الدكتور : طلال عواد المحاضرة الأولى و الثانية

" الأساسات الوتدية "

Notes:

- إذا كانت مواصفات تربة التأسيس سيئة وتم إستبدالها بوسادة بحصية فإن جزء كبير من الإجهادات التى ينقلها الأساس تمتص من قبل الوسادة ويصل جزء صغير من الإجهادات للتربة الضعيفة في حين أننا لو استبدلنا التربة بكتلة بيتونية بدل الوسادة البحصية فإن هذه الكتلة لا تمتص أي إجهادات بل تقوم بنقلها من نعل الأساس إلى نعل الكتلة .

- إذا أسسنا بأساسات متقاربة على تربة قابلة للهبوط فسيحدث تراكب إجهادات وبالتالي **هبوط إضافي** وتشكل عزم إضافي عند رقبة الأساس "منطقة إلتقاء العمود بالأساس" وبالتالي **ميل الأساس** ،

في حين أننا إذا أسسنا بأساسات متقاربة على تربة صخرية أو غير قابلة للهبوط فلن تتراكب الإجهادات لذلك في هذه الحالة ننفذ أساسات منفردة "تسليح سفلي وسماكة قليلة نسبياً" حتى ولو كانت متقاربة جداً فنكتفي بوضع طبقات ستريوبورد "لكي لا يتشقق البيتون" لأن إستبدال الأساسات المنفردة بحصيرية مكلف وغير مبرر "سماكات كبيرة بسبب العزم الكبير و تسليحين سفلي وعلوي" .

- قرب الأسات من بعضها يدفعنا لإختيار أساس مشترك فحصيرة جزئية فعامة علماً أن أغلب الأحيان الهبوط هو الذي يحكم على الشكل المعتمد .

- يحدث الإنهيار في التربة عند تشكل سطوح إنزلاق أكبر من مقاومة القص مما يؤدي لحركة كبيرة في التربة حيث تنهار بنيتها ، فالإنهيار يتعلق بقدرة تحمل التربة والتي تتعلق بمقاومتها على القص والتي تحسب بدورها من (C و φ) .

- عند التأسيس على ترب قابلة للإنضغاط نسعى لعدم حصول هبوط غير مسموح لأنه سيخرب التمديدات فتتسرب المياه فتغير مواصفات التربة فيحصل هبوط أكبر فتقل مقاومة التربة وقدرتها وقد نصل للإنهيار .

✓ **تقسم الأساسات إلى :**

A. سطحية :

- يكون تأسيس المبنى على أعماق قريبة من سطح الأرض ويتم نقل كامل الحمولة عبر سطح الإستناد "النعل"
- وتقسم السطحية بدورها إلى :
حصيرة عامة ، حصيرة جزئية ، مستمرة ومنفردة بأشكالها :
" ثابت السماكة – متغير السماكة – المدرج "

B. عميقة :

يتم إختراق التربة الرخوة إلى أعماق كبيرة وهنا يشترك نعل الأساس وسطوحه الجانبية في نقل الحمولة .

- وتختلف المراجع في تحديد معيار التفريق بين الأساسات السطحية والعميقة فبعضها يعتبر الأساس عميق عندما يكون $D_f > 4.B$ ، و بعضها $D_f > 10.B$

لذلك سنعتبر الأساس عميق إذا تم غرسه في التربة .

أهم وأشهر أنواع الأساسات : "بإعتماد مرجع للتوضيح"

الأساس			
عميقة "$D_f > 4.B$"		سطحية "$D_f < 4.B$"	
قيسونات - ركائز أوتاد محفورة	أوتاد مدقوقة	حصيرة "$A_f < 0.5A$"	منفردة بأنواعها "$A_f < 0.5A$"

مع ملاحظة أن :

- القيسونات مكلفة وتستخدم في حالات خاصة كالأماكن المائية
- الأوتاد المدقوقة أسرع في التنفيذ .

