الأوتاد(Piles)

هي عناصر إنشائية نحيلة من الخشب، أو الخرسانة، أو الفولاذ، يدق أوي يدفع أو يدفن داخل الأرض بغرض دعم حمل فوقه أو بجانبه.

متى يلجأ المصمم للأوتاد:

يتم اللجوء الى الاوتاد الخرسانية في حال أدرك المصمم ان طبقات التربة المراد تأسيس المشروع عليها لن تستطيع تحمل الأحمال التصميمية المنقولة لها من المبنى وذلك إما لضعف هذه الطبقات أو لارتفاع منسوب المياه أو قربها من البحر ... أو لعظم تلك الأحمال .

وبالتالي تعتمد الأوتاد لنقل هذه الأحمال عبر أساسات المشروع والتي تسمى في مثل هذه الحالة هامات الاوتاد (Pile Cap)أو ان تكون Raft foundation لكامل الاوتاد.

بإتباع إحدى الطريقتين التاليتين:-

١. End-bearingأي الوصول بالوتد الى الطبقة الصخرية العميقة اسفل طبقات التربة ليتم التحميل عليها.
٢. Friction Pileوهي طريقة التحميل عن طريق احتكاك الوتد بطبقة التربة المحيطة به.
٣. وفي بعض الأحيان يتم اعتماد الطريقتين معا

مبادئ عامة لتصميم الأوتاد:

١) أن يكون الحمل الواقع على الوتد واقعا في المحور تماماً، كم أن الحمل الواقع على مجموعة من الأوتاد واقعاً في مركز ثقل مجموعة الأوتاد.
٢) يجب العمل على حماية الأوتاد من التآكل بفعل عدوانية التربة أو المياه الجوفية.
٣) يجب ألا تقل مسافة بين محاور أوتاد الإحتكاك عن ثلاث مرات من قطر الوتد.
٤) لا تقل المسافة بين محاور أوتاد الإحتكاك عن ثلاث مرات من قطر الوتد.
٥) يجب أن يمتد حديد تسليح الأوتاد إلى ٦٠ مرة قطر الإسياخ
٦) يجب ألا يقل نسبة حديد التسليح عن:
   أ. ١.٢٥% إذا لم يتعدى طول الوتد عن ٣٠ مرة قطر الوتد.
   ب. ١.٥% إذا كان طول الوتد من ٣٠ – ٤٠ مرة قطر الوتد.
   ت. ٢% إذا زاد طول الوتد عن ٤٠ مرة قطر الوتد.
٧) يجب زيادة عدد الكانات عند كل من رأس وكعب كل وتد ولمسافة لا تقل عن ٣ مرات من قطر الوتد.
٨) يجب أن لا يقل الغطاء الخرساني عن ٤ سم في الأحوال العادية، و ٧ سم في حالة تعرض الأوتاد لمياه ملحية.
٩) يزاد طول الوتد ٨٠ سم أو ٥٠ مرة قطر أسياخ التسليح الطولي أيهما أكبر، لتعويض الجزء العلوي المهشم من الوتد.
١٠) غير مسموحاً بانحراف الوتد عن ٢%، ويجب قياس الميل أثناء التنفيذ. في حالة زيادة الميل عن هذه القيمة، يزال الوتد ويعمل بديلاً عنه.
١١) لا يزيد الترحيل المسموح به لرأس الوتد عن ٥٠ ملم. إذا زاد الترحيل عن هذه القيمة، يراجع التصميم طبقاً للترحيل الفعلي للوتد.
١٢) يجب رصد مناسيب نهايات الأوتاد التي تم دقها، حيث يمكن أن يرتفع الوتد أثناء دق وتد مجازو آخر. في حالة حدوث ذلك، يجب إعادة الدق مرة أخرى والوصول إلى العمق المناسب.
١٣) إذا اقتضى الأمر عمل وصلة للوتد سابق الصب، يجب أن تكسر رأس الوتد المعرض للدق بطول لا يقل عن ١ متر. يتم وصل حديد التسليح الجديد بواسطة اللحام.

