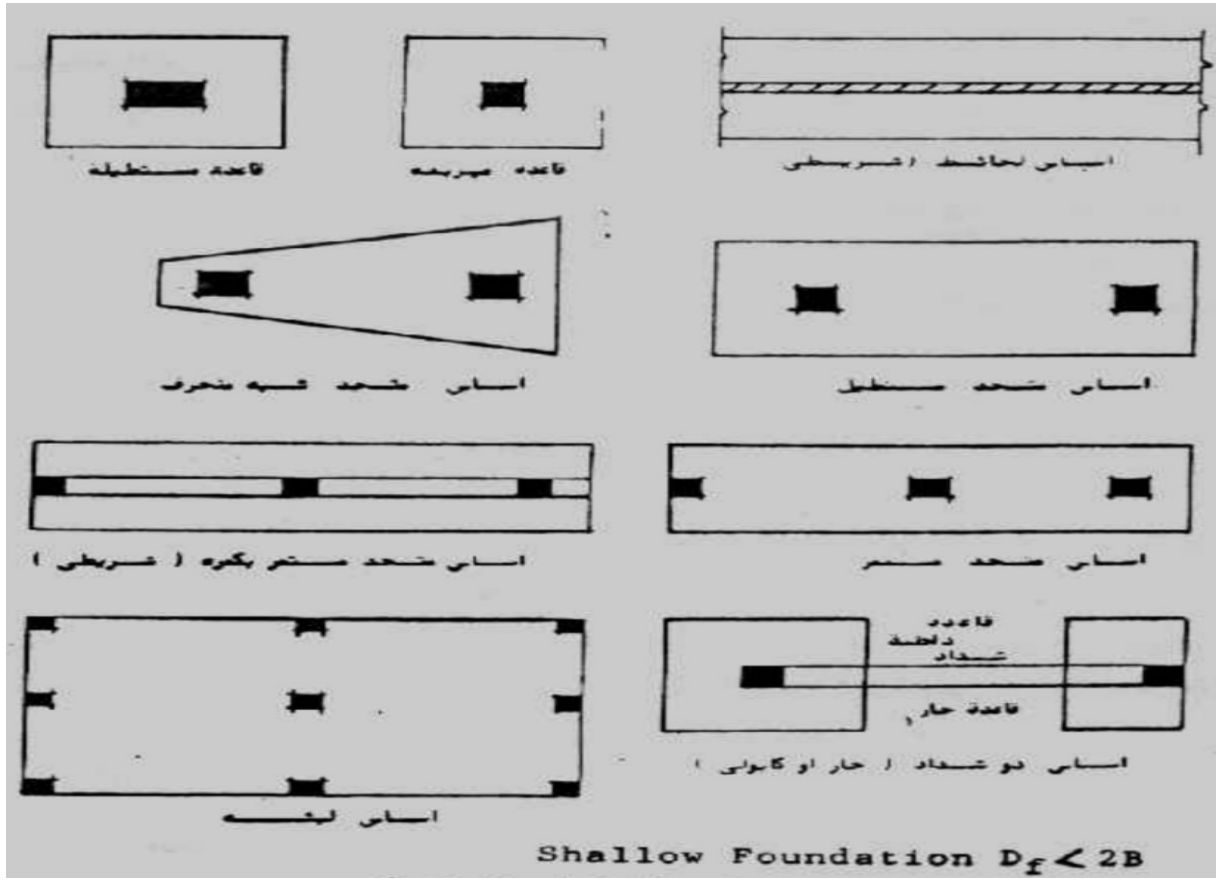
الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

إسم المادة :هندسة الاساسات

إسم الدكتور المهندس: عدنان المبيض

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

مقدمة في الاساسات



تصنف أساسات المباني إلى أساسات سطحية وأساسات عميقة

وتحت كل قسم تندرج نوعية من الأساسات سوف نستعرضها

ونعرف متى يتم استخدام كل منهم.

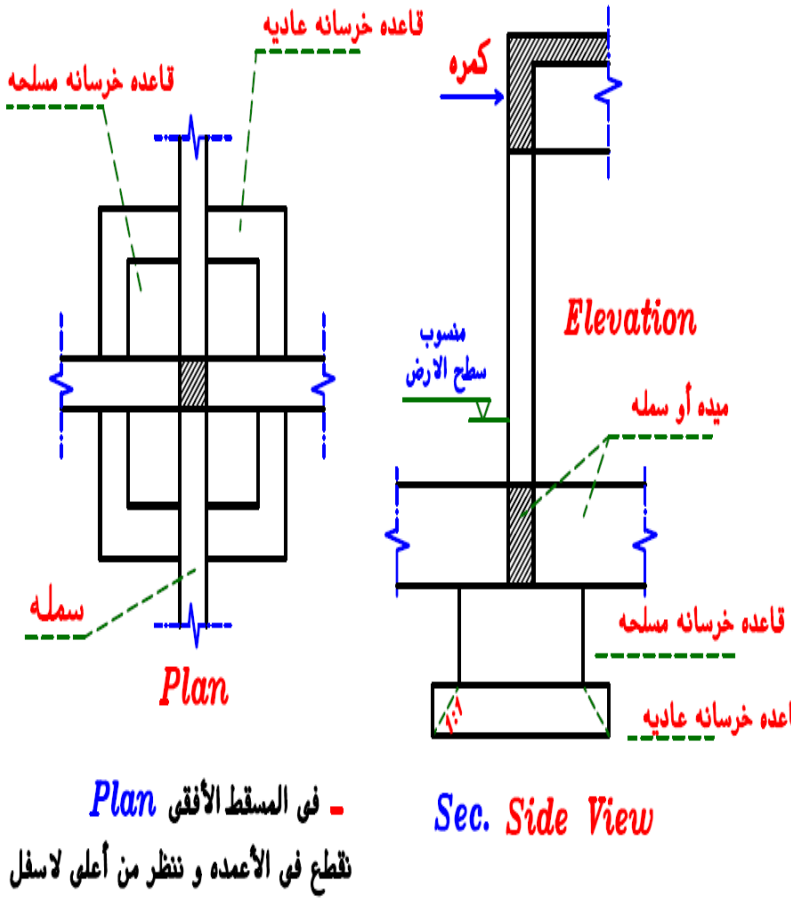
من الأفضل معرفة مدى ملاءمة كل من هذه الأنواع من

الأساسات قبل اختيارهم في أي مشروع بناء.

الهدف من تنفيذ أساسات للهياكل

وظيفة الأساسات أو القواعد تكون على النحو التالي:

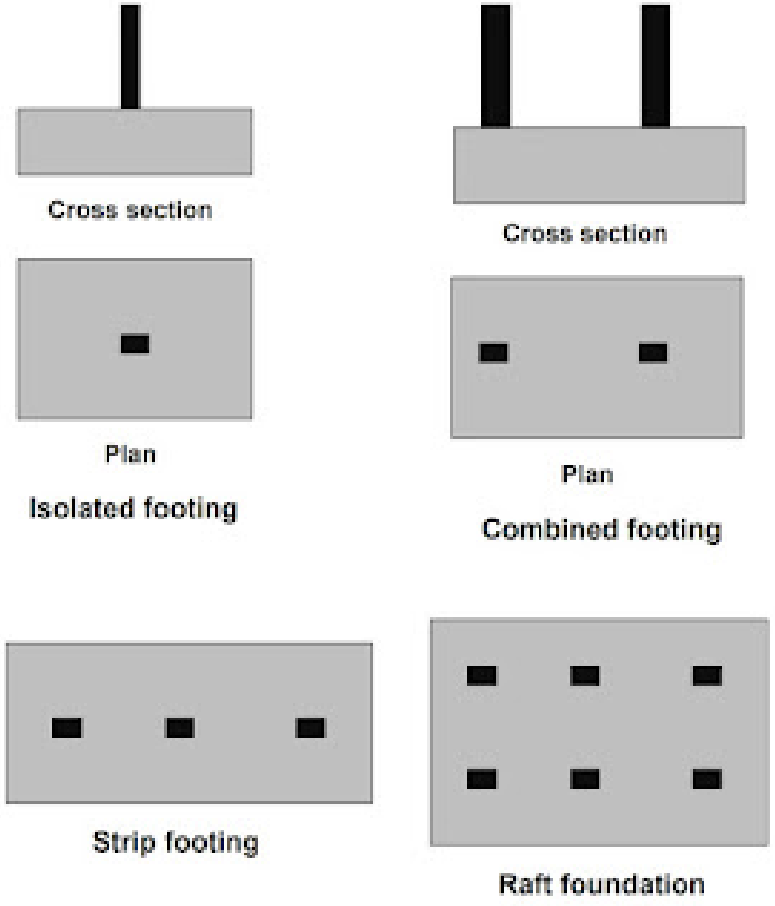
1. تتمثل الوظيفة الرئيسية للأساسات في توزيع الوزن الإجمالي للهيكل على مساحة أكبر.
2. يتم إنشاء الأساسات لتوفير سطح مستو مناسب لبناء البنية الفوقية للمبنى.
3. قد تكون هناك فرص لهبوط الهيكل أو المبنى بسبب الحمل الثقيل على التربة. تساعد الأساسات السليمة على منع الهبوطات غير المتكافئة التفاضلية.
4. توفر الأساسات الاستقرار للهيكل وتمنع الانقلاب بأخذ الوزن الإجمالي للهيكل في عمق الأرض.
5. لا يتم توفير الأساسات لدعم حمل الهيكل ولكن في الواقع، تعمل كوسيلة لنقل حمولة المبنى إلى التربة أسفل الأساس.
6. يتم توفير الأساسات لمنع الحركة الجانبية للهيكل وزيادة الاستقرار الهيكلي.



أنواع الأساسات واستخداماتها

1. تعتمد قدرة تحمل التربة على ظروف الموقع. إنها تختلف من موقع إلى آخر. يجب على المهندسين تصميم أنواع مختلفة من الأساسات حسب قدرة تحمل التربة وظروف الموقع.
2. وبالتالي لا يمكن بناء نفس النوع من الأساس لكل موقع. اعتمادًا على شكل التربة وحجمها وتكوينها وحمل الهيكل، يتم استخدام أنواع مختلفة من الأساسات.
3. إذا تم إنشاء أساسات هذا المباني دون فهم ظروف تربة المشروع، فقد يؤدي ذلك إلى فشل الأساسات.
4. عندما يحدث فشل أو انهيار الأساسات، فمن الصعب تحسين الوضع.

