الاسس الهندسية للاليات (Engineering Fundamentals)

يهتم هذا الموضوع بالمشاكل المتعلقة بالاعمال الترابية كحفر التربة ونقلها ومعاملتها وفق المواصفات مع التطور السريع في حجم الاعمال الترابية في الاعمال الانشائية كالسدود والطرق والمطارات فقد اصبحت الحاجة ملحة لدراسة اختيار احسن المكائن والمعدات لهذه الاعمال لاداء الخدمات المطلوبة باقل كلف ممكنة وهذا يتطلب أن يتفهم المهندس المسؤول أو المقاول طبيعة هذه المكائن بالنسبة للتربة.

مقاومة الدحرجة (Rolling Resistance) :- وهي المقاومة التي تجابهها اي مركبة على طريق أو سطح ومن اهم العوامل المؤثرة عليها:

1- نوعية وطبيعة السطح الذي تتحرك فوقه المركبة, فمثلا مقاومة الدحرجة في التربة الرخوه اكثر من مقاومة الدحرجة في التربة الصلبة.
2- طبيعة اطارات المركبة ,مثلا المركبة ذات الاطارات المطاطية تسير بشكل أفضل على السطوح الصلبة لان مقاومة الدحرجة أقل عكس المركبات ذات الاطارات المجنزرة (السرفة) تسير بشكل أفضل على السطوح الرخوة.

ويمكن حساب مقاومة الدحرجة لطريق معين عن طريق ربط حافلة ذات وزن معلوم بماكنة سحب على الطريق الافقي وتقاس قوة الشد في السلك الرابط ما بين الماكنة والحافلة بواسطة جهاز قياس خاص ويمكن تحديد مقاومة الدحرجة لذلك الطريق باستعمال المعادلة التالية :

$$R.R = \frac{P}{W}$$

حيث أن: .

R.R: مقاومة الدحرجة.

P: قوة السحب (كغم)

W: الوزن الكلي للحافلة (طن)

ملاحظة:- القوة اللازمة للتغلب على مقاومة الدحرجة للطريق هي نفسها قوة السحب والتي تحسب من :-

$$\mathbf{P = R.R \times W}$$

انحدارية الطريق أو درجة ميل الطريق (جهد الجر المطلوب) Grade of Road:- لانحدارية الطريق تأثير مهم على المركبات مثلا عندما تتسلق مركبة سطحا مائلا فأن جهد الجر الكلي المطلوب لابقاء المركبة تسير بسرعة منتظمة يزداد بازدياد درجة ميل السطح أما اذا كانت المركبة تنحدر على الطريق فأن جهد الجر يقل بازدياد درجة الميل. لذا يفضل عادة أن يكون موقع جلب التربة اعلى من محل الاملائيات بحيث تكون الشاحنة محملة عند النزول وفارغة عند الصعود . يمكن حساب القوة اللازمة للتغلب على الانحدارية من العلاقة التالية :-

$$P = W \times 10 \times g\%$$

حيث :-

W: وزن الالية المسحوبة (طن)

g: انحدار الطريق .

P: قوة الجر (كغم)

ملاحظة / **لو كان لدينا الية وزنها معين (W) يراد سحبها بواسطة شاحنة على طريق معين ونصعد بها منحدر بميلان معين (g) فاننا نحتاج الى قوة جر كافية للتغلب على مقاومة دحرجة الطريق وانحدارية الطريق,وهذه القوة تكون :**

قوة الجر الكلية = القوة اللازمة للتغلب على الدحرجة + القوة اللازمة للتغلب على الانحدارية

$$\text{قوة الجر الكلية} = (R.R \times W) + (W \times 10 \times g\%)$$

ملاحظة / بالنسبة للاليات ذات العجلات المجنزرة,عندما يراد حساب القوة اللازمة للتغلب على مقاومة دحرجة الطريق يتم طرح (50) من مقاومة دحرجة الطريق :

$$P = (R.R - 50) \times W$$

ملاحظة/ بالنسبة للاليات ذات العجلات المطاطية ,يمكن حساب قوة الجر لها من المعادلة التالية:

$$\text{جر الاطار (قوة الجر والسحب)} = \frac{272.2 * \text{القدرة الحصانية} * \text{الكفاءة}}{\text{السرعة (كم/ساعة)}}$$

حيث ان كفاءة معظم الجرارات والشاحنات تتراوح (0.8 - 0.85).

