الفصل السادس

هبوط الأساسات

1-6 معيار التصميم Design Criteria

إن المعيار الأساسي المتحكم في تصميم الأساسات، ذلك الذي لا تزيد فيه قيم الهبوط عن بعض القيم المسموح بها، هذه القيم تختلف من منشأ لآخر، ولضمان هذا المعيار الأساسي، فإنه يتوجب على المهندس أن يأخذ في الاعتبار العاملين التاليين:

أولاً: لأي أساس هناك بعض القيم من الإجهاد المسلط، والذي يبدأ عنده الهبوط ليُصبح كبيراً جداً ويصعب توقعه، هذا الحمل يُعرف بقدرة التحميل، لذلك فإن الأساس يجب أن يصمم على أن إجهاد التحميل الفعلي أقل من فدرة التحميل بهامش آمان مناسب وذلك لتلافي اللبس في توقع كلاً من إجهاد التحميل وقدرة التحميل.

عموماً فإن قدرة التحميل، عادة ما تؤخذ على أنها إجهاد التحميل المسبب لانهيار القص المحلي (local shear failure)، أي أنه الإجهاد المُطابق لركبة منحنى الإجهاد مع الهبوط.

ثانياً: بعد تحديد قدرة التحميل والتأكد من أن قدرة التحميل تزيد عن إجهاد التحميل المتوقع بهامش أمان مناسب، لذلك فإنه يجب على المهندس أن يتوقع الهبوط الذي سوف يحدث عند الحمل المتوقع ومقارنة الهبوط المتوقع بالقيمة المسموح بها.

هكذا فإنه هناك ثلاث خطوات رئيسية لتحليل تصميم الأساسات وهي:

1- اختيار معامل الأمان المطلوب عند انهيار القص والهبوط المسموح به.

obeikandi.com

2- إيجاد قدرة التحميل ومعامل الأمان الفعلي للحمل المتوقع.

3- توقع الهبوط ومقارنته بالهبوط المسموح به.

إجهاد التحميل Δqs يُعرف على أنه الإجهاد الفعلي المسلط على التربة، وقيمته في حالة الأساس الفعلي يجب أن لا تزيد عن قيمة إجهاد التحميل المسموح به Δqs)all).

2-6 **هبـوط الأساسـات** Foundation Settlement

إجهاد التحميل يتم اختياره بعد اعتبار الأمان ضد عدم الاستقرار والهبوط المسموح به والجانب الاقتصادي.

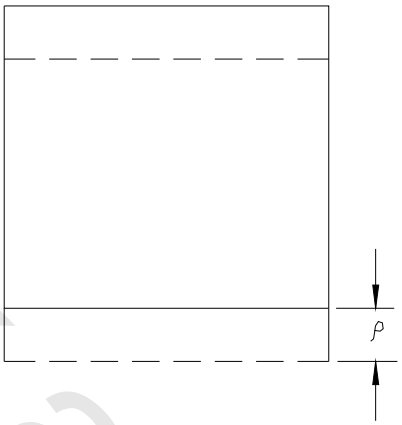
1-2-6 **الهبـوط المسـموح به** Allowable Settlement

يعتمد الهبوط المسموح به على عدة عوامل، والتي تشمل نوع وحجم وموقع وغرض استخدام المنشأ، وكذلك سبب ومعدل وشكل الهبوط.

يمكن تحديد الهبوط المسموح به من قبل المهندس المُصمم للمنشأ، والذي يطلب من المهندس المُصمم للأساسات التقيد به، وبالتالي فإن مهندس الأساسات يجد نفسه بين المهندس الإنشائي الذي لا يريد أي هبوط بالمنشأ وبين المالك الذي يريد أساسات اقتصادية.

2-2-6 **الهبـوط الكلي** Total Settlement

الشكل (29) يوضح الهبوط الكلي للمبنى، والذي عادة ما يُعتبر عامل غير حرج، بل يُعتبر مبدئياً سؤالاً مألوفاً، فإذا زادت قيمة الهبوط الكلي عن (150 – 300) مم، فمن الممكن أن تتسبب متاعب لأنابيب المياه والغاز والصرف الصحي المثبتة بالمنشأ، لذلك يجب الأخذ في الاعتبار مقدار الهبوط الكلي للمنشأ أثناء تصميم هذه الأنابيب.