تقسم أنواع الأوتاد كما يلي:

١. أوتاد بالإختراق (بالدق – بالضغط – بالبرم)، وهي:
   أ. أوتاد من الخشب – طول واحد أو بوصلات.
   ب. أوتاد من الحديد – طول واحد أو بوصلات: يستعمل قطاع مدرفل من الصلب أو ماسورة من الصلب مقفلة من أسفل أو قطاع حديدي صندوقي مقفل من أسفل أو بريمة (مروحية)
   ت. أوتاد من الخرسانة: وتنقسم إلى أوتاد سابقة الصب (أوتاد خرسانية مسلحة أو سابقة الإجهاد) – مصمتة أو مفرغة - أو أوتاد مصبوبة في مكانها (بماسورة صلب دائمة أو ماسورة مؤقتة).
٢. أوتاد منفذة بالتثقيب (التفريغ) وتشمل:
   أ. أوتاد بالحفر المسبق.
   ب. أوتاد بالحفر البريمي المستمر.

خوايق بالإختراق (بالدق – بالضغط - بالبرم):

أولاً: الأوتاد الخشب:

يندر إستخدام هذا النوع من الخوزايق في المناطق الشرق أوسطية. يستخدم في أعمال الدمسات أو كدعامات لحماية المنشآت المائية. يصنع الوتد بقطاع مربع أو مستدير وينتهي بكعب من الحديد المدبب لتسهيل الأختراق.

يجب أن يكون جسم الوتد خاليا من العيوب والتي يمكن أن تؤثر على قوة تحمله. يجب معالجة جسم الوتد لمقاومة هجوم القوارض أو الحشرات أو الحريق حتى يزيد عمره الافتراضي. وفي حالة صعوبة الدق في طبقات الأرض، يتم عمل حفر مسبق لتسهيل عملية الدق. لا يجوز استعمال هذا النوع من الأوتاد تحت منشآت تنبعث منها الحرارة الشديدة مثل الأفران، حيث أن عمر الأوتاد الخشبية يتأثر بقوة تحت منشآت تنبعث منها الحرارة مثل الأفران، حيث أن عمر الوتد يتأثر بشدة مع الحرارة.

يشترط لتنفيذ الأوتاد الخشبية ما يلي:

- أن يتراوح أبعاد قطاعاتها من ١٥٠ ملم – ٥٠ ملم (قطر الدائرة أو طول ضلع المربع)، وقد يصل طوله إلى ٢٠ متر. يكون القطاع منتظماً أو مسلوباً على ألا يقل القطر من أسفل عن ١٥٠ ملم
- ان يكون الخشب من أجود أنواع الخشب مثل الخشب العزيزي
- يجب الا تتعدى الاجهادات على مقطع الوتد الناتجة عن الدق أو التحميل عما يلي:
  - الخشب العزيزي Pitch Pine أو ما يماثله ٤٠ كغم/سم^{٢}
  - خشب البلوط Oak أو ما يماثله ٥٤ كعم/سم٢

  تورد الأوتاد بالأطوال المحددة + ٥٠٠ ملم على الأقل.

- يمكن وصل الوتد بوصلة أخرى على أن تعمل الوصلة من قطاعات معدنية أو خشبية بحيث يمكها تحمل الإجتهادات التي تتعرض لها بأمان. ولحماية الأوتاد الخشبية من التحلل (حالة وجود مياه رشح أرضية) تعمل طاقية من الخرسانة Pile Cap بحيث يكون كامل جسم الوتد مغموراً دائماً أسفل أوطأ منسوب للمياه الأرضية

المشاكل التي تتعرض لها الأوتاد الخشبية أثناء التنفيذ:
لتلافي حدوث تلفيات بطرق الوتد، يجب عدم الدق في الأرض التي يحتمل وجود عوائق بها أو التي تسبب مقاومة شديدة أثناء الدق، لذلك يتم تزويد الوتد الخشبي بكعب حديد لحمايته.

يجب أيضا ملاحظة نزول الوتد أثناء الدق. فعند انتخفاض مقاومة الأرض وسرعة نزول الوتد، يكون ذلك مؤشراً لحدوث كسر في جسم الوتد ويجب سحبه أو دق وتد آخر بدلاً منه.