مثال1/ **يزن جرار ذو اربعة دواليب (18000) كغم يصعد طريق منحدر بمقدار (4%) بسرعة منتظمة فاذا كانت القوة المتوفرة هي (1450) كغم فما هي مقاومة الدحرجة للطريق؟**

الحل/ **وزن الجرار (18000) كغم = 18 طن**

هنا القوة المتوفرة يقصد بها القوة الكلية التي يستطيع بها الجرار السير على الطريق وصعود المنحدر

اذن هذه القوة تشمل القوة اللازمة للتغلب على مقاومة دحرجة الطريق والقوة اللازمة للتغلب على الانحدارية

قوة الجر الكلية = (W ×10× g%)+ (R.R × W)

1450 = (18× R.R) + (18× 10 × 4)

R.R = 40.56kg/ton

مثال2/ جد مقدار قوة الجر اللازمة لجرار مجنزر يجر عربة محملة بالتربة سعتها (8)م3 صعودا على منحدر اذا توفرت لديك المعلومات التالية :-

1- **وزن الجرار (12)طن**
2- **وزن العربة وهي فارغة (5)طن**
3- **كثافة التربة المحملة في العربة (2)طن/م3**
4- **مقاومة الدحرجة للجرار (70)كغم /طن**
5- **مقاومة الدحرجة للعربة (50)كغم/طن**
6- **كفاءة الجرار (80%).**
7- **نسبة ميل المنحدر (15%).**

الحل/ القوة اللازمة للجرار = القوة اللازمة للتغلب على مقاومة الدحرجة + القوة اللازمة للتغلب على الانحدارية

في هذه الحالة القوة اللازمة للتغلب على مقاومة الدحرجة يجب أن تكون للجرار والعربة

القوة اللازمة للتغلب على الانحدارية يجب أن تكون ايضا للجرار والعربة

وزن التربة المحملة = حجم التربة المنقولة * كثافتها

= 8م^3 * 2طن/م^3 = 16 طن

وزن العربة المسحوبة وهي محملة = 5+16 = 21 طن.

الان:-

- القوة اللازمة للتغلب على مقاومة الدحرجة للاليتين = (R.R × W) + (R.R × W)

للجرار المجنزر ↑ للعربة المسحوبة ↑

(70 – 50) * 12 +(80 * 21) = 1920kg

↑

لان الجرار مجنزر لذلك نطرح 50

- القوة اللازمة للتغلب على انحدارية الطريق للإليتين = **(W ×10× g%)** + **(W ×10× g%)**

للعربة المسحوبة للجرار المجنزر

=(12 *10 * 15) + (21 *10 * 15) = 4950kg

اذن القوة الكلية للجرار لكي يستطيع سحب نفسه ومعه العربة المحملة والصعود الى المنحدر = 1920 + 4950

= 6870 kg

ولكن يجب الانتباه الى ان كفاءة الجرار هي (80) % أي ان الجرار يشتغل ب 80% فقط من طاقته

ولذلك فان القوة المطلوبة = 6870 * 0.8 = 5464kg

أنواع المكائن الانشائية الخاصة بحدل التربة (Compaction Equipment):- هناك انواع متعددة من مكائن ومعدات الحدل الخاصة لاعمال الطرق بشكل عام وغيرها من الاعمال الانشائية الصغيرة وهي :

1- **حادلات مدقية.**
2- **حادلات ذات دواليب ملساء.**
3- **حادلات ذات اطارات رئوية.**
4- **حادلات هزازة وتشمل المدقية وذات الدواليب الملساء والاطارات الرئوية.**
5- **حادلات ذاتية الحركة ذات صفائح أو أقدام هزازة.**
6- **حادلات يدوية ذات صفائح هزازة .**
7- **حادلات يدوية.**

الحادلات المدقية :- ويسمى ايضا هذا النوع من الحادلات بأضلاف الغنم (Sheep's foot) وتكون ذاتية الحركة وتتألف الحادلة من اسطوانة واحدة أو اكثر,عندما تتحرك هذه الحادلة على سطح التربة فان اقدامها تتغلغل فيها مولدة عملية العجن في التربة وتسبب خلط التربة من اعلى الى اسفل كل طبقة ومع تكرار

مرور الحادلة يبدأ تغلغل الاقدام يقل تدريجيا الى ان يتم الحصول على درجة الحدل المطلوبه.ان هذه الحادلات ذات تأثير كبير في التربة الطينية أو خليط من الرمل والطين وفي نفس الوقت فانها غير صالحة لحدل تربة حصوية أو رملية.

