مقاومة الدحرجة Rolling resistant

تاثير الدحرجة :

تؤثر الدحرجة على الالية حسب ظروفها المختلفة وكما يلي :

- للاليات التي تتحرك على اطارات **rubber tirs** فان العوامل المهمة :

- حجم الاطار (الاطار الاكبر يقلل المقاومة)
- الضغط في الاطار (الضغط الاكبر يزيد من المقاومة)
- خشونة الاطار **tread** (الاطار الاخشن يقلل المقاومة)

- للاليات التي تتحرك على السرف **crawler** :

- طبيعة سطح الطريق (التربة الهشة لها مقاومة لسير الالية اكبر من التبليط)
- حالة السطح (السطح المشبع بالماء اكبر مقاومة من السطح الجاف)

عموما كلما كانت مقاومة التدحرج اكبر قلت قدرة الالية على الانتاج (ال **output**)

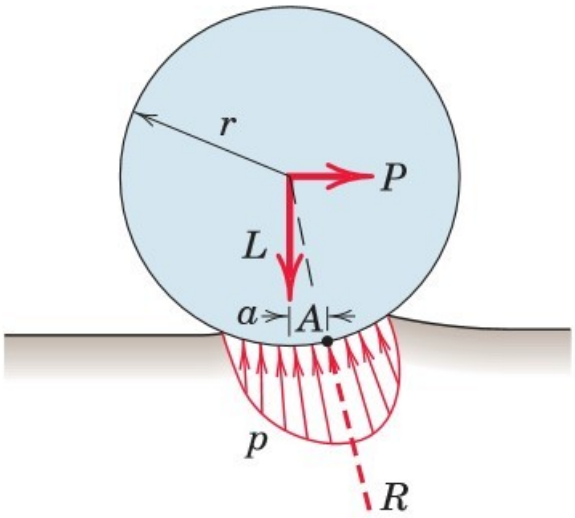
التعبير عن مقاومة التدحرج :

يوضح الشكل (1) كيفية التعبير عن مقاومة التدحرج . العامل المهم في هذا التعبير هو الثقل اي الكتلة التي تتحرك على الطريق . هذه الكتلة تؤخذ بالطن عادة . لكي يتم تحريك هذه الكتلة يجب ان تتوفر قوة سحب **pull** . هذه هي القوة التي يوفرها محرك الالية بحيث تنتقل الى العجلات او السرفة . تؤخذ هذه القوة بالكيلوغرام لكل طن . فمثلا اذا كانت قوة السحب 40 كيلو غرام لكل طن فان الالية يجب ان توفر قوة لثقلها البالغ مثلا 20 طن قوة مقدارها :

$$20 \times 40 = 800 \text{ kg}$$

لذلك يعبر عن قوة السحب **track effort** بالصيغة :

$$P = R \times W$$



الشكل (1) مقاومة التدحرج

في الشكل (1) تمثل **R** محصلة لقوى الضغط **p** وتمر بالمركز للعجلة المتدحرجة بينما تمثل **P** قوة الدفع اللازمة للحركة بسرعة ثابتة (التي نبحث عنها) وتمثل **L** الوزن بالطن مثلا فاذا اخذنا العزوم حول **A** :

$$P \cdot r = L \cdot a$$

حيث اعتبرنا مسافة **P** هي نصف القطر للتقريب ولان **R** . لذلك :

$$P = \frac{a}{r} L$$

حيث يسمى $u_r = \frac{a}{r}$ معامل مقاومة التدحرج **coefficient of rolling resistant** وهو الذي نسميه في هذا الموضوع **R** في المعادلة : **P = R × W**

مثال – 1

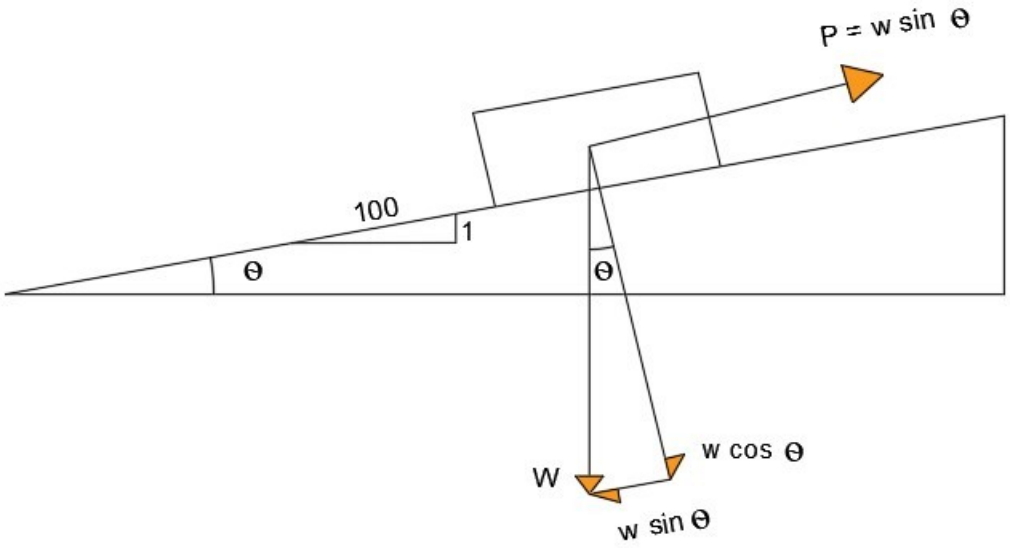
مركبة وزنها الكلي 20 طن تسير على طريق له مقاومة تدحرج 50 **kg/ton** ما هي القوة اللازمة لجعلها تسير بسرعة ثابتة ؟