وعند زيادة المقاومة فجأة، فإنه يجب وقف الدق فوراً حيث أن شدة الدق يمكن أن تؤدي إلى كسر في بدن الوتد.

وكمثال استرشادي، فإن مقاومة الأرض التي تعادل ٢٥ ملم إختراق/ ٥ دقات باستعمال شاكوش طاقته ٠.٢٥كغم. سم تعتبر الحد الذي عنده يتوقف الدق لوتد مقطعه ٣٠٠ ملم x ٣٠٠ ملم.

ثانياً: الأوتاد من الحديد:

- أوتاد على شكل حرف H أو بقطاعات مدرفله أو ستائر معدنية.
- قطاع ماسورة مستدير. (مفتوح أو مسدود من النهاية السفلى)، يمكن أن يصل قطر الوتد إلى ٣ متر وبسمك الجدار = ٧٥ ملم.
- الأوتاد البريمية، وتكون الأوتاد مزودة بخلزون من أسفله لزيادة مساحة التحميل واتسهيل تنفيذ الوتد.

المشاكل التي تتعرض لها الأوتاد الحديدية

الأوتاد الحديدية على شكل قطاع H، تكون قابلة للثني، ولذلك فإن الأوتاد الطويلة منها، يجب سندها على مسافات على قائم الماكينة لمنعها من الانبعاج أثناء الدق،

أيضاً، تواجه هذه الخازيق الانحراث أثناء الدق عند اصطدامها يطبقات صخرية مائلة، لذلك يمكن الاحتياط بزيادة وتقوية قطاع الوتد أو عمل حفر مسبق لتقليل هذا الانحراف.

ملاحظات:

١. نظراً لما تتعرض له الأوتاد الحديدية نتيجة فعل المياه أو التربة، فإنه ينصح بحمايته بدهان واق مع زيادة سمك الحديد اتعويض الفقد فيه.
٢. إذا تعرضت الأوتاد الحديدية إلى فعل التيارات الكهربائية، والتي يمكن أن تحدث تآكلاً مستمراً لجسم الوتد، فينصح بعمل حماية كاثودية لتلاشي اي تيارات مهاجمة لمعدن الوتد
٣. يمكن وصل الوتد المعدني بنفس القطاع، على أن تصمم الوصلة بحيث تتحمل إجهادات الدق والرفع والأحمال المستقبلية.
٤. في حالة إنشاء أوتاد خرسانية مزودة بعطاعات حديدية، تكو جودة الخراسنة بحيث لا يقل نسبة الإسمنت فيها عن ٣٥٠ كجم/م^{٣}

ثالثاً: الأوتاد الخرسانية:

تنقسم الأوتاد الخرسانية إلى:

١. الأوتاد سابقة الصب.
٢. الأوتاد المصبوبة في مكانها.

يجب الاعتناء بجودة الخرسانة وتكثيفها خاصة في حالة وجود مياه أرضية محتويه على ثالث أكسيد او الكلوريدات. كما ينصح بوجوب باستخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات. ينصح أيضاً بدهان الوتد من الوتد من الخارج بدهانات مقاومة أو باستعمال غلاف حول جسم الوتد.

الأوتاد الخرسانية سابقة الصب Pre cast Piles :

يستخدم هذا النوع عادة داخل المجاري المائية لإرتكازات الكباري، ويمكن أن ينتج من خرسانة سابقة الإجهادات. تحدد أطوال الوتد بواسطة تجربة الدق، كما يحدد حمل التشغيل بواسطة تجربة التحميل.