الحادلات ملساء الدواليب :- تصنف هذه الحادلات اما بالنوع او الوزن وعادة يستعمل الطن في ذلك فيقال مثا (10) طن حادلة.ان دواليب هذه الحادلات هي اسطوانات حديدية فارغة يمكن املائها بالرمل أو الماء لزيادة وزنها فعندما يقال ان حادلة ذات (14-20) طن فهذا يعني ان اقل وزن للحادلة عندما تكون فارغة هو (14)طن ممكن زيادته الى (20) طن باملاء الدواليب بالرمل أو الماء.عندما تستعمل هذه الحادلة على تربة طينية فانه احيانا تشكل قشرة قوية فوق السطح دون تغلغل تأثير الحدل الى بقية سمك الطبقة لذلك فان استعمال مثل هذه الانواع من الحادلات يفضل في انواع التربة المحببة كالرمل والحصى وكذلك الصخور المكسرة والجلمود وهي فعالة ايضا في جعل سطوح الطرق ملساء بعد اكسائها.

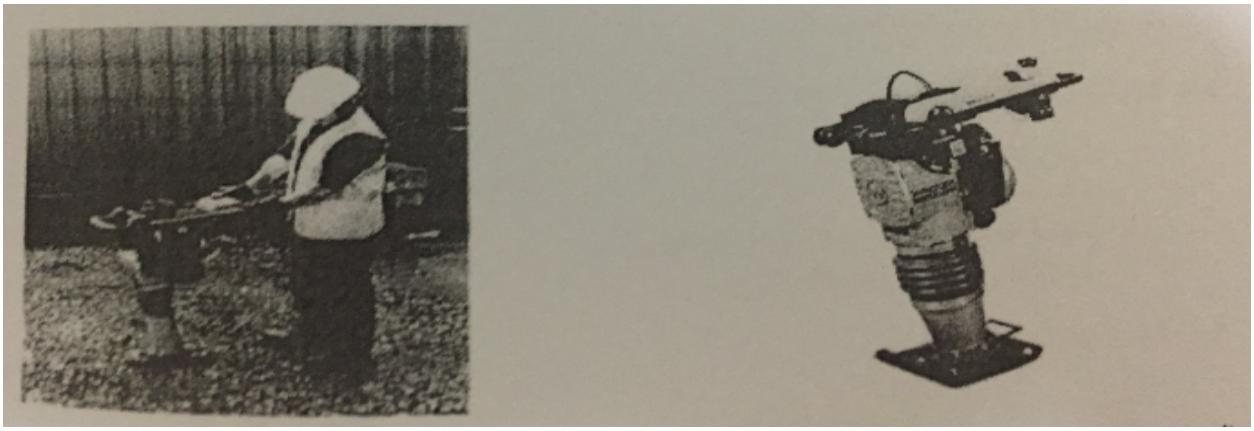
الحادلات الرئوية الاطارات:- **تصنع اطارات هذه الحادلات من المطاط وتملأ بالهواء المضغوط بمقادير مختلفة حسب الحاجة لها.والحدل بواسطة هذه المكائن يتبع اسلوب العجن للتربة المحدولة وتكون هذه االحادلات اما ذاتية الحركة ونادرا ما تسحب بالجرارات.ويتم زيادة وزن الحادلة بتحميلها بالرمل أو الماء وتستعمل هذه الحادلات في حدل جميع انواع التربة بسبب وزنها الكبير وارتفاع ضغط الهواء فيها بسب وزنها الذي قد يصل الى (200)طن وكذلك لحدل الحصى الخابط والطبقات الاسفلتية.**

الحادلات الاهتزازية (Vibrating Compfctors):- **بعض انواع الترب كالرمل والحصى تتأثر بالحدل الناتج من الوزن والاهتزاز الذي تولده الحادلة ,فعندما تهز مثل هذه التربة فان حبيباتها تنزلق في الفراغات الموجودة بينها مسببة زيادة في كثافة التربة.وعلى هذا الاساس فقد صممت بعض الحادلات لتعطي تأثير الوزن والاهتزاز في نفس الوقت ومنها :-**

1- **حادلات اضلاف الغنم الاهتزازية.**
2- **الحادلات الحديدية (الاسطوانية) الاهتزازية.**
3- **الحادلات الرئوية الاطارات الاهتزازية.**

الحادلات اليدوية الاهتزازية :- **الشكل أدناه يبين حادلة اهتزازية تقاد باليد وتدار بالبنزين وهي مناسبة للاستعمال في المحلات التي يصعب فيها استعمال الحادلات الكبيرة وتقدر كفاءتها بالوزن الناتج من ارتطامها بالارض وعدد ذبذباتها في الدقيقة.**

المدقات اليدوية :- الشكل أدناه يبين مدقة تقاد باليد وتعمل بالبنزين وبامكانها عمل (450) الى (600) دقة في الدقيقة وفي كل دقة تتحرك المدقة ذاتياً لدق التربة جيداً.