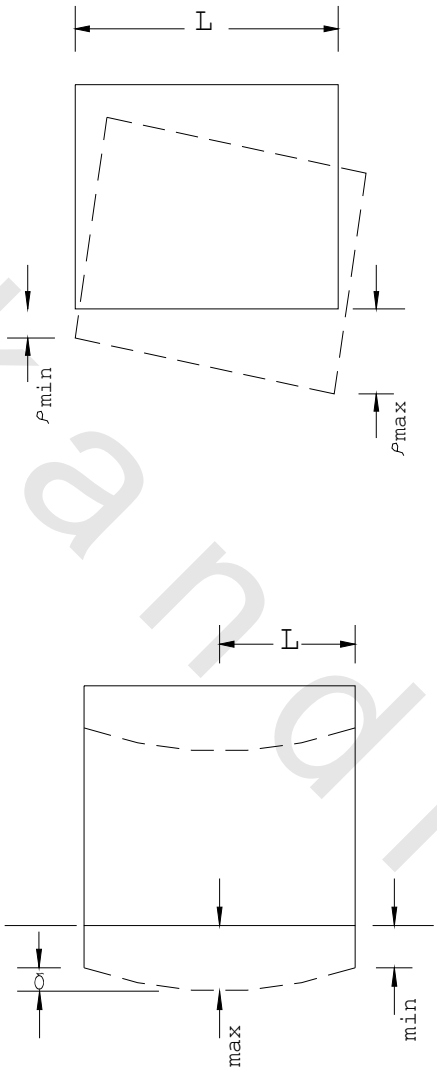
الشكل (29) الهبوط الكلي

3-2-6 **الهبـوط المتفـاوت** Deferential Settlement

الشكل (30) يبين الهبوط المتفاوت الذي يُعرف بالتشوه الزاوي أو الالتواء الزاوي، حيث أنه يساوي الفرق في الهبوط بين نقطتين مقسوماً على المسافة الأفقية بينهما.

وينشأ الهبوط المتفاوت من إجهاد تحميل غير منتظم على تربة متجانسة، وكذلك عندما تكون حالة التربة غير متجانسة.

obeikandi.com



الشكل (30) الهبوط المتفاوت

obeikandl.com

3-6 أسباب هبـوط الأساسـات Reasons of Foundation Settlement

يمكن الشعور بالهبـوط عن طريق ملاحظة التشققات بالحـوائط الخارجية والحوائط الداخلية، وكذلك بملاحظة الدوران بالمنشأ الذي يسببه الهبوط الغير متساوي والغير منتظم. ويمكن اعتبار هبوط الأساس مُساوياً لمجموع أنواع الهبوط التالية:

أ- الهبوط غير المنتظم الناجم عن توطيد التربة

ب-الهبوط غير المنتظم الناجم عن تضعيف تربة القاعدة

ج- الهبوط الناجم عن انتفاخ التربة

د- الهبوط الناجم عن اختلال بنية تربة القاعدة

1-3-6 الهبوط غير المنتظم الناجم عن توطيد التربة

None-uniform Settlement of Densified Soil □

هذا الهبوط ينتج عن تقليل مسامية تربة الأساس بفعل الإجهادات المؤثرة عليها والناجمة عن تحميل الأساس نفسه، إضافة إلى تحميل الأساسات المجاورة، وفي هذه الحالة يكون الهبوط غير متساوي أو غير منتظم تحت المبنى للأسباب التالية:

1- اختلاف الظروف الجيولوجية لموقع الإنشاء بسبب وجود طبقات التربة الرقائقية الغير متناسقة، إلى جانب الاختلاف الشديد في تجانس طبقات التربة الموجودة بالمنطقة.

2- التوزيع غير المنتظم للشوائب الدخيلة بتربة الأساس، وهو ما يتسبب في التماسك غير المتساوي للتربة.

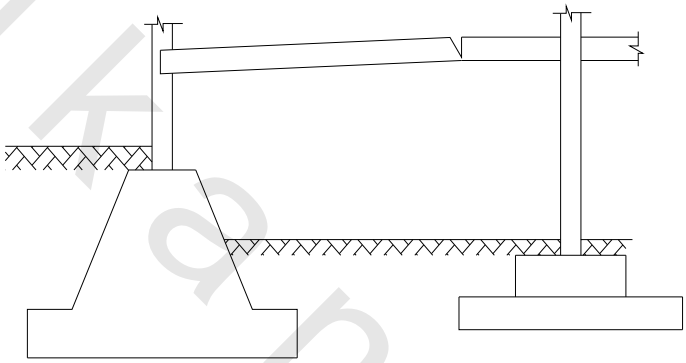
3- الحمل غير المتساوي المؤثر على الأساسات، الأمر الذي يجعل المهندس القيام بتصميم قواعد ذات أبعاد غير متساوية.

