استقراريه الجرار Tractor stability

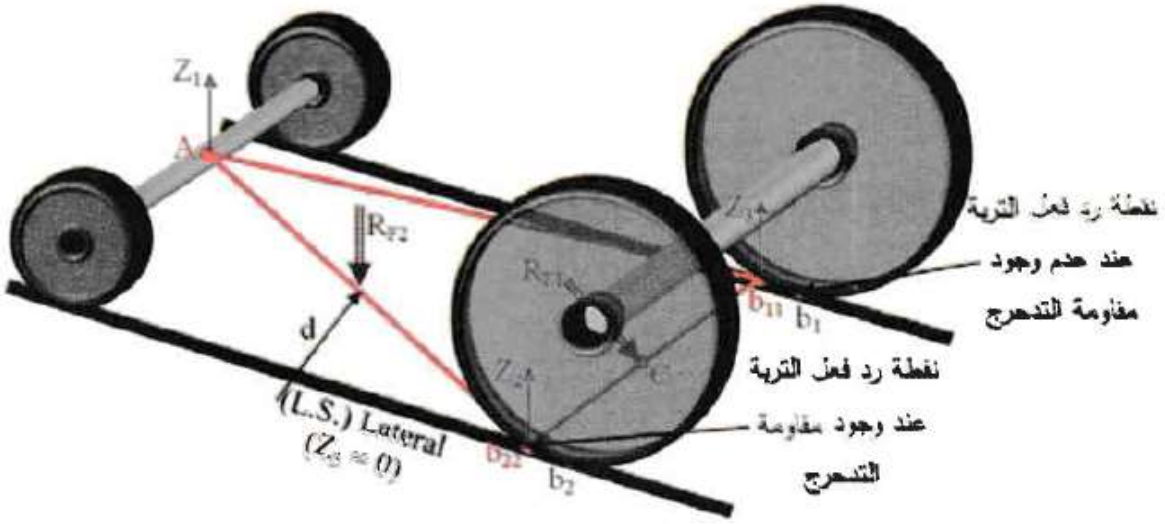
تعتبر استقراريه الجرار ذات أهمية من الناحية الاجتماعية والفنية، ففي كثير من البلدان تحدث كثير من الحوادث التي سببها عدم استقراريه الجرار والتي يذهب ضحيتها كثير من العاملين بالإضافة الى الخسائر المادية الكبيرة اثناء العمل. ويزداد خطر الانقلاب عند العمل على المنحدرات والالة مربوطة على الجرار لذلك يجب ان تتخذ بعض الإجراءات لمنع او تقليل هذه المخاطر. والجرار يتعرض لنوعين من الانقلاب:

الانقلاب الطولي (الاستقراريه الطولية) والانقلاب العرضي (الاستقرارية العرضية)،

النوع الأول يحدث عندما يسحب الجرار حملا ويزداد الحمل بصورة مفاجئة كاصطدام الالة بعائق في التربة او صعود منحدر زاوية ميله كبيرة. اما النوع الثاني فيحدث عند العمل على المنحدرات والجرار يحمل وزنا كما هي الحال عند استخدامه كمحمله (شفل)

حدود الاستقرارية Limits of stability

يوضح الشكل الاتي توزيع الوزن على عجلات الجرار، فالوزن يستند على المحور الامامي عند النقطة A وعلى العجلات الخلفية عند النقطة b_1 وb_2 اذا كانت مقاومة التدحرج المؤثرة على العجلات تساوي صفرا او عند النقطتين b_{11} و b_{22} عند وجود مقاومة التدحرج، وعند ربط هذه النقاط فان المثلث يمثل مثلث الاستقرارية والذي تمر عند رؤوسه رد فعل التربة Z_1 المؤثرة على العجلات الامامية و Z_2 و Z_3 المؤثرة على العجلات الخلفية اليسرى واليمنى.