الجرارات:- **للجرارات استعمالات كثيرة ومتعددة,لكنها بشكل رئيسي تستعمل لسحب أو دفع احمال معينة, وقد تستعمل كذلك لاغراض اخرى اذا اضيف اليها بعض الاجهزة المساعدة كأن تصبح مقلعة أو مجرفة ميكانيكية أو حفارة خنادق وغيرها ومن انواعها :-**

1- جرارات مجنزرة.
2- جرارات مدولبة :
أ- جرارات ذات دولابين.
ب- جرارات ذات اربعة دواليب.

انتاجية المعدات الانشائية :-

يعتبر حساب انتاجية المعدات الانشائية من الامور المهمة التي يجب على المهندس معرفتها ولو بشكل بسيط, ان حساب انتاجية المعدات الانشائية له اهمية كبيرة منها: يعطي انطباع هل أن الماكنة أو الالية التي سوف تستخدم في الموقع تستطيع اكمال العمل الذي اوكل اليها أو لا, وكذلك تعتبر الانتاجية دليل أولي على اختيار نوع الالية التي سوف تستخدم.

أنواع المعدات الانشائية المستخدمة في الاعمال الانشائية :- في أعمال هندسة الطرق هنالك عدة اليات ومعدات انشائية تستخدم لانجاز هذه الاعمال,كل منها لها العمل الخاص بها, ولكن هناك معدات انشائية محددة تستخدم على الاغلب في كافة الاعمال الانشائية وتقريبا نحتاجها في كل مشروع انشائي هذه المعدات هي:-

1- **المقلعة (البلدوزر) .... Bulldozer**
2- **القاشطة ..... Scraper**
3- **المجرفة الالية (الشفل) ..... Power Shovel**

المقلعة (البلدوزر) .... Bulldozer: تقسم مكائن المقلعات الى قسمين رئيسين من ناحية نوعية عجلات الجرار المستعمل , فالقسم الاول هو المدولب , والقسم الثاني هو المجنزر .واحيانا على ضوء اسلوب تصعيد وتنزيل النصل (Blade) فاما تكون بواسطة الكيبل (Cable), أو بالاسلوب الهيدروليكي , ولكل من الانواع المذكورة استعمالاته الخاصة في حقل الصناعة الانشائية, ان حجم المقلعة عادة يثبت بطول وعرض النصل.

استعمالات المقلعة :

1- **تنظيف الارض من الخشاب المقطوعة وبقايا الاشجار.**
2- **فتح الطرق في المناطق الجبلية .**
3- **دفع التربة لمسافات متفاوتة في حدود (100) متر.**
4- **مساعدة القاشطات في عملية التحميل.**
5- **توزيع تراب الدفن والقطع.**
6- **تنظيف ارضيات المقالع ومحلات جلب التربة.**

حساب انتاجية المقلعة : **للمقلعة سعة معينة تتغير بنوعية التربة ومساحة النصل, فاذا عرفت هذه السعة فمن الممكن عندئذ حساب انتاجية المقلعة من معرفة عدد المرات التي تعمل المقلعة في دفع التربة. تحسب عادة انتاجية المقلعة بالساعة وتقاس بوحدة الكمية لكل ساعة,بمعنى اخر تحسب انتاجية المقلعة بكمية حجم التربة المنقولة خلال الساعة, ويتم حساب الانتاجية بعلاقة رياضية بسيطة::**

انتاجية المقلعة بالساعة = حجم التربة المنقولة × عدد الدورات

حيث أن : حجم التربة المنقولة = حجم أو سعة نصل المقلعة

= طول النصل × عرض النصل × **الارتفاع**

ملاحظة:- دائماً حجم التربة المنقولة يحسب بمقياس الضفة وليس الرخو ....