الأوتاد

- **هي** عناصر إنشائية نحيفة خطية تتوضع في التربة بطرق شاقولية أو مائلة على الشاقول .
- **أهدافها :**

a) نقل الحمولات من المنشآت إلى التربة .
b) مقاومة دفع المياه للأعلى والدفع الجانبي " تأثير المياه الجوفية – دفع التربة الجانبي للجدران الإستنادية – ضغوط الرياح على المباني العالية – أساسات الجسور – الهزات الأرضية "
c) تدعيم المنحدرات حفاظاً على شكلها ومنع الإنهيارات.
d) تثبيت و تدعيم الترب الضعيفة بالإزاحة أو الإهتزاز المرافق للدق .
e) ضبط الهبوط .
f) التأسيس ضمن الأنهار والبحيرات .
g) التحكم بالإهتزازات المصاحبة لأساسات الآلات لتلافي حصول ظاهرة الطنين الناتجة عن توافق إهتزاز الآلة مع إهتزاز الأساس .

- **تصنيفها :**
  - **حسب طريقة عملها :**
    ١) أوتاد ناقلة للحمولات "من المنشأة للتربة "
    ٢) أوتاد راص "عن طريق الإزاحة والإهتزازات الناتجة عن الدق" .
    ٣) أوتاد شد "لمقاومة قوى الرفع الهيدروستاتيكية أو قوى الدوران" .
    ٤) أوتاد إرساء "تستعمل بشكل أفقي لتثبيت الصفائح الوتدية أو العناصر الأخرى ضد قوى الإنتزاع الأفقية" .
  - **حسب مادة الصنع :**
    ١) بيتون عادي .
    ٢) بيتون مسلح .
    ٣) معدن .
    ٤) خشب .
    ٥) مادتين معاً أو أكثر مما سبق "خشبية مقوات بوصلات معدنية" .

- **حسب شكل المقطع :**

دائرية – مربعة – مستطيلة - H – T – I

- **حسب إستمرارية مادة المقطع :**

مصمتة – مفرغة

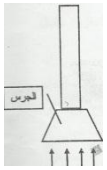
- **حسب طريقة نقل الحمولة :**

١) أوتاد إرتكاز :

- تخترق الطبقات القابلة للإنضغاط وتستند على طبقات غير قابلة للإنضغاط "صخر،كونغلوميرات،رمل كثيف" وعندما تحمل هذه الأوتاد فإنها لا تنتقل شاقولياً "بإهمال إنضغاط مادة الوتد" وبالتالي لا وجود لقوى الإحتكاك لذا نقول :

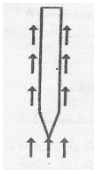
إن أوتاد الإرتكـــــاز تنقل معظم الحمولات عن طريق سطحها السفلي وتصميمياً نعتبرها تنقلها كاملةً عن طريقه ،

- مقطع أوتاد الإرتكاز السفلي أكبر من مقطعها العلوي لتأمين مساحة كافية للإرتكاز ففي حال كان مقطع الإرتكاز ذا قطر أقل من 60cm عندها نلجأ لتوسع في نهاية الوتد "جرس" فيصبح رد فعل التربة أكبر ، وحل الجرس إقتصادي يؤمن مساحة إرتكاز مع توفير بالبيتون وهذا الحل نتبعه في الترب الغير مفككة لأنه في الترب المفككة تنهار التربة ريثما ننزل الأدوات لحفر الجرس .



٢) أوتاد إحتكاك :

- تكون محاطة بالتربة القابلة للإنضغاط من الجوانب والأسفل وعندما تحمل هذه الأوتاد فإنها تتحرك شاقولياً للأسفل فتظهر قوى الإحتكاك بين التربة وسطوح الوتد الجانبية وكذلك رد فعل التربة تحت النهاية السفلى للوتد حسب قدرة تحملها .
- تكون ذات مقطع صغير ويفضل صنع أكثر من وتد بنفس كمية البيتون لجعل مساحات الإحتكاك أكبر مايمكن .
- بالنسبة لشكل المقاطع فالأفضل إقتصادياً الدائري المفرغ علماً أن الإحتكاك يتم مع سطحه الخارجي فقط .