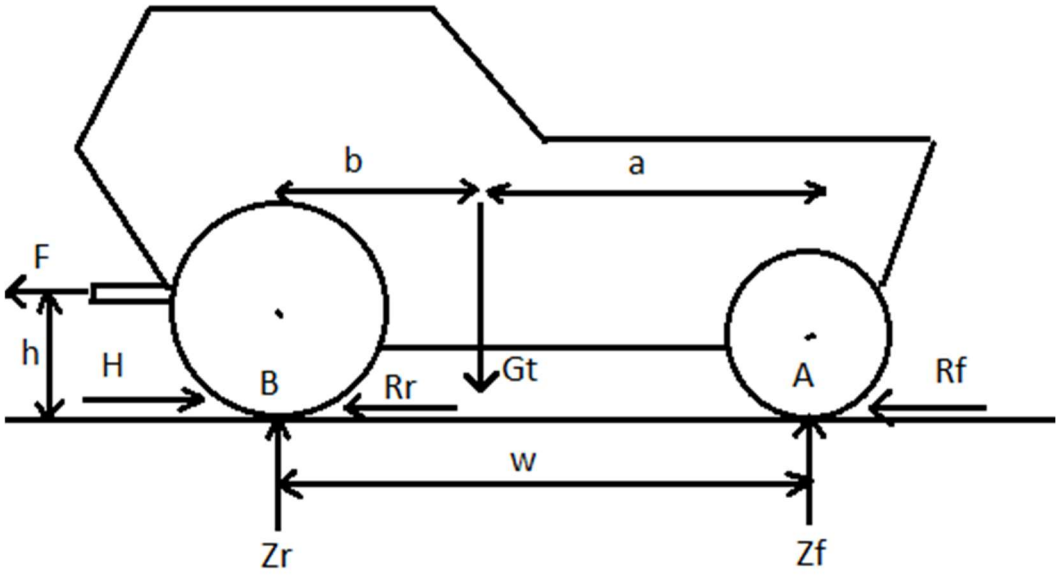
تحدث عدم الاستقرارية عندما تمر محصلة كل القوى التي يؤثر على الجرار عند محيط هذا المثلث. فعدم الاستقرارية الطولية تحدث عندما محصلة القوى RF_1 عند النقطة C وقيمة Z_1 تساوي صفر، اما عدم الاستقرارية الجانبية فتحدث عندما تمر RF_2 عند النقطة d وقيمة Z3 تساوي صفرا وقوى التي تشكل المحصلة RF التي تؤدي الى قلب الجرار تشكلها الاتية التي تؤثر على الجرار:

1. محصلة القوى التي تؤثر على الجرار ومصدرها الالة.
2. وزن الالة
3. القوى المتأتية من عزم القصور الذاتي وهذه القوى ذات تأثير محدود لكون سرعة الجرار منخفضة مقارنة بالعجلات الأخرى.

الاستقرارية الطولية Longitudinal stability

أ. الاستقرارية الطولية على السطح الافقي

يوضح الشكل الاتي القوى المؤثرة على الجرار اثناء حركته وهي الوزن ورد فعل التربة على العجلات الامامية والخلفية وقوة السحب. تحدث عدم الاستقرارية عندما تصبح Zf = 0 وهذا يحدث عندما يصبح الوزن المنقول مساويا الى الوزن الاستاتيكي على العجلات الامامية Zf. ومعامل الاستقرارية (معامل الأمان) مساويا (1) ولتوضيح ذلك ناخذ عزم حول النقطة B.



Zf . w + F .h = Gt . b

∴ Zf . w = Gt . b – F . h

$$Zf = Gt \cdot \frac{b}{w} - F \cdot \frac{h}{w} \dots\dots\dots\dots (1)$$

حيث

Gt = وزن الجرار kN

F = قوة السحب kN

$F \cdot \frac{h}{w}$ = الوزن المنقول

$Gt \cdot \frac{b}{w}$ = الوزن الاستاتيكي للعجلات الخلفية

عندما Zf = 0 فان

$$0 = Gt\,.\frac{b}{w} - F.\frac{h}{w}$$

$$F.\frac{h}{w} = Gt\,.\frac{b}{w}$$

F. h = Gt . b ……(2)

اما معامل الاستقرارية فيمكن حسابه كالاتي

$$S.F = \frac{Gt\,.b}{F\,.h} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