الأساسات السطحية



تنقسم الأساسات إلى:

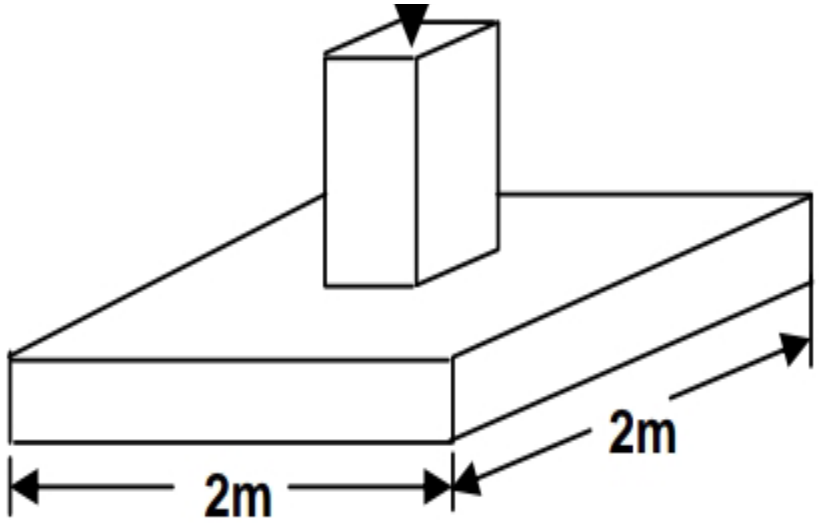
1-7- الأساسات السطحية

هي نوعية الأساسات التي تنفذ قريبة من سطح الأرض حيث يكون عمق التأسيس أقل من ضعف عرض الأساس.

ينصح دائما باستخدام هذا النوع لسهولة تنفيذه وبتكلفة أيضا أقل من الأساسات العميقة بعد توافر شروط الأمان وتنقسم إلى:

1. قواعد منفصلة -
2. قواعد مشتركة
3. قواعد شريطية
4. لبشة (حصيرة)

1- القواعد المنفصلة

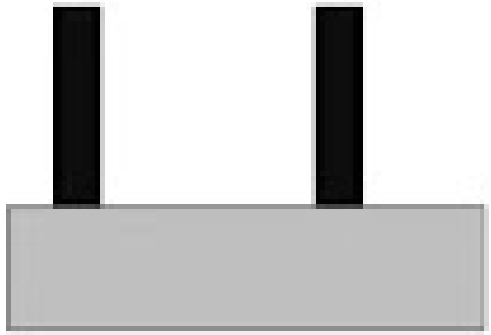


حيث يكون لكل عمود قاعدة مستقلة منفردة على شكل مربع أو مستطيل وتقوم بنقل الأحمال الحية والميتة إلى تربة التأسيس و تفضل في حالات التربة القوية والمباني ذات أدوار قليلة.

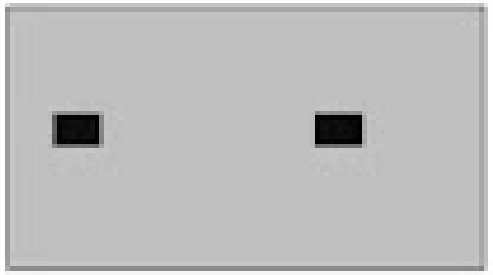
مقاسات القاعدة تعتمد على الحمولة وقيمة تحمل تربة التأسيس حيث يتم قسمة الحمل على قدرة تحمل التربة المسموح بها ويمكن تصميمها يدويا للحصول على التسليح المناسب أو باستخدام البرامج الإنشائية.

2-القواعد المشتركة

يبدو من اسمها أنها القاعدة التي تحمل أكثر من عمود وتستخدم عندما تتداخل قاعدتان أو أكثر من القواعد المنفصلة ولها تسليح علوي و سفلي ويجب حسابها بدقة يدويا أو بمساعدة البرامج.

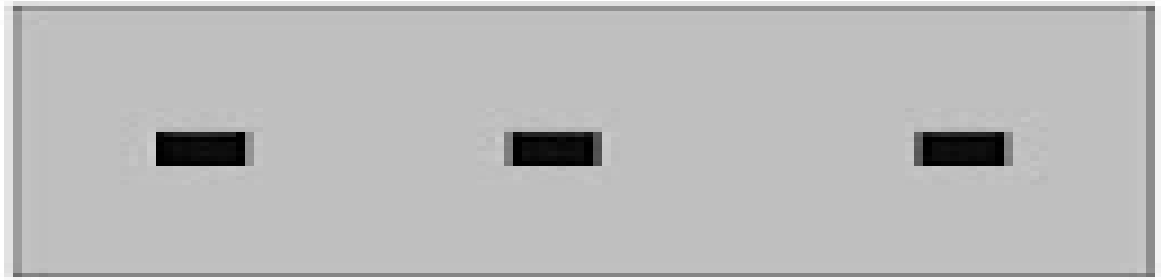


Cross section



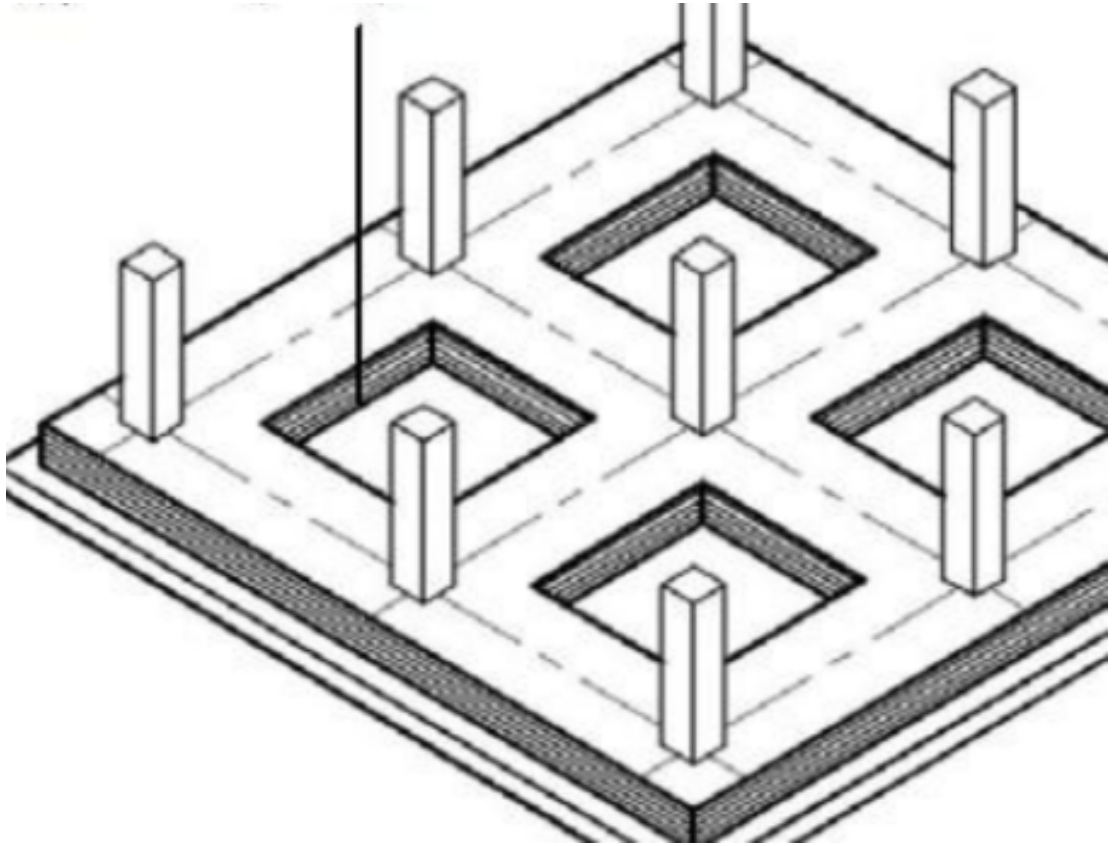
Plan

Combined footing



Strip footing

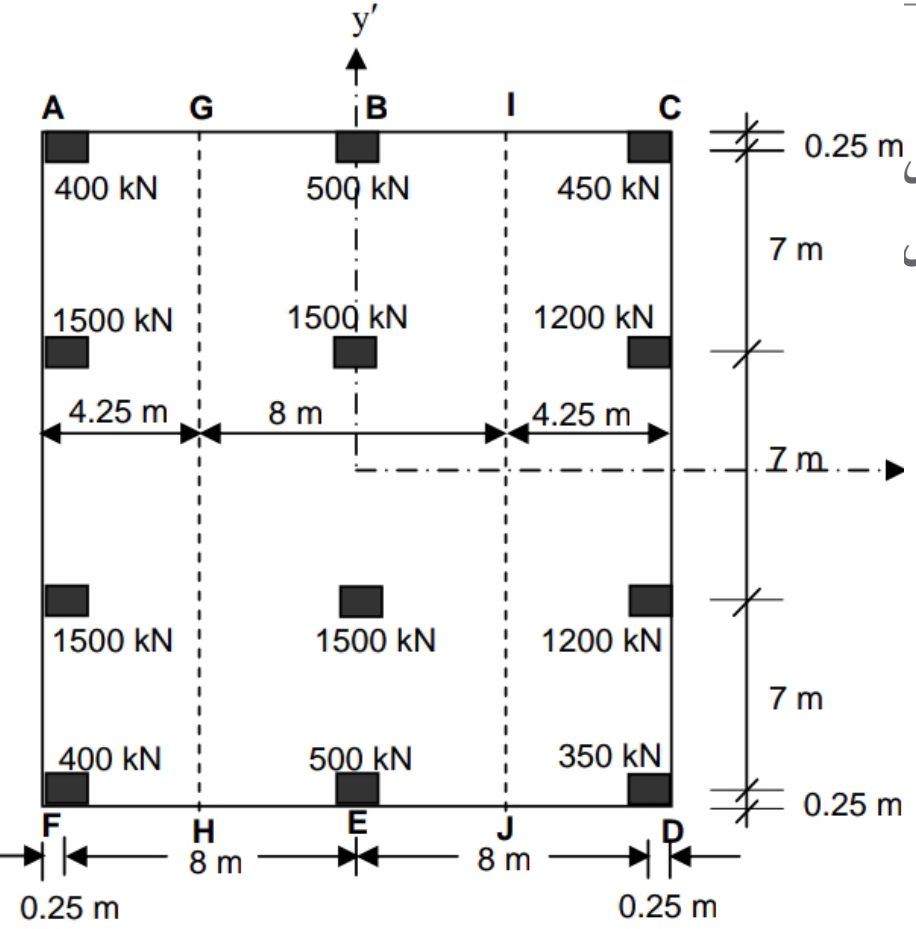
3- القاعدة الشريطية



هي القاعدة التي يكون طولها أكبر بكثير من عرضها وتحمل مجموعة كبيرة من الأعمدة على شكل مجموعة من الصفوف الطولية والعرضية ومن الممكن أن تحمل جدار (حائط) بدلا من الأعمدة وهذا النوع من الأساسات يعطي ثبات أكبر للمباني عن المنفصلة.