.....

Tractive effort = 50 × 20 = **1000 kg**

تاثير ميل الطريق grade :

من الواضح ان الالية اذا كانت تسير على منحدر بميل معين صعودا فانها تحتاج لقوة سحب **tractive effort** اضافية لاخذ الانحدار بالاعتبار . العامل المهم هنا هو ميل الانحدار **slope** والذي يعطى كنسبة مئوية فمثلا 1% تعني ان الطؤيق يرتفع 1 متر على مسافة 100 متر من الطريق (مسافة مائلة) وهكذا . يوضح الشكل (2) اشتقاق المعادلة اللازمة لاخذ الميل بالاعتبار :



الشكل (2) اشتقاق تاثير ميل الطريق

الان لناخذ حالة خاصة ومنها نكتب صيغة عامة . الوزن نفرضه طن واحد والميل 1% لذلك يكون :

$$P = W \sin \theta$$

$$\sin \theta = 1/100$$

$$\text{so : } P = 1000 \times 1/100 = 10 \text{ kg / ton}$$

الان كلما ازداد **w** ازداد **P** بشكل متناسب وكذلك الميل لذلك :

$$P = 10 \times W \times \text{slope}$$

% P in kg , W in tons , slope in

مثال – 2

مركبة وزنها الكلي 30 طن تسير على طريق له مقاومة تدحرج 60 **kg/ton** ما هي القوة اللازمة لجعلها تسير بسرعة ثابتة اذا كان الطريق مائل صعودا بميل 3%؟

.....

نحسب اولا القوة اللازمة لمقاومة التدحرج **RR**:

$$RR = W \times R = 30 \times 60 = 1800 \text{ kg}$$

نحسب ثانيا القوة اللازمة لمقاومة الميل **GR**:

$$GR = \mathbf{10 \times W \times slope = 10 \times 30 \times 3 = 900 \text{ kg}}$$

القوة الكلية اللازمة :

$$P = RR + GR = 1800 + 900 = \mathbf{2700 \text{ kg}}$$

القوة الصافية المتاحة في المحرك Net available force in engine

ان محرك الالية هو الذي يوفر القوة اللازمة لحركتها ويجب ان يتغلب على الاثنين معا : مقاومة الدحرجة ومقاومة الميل لذلك :

Net available force in engine = total engine force × operating factor – (RR + GR)

مثال – 3

اذا كانت القوة الكلية للمحرك 4000 كغم وبمعامل تشغيل 0.85 للمثال 2 اعلاه فما هي القوة الصافية للمحرك ؟

.....

Net available force = 4000 × 0.85 – (1800 + 900) = **700 kg**

حالة الحمل الاضافي Additional load

اذا كانت الالية تسحب حملا اضافيا فيجب ادخاله عند حساب تاثير الميل . وكمثـال اذا كانت الالية في المثال 3 اعلاه تسحب حملا اضافيا مقداره 5 طن فانه :

$$RR = W \times R = (30+5) \times 60 = 2100 \text{ kg}$$

$$GR = \mathbf{10 \times W \times slope = 10 \times (30+5) \times 3 = 1050 \text{ kg}}$$

$$P = RR + GR = 2100 + 1050 = \mathbf{3150 \text{ kg}}$$

$$\text{Net available force} = 4000 \times 0.85 - 3150 = \mathbf{250 \text{ kg}}$$

تاثير الميل في تحديد مكان توريد التربة Borrow pit load

تذهب الاليات الى مكـان توريـد التربـة وهي فارغـة وتعـود منهـا وهي محملـة بالتربـة ولذلك يفضل اختيار هذا المكان **borrow pit** بحيث يكون اعلى منسوبا حتى نستفيد من الميل اثناء العودة . التاثير هنا هو انه يجعل الاليـات تسير بسـرعة اكبر او تحمل اثقالا اكثر .