يتم تجهيز وصناعة الأوتاد سابقة الصب في الورشة بحيث تكون على أرضية خرسانية عادية مستوية وتكون شدات النجارة جيدة مع ملء الفراغات بين الألواح بالمعجون ودهان الشدة من الداخل بالدهانات المقاومة للإلتصاق. تعمل سدايب على شكل مثلث (٢.٥ سم x ٢.٥ سم) في أركان الوتد(متاليت) للمحافظة على حواف الوتد. ويمكن استخدام ألواح معدنية لعمل هذه الشدات. يوضع حديد التسليح المقرر ويفضل الرباط باللحام لزيادة المتانة، كما توضع رأس حديدية مدببة في نهاية الوتد تلحم في أسياخ التسليح. يتم خلط الخرسانة ميكانيكياً والصب داخل الفرم مع العناية بالدمك بالهزازات. يراعى صب الوتد مرة واحدة، كما يراعى استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات في حالة وجود مياه أرضية محتوية على ثالث أوكسيد الكبريت بنسبة اكبر من ٣٠٠ ملجم/ لتر. يتم ترطيب الخرسانة بعد الشك بواسطة خيش مبلل يغطي أسطح الأوتاد باستمرار لتلاشي الشروخ الشعرية، الشروخ بعرض ١٥، فأقل بتعتبر مقبولة. لا يسمح بدق الوتد إلا بعد ٢٨ يوم من الصب (حالة استخدام الإسمنت العادي) أو بع أسبوع (حالة استخدام الإسمنت سريع التصلب) كما يوصى بعدم تعرض الوتد إلى الصدم أو أي إجهادات خارجية أثناء النقل من الورشة إلى موقع العمل.

الأوتاد سابقة الصب المسلحة تسليحاً نمطياً:
تكون هذه الأوتاد مسلحة تسليحاً نمطياً آخذاً في الاعتبار اجهادات الدق و النقل. يتم صب هذه الأوتاد بقطا مربع أو دائري بالطول المطلوب، ويمكن أن تزود بمواسير مدفونة لدفع المياه لتسهيل اختراق الوتد.

الأوتاد الخراسانية سابقة الصب سابقة الإجهاد:
يتم تسليح هذا النوع من الأوتاد باسلاك مشدودة خاصة من الصلب فائقة القوة، يكون شد هذه الأسلاك قبل أو بعد الصب. يؤدي شد هذه الأسلاك داخل الوتد إلى زياجة قوة الخرسانة وتلاشي الشروخ الشعرية. يعتبر من النوعيات الممتازة.

يجب ان يصمم الوتد بحيث يقاوم الإجهادات الناشئة عن المناولة والدق والتحميل والانبعاج، يفضل عمل مشاطيف في الأركان حتى لا تتهشم أثناء الرفع أو النقل:

تصنع هذه الأوتاد على نوعين:

- أوتاد سابقة الإجهاد بطريقة الشد المسبق Pre-tensioned
- أوتاد سابقة الإجهاد بطريقة الشد اللاحق Post-tensioned

الأوتاد سابقة الإجهاد بطريقة الشد المسبق:
هذا النوع أكثر شيوعاً، يتم وضع الأسلاك الصلب مكانها ثم شدها قبل صب الخرسانة بروافع هيدروليكية خاصة. تصنع القوالب قوية لضمان بقاء قوة الشد واستقامة الوتد. بعد نهو الصب، تستمر عملية المعالجة والانتظار مع استمرار شد الأسلاك حتى اكتمال قوة الخرسانة. ترفع معدات شد الكابلات، فتنشأ قوة كبيرة داخل الوتد نتيجة شد الأسلاك وعدم امكانها العودة إلى طولها الأصلي لوجود تماسك بين الخرسانة وهذه الكابلات.

الخوزيق سابقة الإجهاد بطريقة الشد اللاحق:
تصنع فرم الأوتاد ويتم عمل التسليح اللازم لها. توضع مواسيرداخل قطاع الوتد لوضع كابلات الشد بها. يتم صب الوتد بخرسانة عالية الجودة ويعالج حتى وصول الخرسانة إلى أقصى قوة. يتم شد الأسلاك الصلب بقوة معينة ويثبت طرفي الأسلاك عند نهايتي الوتد لمنعها من الرطوع لطولها الأصلي. يتم حقن لباني الأسمنت داخل المواسير. تتولد قوة ضغط عالية داخل قطاع الوتد.