يلاحظ من المعادلة (3) كلما زادت b وقلت h كلما زاد معامل الاستقرارية (معامل الأمان) لذلك يصمم عمود السحب بحيث لا يزيد ارتفاعه عن 0.5 م . اما الانقلاب فيحدث عندما يكون الوزن Gt خارج النقطة A وعندها يتحلل الى مركبتين، المركبة الافقية Gt sin θ والمركبة العمودية Gt cos θ والزاوية θ يمكن حسابها كالاتي

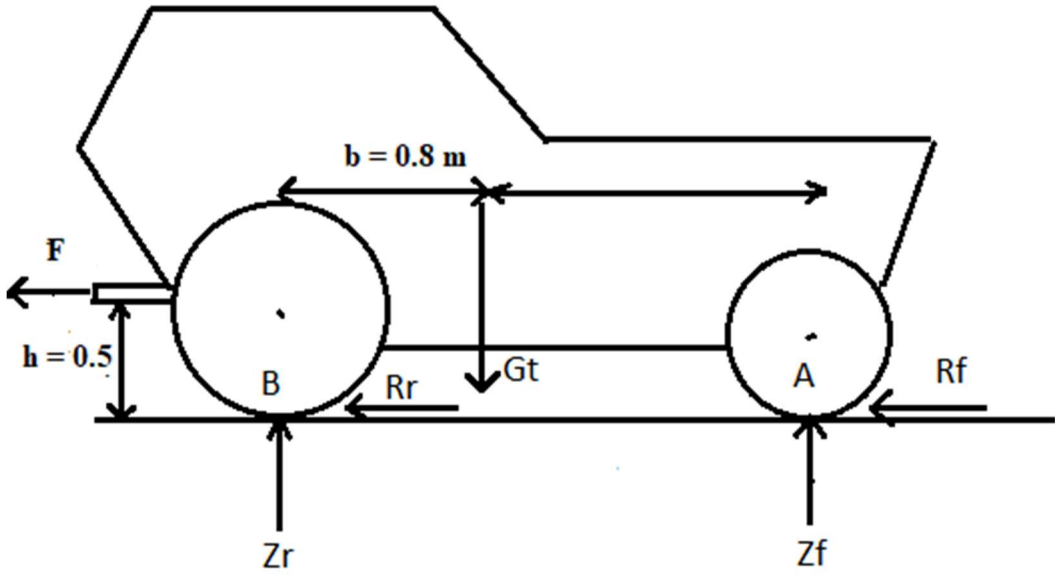
$$\theta = tan^{-1}\frac{b}{hg}$$

حيث hg = ارتفاع مركز الثقل عن سطح الأرض

.....

مثال

جرار كتلته 3 طن يسحب حمل يحتاج الى 12 كيلو نيوتن، احسب معامل الأمان وقوة السحب التي تؤدي الى عدم الاستقرارية اذا كان مركز الثقل يبعد عن العجلات الخلفية بمقدار 0.8 م وارتفاع السحب 0.5 م.



الوزن Gt

Gt = 3 * 9.81 = 29.43 Kn

معامل الأمان

$$S.F = \frac{Gt\ .b}{F\ .h} = \frac{29.43 * 0.8}{12 * 0.5} = 3.92$$

قوة السحب F التي تؤدي الى عدم الاستقرارية (Zf = 0)

(S. F =1)