ولا يفضل استخدامها في حالة توقع تدفق كبير للمياه الجوفية فوق تربة التأسيس.

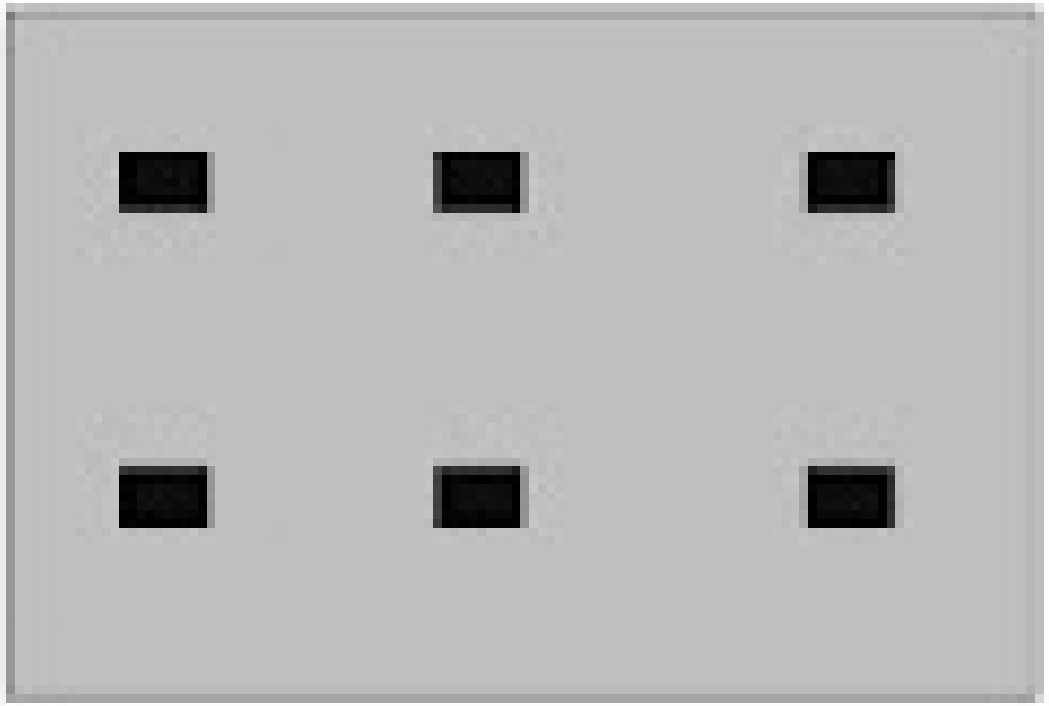
4- اللبشة المسلحة



هي وضع جميع أعمدة المبنى على قاعدة واحدة بكامل المساحة وتستخدم عادة في الأراضي الضعيفة وعندما تكون المساحة الإجمالية للقواعد المنفصلة تزيد عن ٦٠ بالمائة من مساحة المبنى اللبشة تكون مفيدة جدا في منع الهبوط المتفاوت للقواعد المنفصلة وتعطي ثبات أكبر وتتحمل أحمال وأوزان ضخمة ولكن لا يفضل استخدامها إلا فوق خوازيق أو أساسات عميقة في حالة تدفق مياه على سطح تربة أو وجود منسوب المياه أعلى من منسوب التأسيس لتجنب التمييع و التسييل أو الطفو. يفضل دائما تصميم هذا النوع من الأساسات باستخدام البرامج الهندسية ويكون تسليحها علوي و سفلي و من الممكن الحاجة إلى حديد إضافي وتعتبر أكثر القواعد السطحية تكلفة.

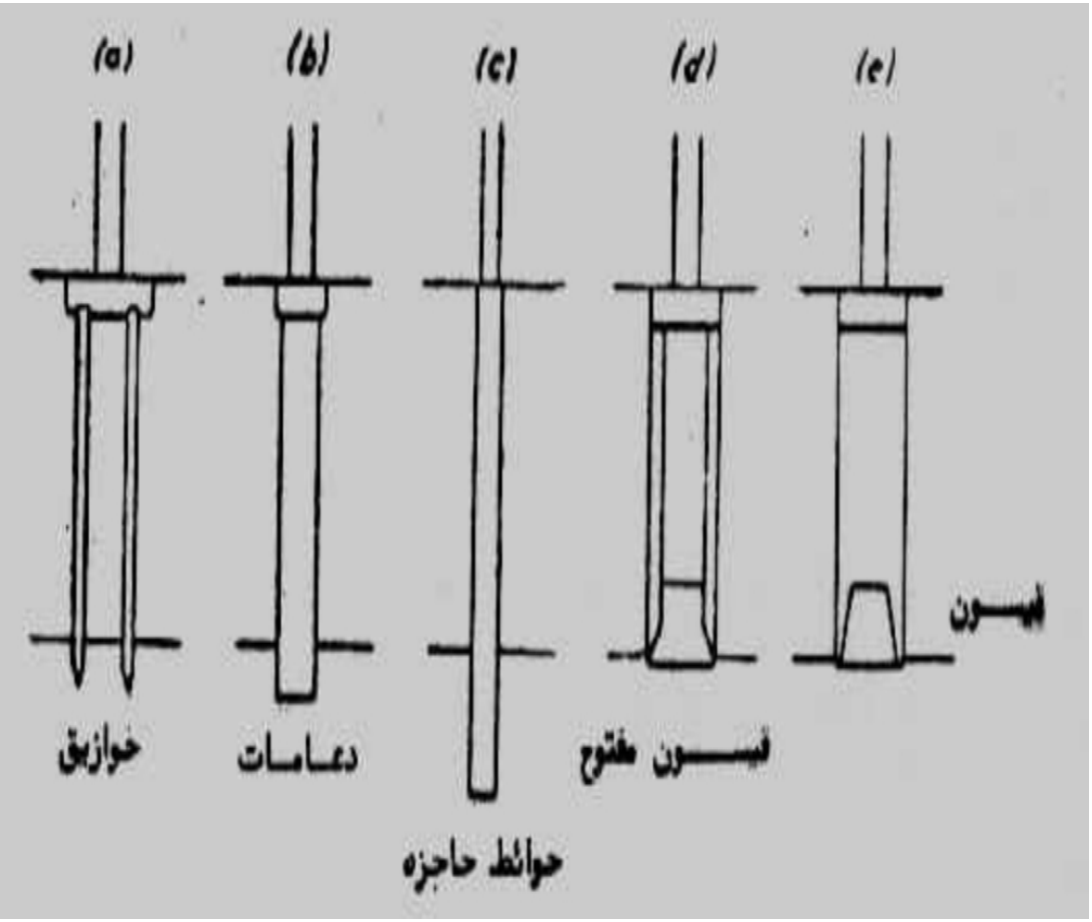
متى نلجأ إلى استخدام أساسات اللبشة المسلحة؟

1. عند الأحمال الكبيرة.
2. المساحة الكلية للأساسات المنفصلة تتعدى ٦٠ بالمائة من مساحة الأرض.
3. الحد من فرق الهبوط أسفل القواعد المنفصلة.
4. الأراضي الضعيفة والتي لا تصلح للقواعد المنفصلة.
5. قواعد البدرومات والأقبية لتوفر عزل جيد.



Raft foundation

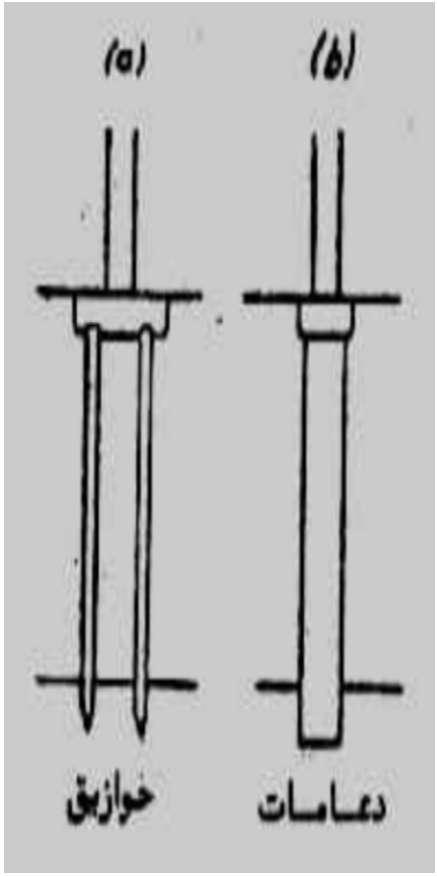
الأساسات العميقة



حينما تكون الطبقة السطحية ضعيفة أو وجود أحمال ضخمة لا تستطيع الطبقات السطحية تحمل الإجهادات لذلك يتم اختراق هذه الطبقة إلى عمق مناسب بحثا عن طبقة صلبة ومناسبة للتأسيس وتسمى هذه الأنواع بالأساسات العميقة ومنها:

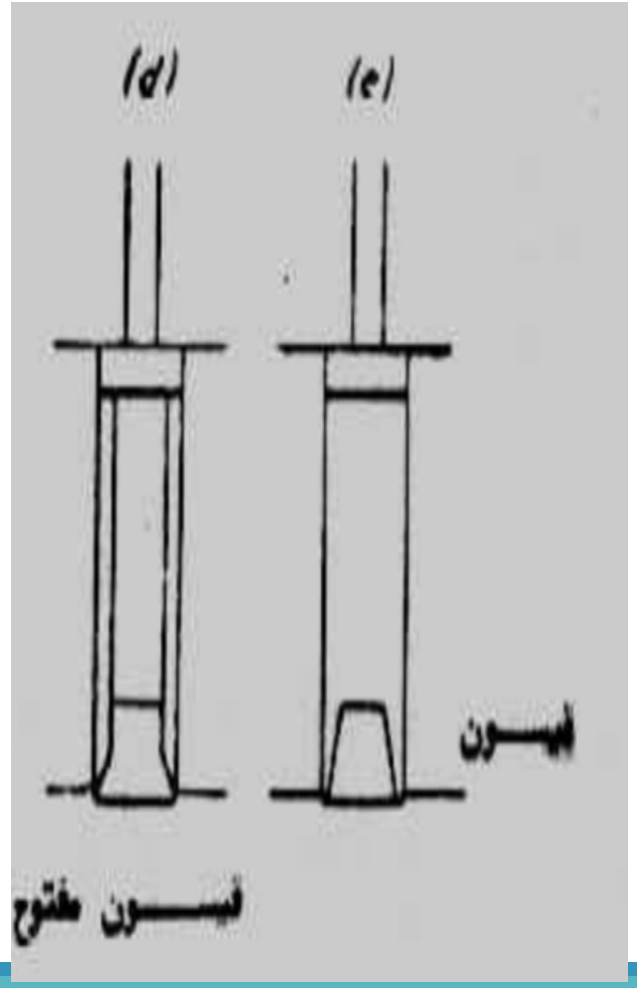
1. الخوازيق
2. القيسونات

1- الخوازيق



تستخدم عندما تكون تربة التأسيس القريبة من السطح لا تستطيع تحمل وزن المنشأ باستخدام أي نوع من الأساسات السطحية .
الخوازيق يمكن أن تشبه الأعمدة في الشكل حيث تستخدم لنقل أحمال المباني الضخمة إلى طبقات الأرض القوية على عمق من ٥ متر إلى ٥٠ متر وتنقل الحمل بقوة الاحتكاك ونهاية التثبيت على التربة الصلبة وقد تحمل فوقها قواعد منفصلة أو لبشة مسلحة.
تعطي الخوازيق ثبات أكبر ضد فروق الهبوط ومقاومة أحمال الزلازل والقوى الأفقية.