4- يتأثر هبوط الأساس في المنشأ بالأحمال المؤثرة على الأساسات المجاورة أو على سطح التربة.

obeikandl.com

5- اختلاف تربة القاعدة.

6- حدوث هبوط غير منتظم كبير للأساس في السنوات التالية لإقامة المنشأ، وذلك بعد تحميله في فترات زمنية مختلفة كما بالشكل (31).



الشكل (31) تشوهات العوارض عند تأخر وضع حمل الأعمدة

6-3-2 الهبوط غير المنتظم الناجم عن تضعيف تربة القاعدة

Non-uniform Settlement of Weaking the Soil

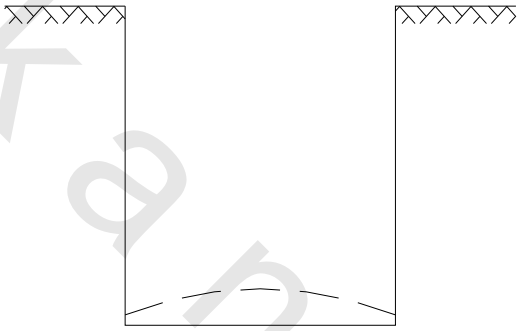
هذا النوع من هبوط الأساس يحدث بسبب تضعيف الطبقات العليا من التربة الواقعة تحت قاع حفرة الأساس، وهو عادة ما يظهر ويتطور تحت تأثير حمل المنشأ عندما يكون وزنه أقل من وزن التربة التي تم أخراجها أثناء القيام بأعمال حفر الأساس، مما يتولد عنه تضعيف في التربة الواقعة أسفل هذا الأساس، وبالتالي تتسبب في ظهور وتطور التشوهات المرنة تحت تأثير ضغط التربة المحيطة بقاع حفرة الأساس وبذلك يحدث الارتفاع غير المنتظم لقاع حفرة الأساس كما بالشكل (32)، والتي تؤدي إلى حدوث الهبوط غير المنتظم للأسباب التالية:

obeikandl.com

أ- يكون تضعيف التربة تحت الجزء الأوسط لحفرة الأساس أكبر مما هو عليه بالجوانب والزوايا.

ب- الفترة الزمنية المختلفة لتضعيف تربة القاعدة.

ج- الارتفاع غير المتساوي لقاع حفرة الأساس بسبب الهبوط غير المنتظم الناجم عن توطيد التربة.



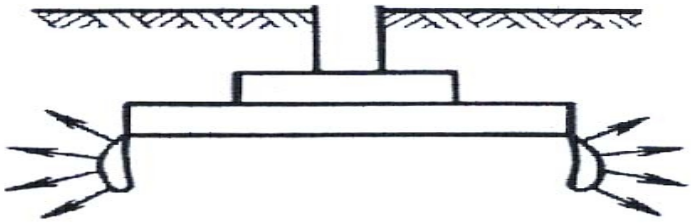
الشكل (32) انتفاخ قاع حفرة الأساس

3-3-6 **الهبـوط النـاجم عـن انتفـاخ التـربة** Settlement of Soil Swelling

إن الهبوط مرتبط بتطور التشوهات اللدنة لتربة القاعدة، حيث أن الضغط يتوزع توزيع غير منتظم على قاعدة الأساسات الصلبة، ويظهر عند حواف وأطراف الأساسات ضغط يؤدي إلى ظهور وتطور مناطق تشوهات لدنة صغيرة، وتتم عملية إعادة توزيع الضغط على قاعدة الأساس، حيـث تقل شدة الضغط عند الحواف وتزداد في القسم الأوسط من الأساسات وبقدر تحميل الأساس تتوسع مناطق التشوهات اللدنة ويزداد الهبوط الناجم عن انتفاخ التربة كما بالشكل (33).