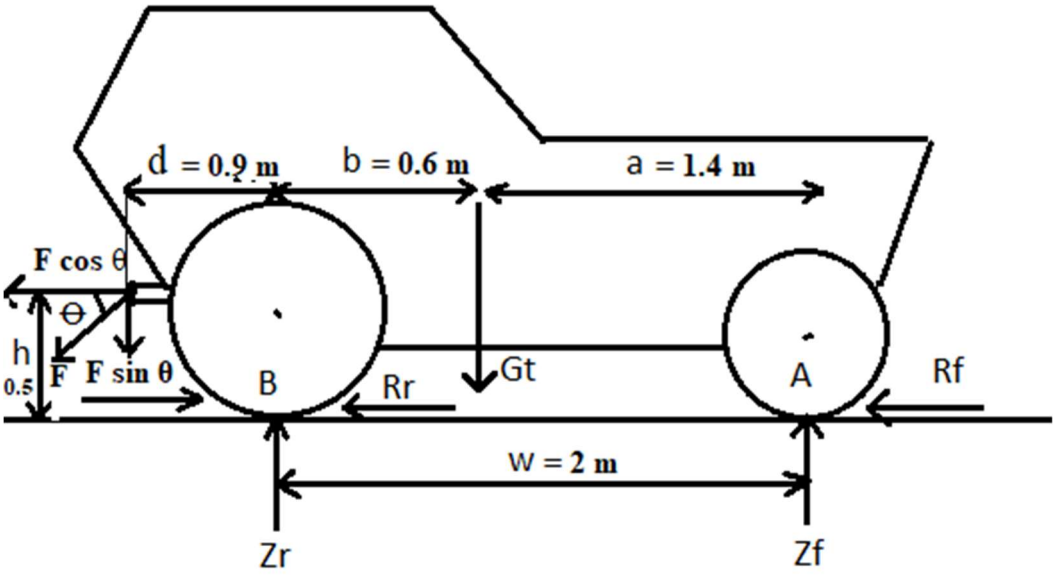
F . h = Gt . b

$$F = Gt.\frac{b}{h} = 29.43 * \frac{0.8}{0.5} = 47.09\ kN$$

……

مثال2

جرار كتلته 4 طن المسافة بين عجلاته الامامية والخلفية 2 م ومركز الثقل يبعد عن العجلات الامامية بمقدار 1.4 م يسحب الة تحتاج الى 20 كيلو نيوتن وقوة تميل بزاوية مقدارها 30 درجة. احسب معامل الأمان وقوة السحب التي تؤدي الى عدم الاستقرار اذا كان عمود السحب يرتفع عن سطح الأرض بمقدار 0.5 م ونقطة الشبك تبعد عن مركز العجلات الخلفية بمقدار 0.9 م.



معامل الأمان

$$SF = \frac{Gt\ .b}{Fcos\ \theta\ .\mathrm{h} + \mathrm{F}\sin\theta\ .\mathrm{d}}$$

Gt = 3 * 9.81= 39.24 kN

$$SF = \frac{39.24 \,.\, 0.6}{20\ cos\ 30\ .0.5 + 20 \sin 30\ .\ 0.9} = 1.3$$

قوة السحب F التي تؤدي الى عدم الاستقرارية (Zf = 0)