طريقة التنفيذ:
١. تعمل شدة قوية في مكان دق الأوتاد، يكون ارتفاع هذه الشدة حوالي نصف ارتفاع الوتد في حالة استخدام الروافع ذات الدليل الرأسي حيث يتم ضبط الوتد.
٢. تحدد محاور الأوتاد وتعمل حطات قوية على جوانب مجموعة الأوتاد وتقوي تماما.
٣. يرفع الوتد بواسطة الرافع ويوضع بهدوء داخل الشدة في مكانه داخل الحطه الخاصة به.
٤. يبدأ دق الخاوق بواسطة شواكيش الديزل أو الهزازات, يراعى اختيار الشاكوش بحيث يكون وزنه= ٢/١ وزن الوتد حتى يكون الدق فعالاً.

المشاكل التي تتعرض لها الأوتاد الخرسانية سابقة الصب:
تتعرض الخازيق السابقة الصب إلى المشاكل الآتية:

١. التهشم الجزئي.
٢. التشققات.
٣. الكسر.
٤. دمك التربة حول جسم الوتد.

أولاً: التهشم الجزئي:
يحدث التهشم الجزئي أما عند نهاية الوتد أو عند الرأس أو عند زوايا الجسم. ومن العوامل المؤدية لذلك ما يلي:

- شدة مقاومة الأرض.
- ضعف وسادة الدق.
- عدم تمركز الشاكوش مع الوتد أثناء الدق.
- عدم الدقة أثناء تصنيع الوتد: كأن يكون السطح الأفقي لرأس الوتد عير متعامد مع المحور الرأسي. أيضاً في حالة عدم كفاية كانات حديد التسليح عند رأس ونهاية الوتد . أيضاً عدم العناية بجودة الخرسانة.

- عدم شطف الزوايا أو وضع المتاليت (قطعة خشب قطاعها مثلث بطول العمود)، في حالة الخازيق المربعة.

ثانياً: التشققات:
تحدث التشققات على طول جسم الوتد بسبب الإجهادات الناتجة عن الضغط أو الشد أو اللي الناتج عن شد معوزة الأرض. أيضاً حدوث انحناء في جسم الوتد، وعندم تزيد هذه الاجتهادات فإنها تؤدي إلى كسر الوتد.

ولمنع حدوث التهشم الجزئي في نهاسة الوتد، يجب تفادي شدة الدق خصوصاً عند وجود عوائق. أيضاً يجب العناية في اختيار وسادة الدق والتأكد من تمركز الشاكوش. أيضاً، لتقليل قوى اللي، ينصح باستعمال وسادة دق (طربوش) بحيث يسمح بالدوران البسيط. يجب أيضاً الاهتمام بتنفيذ وصلات الخاوق لتكون على استقامة واحدة لتفادي الانبعاج أو الإنحناء أثناء الدق.

ثالثاً: الكسر:
يجب تجنب شدة الدق التي يمكن ان تؤدي اجهادات عنيفة لجسم الوتد قد يؤدي إلى كسره.

رابعاً: دمك التربة حول الوتد:
تحدث هذه الظاهرة عند دق الوتد في أرض رميلة. فبتواصل الدق، يحدث دمكا للرمال في المنطقة حول جسم الوتد. وقد يحدث لمجموعة من الأوتاد إلا تنفذ بنفس الأطوال وتكون نهاياتها على أعماق مختلفة. لا يوجد ضرر من حدوث ذلك حتى لو كان الفارق في الطول = ٢ متر.

أنواع أوتاد الاختراق المصبوبة في مكانها وطرق تنفيذها:

١. أوتاد سمبلكس:

وهي عبارة عن ماسورة حديدية، يتراوح قطرها بين ١٢" – ١٨"، وحمولة ٤٠ – ٥٠ طن، في نهاياتها رأس مخروط متصل بها عن طريق مفصله. يتم دق الوتد إلى المنسوب التصميمي، ثم نجري عملية صب الخرسانة داخل الماسورة باستخدام المرزاب، مع قيام الشاكوش بدق الخرسانة ليدفعها إلى الخارج لتكون انتفاخ خرساني أسفل وخارج الوتد، الأمر الذي يعطي قوة تحمل أكبر للوتد.