- حجم التربة بمقياس الضفة : **هو مقياس حجم التربة وهي في الارض الطبيعية قبل حفرها ويستعمل هذا الحجم عادة في حساب الكلفة.**
- حجم التربة بمقياس الرخو : هو مقياس حجم التربة بعد حفرها أي وهي بالشكل الرخو حيث تحمل في الشاحنات أو القاشطات.
- حجم التربة بمقياس الحدل : هو مقياس حجم التربة بعد وضعها في المكان المطلوب وحدلها.

$$\text{حجم التربة بمقياس الضفة} = \frac{\text{حجم التربة بمقياس الرخو}}{(1+\text{معامل الانتفاخ})}$$

$$\text{عدد الدورات بالساعة} = \frac{\text{معامل التشغيل بالساعة}}{\text{زمن الدورة الواحدة}}$$

- **معامل التشغيل بالساعة يقصد به الوقت الذي تعمل به المقلعة بالساعة, ومن المعروف ان الساعة(60)دقيقة ولكن من المستحيل ان تعمل الالية (60) دقيقة كاملة لان هذه الحالة مثالية,فقد تكون تعمل (50) دقيقة أو (45) دقيقة بالساعة وهذا الذي يقصد به هنا معامل التشغيل.**

- **أما زمن الدورة الواحدة يقصد به الوقت اللازم لدفع التربة ووقت عودة المقلعة لنفس المكان مضافا اليه الوقت الثابت,والوقت الثابت هو الوقت الضائع خلال الذهاب والاياب للمقلعة ويشمل وقت تبديل المتحكم الالي(التروس) ودوران المقلعة.**

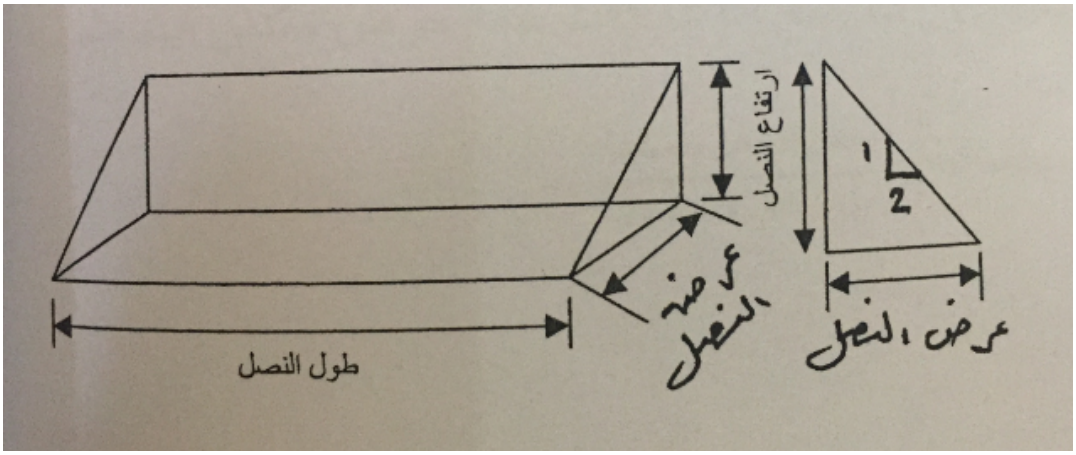
زمن الدورة الواحدة = زمن الذهاب + زمن العودة + الوقت الثابت

حيث أن :

$$\text{زمن الذهاب} = \frac{\text{مسافة الدفع}}{\text{سرعة الذهاب}} \qquad \text{و} \qquad \text{زمن العودة} = \frac{\text{مسافة الدفع}}{\text{سرعة العودة}}$$

أما الوقت الثابت فهو يعطى عادة واذا لم يعطى يفرض ما بين (0.25 – 0.5) دقيقة ويجب ملاحظة ان جميع هذه الاوقات يجب أن تكون بالدقائق.

- **بالنسبة لنصل المقلعة احيانا لا تعطى ابعاده بشكل مباشر وعليه نلاحظ كما يلي :-**



- **وقد يعطى ميل التربة داخل النصل, بمعنى يعطي ميل المثلث ويعطي بعد واحد فقط من الميل نجد البعد الاخر, مثلاً اذا كان ميل التربة داخل النصل (1:2) وارتفاع النصل = y وعرض النصل X فأن عرض النصل = 2y بالاعتماد على الميل.**

<u>ملاحظات مهمة :-</u>

1- **اذا لم يعطى معامل التشغيل في السؤال يفرض (45دقيقة).**
2- **اذا لم يعطى الوقت الثابت في السؤال يفرض (0.25) دقيقة.**
3- **اذا لم يعطى ميل التربة أو نصل المقلعة يفرض (2:1).**
4- **دائما سرعة المقلعة عند العودة هي اكبر من سرعة المقلعة عند الذهاب.**
5- **حجم النصل أو سعة النصل تعطي حجم التربة بمقياس الرخو.**
6- **حجم التربة المنقولة يحسب بمقياس الضفة عند حساب الانتاجية.**
7- **احيانا لا يعطي معامل الانتفاخ للتربة يمكن حسابه كالتالي:**