2- القيسونات



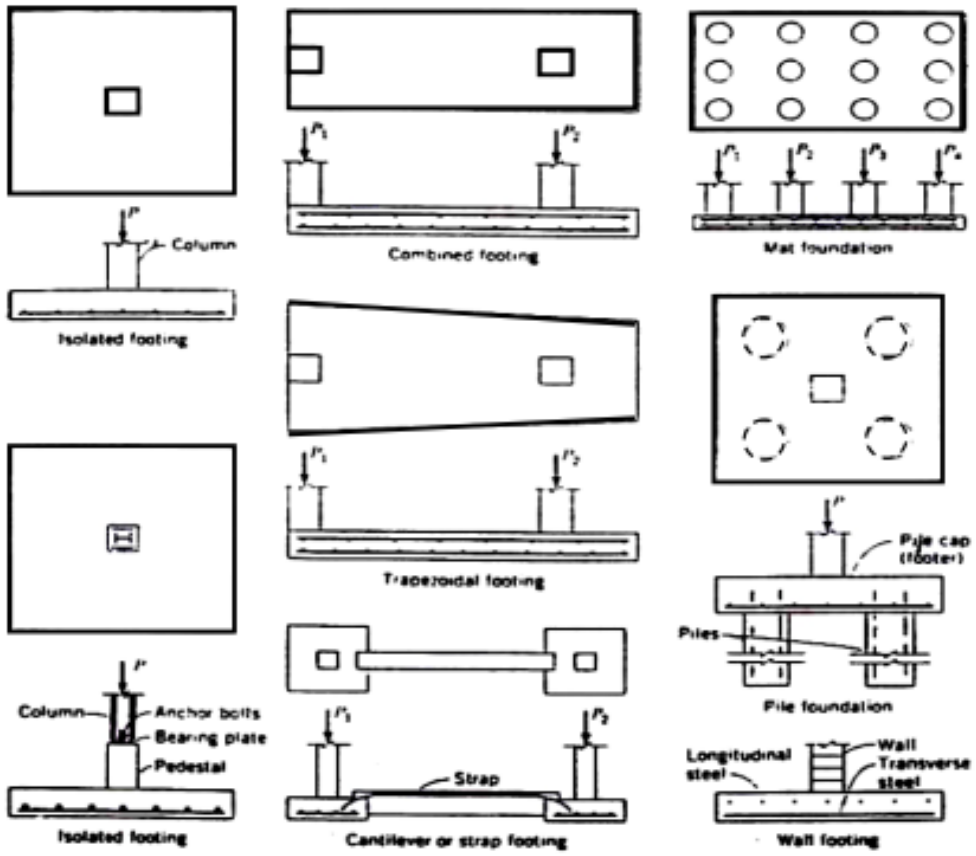
وهي تشبه وظيفة الخوازيق التي عرضناها سابقا إلا أنها تستخدم في حالة أوزان أكبر ويمكن صبها في الموقع أو تكون مسبقة الصنع ويتم تغويصها إلى أعماق تصل إلى ١٠٠ متر ولا يفضل استخدامها في حالة وجود ترسبات عميقة من الطين الطري.

ما هي الأساسات المفضلة للمبنى؟

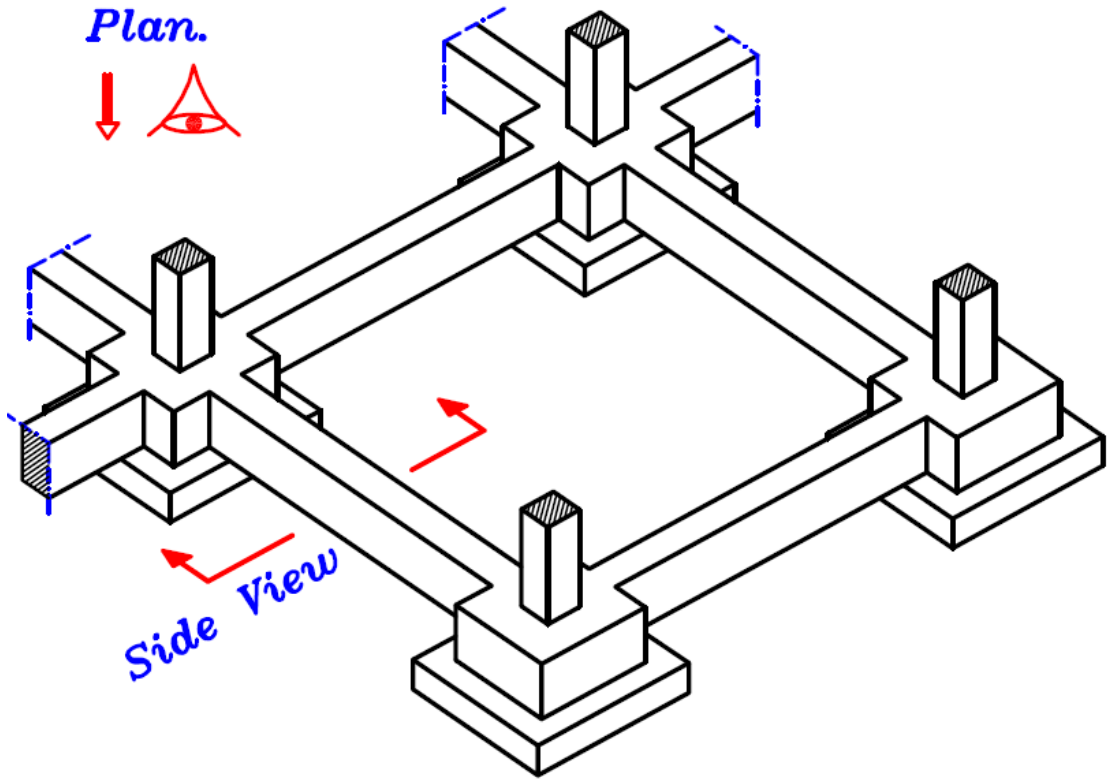
1. إن الأساسات القوية للمبنى مهمة جدًا في بناء الهيكل لأن الأساس هو أحد أهم أجزاء البناء. إذا كان الأساس قويًا وصلبًا، فيمكنه فقط تحمل الحمولة الإجمالية للمبنى.
2. إذا لم يتم تصميم أساس الهيكل بشكل صحيح ولم يكن كافيًا لتحمل عبء الهيكل، فلا فائدة من استثمار الأموال في البنية الفوقية للمبنى.
3. لذلك من الضروري جدًا أن تختار أفضل الأساسات لمنزلك. يجب الحرص على أن يتم بناء الأساسات بمواد بناء قوية.
4. كما يجب اختبار مواد البناء المستخدمة في بناء الأساسات. يجب أن تجتاز المادة جميع القواعد التي توفرها المعايير المحلية لكود المنطقة.
5. يجب أن يتم بناء أساسات وقواعد المنزل أو المبنى الجيدة من مواد البناء القوية بحيث تعطي أقصى قدر من الاستقرار والاتزان الهيكلي للمبنى وتحافظ على المنزل أثناء الأعاصير والزلازل.

العوامل التي تحدد نوع الأساس للمبنى:

1. نوع المنشأ وأبعاده ومدى تأثره بالهبوط المتفاوت.
2. الأحمال وأنواعها وكيفية انتقالها وتوزيعها على التربة.
3. حالة التربة نفسها وخواصها وتكوينها والتحليل الكيميائي لها.
4. منسوب المياه الجوفية واحتمال تغيره وتحليل مكونات المياه كيميائيا.
5. حالة الموقع والظروف المحيطة والمناخ ومدى تعرضه لأحمال زلازل وحرارة.
6. الجدوى الإقتصادية والتكلفة وأهمية المبنى.