معامل السحب Coefficint of tracking

هناك عادة قوتان عند اطارات الالية (او السرفة) احدهما هي قوة السحب الـتي يبـذلها المحرك والثانية هي الحمل المسلط على الاطار او السرفة (وزن الالية والاحمال الـتي عليها والاحمال التي تقوم بسـحبها ان وجـدت) . الان يجب ان لا يحـدث الانـزلاق بين الاطــار او الســرفة وبين الطريــق . يعـرف معامـل الســحب على انــه قـوة المحـرك (الافقية) مقسومة على قوة الحمل المسلط (راسية) بحيث لا يحـدث الانـزلاق . اي انه المعامل الذي نضربه في الوزن (الحمل) لكي نحصل على قوة المحـرك اللازمـة . وهو بهذا يشبه معامل الاحتكاك :

$$\frac{pulling\ engine\ force}{weght\ on\ tire} = \textbf{Coefficient of traction}$$

يعتمـد المعامـل على خشـونة سـطح الطريـق وخشـونة سـطح الاطـارات **tread** او السرف **grouser**

تسمى قوة السحب للالية التي تبذلها هنا **rim pull**

مثال – 4

اذا كان الحمل الكلي على اطـاري الاليـة الـدافعين 01800 كغم واقصـى سـحب **rim pull** للمحرك 9000 كغم والارض رملية رطبة (معامـل سـحب 0.3) فمـا هي قـوة السحب عند وشك الانزلاق ؟

.....

$$\frac{pulling\ engine\ force}{weght\ on\ tire} = \text{Coefficient of traction}$$

So : pulling force = 0.3 × 18000 = **5400 kg**

معنى ذلك انه لا يمكن بذل اكثر من 5400 كغم لانها ستكون بعد الانزلاق .

مثال – 5

اعد حل المثال 4 اذا كانت الارض من الطين الجاف (معامل سحب 0.6) .

.....

Pulling force = 0.6 × 18000 = **10800 kg**

هنا نجد ان قوة المحرك 900 كغم غير كافية لذلك لا يحدث الانزلاق ولا تتمكن الالية من السير في هذه الحالة

مثال – 6

ما هو معامل السحب في المثال 4 و 5 اعلاه الذي يسبب الانزلاق عندما تستعمل الالية كل قوتها الدافعة؟

.....

$$\frac{pulling\ engine\ force}{weght\ on\ tire} = \text{Coefficient of traction}$$

So : Coefficient of traction $= \frac{9000}{18000} =$ **0.50**

قوة السحب في الاليات المجنزرة Drawbar pull

كما هو واضح فان هذا المصطلح خاص بالاليات المجنزرة اي التي تتحرك على السرف . وتسمى ايضا **crawler** .

ومن المهم ان نذكر هنا تاثير الميل حيث ان قوة السحب تنقص بمقدار 10 كغم لكل طن مقابل كل ميل بمقدار 1% .

لفحص قوة السحب للاليات يتم تسييرها في طريق مخصص لذلك **haul road** بحيث يكون له مقاومة تدحرج 50 كغم / طن . ويتم اخذ الفرق عن هذه الحالة القياسية **standard** بالاعتبار عبر المعادلة :

Difference = W (ton) × (RR – 50)

وبالاخذ بالاعتبار ايضا ميل الطريق الفعلي الذي تسير عليه الالية تكون قوة السحب **Drawbar pull** الفعالة :

Effective Drawbar pull = Original Drawbar pull - [Difference + Drawbar pull to overcome grade]

مثال – 7

جرار على السرف وزنه 15 طن له قوة سحب **Drawbar pull** مقدارها 2000 كغم في ال **sixth gear** ومقاومة التدحرج 50 كغم / طن فاذا شغل على طريق له مقاومة تدحرج 82 كغم/طن :

- هل ستزداد ام تنقص قوة السحب للجرار ؟ احسبها
- كم ستكون قوة السحب اذا كان ميل الطريق الثاني 3% مرة للاعلى ومرة للاسفل ؟

.....

- بما ان مقاومة التدحرج للطريق اكبر فان قوة السحب ستقل وسيكون :

Difference = W (ton) × (RR – 50)

= 15 × (50 – 82) = 480 kg

Effective Drawbar pull = Original Drawbar pull - [Difference + Drawbar pull to overcome grade]

kg for up grade 1070 = [3 × 10 × 15 + 480] – 2000 =

kg for up down 1970 = [3 × 10 × 15 - 480] – 2000 =

لاحظ ان القوة اللازمة لمقومة الميل تصبح قوة مساعدة اذا كا الميل نزولا ولذلك تضاف الى قوة السحب .

قوة السحب في الاليات ذات الاطارات Rim pull

كما هو واضح فان هذا المصطلح خاص بالاليات ذات الاطارات اي التي تتحرك على الاطارات **tires** .