F cos θ . h + F sin θ . d = Gt . b

F(cos θ . h + sin θ . d) = Gt . b

F(cos 30 * 0.5 + sin 30 * 0.9) = 39.24 * 0.6

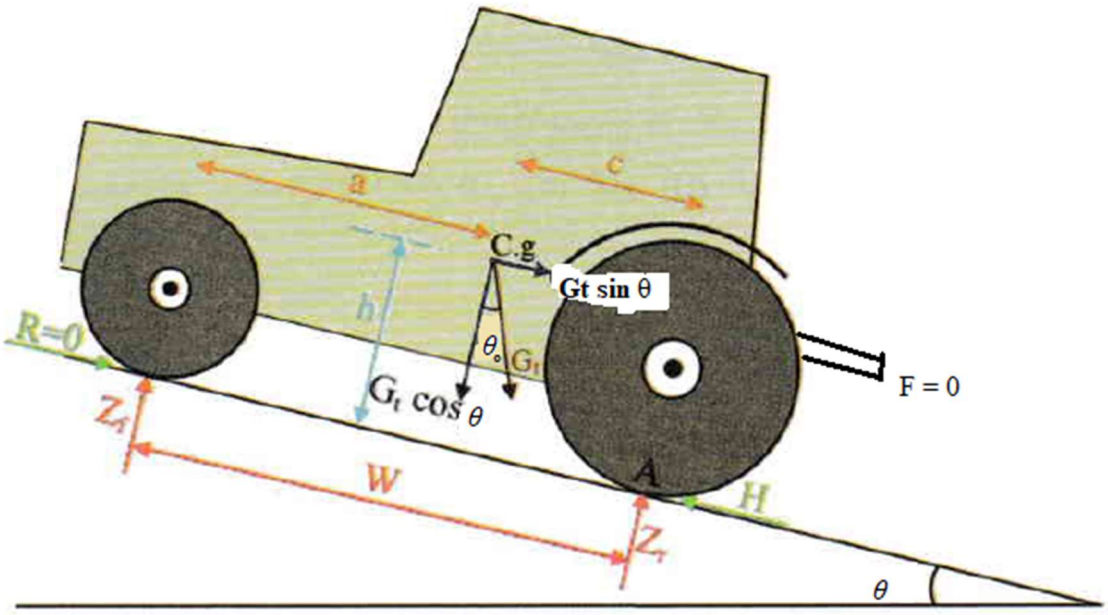
$$F = \frac{23.54}{0.88} = 26.75\ kN$$

……..

ب. الاستقرارية الطولية على السطح المائل

يوضح الشكل الاتي القوى التي تؤثر على الجرار عند حركته على سطح مائل ومن هذه القوى الوزن Gt وقوة الدفع H ومقاومة التدحرج نفترض أولا ان قوة السحب F = 0 ، وفي هذه الحالة تقل الاستقرارية الطولية كلما زاد انحدار السطح (θ) ويحدث الانقلاب عندما تتساوى زاوية ميل السطح θ مع زاوية الاستقرار الاستاتيكية (θ◦) للجرار التي يمكن حسابها كالاتي

$$\theta_{\circ} = tan^{-1} \frac{b}{hg}$$



عندما تتساوى الزاويتين θ و θ◦ فان وزن الجرار Gt يمر خارج النقطة B و Zf تصبح صفرا فيحدث الانقلاب كما يرافق الزيادة بزاوية ميل السطح انزلاق عالي يصاحبه توقف بالحركة في بعض الأحيان ويطلق على هذه الظاهرة wheel spin وتتوقف الحركة نهائيا عندما تتساوى قيمة H مع المقاومات على الجرار

$H = Gt \sin\theta + Rf + Rr$

اما عندما توجد قوة سحب F فان عدم الاستقرارية، تزداد احتمالية الانقلاب تحدث على أسطح اقل ميلانا وتبدأ عدم الاستقرار عندما تصبح $Zf = 0$ ومعامل الأمان يمكن حسابه كالاتي:

$$SF = \frac{Gt \cos\theta \ . \ b}{F \ . \ h + Gt \sin\theta \ . \ hg}$$

اما زاوية انحدار السطح الذي يمكن العمل عليه مع توفر استقرارية مقبولة هي الزاوية التي تعطى معامل استقرارية اكبر من واحد (1). والقيمة الأدنى لهذا هو 1.25 . اما زاوية الانحدار التي تؤدي للانقلاب يمكن حسابها كالاتي

$$\theta_F = tan^{-1} \frac{\frac{b}{hg} - \frac{\mu . h}{hg}}{1 - \frac{h}{hg}}$$