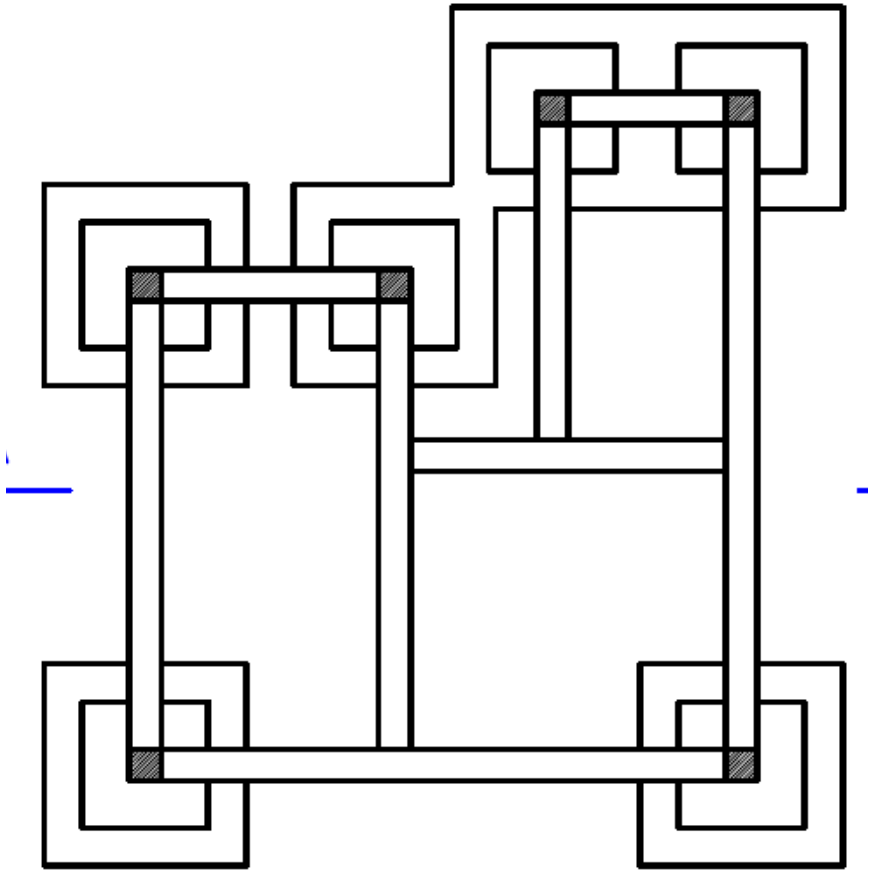
المتطلبات الأساسية لتنفيذ أساسات جيدة للهياكل



فيما يلي المتطلبات الأساسية للأساسات الجيدة:

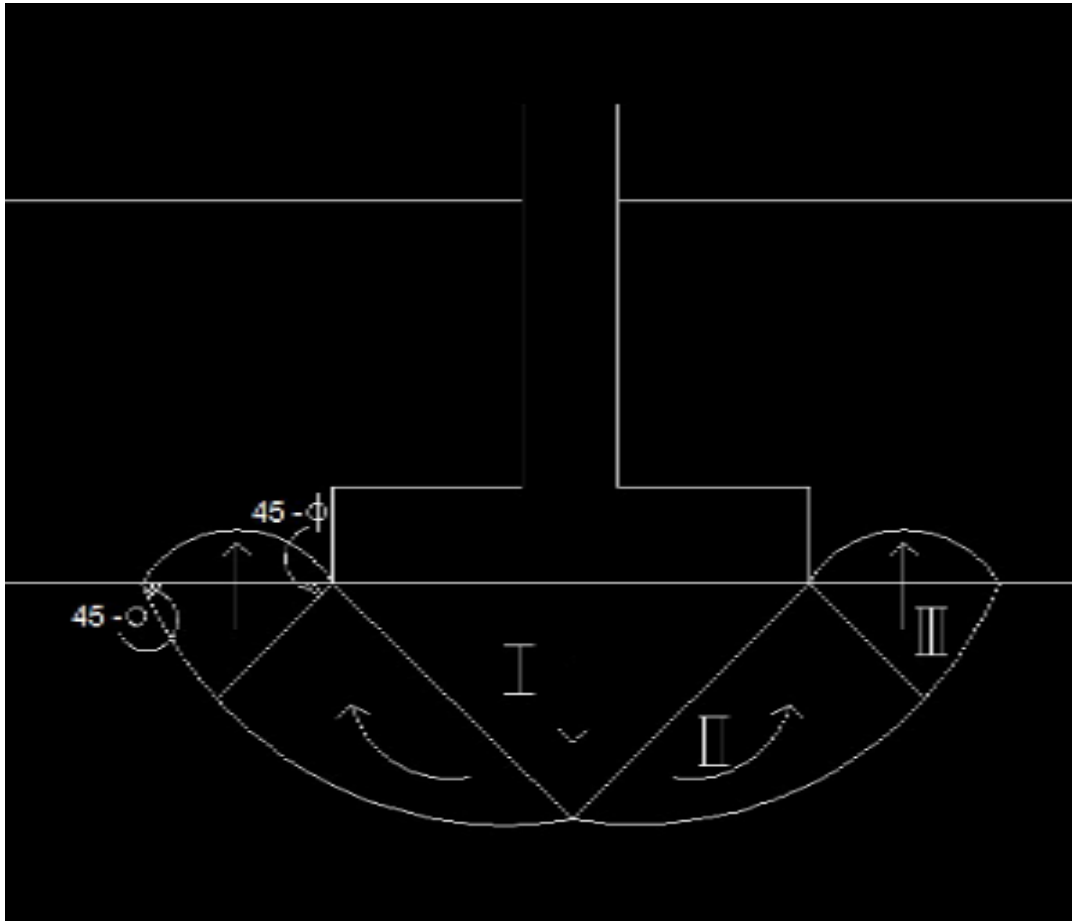
1. موقع الأساسات
2. اتزان واستقرار الأساسات
3. ديمومة ومتانة الأساسات
4. هبوط الأساسات

موقع ومكان الأساسات



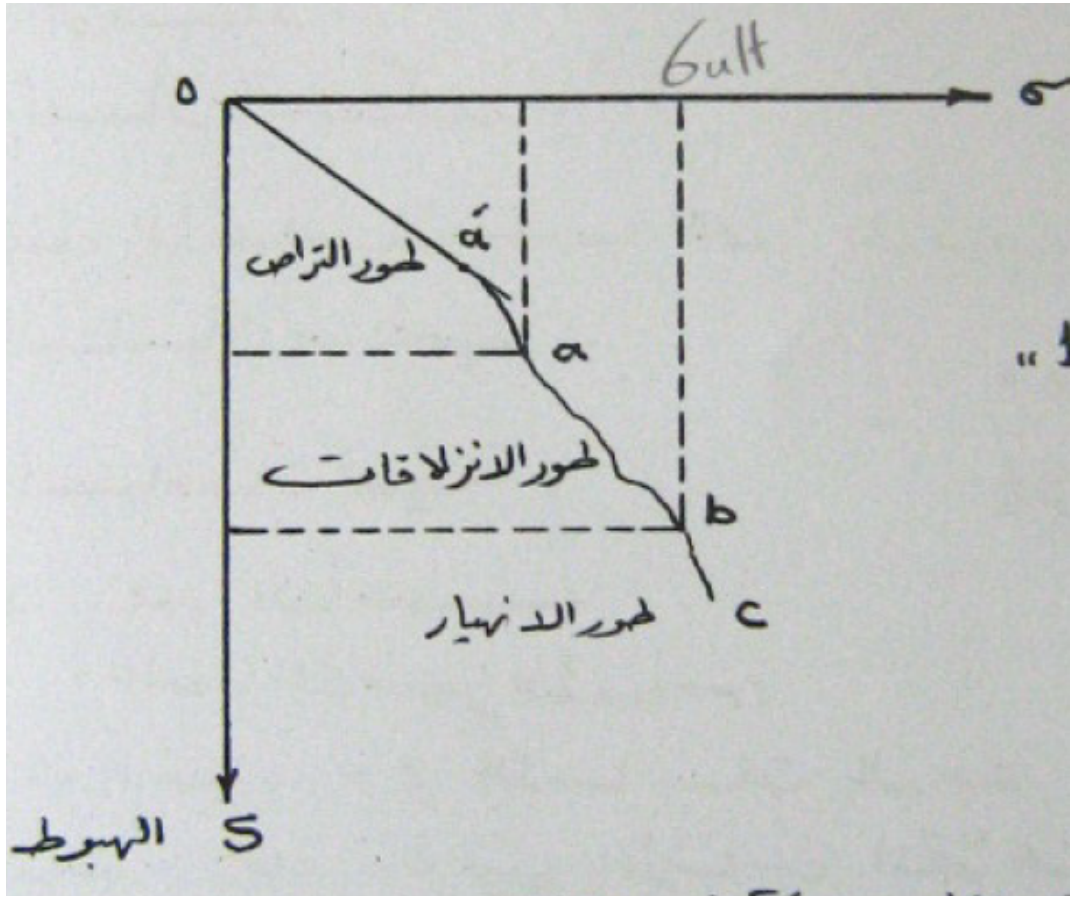
يجب أن يتم وضع وتحديد مكان الأساسات بحيث يمكنها مقاومة أي تأثير غير متوقع من المحتمل أن يظهر في المستقبل على الهيكل بالإضافة إلى الالتزام بعمق الحفر والتأسيس المذكور في تقرير فحص تربة المشروع. لذلك يجب توخي الحذر أثناء تصميم تخطيط الأساسات.

استقرار واتزان الأساسات



يعد الاستقرار أو الاتزان الهيكلي لأساسات المباني مطلبًا أساسيًا للغاية لبناء أساس جيد. يجب أن يكون الأساس مستقرًا وآمنا لمقاومة أي هبوط. الأساسات الجيدة يجب أن تكون صلبًة لتحمل الحمولات المتراكبة والتي قد يتم توزيعها بشكل غير متساو.

استقرار واتزان الأساسات-تتمة



تمر التربة أولاً بمرحلة التراص وتكون العلاقة لبم الاجهاد والهبوط خطية حتر النقطة a` أي في معظم طور التراص وتوافق نهاية مرحلة التراص الضغط الحرج الأولي σa` الموافق للنقطة a ، ثم تمر التربة بعد مرحلة التراص بمرحلة تشكل سطوح الانزلاق أو بما يسمى طور الانزلاقات وتنتهي هذه المرحلة بالتشكل النهائي لسطوح الانزلاق والذي يحدد بالضغط σult والموافق للنقطة b على المنحني وضمن هذه المرحلة تكون العلاقة لبن الاجهاد والهبوط غير خطية ةغير منتظمة وتقاي هبوط القاعدة الناتج بعشرات السنتمترات.