توجد صيغة تعطينا هذه القوة كما يلي :

$$\frac{274 \times hp \times efficiency}{speed\ (\frac{km}{hr})} = \textbf{Rim pull (kg)}$$

to 0.85 0.80 = *efficiency*

لاحظ انه لا داعي هنا لعمل اختبار في طريق خاص للتوصل الى قوة السحب كما في حالة الاليات المجنزرة وانما نحصل عليها هنا من المعادلة اعلاه .

ومرة اخرى يمكن ان نحصل على قوة السحب الصافية من المعادلة :

Available rim pull = Max rim pull - [rim pull for RR + rim pull to overcome grade]

مثال – 8

جرار على الاطارات وزنه 12.4 طن له قوة سحب **rim pull** مقدارها 6228 كغم في ال **first gear** و ميل الطريق للاعلى 3% ومقاومة التدحرج 45 كغم / طن كم ستكون قوة السحب المتوفرة لسحب حمل ما ؟

.....

Pull to overcome grade = 12.4 × 10 × 3 = 372 kg

Pull to overcome R R = 45 × 12.4 = 558 kg

Available pull = 6228 – 372 – 558 = **5298** kg

مثال – 9

جرار على الاطارات له قدرة 250 حصان وزنه 12.4 طن له سرعة قصوى 8 كم بالساعة في ال **first gear** و ميل الطريق للاعلى 2% ومقاومة التدحرج 50 كغم / طن كم ستكون قوة السحب المتوفرة لسحب حمل ما اذا كانت الكفاءة 80% ؟

.....

$$\frac{274 \times hp \times efficiency}{speed\,(\frac{km}{hr})} = \text{Max rim pull}$$

$$\text{kg } 6850 = \frac{274 \times 250 \times 0.8}{8} =$$

Pull to overcome grade = 12.4 × 10 × 2 = 248 kg

Pull to overcome R R = 50 × 12.4 = 620 kg

Available pull = 6850 – 248 – 620 = **5982** kg

مثال – 10

جرار على الاطارات له قدرة 250 حصان له سرعة قصوى 6.2 كم بالساعة في ال **first gear** كم ستكون اقصى قوة سحب له في الحالات التالية اذا كانت الكفاءة 85% ؟

, 2nd gear with a speed 11.5 km/hr

3rd gear with a speed 19.8 km/hr

4th gear with a speed 34.6 km/hr

.....

.

$$\frac{274 \times hp \times efficiency}{speed\,(\frac{km}{hr})} = \text{Max rim pull}$$

: **So**

For 2nd gear with a speed 11.5 km/hr : **5063 kg**

For 3rd gear with a speed 19.8 km/hr : **2940 kg**

For 4th gear with a speed 34.6 km/hr : **1683 kg**

قابلية التدرج Gradability

هي اقصى ميل يمكن ان تدرج عليه الالية (مهما كان نوعها) صعودا بسرعة ثابتة .

يمكن ان تكون الالية محملة او فارغة :

تكون قابلية التدرج للالية الفارغة اكبر من المحملة

تكون هناك قيمة لقابلية التدرج للالية عند كل **gear** .

يعبر عنها بالميل مثلا 6% والتي تعني هنا مثلا ان الالية لن تستطيع ان تصعد ميلا اكثر من 6%

ولتحويلها الى قوة سحب نستعمل المعادلة السابقة الخاصة بمقاومة الانحدار لكننا نضع هنا بدل الميل المتوفر الميل الاقصى ويكون :

%Pull to overcome grade = 10 × W × gradability

وكمعامل امان لا تؤخذ كاملة وانما يؤخذ منها مقدار بمعامل 0.85

مثال – 11

جرار زاحف وزنه 20.25 طن يسحب مكشطة **scraper** على الاطارات له قدرة 180 حصان له قوة سحب في ال **first gear** مقدارها 15300 كغم وزنه 20.25 طن ووزن القاشطة مع حمولتها 39.48 طن ومقاومة التدحرج للجرار 73 كغم / طن وللقاشطة 95 كغم /طن احسب قابلية التدرج للجرار وهو محمل ثم وهو فارغ .

.....

For loaded tractor :

Pull for RR of tractor = 73 × 20.25 = 1478.25 kg

Pull for RR of scraper = 95 × 39.48 = 3750.6 kg

Combined RR pull = 1478.25 + 3750.6 = 5228.85 kg

Available pull for grade = 15300 – 5228.85 = 8271.15 kg

Combined weight = 20.25 + 39.48 = 59.73 tons

So : 8271.15 = 59.73 × 10 × gradability

Gradability = **13.85%**

For tractor alone :

Pull for RR of tractor = 73 × 20.25 = 1478.25 kg

Available pull for grade = 15300 – 1478.25 = 12021.75 kg

So : 12021.75 = 20.25 × 10 × gradability

Gradability = **59.37%**