- **حسب طريقة التنفيذ :**

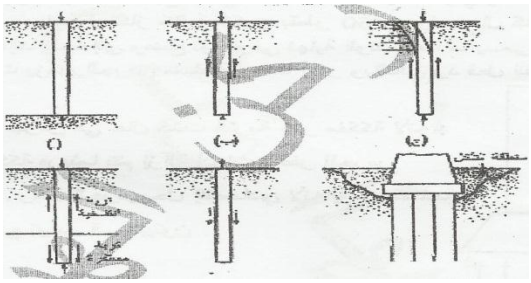
١) أوتاد منفذة بالإختراق "أوتاد إزاحة":

- تنفيذها يؤدي لإزاحة التربة ،
- تكون مسبقة الصنع أو مصبوبة في المكان ،
- تغرس بالضغط أو بالتدوير اللولبي .
- وبالنسبة للمدقوقة يجب تأمين مقاومتها للإنهيار بتاثير حمولات الدق وتأثير عملية حمله .

٢) أوتاد منفذة بالتفريغ "عديمة الإزاحة":

- تنفذ بتفريغ حفرة في التربة بالعمق المطلوب ثم صب البيتون بالفراغ .

- **أهم أنواع الأساسات الوتدية :**



(أ) وتد إرتكاز .
(ب) وتد إحتكاك .
(ج) وتد مقاوم للقوى الافقية .
(د) أوتاد لحالات الترب الصعبة الغير متجانسة .
(هـ) أوتاد مقاومة لقوى الرفع .
(ه) أوتاد لإنشاء أساسات الجسور .

- **أنواعها "أشكال تنفيذها" :**

a) الأساس الوتدي الإفرادي :

- إستخدامه نادر لأن تحمله للقوى الأفقية والعزوم ضعيف جداً "نحيف وخطي" ،
- يستخدم في الأبنية المؤقتة التي تنفذ بالورشات أثناء تنفيذ العمل و لأساسات التصوينة و بعض الحالات التي لايوجد فيها عزوم .

b) الأساسات الوتدية المستمرة :

- تستخدم تحت الجدران وتكون في صف أو أكثر و الحالة الشائعة هي صفين بتوزيع شطرنجي .

c) المجموعات الوتدية :

- تستخدم تحت الأعمدة وعددها الأدنى 3 وأحياناً يسمح بوتدين بشرط ألا يكون هناك إحتمال لإنحناء الأوتاد في الإتجاه المعامد مع محور الوتدين .

d) الحصيرة الوتدية :

- تستخدم تحت المنشآت الثقيلة وفق شبكة معينة على كامل مساحة المنشأة او على جزء منها .

- **قبعاتها البيتونية :**

- **هي** بلاطة رابطة أو جائز بيتوني يربط الأوتاد لكي تعمل بشكل مستمر ،حيث تؤمن :
  a. توزيع الحمولة على الأوتاد .
  b. هبوط منتظم للاساس الوتدي .

- **ولها أنواع :**

a. المنخفضة :
منسوبها تحت منسوب الأرض الطبيعية ويمكن أن تمتص جزء من الحمولة عن طريق سطحها السفلي .

b. السطحية :
تتوضع على سطح الارض مباشرة وتعتبر أنها لا تنقل حمولة عن طريق نعلها .

c. المرتفعة :
تتوضع فوق سطح الأرض وتستخدم في الجسور والمنشآت المائية حيث تدق الأوتاد عادةً بشكل مائل بأكثر من إتجاه لمقاومة العزوم و يمكن أن تستخدم في الترب الإنتفاخية أيضاً .

❖ **أنواع الحمولات المنقولة من الأساسات إلى القاعدة الترابية:**

١) **شاقولية (N-P) :**
هي الأهم ، جهتها غالباً للأسفل .

٢) **أفقية (V) :**
من الزلازل أوالرياح أوالروافع أوالآليات أوالسيارات كما في الجسور

٣) **عزوم الإنعطاف (M) :**
بإتجاه x أو y أو بالإتجاهين .

٤) **عزم الفتل (T) :**
مهمل إلا في حالات خاصة .

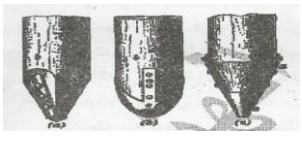
❖ **إتجاه الحمولات :**
ثابتة – متغيرة الإتجاه – متكررة – أفقية – شاقولية .

- حيث نختار الأوتاد الخشبية في حال الحمولات المتغيرة بالإتجاه ، ونختار الأوتاد المعدنية في حال الحمولات المتكررة
- ونختار الأوتاد المائلة أو الركائز في حال الحمولات الأفقية .