يحدث في الطور الثالث عندما يكون σ > σult الانهيار التام للقاعدة والذي يصحبه هبوط كبير ومفاجئ وتتحقق فيه العلاقة التالية :

استقرار واتزان الأساسات -تتمة

$$\tau\theta > tg\ \theta.(\sigma n(\theta)+Pe)$$

حيث:

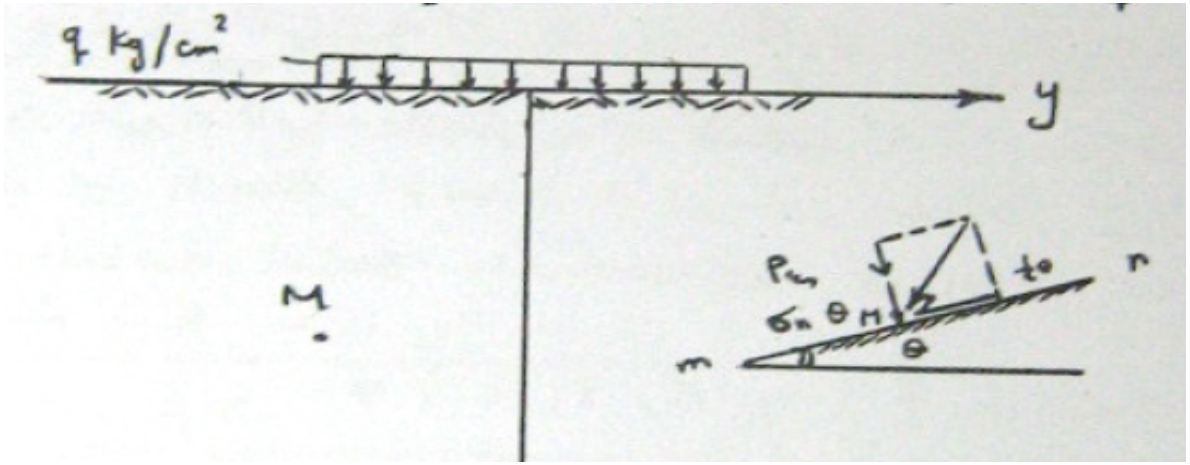
$\tau\theta$: الاجهاد المماسي في المستوي mn وعند النقطة M

$\sigma n(\theta)$: الاجهاد الناظمي في المستوي mn وعند النقطة M

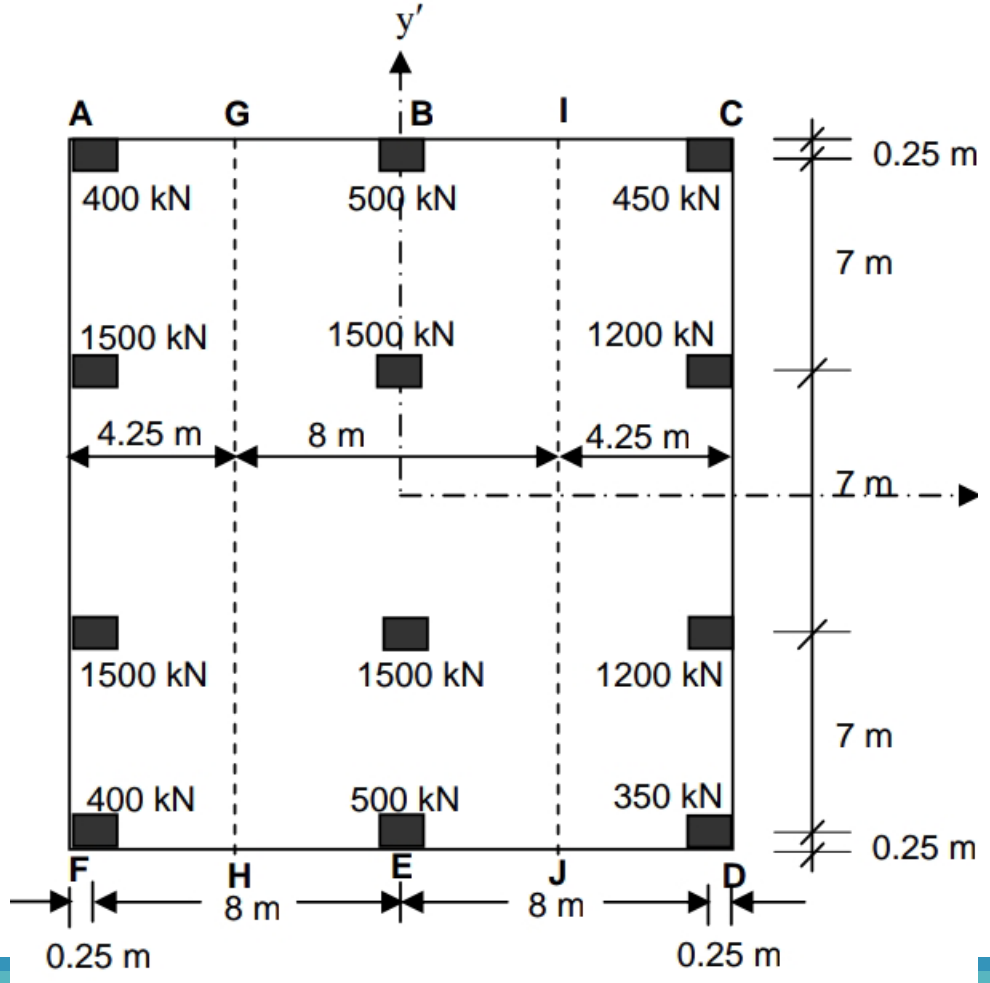
$Pe=C/tg\ \theta$ اجهاد الترابط

C : التماسك

θ : زاوية الاحتكاك الداخلي

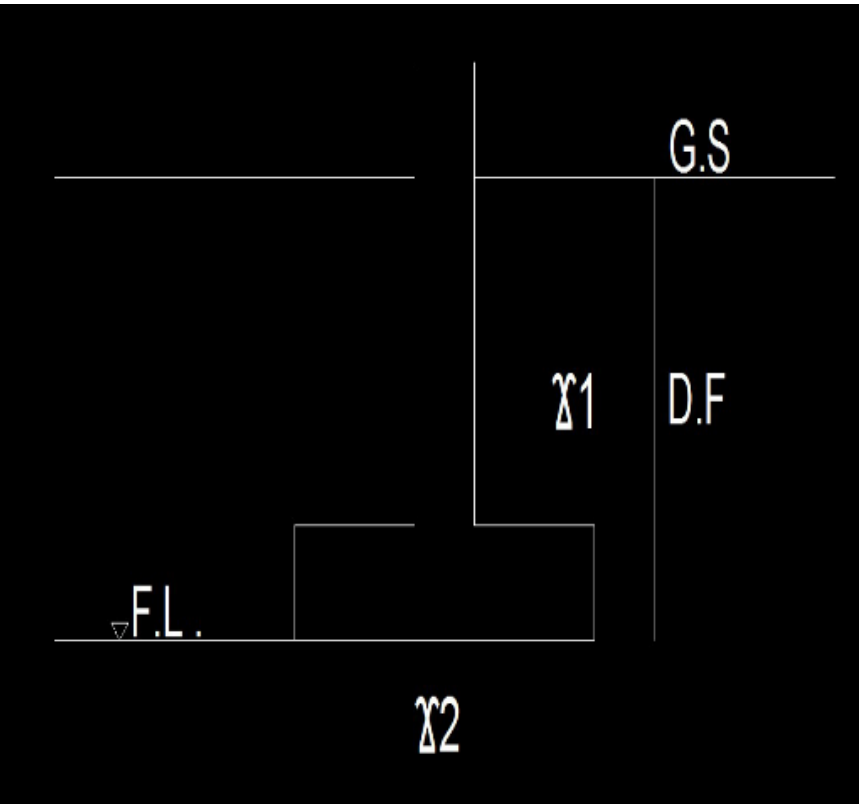


متانة الأساسات



يجب أن يتم تصميم وبناء الأساسات بطريقة تجعلها متينةً ومقاومةً للحمل الثقيل للهيكل بالإضافة إلى تطبيق الحماية المناسبة لهذه الأساسات ضد التأثيرات الخارجية مثل تربة التأسيس والردم والمياه الجوفية والأمطار وما إلى ذلك.

قدرة تحمل التربة



أقصي ضغط يمكن أن يضغط به المنشأ علي التربة بدون حدوث انهيار للتربة بالقص أو حدوث هبوط زائد qult

أقل ضغط كلى عند قاعدة الأساس تنهار عنده التربة بالقص qun

$qun = qult - \gamma * DF$

Net safe bearing capacity (qns): $qns = qun/F.O.S$ $F.O.S=3.0$

أقصى إجهاد (ضغط) يمكن أن تتحمله التربة بأمان من حدوث انهيار للتربة بالقص.

$\sigma all=qS = qns + \gamma * DF$

أقصى فوة تعطي (ضغط) آمن للتربة من حدوث انهيار بالقص أو هبوط زائد.

$Pall = \sigma all\ (qs) * B * L$

قدرة تحمل التربة

$$qult = k1.c.\ Nc + k2.\gamma\ 1.DF.\ Nq + k3.\gamma\ 2.\ B.\ N\gamma$$

حيث أن:

C	Cohesion	التماسك بين الحبيبات
B	Foundation Width	عرض الأساس (البعد الأصغر)
L	Foundation Length	طول الأساس (البعد الأكبر)
γ_1	Soil intensity above F.L	كثافة التربة اعلي منسوب التأسيس
γ_2	Soil intensity under F.L	كثافة التربة أسفل منسوب التأسيس
D_F	Foundation Depth	عمق التأسيس
F.L	Foundation Level	منسوب التأسيس
N_C	B/C Factors	من الجدول ندخل بقيمة ν نوجد قيمة N_C
N_q	B/C Factors	من الجدول ندخل بقيمة ν نوجد قيمة N_q
N_γ	B/C Factors	من الجدول ندخل بقيمة ν نوجد قيمة N_γ

يوجد 3 طرق لإيجاد قيمة $N\gamma$, Nq , NC

k_1 , k_2 , k_3 shape factor from table

shape	k_1	k_2	k_3
Strip Footing قاعدة شرطية	1	1	0.5
Rectangular Footing قاعدة مستطيلة	$1+0.3\frac{B}{L}$	1	$1-0.6\frac{B}{L}$
Square Footing قاعدة مربعة	1.3	1	0.4
Circular Footing قاعدة دائرية	1.3	1	0.3

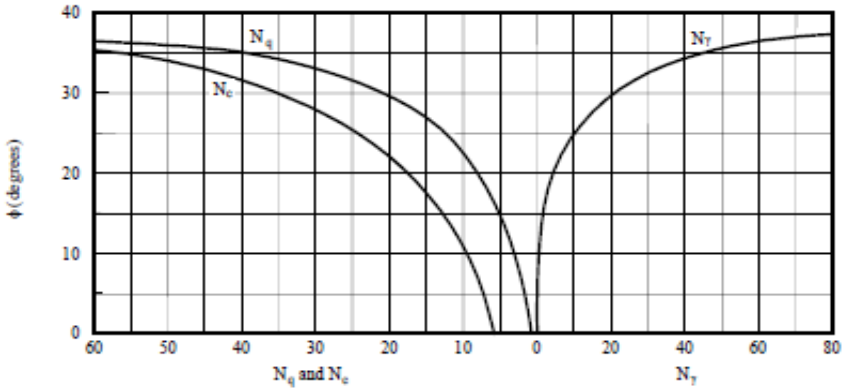
قدرة تحمل التربة

الطريقة الأولي: من الجدول ندخل بقيمة ν نوجد قيمة N_q ,

N_γ , N_C

Angle of Internal Friction (ν)	N_C	N_q	N_γ
0	5	1	-
5	6.5	1.5	-
10	8.5	2.5	0.5
15	11	4	1
20	15	6.5	2
22.5	17.5	8	3
25	20.5	10.5	4.5
27.5	25	14	7
30	30	18	10
32.5	37	25	15
35	46	33	23
37.5	58	46	34
40	75	64	53
42.5	99	92	83

