تحليل تجريبي للاجهادات المتولدة في ساق المحراث لسرع وأنواع تربة مختلفة

سعد توفيق محمد
قسم الهندسة الميكانيكية

الخلاصة

تم خلال هذا البحث دراسة تحليل الاجهادات في ساق المحراث تحت التربة (subsoiler) اثناء الحراثة لسرع ونوع تربة مختلفتين. حيث تم اجراء فحص مختبري للتربة في مختبرات الهندسة المدنية جامعة الموصل وتبين ان نوع التربة الاولى هي طينية والتربة الثانية مزيجية، ثم اجري فحص لنوع المعدن المستخدم في ساق المحراث والخواص الميكانيكية له وتبين ان المعدن من نوع (High quality steel). تم تثبيت الابعاد والقياسات الاساسية لساق المحراث من حيث التصميم الميكانيكي بغية تحليل الاجهادات المتولدة على هيكلية الساق باستخدام تقنية العناصر المحددة (Finite element technique) من خلال تطبيق برنامج (Ansys release 14.0) وبيان مدى تحمله لظروف مشابهة للظروف الحقلية التي يعمل فيها المحراث. اخذت الاجهادات الثلاثية المحاور (x, y, z) اضافة الى الاجهاد المكافئ (Von-Mises) والاجهادات الرئيسية (Principal Stresses) وكذلك نسب الانحراف (Deflection) عن المحاور الثلاثة (x, y, z).

تم خلال المرحلة العملية تثبيت عدد من مجسات الانفعال (Strain Gauges) على ساق المحراث عند كلا الوجهين لغرض قياس الانفعالات ومن ثم احتساب الاجهادات المتولدة عمليا، حيث اخذ عامل السرعة وبثلاث مستويات (2.39، 3.37، 6.35) كم/ساعة وعند نوعين من التربة.

يلاحظ ان قيم الاجهادات في التربة الطينية أعلى مما هي عليه في التربة المزيجية وذلك لاختلاف مكونات نسجة التربتين والذي يؤدي الى اختلاف مقاومة التربتين ، كما يلاحظ زيادة الاجهادات بزيادة السرعة لان الزيادة في السرعة تؤدي الى زيادة الزخم المسلط على ساق المحراث.

Experimental Analysis of the Stress Developed in the Draw-bar During the plowing process for Different Speed and Types of Soil

S.T. Mohammad
University of Mosul/ Collage of Agriculture

Abstract

A stress analysis in the draw- bar during the tillage operation in two different types of soils and speeds has been carried out. The analysis of the soil types was conducted in the laboratory of Civil Engineering, University of Mosul. This analysis revealed two types of soils : clay and mixed, The material of the draw-bar and its mechanical properties were obtained. Then the stresses generated in small scale model were obtained using the finite element analysis using the "Ansys Release 14.0" program. Three dimensional stresses together with the equivalent Von-Mises and principal stresses have been obtained. The percentage deformation in the x,y and z direction were also obtained.

During the operational stage, the stresses were measured using a number of electrical resistance strain gauges type PL-15-11 fixed on both sides of the draw-bar while the tractor was driven in two different soils at varies speeds (2.39, 3.37, 6.35) km/h.

It was observed that the stresses were higher in clay soil more than those in a mixed soil due to the different composition in soil this will create different resistance in both types of soil . It was also observed that stresses increased with increasing speeds due to increase in momentum

Keywords: stress analysis, draw-bar, speed of machinery, soil test.

أستلم: 13 – 10 - 2013 **قبل: 24 –2 - 2015**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمة :

ان حركة معدات الحراثة في التربة يرافقها قوى تعمل على اجبار دقائق التربة المتماسكة والموجودة امامها من الانهيار والانكسار والتفكيك، كما انه في نفس الوقت الذي يصاحب حركة تلك الدقائق هناك اجهادات تتعرض لها تلك المعدات العاملة من قبل التربة، وان قيمة هذه الاجهادات تختلف من حيث الزيادة والنقصان باختلاف الاعماق والتفكيك الذي يحصل للتربة من قبل تلك المعدات وباختلاف سرعة العمل التي تتحرك بها داخل التربة وحتى باختلاف نوع التربة المراد معاملتها [10].

يعرف الاجهاد بانه قياس لكثافة القوى الداخلية الكلية العاملة داخل جسم ما عبر مساحة المقطع العرضي التخيلي، كرد فعل على القوى الخارجية المطبقة وقوى الجسم (تاثير الجاذبية الارضية) ولايمكن قياس الاجهاد مباشرة، ولكن يمكن حسابه من خلال قياسات الانفعال ومعرفة خواص المرونة للمادة من خلال قياس الاجهادات باستخدام مقياس الانفعال (strain meter) [9]

واوضح Adamchuk [4] في دراسة لحساب التغيير المستمر في سلوكية الانفعال والاجهادات على سطح السلاح وبصورة ديناميكية وباستخدام مجس الانفعال (strain gauges) انه كلما زاد عمق الحراثة والسرعة الامامية زادت مقاومة التربة للاختراق وزادت قيم الاجهاد والانفعال، وان اعلى قيمة كانت عند انف السلاح عند اقصى عمق للحراثة، لكن قيمتها بدأت بالانخفاض تدريجيا كلما قل العمق وانخفضت السرعة الامامية للحراثة، وان قيمة الاجهادات بدأت تقل تدريجيا كلما اخذت المسافة تبتعد عن انف السلاح [2].

ونتيجة للعمق الكبير الذي يصله المحراث تحت التربة فانه سوف يلاقي مقاومة واجهادات شديدين من قبل التربة تحاول ان تمنع وتعيق من اختراق ونفوذ سلاح المحراث وعلى ضوء ذلك يجب ان يمتلك سلاح المحراث الذي هو الجزء الاكثر تعرضا للاجهادات والمقاومة صلادة ومتانة عاليتين تمكنه من مقاومة هذه الاجهادات من دون ان يكون هناك اي حالة فشل او تشوه او كسر فيه [3، 11].