حيث

θ_F = زاوية الميل التي تؤدي للانقلاب بوجود قوة السحب

μ = معامل الدفع

h = ارتفاع عمود السحب

b = بعد مركز الثقل عن مركز العجلات الخلفية

hg = ارتفاع مركز الثقل عن سطح الأرض

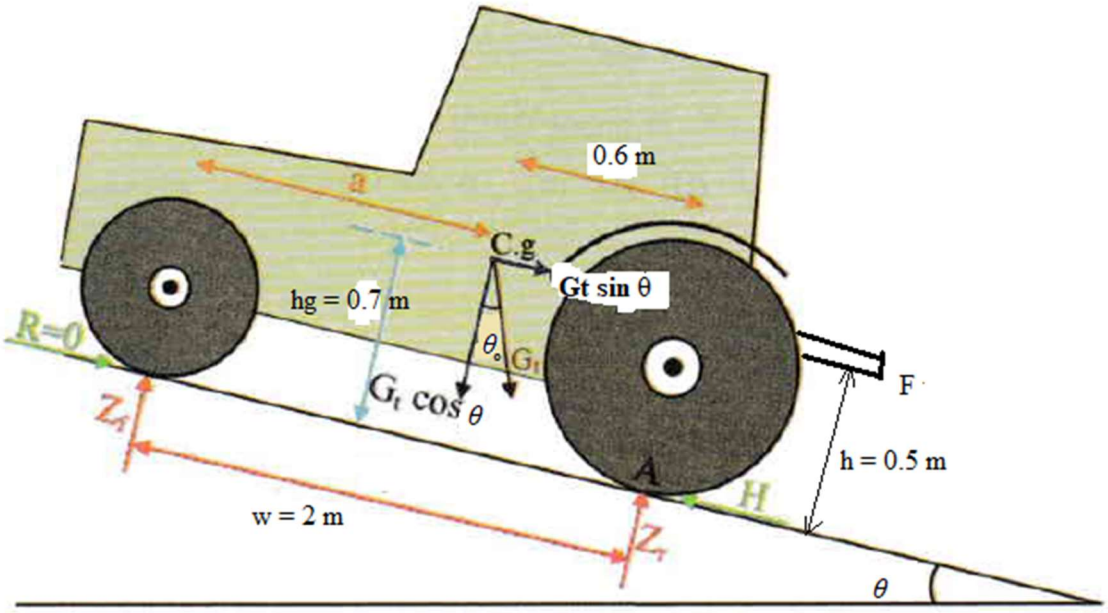
معامل الدفع μ يحسب كالاتي

$$\mu = \frac{H}{Zr}$$

.....

مثال

جرار كتلته 4 طن يسحب حمل مقداره 10 كيلو نيوتن على سطح زاوية ميله 25 درجة، احسب معامل الاستقرارية (الأمان) وما هي قوة السحب التي تؤدي للانقلاب اذا كانت ابعاد الجرار كما موضحه بالشكل الاتي:



وزن الجرار

Gt = 4 * 9.81=39.24 kN

معامل الأمان

$$SF = \frac{Gt \cos\theta \ * \ 0.6}{Gt \sin\theta * 0.7 + F \ . \ h}$$

$$SF = \frac{39.24 \cos 25 \ * \ 0.6}{39.24 \sin 25 * 0.7 + 10 \ . \ 0.5} = 1.28$$

قوة السحب الي تؤدي للانقلاب (Zf = 0)

F . h + Gt sin θ * 0.7 = Gt cos θ * 0.6

F = 39.24 (cos 25 *0.6 – sin 25 * 0.7) / 0.5

F = 19.46 kN

……

مثال

احسب زاوية ميل السطح التي تؤدي لانقلاب الجرار الموصوف بالمثال السابق عندما تكون قوة السحب 10 كيلو نيوتن
افترض مقاومة التدحرج تساوي صفر

قوة الدفع

H = Gt sin θ + F

يحدث الانقلاب عندما يمر وزن الجرار Gt خارج نقطة ارتكاز العجلات الخلفية وزاوية التي تؤدي الى ذلك يمكن حسابها

$$\theta = \tan^{-1}\frac{b}{hg} = \tan^{-1}\frac{0.6}{0.7} = 40.6^{\circ}$$

حيث θ = زاوية الاستقرار الاستاتيكية

$$H = 39.24 \sin 40.6 + 10 = 35.66\ kN$$

$$\mu = \frac{H}{Zr}$$

كما انه عند الانقلاب تصبح $Zr = Gt$ لان الوزن ينقل بأكمله الى العجلات الخلفية لكون $Zf = 0$

$$\mu = \frac{35.66}{39.24} = 0.91$$

زواية ميل السطح التي تؤدي الى الانقلاب

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\frac{b}{hg} - \frac{\mu.h}{hg}}{1 - \frac{h}{hg}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\frac{0.6}{0.7} - \frac{0.91 * 0.5}{0.7}}{1 - \frac{0.5}{0.7}} = \tan^{-1}0.72$$

$$\Theta = 35.9^{\circ}$$