الطريقة الثانية:



الطريقة الثالثة: من المعادلات

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} * \tan^2 (45 + \varphi/2)$$

$$N_C = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan \varphi$$

قدرة تحمل التربة

For cohesive soil (clay) : (c - soil)

$c = \checkmark$, $\phi = 0$

في هذه الحالة الجزء الثالث = صفر

$$q_{ult} = k_1 c\, N_c + k_2\, \gamma_1\, D_F\, N_q + k_3\, \gamma_2\, B\, N_\gamma$$

$$q_{ult} = k_1 c\, N_c + k_2\, \gamma_1\, D_F\, N_q + 0$$

For cohesion less soil (sand) : (ϕ - soil)

$c = 0$, $\phi = \checkmark$

في هذه الحالة الجزء الأول = صفر

$$q_{ult} = k_1 c\, N_c + k_2\, \gamma_1\, D_F\, N_q + k_3\, \gamma_2\, B\, N_\gamma$$

$$q_{ult} = 0 + k_2\, \gamma_1\, D_F\, N_q + k_3\, \gamma_2\, B\, N_\gamma$$

لو c لم يعطي يتم حسابه بالمعادلة

$$C = \frac{q_u}{2}$$

تأثير المياه الجوفية على قدرة تحمل التربة

لأخذ تأثير المياه الجوفية في الاعتبار يضاف معاملين w_q , w_γ إلي معادلة B/C لتقليل B/C

$$q_{ult} = k_1 c\, N_c + k_2\, \gamma_1\, D_F\, N_q\, w_q + k_3\, \gamma_2\, B\, N_\gamma\, w_\gamma$$

ملاحظة :

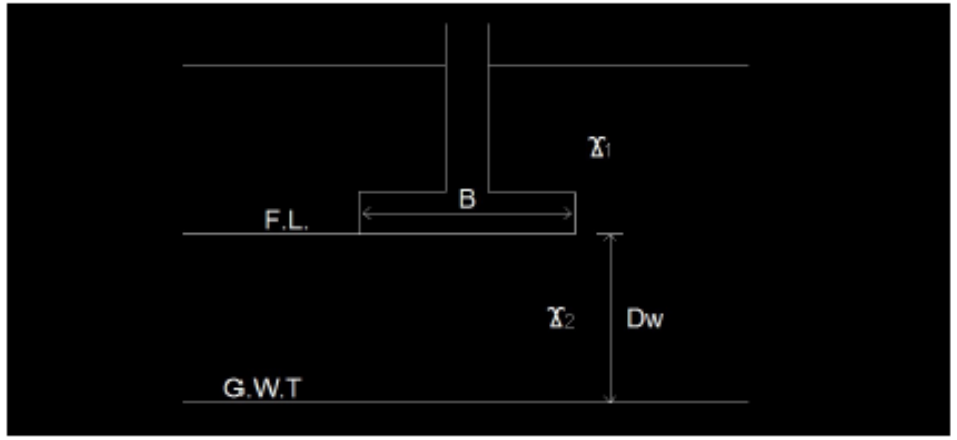
$$w_q , w_\gamma \leq 1$$

هناك 4 حالات لوجود G.W.T في تربة التأسيس:

المياه الجوفية- الحالة رقم 1-

Case 1 :

1- في حالة وجود المياه علي عمق كبير من منسوب التأسيس.



$D_w \geq B$

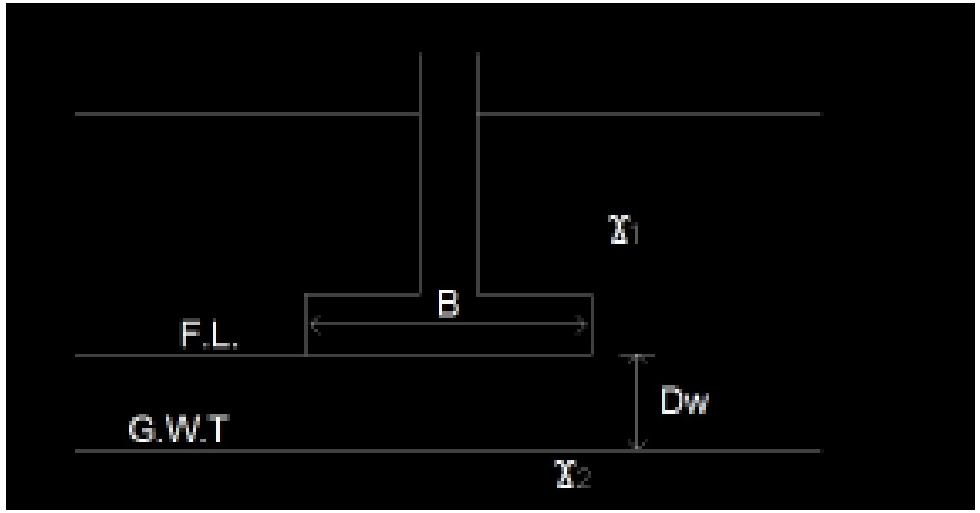
∴ المياه الجوفية لا تؤثر علي B/C

$\therefore w_q = w_\gamma = 1$

المياه الجوفية- الحالة رقم 2-

Case 2 :

2- في حالة وجود المياه على عمق صغير من منسوب التأسيس.



$D_w < B$

المياه الجوفية تؤثر على الجزء الثالث من المعادلة ولا تؤثر على الجزء الثاني من المعادلة.

$\therefore w_q = 1$

$$w_\gamma = 0.5 + \frac{Dw}{B} * 0.5 \not> 1$$

حيث أن :

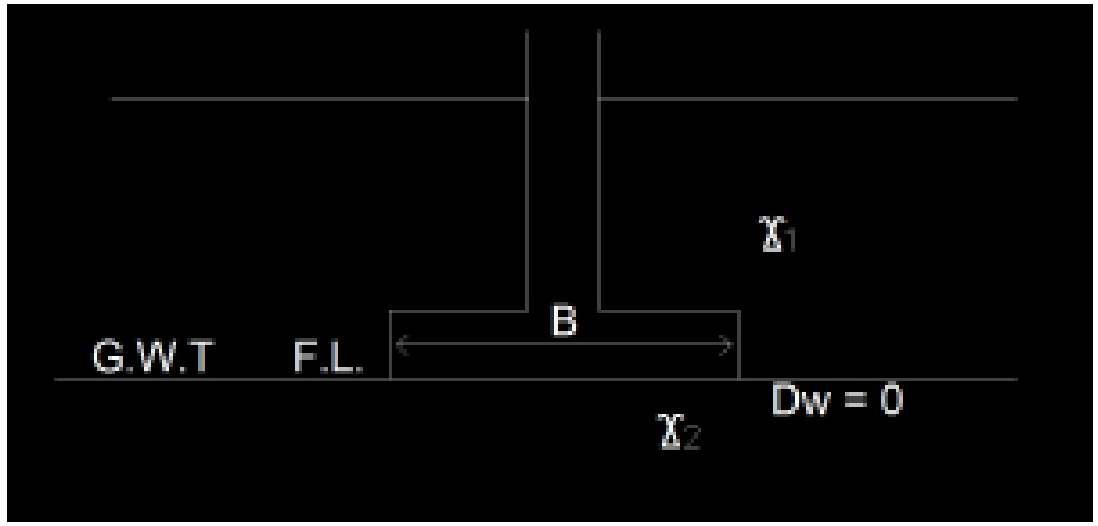
D_w ⟶ عمق المياه من أسفل القاعدة

B ⟶ عرض الأساس

المياه الجوفية- الحالة رقم 3-

Case 3 :

3-في حالة وجود المياه عند منسوب التأسيس.



$D_w=0$

$\therefore w_q = 1$

$$w_\gamma = 0.5+\frac{Dw}{B}*0.5 = 0.5+\frac{0}{B}*0.5= 0.5$$

Take γ_2 submerged

$$q_{ult} = k_1 c\, N_c + k_2\, \gamma_1\, D_F\, N_q\, w_q + k_3\, \gamma_{2sub}\, B\, N_\gamma\, w_\gamma$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

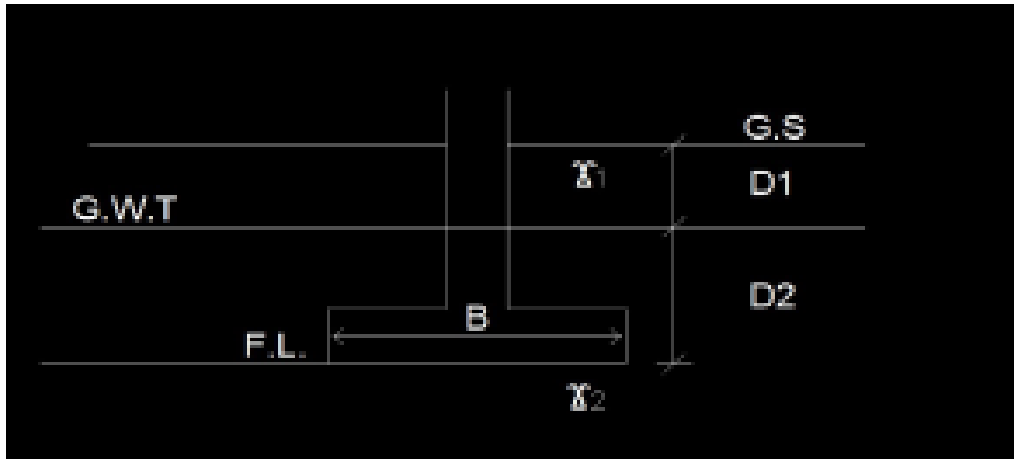
حيث أن:

$\gamma_w = 1$

المياه الجوفية- الحالة رقم 4-

Case 4 :

4- في حالة وجود المياه بين منسوب التأسيس وسطح الأرض.



المياه الجوفية تؤثر على الجزء الثاني والثالث من المعادلة.