٢. أوتاد فرانكي:

وهي عبارة عن ماسورة حديدية بقطر ١٦"-٢٠". يمكن للخوازيق الخفيفة منها حمل ٤٠ – ٥٠ طن، بينما تستطيع الأوتاد الثقيلة منها حمل ٧٠ – ٨٠ طن. أقصى طول ٩ – ١٢ متر. توجد في نهايتها سدادة خاصة قوية من الخرسانة. يتم دق ماسورة الخازوق بواسطة مندالة داخلية (Monkey)، تطرق هذه السدادة الخراسانية لتدفع الماسورة داخل التربة. بعد وصول الوتد إلى المنسوب التصميمي، نبدأ في صب الخرسانة داخل الماسورة مع قيام المندالة بدق الخرسانة الخضراء داخلها لتكون انتفاخ خرساني خارجي يعطي قوة تحمل أكبر للوتد بينما يتم سحب الماسورة عند ارتداد المندالة.

٣. أوتاد أيجيكو – مونوبلكس

وهي عبارة عن دق ماسورة قطرها ١٦" من الصلب في نهاياتها رأس مخروطي من الحديد الزهر لتسهيل اختراق الوتد لطبقات التربة. يمكن لهذا الوتد حمل ٤٠ – ٥٠ طن . بعد الوصول إلى المنسوب التصميمي، نبدأ بصب الخرسانة داخل الوتد مع سحب الماسورة الصلب إلى الخارج وكذلك ترك الرأس المخروطي المدبب من عيوب هذا النوع أنه عند سحب الماسورة إلى الخارج، فإنه قد يحدث شروخ افقية أو انفصال أو تقليل من قطاع الوتد الأمر الذي ينقص من كفاءة الوتد.

٤. أوتاد أيجيكو – دوبلكس

تنفذ خطوات تنفيذ الوتد السابق، وبعد سحب الماسورة الصلب إلى الخارج وقبل شك الخرسانة، يتم دق وتد آخر داخل الوتد الأول عن طريق دق ماسورة داخلية ذات نهاية مخروطية من الزهر. يمكن بهذه الطريقة إصلاح أي عيوب في البدن الخرساني حدثت في الوتد الخرساني. حمل التشغيل لهذا الوتد يساوي ٦٠ – ٧٠ طن.

٥. أوتاد فيبرو

ينفذ هذا النوع بدق ماسورة من الصلب قطرها ٤٠ – ٥٠ سم، في نهاياتها راس مخروطي مدبب من الزهر. يمكن دق هذا الوتد حتى عمق ٤٠ متر. عند الوصول إلى المنسوب التصميمي، يتم صب جزء من الخرسانة داخل الوتد ثم تسحب الماسورة إلى أعلى لمسافة صغيرة يتم بعد ذلك معاودة الدق مرة أخرى عدة دقات، الامر الذي ينتج عنه اتساع في نهاية

الوتد من أسفل. يمكن وضع سليح للجزء العلوي للوتد للربط مع القاعدة العليا (Cap). يستطيع هذا الوتد حمل ٤٠ – ٦٠ طن حمل تشغيل.

٦. أوتاد رايموند

ينفذ هذا الوتد بدق ماسورة سلوبة من الصلب مغلفة من الخارج بغطاء رقيق من الصلب بسمك ١ ملم. يعتبر هذا النوع ذو تكلفة عالية ويلزم أشخاص على قدر كبير من الخبرة لتنفيذه. يفيد هذا النوع في حالة وجود مياه أرضية شديدة العدوانية. عند الوصول إلى المنسوب التصميمي، يتم إخراج الماسورة الصلب الداخلية وصب الخرسانة داخل الغطاء الخارجي. يفيد هذا النوع في حماية خرسانة الوتد من اختلاطها بالطين أو غسل اسمنت الخالطة الخراسانية بفعل المياه الأرضية

٧. أوتاد ستراوس

ينفذ هذا النوع من الأوتاد بقطر ٣٠ – ٤٠ سم، وبأطوال حتى ١٥ متر (يدويا) أو بقطر ٥٠ سم وبأعماق تصل إلى ٢٠ متر (ميكانيكيا). يتم حفر الوتد بواسطة البرينة بالقطر المطلوب مع انزال ماسورة صلب خارجة. يجب الحرص على عدم فوران التربة حيث يجب أن يكون منسوب المياه داخل الأوتاد مساوي للمياه خارجه. يمكن لهذا الوتد حمل ١٠ – ٤٥ طن. هناك طريقتان للتنفيذ:

الطريقة اليدوية

يتم تغويص الماسورة بالقطر المطلوب حتى منسوب التأسيس. تستخدم البرينة أو البلف في إخراج الاتربة من داخل الماسورة حتى نصل إلى المنسوب التصميمي، تملئ الماسورة بالخرسانة الخضراء مع الدق على الخرسانة أثناء سحب الماسورة نستمر في العمل حتى امتلاء الماسورة عند أول منسوب التقفصة الحديد على عمق حوالي ٦ امتار. ستكمل الصب حتى نهاية الوتد مع الاحتفاظ بمنسوب التقفيصة الحديد.

الطريقة الميكانيكية

يتم انزال وتغويص الماسورة باستخدام المعدات الميكانيكية حتى الوصول إلى المنسوب التصميمي. يتم انزال الخرسانة الخضراء داخل الوتد من خلال مزراب من الصلد تكون نهايته السفلية مدفونة داخل الخرسانة خوفا من حدوث انفصال جيبي أو غسل الاسمنت من الخلطة الخرسانية. يضاف قفص من حديد التسليح بعدد ٥ أسياخ قطر ١٦ ملم مع كانات مستديرة قطر ١٠ ملم في الجزء العلوي للوتد بطول لا يقل عن ٦ أمتار.

٨. أوتاد كمبريسول

تنفذ هذه الأوتاد بعمل ثقب مستدير في طبقات التربة بقطر حوالي ١ متر مع وضع ماسورة حديدة لصلب جوانب الحفر تكون مفتوحة من الطرفين تستعمل كتلة معدنية مخروطية مدببة تزن ٢ طن معلقه على رافع قرها حوالي ٨٠ سم تسقط حره داخل الماسوره عدة سقطات متتاليه مخترقه للتربه حتى نصل الى منسوب طبقه التأسيس

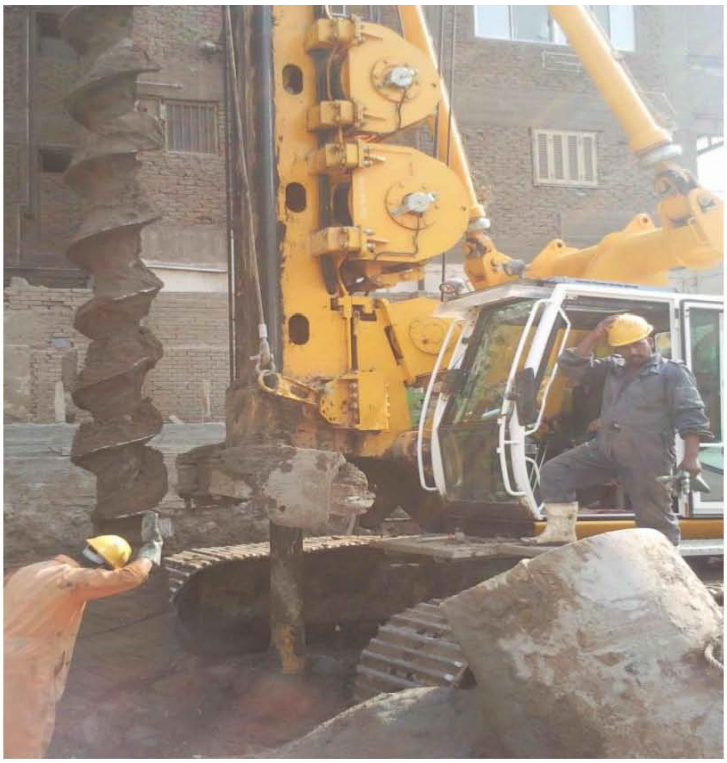
٩. أوتاد برستكور

يصلح هذا الوتد للعمل في الأماكن الضيقة التي لا تتسع لوجود آلاتكبيرة. قطر الماسورة ٣٠ – ٦٠ سم، وتحمل الوتد من ٤٠ – ١٥٠ طن

مراحل تنفيذ الخازوق بطريقة C.F.A

توقيع إحداثي الخازوق بإستخدام جهاز الـ (total station)