❖ **تأثير الحمولات المطبقة :**
١) إنهيار "نتجنبه بعوامل الأمان"
٢) حركة شاقولية أي هبوط "ندرس الوتد حتى يبقيها ضمن المسموح"
٣) حركة أفقية أي إنزياح "ندرس الوتد حتى يبقيها ضمن المسموح"

الأوتاد الخشبية :

- تصنع من الأشجار ، يكون الطرف الأصغر هو نقطة الإرتكاز لتسهيل الإختراق إلا إذا كانت التربة العلوية غضارية لينة سهلة الإختراق تعلو طبقة صلبة قوية فهنا نستغل جودة الإرتكاز بجعل الطرف ذو القطر الأكبر للأسفل وبالنسبة للفراغ الذي سيخلفه الوتد بعد نزوله سيتم ملؤه بالتربة الغضارية بشكل طبيعي لأنها لينة جداً .
- حسب الكود الأمريكي فأقل قطر للطرف النحيف 150mm وللثخين 300mm للأعماق الصغيرة وحتى 360mm للأعماق كبيرة والحمولات الكبيرة ، حيث تختلف الأقطار حسب حمولة الوتد وطوله .
- يوصي الكود الأمريكي بأن يكون الخط الواصل بين مركزي مقطعي الوتد الثخين والنحيف واقع ضمن مادة الوتد "الإنحناء المسموح" .
- نضع حلقة معدنية عند طرف الوتد العلوي قبل الدق وعند الإنتهاء نقطع الجزء العلوي المتهشم ، كما نزود الطرف السفلي بكعب معدني لحمايته من التفتت أثناء إختراق الطبقات الحاوية على صخور.
- أفضل مكان لإستعمالها الوسط الرطب فالتربة المشبعة لا تتلفه وكذلك في الوسط المائي و أسوأ مكان هو المكان الذي تتناوب فيه الرطوبة والجفاف

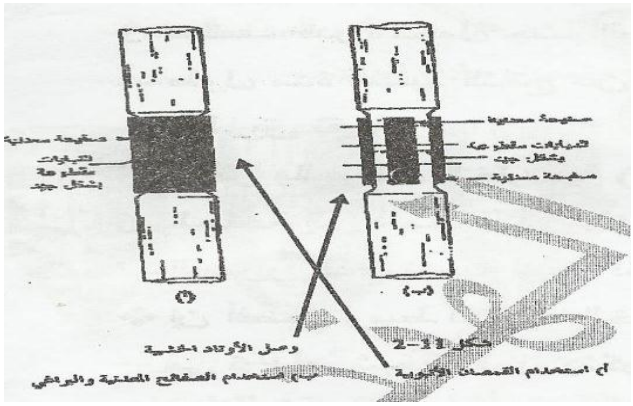


- **محاسنها :**
  - سهلة الصنع والنقل والدق .

- **مساوئها :**
  ١) طول محدود .
  ٢) مقطع غير منتظم "قد يشكل نقاط ضعف"
  ٣) ضعف قدرة تحمل جسمه.
  ٤) طول مدة الدق بالمطارق الخفيفة "لا يسمح بمطارق ثقيلة" .
  ٥) التسوس بالعوامل الخارجية "رطوبة - جفاف"
  ٦) الحاجة لحماية راسه و كعبه .
  ٧) ضرر بيئي .

- **قدرة تحملها المسموحة :**
  $Q_{all} = A_P . f_W$ = مساحة وسطية * الإجهاد المسموح للخشب
  - قدرة تحمل الوتد لا تتجاوز 25-30 ton

- **تنفيذ الوصلات إن وجدت :**
  - نلجأ للوصل لتطويل الوتد في حال الضرورة ولدينا طريقتين (قمصان أنبوبية – صفائح وبراغي)
  - الأفضل عدم وصل الأوتاد الخشبية خاصة في ظل إحتمال وجود حمولات شادة أو جانبية أوعزوم .