إن أسباب تطور الهبوط غير المنتظم الناجم عن انتفاخ التربة، هي نفس الأسباب التي تؤدي إلى تطور الهبوط غير المنتظم الناجم عن توطيد التربة.

obeikandl.com



الشكل (33) اتجاه تطور تشوهات البروز

4-3-6 الهبوط الناجم عن اختلال بنية تربة القاعدة

تتعرض بنية التربة الطبيعية للاختلال عند البدء في أعمال الحفر لتنفيذ الأساسات، حيث تتعرض تربة القاعدة لتأثير عدة عوامل تتسبب في اختلال البنية الطبيعية للتربة والتي تودي إلى تغير في التركيب الإنشائي لبنية التربة، إلى جانب تغير خواصها الطبيعية والميكانيكية، وبالتالي زيادة انضغاطيتها وانخفاض في مقاومتها للقص.

إن قيمة الهبوط الناجم من اختلال بنية التربة يعتمد على العوامل الآتية:

أ- طريقة أعمال الحفر للأساسات.

ب- طبيعة تصريف المياه.

ج- فترة العمل منذ البدء في أعمال الحفر للأساس إلى إعادة وضع التربة حول الأساس.

د- نوعية الإجراءات المتخذة للحفاظ على البنية الطبيعية للتربة.

إن تأثير المياه الجوفية والغازات يؤدي إلى اختلال بنية التربة كما بالشكل (34)، وذلك نتيجة للأسباب التالية:

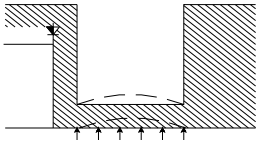
أ- الضغط الهيدروستاتيكي.

ب- الضغط الهيدرودينامكي.

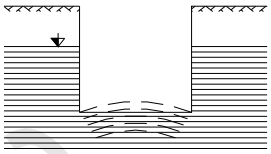
ج- التهدم الميكانيكي والكيميائي.

د- تمدد وخروج الغازات المذابة.

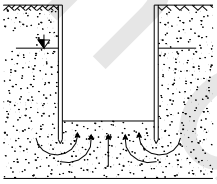
obeikandl.com



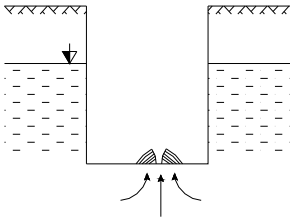
أ- تشوه طبقة التربة بتأثير ضغط المياه



ب- تشوه الطين الرقائقي بتأثير ضغط المياه



ج- اختلال بنية التربة بتأثير ضغط المياه



د- التهدم الميكانيكي للتربة بفعل الماء

الشكل (34) تهدم بنية التربة بتأثير المياه الجوفية

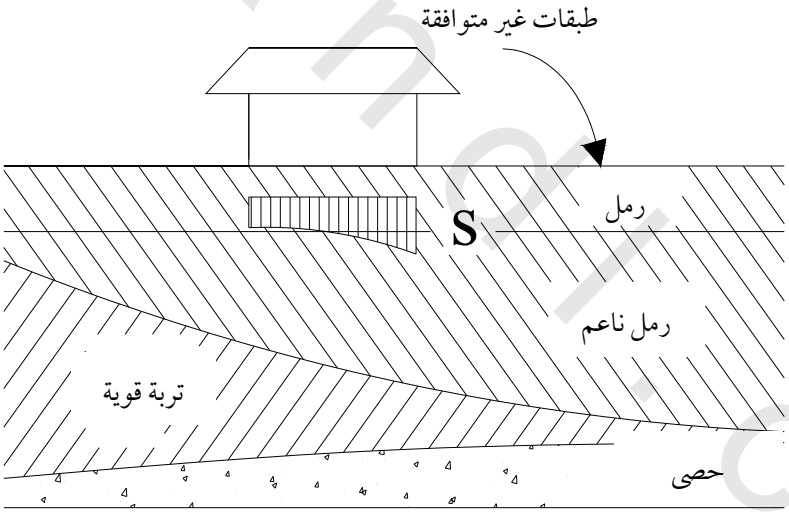
obeikandl.com

4-6 **الهبـوط المدمـر المسـبب للانهيـار** Causes of Damaging Settlement

هناك العديد من حالات الهبوط التي تتسبب في حدوث الانهيار المدمر للمنشآت، والتي تتمثل في الأتي:

1-4-6 **طبقـات التـربة غـير المتـوافقة** Non-Uniform Soil Layers

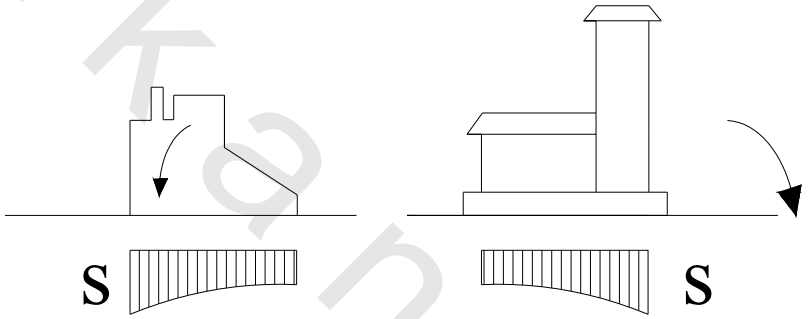
كما هو مبين بالشكل (35) نلاحظ التباين الواضح في طبقات التربة لموقع التأسيس من حيث اختلاف نوعية التربة لكل طبقة وتغير سمكها قي الموقع، وبالتالي نلاحظ التفاوت الكبير في قيم الهبوط بالمنشأ، والذي قد يؤدي للانهيار.



الشكل (35) طبقات التربة غير المتوافقة

2-4-6 الأحمـال غـير المتـوافقة Non-Uniform Loads

في هذه الحالة يحدث تفاوت واضح في قيم الهبوط بأجزاء المبنى نتيجة لاختلاف الأوزان المسلطة عليه، وهذا عادةً ما يحدث في المباني التي تشتمل على ارتفاعات مختلفة، وبالتالي اختلاف في الأحمال كما بالشكل (36).



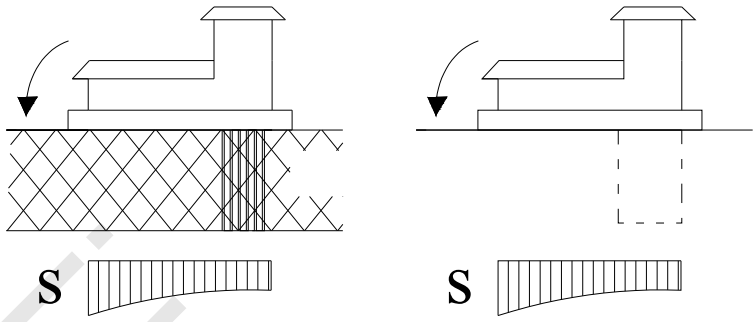
الشكل (36) الأحمال غير المتوافقة

3-4-6 اختلاف طـرق التأسـيس تحـت نفـس المبـنى

Different foundation methods under the same building

في بعض الأحيان تختلف قيم الأحمال المسلطة على المبنى من جزء لأخر، إلى جانب الاختلاف في نوعية التربة والتفاوت في سمك طبقاتها من مكان لآخر بموقع التأسيس، الأمر الذي يُجبر المصممين على استخدام طرق تأسيس مختلفة، لتشتمل بعض أجزاء المبني على أساسات سطحية في حين تشتمل الأجزاء الأخرى على أساسات عميقة كما بالشكل (37)، وهذا يقود إلى اختلاف متباين في قيم الهبوط، والذي قد يؤدي للانهيار.

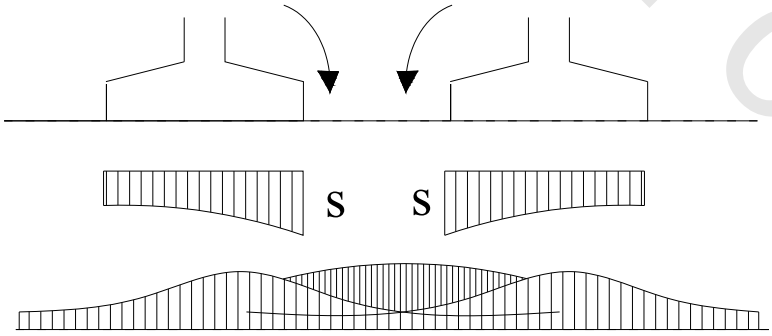
obeikandl.com



الشكل (37) اختلاف طرق التأسيس تحث نفس المبنى

4-4-6 **الإجهاد المتداخل من الأساسات** Stress Superposition

المنشآت التي تشتمل على أساسات قريبة من بعضها البعض، وخاصة المباني ذات الأحمال الكبيرة، عادةً ما يحدث الإجهاد المتداخل بالتربة الواقعة بين هذه الأساسات بسبب الأحمال المسلطة عليها من المنشأ عبر الأعمدة كما بالشكل (38)، ويصل هذا التداخل إلى أعماق مختلفة حسب قيمة الأحمال المسلطة على هذه الأساسات، والذي يتسبب في تكون مناطق ضعف غالباً ما تؤدي للانهيار.