تحديد مركز الخازوق بواسطة سيخ حديد



ضبط الماكينة على مركز الخازوق

عملية حفر الخازوق

دخول عربة الخرسانة على المضخة

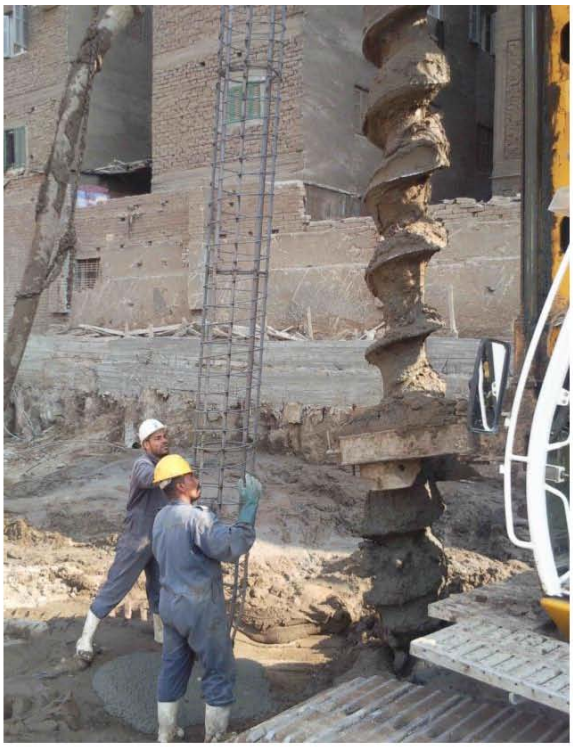
عملية ضخ الخرسانة إلى الخازوق بواسطة المضخة

عملية سحب البريمة أثناء ضخ الخرسانة

إحضار التقفيصة الحديد بواسطة اللودر

تجهيز التقفيصة الحديد لإنزالها بالخازوق

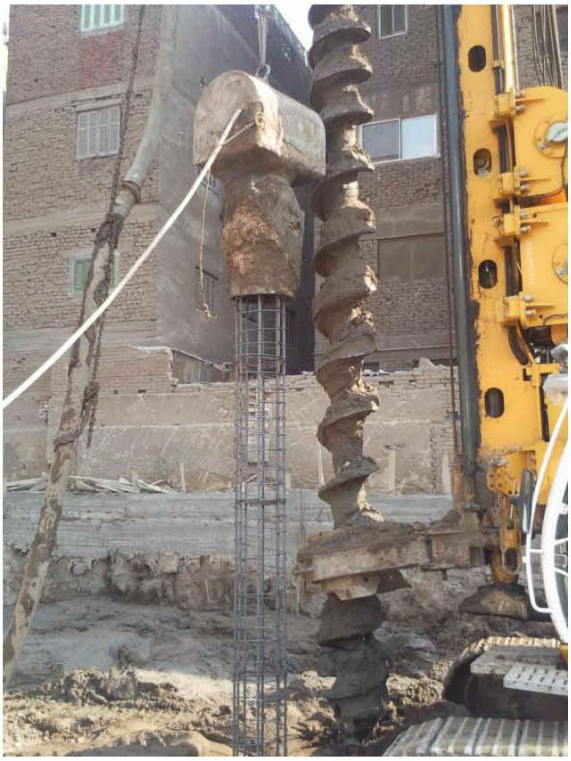
إزالة ناتج الحفر أعلى الخازوق بواسطة اللودر ليتم إنزال التقفيصة



بدء إنزال التقفيصة الحديد بالخازوق

أثناء إنزال التقفيصة الحديد

الهزاز المستخدم لإنزال التقفيصة الحديد



عملية إنزال التقفيصة بواسطة الهزاز

إتمام إنزال التقفيصة بكامل الطول بواسطة الهزاز

وإنتهاء مراحل تنفيذ الخازوق C.F.A

المراجع:

- هندسة التشييد للإنشاءات العامة والمباني للمهندس الاستشاري محمود حسين المصليحي نشر دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة.
- الموسوعة الهندسية لعبد اللطيف البقري
- مقالات وصور عبر الشبكة العنكبوتية.