الأوتاد المعدنية :

- تنفذ بشكل رئيسي بشكل H أو قساطل "مفتوحة أو مغلقة" بأقطار بين 25-75cm وسماكة لاتقل عن 0.5cm .
- الأوتاد H تستخدم في الجسور والأبنية الضخمة نظراً لإمكانية إختراقها لطبقات التربة "حصى.رمل.أحجار وصخور صغيرة نسبياً" بسهولة أكثر من الأنواع الأخرى حيث تفتتها وتزيحها .
- الأوتاد بشكل قساطل تكون عطالتها ثابتة بكل الإتجاهات وذات مقاومة على الإنحناء والعزوم في كل الإتجاهات أكثر من غيرها لذا فهي مناسبة في حال وجود قوى أفقية كبيرة ،
في حين أن الأوتاد H عطالتها تختلف حسب الإتجاه المدروس ومن الممكن أن تنحني حول المحور ذو العطالة الصغيرة ،
ونستخدم القساطل المغلقة من الأسفل في التربة اللينة لأن إعتمادنا هنا على الإرتكاز .

- **حسناتها** :

١) قدرة تحمل جسمها عالية .
٢) إمكانية الوصول لأعماق كبيرة لإمكانية إستخدام مطارق ثقيلة والتحكم بالطول المطلوب والقدرة على الإختراق للترب الحصوية والأحجار ..
٣) إمكانية تعديل الأطوال بسهولة وسرعة "لحام،قص"
٤) إمكانية مقاومة القوى الأفقية "خاصة القساطل" .
٥) إمكانية غرزها في التربة عن طريق الضغط الستاتيكي أو التدوير اللولبي وبالتالي لا تشكل خطر أو مشاكل **هبوط تفاضلي** للابنية المجاورة المبنية على تربة مفككة ، تلك المشاكل التي تحدث في حال دق الأوتاد البيتونية والخشبية حيث يرافق الدق إهتزاز يخلخل ذرات التربة و يعطيها تموضع جديد فيحدث هبوط إضافي في منطقة الوتد المدقوق (منطقة في المبنى المجاور قريبة من الوتد) وبالتالي يحدث الهبوط التفاضلي المذكور .

- **مساوئها :**

١) كلفة عالية .
٢) التآكل بسبب تحول ذرات المعدن لأيونات فيتشكل الصدأ في منطقة الأقطاب الموجبة ، لذلك نعزلها بالطلاء بمواد خاصة والذي يؤمن عزل جزئي فقط لأن طبقة العزل رقيقة جداً وستتلف نتيجة الإحتكاك عند غرز الوتد لذلك :

- نأخذ سماكة إضافية للمقطع (1.5-3mm) بالمقدار المتوقع للتآكل
- نزيل التربة المسببة للتآكل الحاوية على نسبة كبيرة من العضويات المتفسخة والتربة التي تحوي نسب كبيرة من الأسيد والكبريت "خاصة السطحية" وإستبدالها بأخرى محسنة قبل دق الوتد .
- حماية القطب السالب بمنع حركة الإلكترونات من الأوتاد بتحريض تيار كهربائي خفيف عبر الوتد .
- **عملياً** وفي أغلب الحالات يستخدم الإيبوكسي لتغليف الأوتاد في المصنع ويعطي نتائج جيدة ، وكذلك تستخدم أحزمة بيتونية للأوتاد الفولاذية في المناطق الأشد عرضة للتآكل .

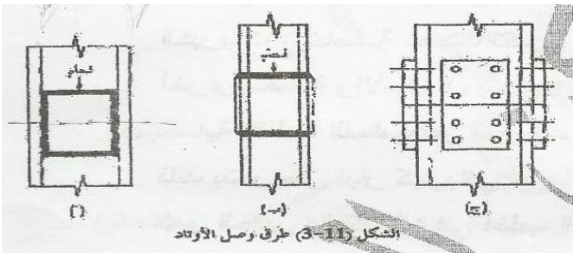
- **قدرة تحمله المسموحة :**

$Q_{all} = A_s . \sigma_{all}$ = مساحة مقطع الوتد * الإجهاد المسموح للفولاذ

- **تنفيذ الوصلات إن وجدت :**

- يتم تنفيذها في الموقع بالبراشيم "صفائح + براغي" أو باللحام .
- على الرسم التالي :

(أ) حالة نموذجية للوصل باللحام لوتد H .
(ب) حالة نموذجية للوصل باللحام لوتد أنبوبي .
(ج) مخطط وصل بالبراشيم لوتد H .



الشكل (11-3) طرق وصل الأوتاد

→→→ **Finish lecture [1-2]** ←←←