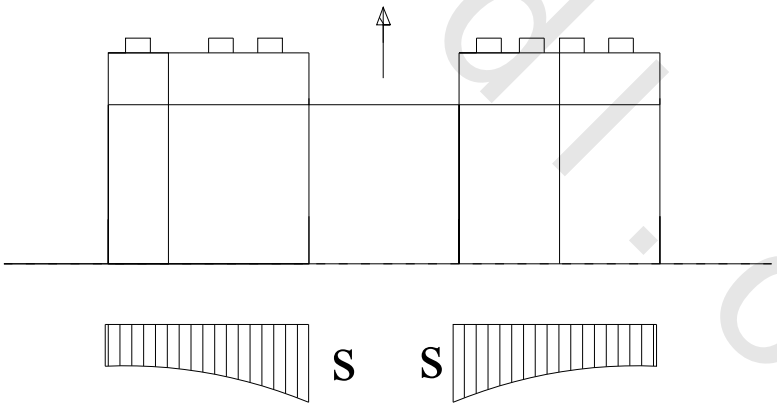
الشكل (38) الإجهاد المتداخل من الأساسات

obeikandi.com

5-4-6 الإجهاد النـاجم عن المبـاني السـابقة

Upsetting the equilibrium state of existing building

في حالة تنفيذ مباني حديثة بجوار مباني قائمة فإنه يحدث تأثير متبادل بين أساسات المبنيين، وحيث أن التربة الواقعة أسفل الأساس القديم مُجهدة مُسبقاً، وعند إنشاء المبنى الجديد تتحرك حبيبات التربة من أسفل الأساسات المُجاورة لهذا المبنى إلى الخارج، لتتسبب في انضغاط التربة قي المنطقة الواقعة بين المبنيين، وبالتالي يتضاعف الإجهاد لأعماق متفاوتة طبقاً لقيم الأحمال المسلطة على الأساسـات المتجاورة للمبنيين واعتـماداً على نوع وحـالة التـربة، وبالتالي تكون قيم الهبوط لأساسات المبنيين من الناحية المجاورة أكبر من قيم هبوط بقية الأساسات كما بالشكل (39)، الأمر الذي يتسبب في تشوه المبنيين وبالتالي قد يؤدي للانهيار.

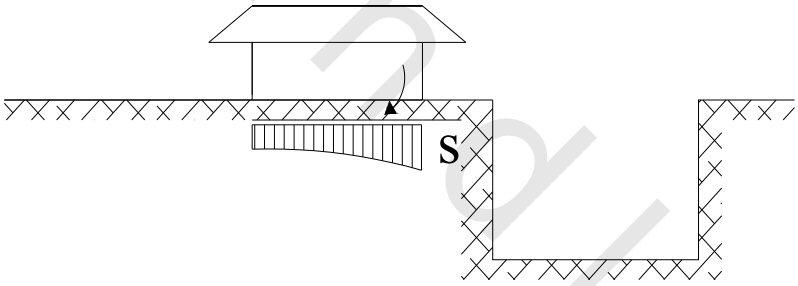


الشكل (39) الإجهاد الناجم عن المباني السابقة

obeikandl.com

6-4-6 الحفر العميق المجاور للأساسات Deep Excavation Near Foundations

قي حالات كثيرة يتم تنفيذ أعمال الحفر العميق بجوار الأساسات، ويكون ذلك إما لتنفيذ الأساسات لمنشأ جديد مجاور لمبنى قديم أو لتنفيذ مواسير المياه والصرف الصحي أو خطوط الغاز والكهرباء والبريد، وكذلك في حالة تنفيذ الأنفاق والخنادق، الشكل (40) يوضح قيمة الهبوط للأساسات المجاورة للحفر العميق أكبر منها للأساسات الأحرى، وهذا مرده إلى أن حبيبات التربة تتحرك من أسفل الأساسات إلى الخارج في اتجاه الحفر العميق الذي يتسبب في تضعيف التربة.



الشكل (40) الحفر العميق المجاور للأساسات