$\therefore w_\gamma = 1$

$$W_q = 0.5 + \frac{D1}{D2} * 0.5$$

Take γ_2 submerged

$$q_{ult} = k_1 c\, N_c + (\gamma_{1bulk\ or\ saturated} * D_1 + \gamma_{1sub} * D2)\, N_q\, w_q + k_3\, \gamma_{2sub}\, B\, N_\gamma\, w_\gamma$$

حيث أن:

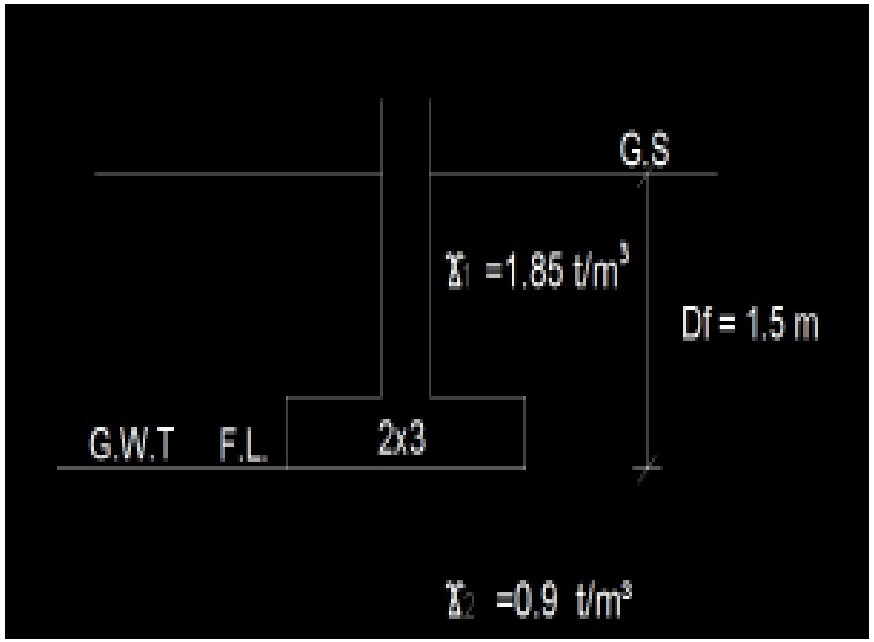
D1 → المسافة من سطح الأرض حتى G.W.T

D2 → المسافة بين منسوب التأسيس و G.W.T

مثال في حساب قدرة تحمل التربة

مثال: المطلوب حساب قدرة تحمل التربة المسموحة من أجل أساس مستطيل أبعاده (3.0m*2.0) من أجل عمق التأسيس Df=1.50m من سطح الأرض الطبيعية إذا علمت أن الوزن الحجمي للتربة الطبيعي $Y=1.85t/m^3$ حيث على منسوب التأسيس يوجد مياه جوفية وان الوزن الحجمي المشبع $Ysat=1.9t/m^3$ و $C=3t/m^2$ وزاوية الاحتكاك الداخلية تساوي θ=22 درجة ·

الحل ·



rectangular footing → B = 2 m , L = 3 m

$\gamma_1=1.85t/m^3$, $\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1.9 - 1 = 0.9\ t/m^3$

c =3 , ν = 22° , D_f = 1.5 m , G.W.T was find at

For ν = 22°

مثال لحساب قدرة تحمل التربة -تتمة

$k_2 = 1$

$k_3 = 1-0.6\frac{B}{L} = 1-0.6\frac{2}{3} = 0.6$

∵ G.W.T was find at foundation level

∴ Case 3

$w_q = 1$

$w_\gamma = 0.5+\frac{Dw}{B}*0.5 = 0.5+\frac{0}{2}*0.5 = 0.5$

Take γ_2 submerged

$N_q = e^{\pi \tan \Phi} * \tan^2(45 + \varphi/2)$

$N_q = e^{\pi \tan 22} * \tan^2(45 + 22/2) = 3.56 * 2.2$

$=7.82$

$N_C = (N_q - 1)\cot \phi$

$N_C = (7.82 - 1)\cot 22 = 6.82*2.4=16.88$

$N_\gamma = (N_q - 1)\tan \varphi$

$N_\gamma = (7.82 - 1)\tan 22 = 6.82 * 0.4 = 2.76$

For rectangular footing

$k_1 = 1+0.3\frac{B}{L} = 1+0.3\frac{2}{3} = 1.2$

مثال لحساب قدرة تحمل التربة -تتمة

$$q_{ult} = k_1 c\, N_c + k_2\, \gamma_1\, D_F\, N_q\, w_q + k_3\, \gamma_{2sub}\, B\, N_\gamma\, w_\gamma$$

$$q_{ult} = (1.2*3*16.88)+(1*1.85*1.5*7.82*1)+(0.6*0.9*2*2.76*0.5)$$

$$= 60.77 + 21.7 + 1.49 = 83.96\ t/m^2$$

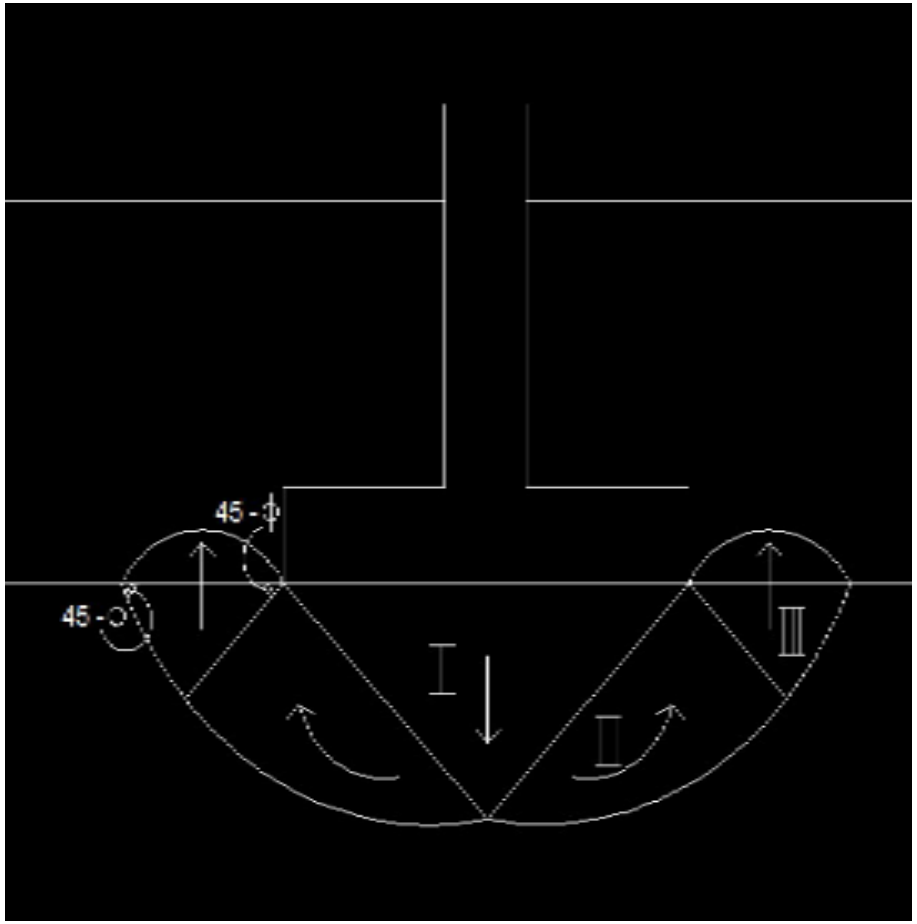
$$q_{un} = q_{ult} - \gamma_1 * D_F = 83.96-(1.85*1.5)=81.19\ t/m^2$$

$$q_{ns} = \frac{\mathbf{qun}}{\mathbf{F.O.S}} = \frac{\mathbf{81.19}}{\mathbf{3}} = 27.06\ t/m^2$$

$$q_s = q_{ns} + \gamma_1 * D_F = 27.06 + (1.85*1.5)=29.84\ t/m^2$$

$$P_{all} = q_s * B * L = 29.84*2*3=179\ ton$$

هبوط الأساسات



- يعتمد هبوط أساسات المبنى على قدرة تحمل التربة. يجب أن تكون التربة التي سيتم إنشاء الأساسات فوقها أكثر صلابة ومضغوطة أو مدموكة لتجنب هبوط الأساسات. يجب بناء الأساسات بحيث لا تهبط تحت الحمل الثقيل المتراكب بما يزيد عن القيم المسموح بها في أكواد البناء.

هبوط الأساسات -تتمة

من أجل التربة ذات الانواع التالية:

١- التربة ذات المواصفات C, θ .

٢- الغضار غير المشبع و السليت.

٣- الترب الحبيبية (بحص-رمل)

٤- الهبوط الاني في الترب المتماسكة ةالمشيعة.

من اجل حساب الهبوط في الترب الواردة أعلاه نطبق المعادلة التالية معتمدة على نظرية المرونة:

$$S=\sigma net.B.Iw.(1-\mu^2)/E$$

هبوط الأساسات -تتمة

$$S=\sigma net.B.Iw.(1-\mu^2)/E$$

σnet : الاجهاد الصافي المطبق على التربة تحت قاعدة الأساس

B : العرض الأصغري للأساس :

μ : معامل بواسون للتربة (معامل التوسع الجانبي)

Es : معامل مرونة التربة (معامل التشوه الخطي)

Iw : معامل الشكل ويعطى بالجدول التالي:

هبوط الأساسات -تتمة

نوع التربة	μ
غضاري رملي	0.3 – 0.2
بحص + رمل	0.2
غضار جاف	0.3 – 0.1
غضار مشبع بجميع انواعه	0.5 – 0.4

نوع التربة	E (kg/cm2)
غضار عالي اللدونة	30 – 5
غضار متوسط اللدونة	45 – 30
غضار لدن	85 – 45
غضار صلب	180 – 85
غضار رملي	450 – 350
رمل سيلتي	200 – 70
رمل قليل الكثافة	250 – 100
رمل شديد التراص	850 – 500

شكل الاساس	Iw
دائري	0.88
مربع	0.82
مستطيل L/B	
1.5	1.06
2	1.2
5	1.7
10	2.1
100	3.4

هبوط الأساسات -مثال

مثال : المطلوب إيجاد مقدار الهبوط من أجل أساس مربع ابعاده 2.0*2.0m حيث تربة التأسيس غضار رملي ان الاجهاد الصافي المطبق على التربة 3.0kg/cm2

الحل: من العلاقة التالية يتم حساب الهبوط $S=\sigma net.B.Iw.(1-\mu^2)/E$

σnet=3.0 kg/cm2 : الاجهاد الصافي المطبق على التربة تحت قاعدة الأساس

B=200cm : العرض الأصغري للأساس :

μ=(0.2+0.3)/2=025 : معامل بواسون للتربة (معامل التوسع الجانبي)

Es=(350+450)/2=400 kg/cm2 : معامل مرونة التربة (معامل التشوه الخطي)

Iw-0.82 : معامل الشكل ويعطى بالجدول السابق

$S=\sigma net.B.Iw.(1-\mu^2)/E=3*200*0.82*(1.0-0.25^2)/400=1.153cm$