم في حالة كون التربة التي على السطح ضعيفة لا يمكن التأسيس عليها، وتعتبر الخوازيق أكثر أنواع الأساسات تكلفة إلا إذا كانت الطبقة التي نريد التأسيس عليها غير بعيدة كثيراً عن السطح (6-7 متر) حينها نقارن بين اللبشة والخوازيق أيهما وفر وأفضل.

وتصنع إما من الخشب أو الحديد أو الباطون.

- الخشب: عادة ما يستخدم للمباني الصغيرة، أو المعرضة للمياه، مثل المراسي، ومرافئ الصيد، وعيبه الرئيسي ضعفه في تحمل الضغوط العالية، كما يعتبر من عيوبه تعرضه للتآكل والتسوس.

- الحديد: في حالة الخوازيق الكبيرة، وأكبر عيوبه ارتفاع ثمنه، كما أنه يتعرض للصدأ بسهولة إلا أن هذه المشكلة يمكن التغلب عليها حديثاً.

- الباطون: وهو الأكثر استخداماً لرخص ثمنه وسهولة تشكيله، ويعتبر الشكل الدائري الأكثر استخداماً لغرض الخوازيق، ويمكن التحميل كما يلي:

1. من خلال الاحتكاك بين الخازوق والتربة (في حالة الطبقات الضعيفة لأعماق كبيرة).
2. أو من خلال الارتكاز على طبقة صخرية (في حالة كون الطبقات القوية قريبة من سطح الأرض).
3. أو كلا الأمرين معاً (في حالة كون طبقات التربة القوية قريبة، وفي نفس الوقت تكون قوى الاحتكاك كبيرة مع الجوانب).

طريقة التنفيذ: يتم التنفيذ بإحدى طريقتين:

أ. الدق: حيث يتم صب عامود دائري كبير خارج التربة، ويثبت في طرفه السفلي مخروط من الحديد، وفي طرفه العلوي غطاء (Capping)، ويتم نصبه بشكل عمودي على النقطة المراد غرس الخازوق فيها، ويبدأ الدق على قمة الخازوق حتى يصل للعمق المطلوب.

يتم اللجوء إلى طريقة الدق عادةً في حالة كون مستوى المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض، لأن استخدام الخوازيق المنقذة بالحفر والصب يتطلب استخدام المواد المقاومة لأثر المياه على الخازوق المصبوب، مثل البنتونايت (التي سيأتي ذكرها) وهي مواد مرتفعة الثمن، وبالتالي يتم اللجوء للدق لدوافع اقتصادية. يكون الدق أفضل في حالة البايلات التي تعتمد على الاحتكاك، لأنه يعمل على إحداث تضاعف في التربة، مما يدعم قوة الاحتكاك المطلوبة.

ب. الحفر: وهي الطريقة المعروفة في غزة، حيث يتم الحفر مكان الخازوق، ويوضع الحديد ثم يصب الخازوق في مكانه.

**الأفضل:** طريقة الدق، والسبب هو أن طريقة الدق تسبب تضاعف التربة المحيطة بالخازوق، مما يؤدي إلى تحسين مقاومة البايبل بالاحتكاك، كما ذكر.

ملاحظة (1): أثناء عملية الحفر قد تكون المياه الجوفية قريبة من سطح التربة، مما يؤدي إلى انهيارات في التربة، وإعاقة لعملية الحفر. وعلاج هذه المشكلة يتم باستخدام مادة طينية ناعمة شرهة لامتصاص المياه تسمى (البنتونايت)، حيث تذاب هذه المادة في محلول وتوضع في البايبل، ثم تنتقل إلى جوانبه لتكون طبقة رقيقة حوله تمنع انتقال الماء إلى داخل الخازوق.

ملاحظة (2): عدد الخوازيق تحت أي عامود يجب ألا يقل عن اثنين.

توزيع حمل العامود على الخوازيق:

هناك حالتان لتوزيع حمل العامود على البايلات:

1. في حالة كون مركز العامود منطبقاً على مركز الخوازيق، وفي هذه الحالة تكون القوة على كل خازوق  $= (P/n)$ ، حيث  $P$  هي القوة على العامود،  $n$  عدد الخوازيق.

2. في حالات أخرى قد لا ينطبق المركزان المذكوران، مثال ذلك وجود قوى أفقية تؤثر على المنشأ مثل الرياح أو الزلازل أو التربة، مما يؤدي إلى إزاحة محصلة القوى الرأسية بعيداً عن مركز الخوازيق، أو كون العامود نفسه غير منطبق على مركز الخوازيق لسبب أو لآخر.

في هذه الحالة، تكون القوة المؤثرة على الخازوق عبارة عن القوى الرأسية إضافة إلى العزوم الناشئة عن القوى الأفقية مما يؤدي إلى اختلاف أحمال الخوازيق تبعاً لموقعها أسفل العمود.

ملاحظة (1): القاعدة الناقلة للحمل من العامود للخوازيق تسمى الغطاء أو  $(Cap)$ ، ويجب أن يكون سمك هذه القاعدة كبيراً، وذلك لتوزيع الأحمال على الخوازيق بشكل منتظم.



من هنا نخلص إلى أن الوسادة أو (Cap) يشترط فيها:

1. أن تكون سميكة بما يكفي لأن تصل إلى حالة من (Rigidity) تسمح لها بتوزيع الأحمال على البايلات.

2. إهمال ارتكازها على التربة، حيث يتم اعتبارها مرتكزة على الخوازيق فقط.

ملاحظة (2)/ يعتبر قرب المسافة بين الخوازيق عاملاً أساسياً في إضعاف تحملها، وذلك لأن أي خازوقين متجاورين يضمنان فيما بينهما كمية من التربة تتأثر بكليهما، وليس بواحد فقط، مما يضعف قوة التحمل الكلية. ولتجنب هذه المشكلة اصطلح على أن تكون المسافة الدنيا بين مركزي أي خازوقين = ثلاثة أضعاف قطر الخازوق (3D) حتى يتم اعتبار كل خازوق مستقلاً بذاته (Single Pile)، وهنا يتم حساب قوة تحمل الخازوق الواحد وضربها في عدد الخوازيق للحصول على قوة التحمل الكلية.

أما في حالة كون المسافة بين الخوازيق أصغر من (3D)، فيتم اعتبار تصرفها ككتلة واحدة، أي أنها تعمل في مجموعة (Group Piles).

وهنا يتم حساب الكفاءة للخوازيق معاً ( $Q_{group}$ )، ثم حساب ( $Q_{single}$ )، ويجب ألا يزيد خارج قسمة الأولى على الثانية، أو ما يعرف ب (Efficiency (E)) عن واحد. بمعنى أنه لو كانت قيمة  $Q_{group}$  أكبر من قيمة  $Q_{single}$  يتم اعتبار القيمتين متساويتين.