ويعتبر تحليل الاجهادات احد الاختصاصات الهندسية التي تقوم بتغطية طرق تحديد وتوزيع الاجهادات والتشوهات المرنة التي تتعرض لها الالات عند خضوعها لقوى او احمال خارجية بغية الوصول الى الهدف المنشود وهو تصميم بنية هندسية ذات موثوقية وامان عالي قادرة على تحمل الشروط التصميمية الموضوعة. ويتضمن تحليل الاجهادات دراسة كافة الاجزاء وتصميم تركيبها وقياساتها تبعا للاجهادات التي تتعرض لها تلك الاجزاء. [9].

يهدف البحث الى اجراء دراسة عددية وتجريبية للاجهادات المستحثة في ساق المحراث وعند سرع ونوع تربة مختلفة.

مواد البحث وطرائقه :

اشتمل الجزء الاول من دراسة البحث على عدة اختبارات منها نوع التربة وتبين ان نوع التربة الاولى طينية والثانية مزيجية وكذلك نوع المعدن المستخدم لساق المحراث تحت التربة حيث تم اجراء الفحص في مختبرات المعهد التقني/نينوى في قسم الهندسة الميكانيكية وباشراف احد المتخصصين في جودة المختبرات وكان المعدن من نوع (High quality steel analloyed) وان قياس مقاومة الشد كانت (590-780) نيوتن/ ملم^2 وصلادة المعدن (143) بمعيار HRB ونسبة الاستطالة هي % (12-14) ، اما اجهاد الخضوع للمعدن فكانت (355-440) نيوتن/ملم^2 [7]. كما تم خلال هذه المرحلة تثبيت الابعاد والقياسات الاساسية لساق المحراث (شكل 1) وبالاعتماد على هذه الابعاد والقياسات وكذلك نوع المعدن المستخدم تم تحديد توزيع الاجهادات المؤثرة على هيكليته بطريقة العناصر المحددة (finite-element) مستخدما برنامج (Ansys release-14) وكان نوع العنصر المستخدم هو SOLID185 وعدد العناصر المستخدمة هو 343 عنصر وعدد العقد في العنصر الواحد هو 8عقد ولكلا الموقعين وبيان مدى تحمله لتلك الاجهادات وذلك من خلال النتائج التي تم الحصول عليها بالاعتماد على الاحمال والقوة المسلطة عليه والتي تم الحصول عليها من المعادلة (1) [5].

$$D = Fi\,[A + B_{(s)} + C_{(s)}^2]\,.\,WT \qquad \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان :

D : قوة سحب الالة (نيوتن)

F : معامل يعتمد على نسجة التربة

A, B, C : عوامل دالة الالة

S : سرعة الحراثة (كيلومتر/ ساعة)

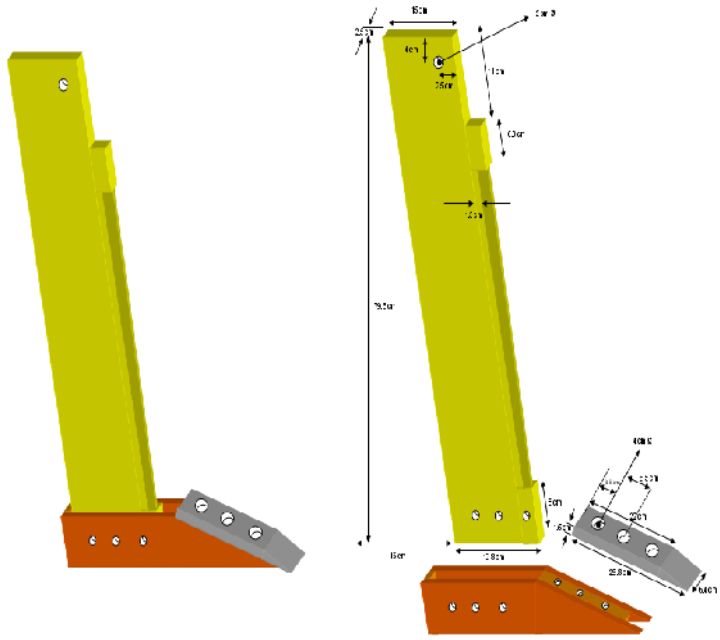
W : عدد الاجزاء للشغالة مع التربة

T : عمق الحراثة (سنتمتر)

i : دليل نوعية التربة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

اما الجزء الثاني والذي يشمل الجانب العملي فقد تم فيه استخدام جهاز قياس الانفعال نوع (strain meter BAM1) وتهيئة مجسات الانفعال نوع TOKYO ,FLA-5-11 SOKKI KENKYOJO Gauge Resist.120± 0.3Ω,Gauge Factor2.14 وعملية لصقها على الساق بعد التهيئة الكاملة للسطح المراد لصق المجس عليه ثم فحص مقاومة مجس الانفعال بواسطة جهاز قياس الفولتية (voltmeter) وذلك للتاكد من عمل المجس بعد لصقه على الساق المعدني [6]. نفذت الحراثة من اجل دراسة تاثير عامل السرعة على الاجهادات وبثلاث مستويات من السرع وهي (2.39، 3.37، 6.35) كم/ ساعة وبثبوت العمق عند 40سم وبموقعين مختلفين لمعرفة تاثير نوع نسجة التربة على الاجهادات. ويبين الجدول (1) مكونات نسجة التربتين.



شكل (1) مخطط ساق المحراث تحت التربة

الجدول (1) مكونات نسجة التربتين

الموقع	نوع التربة	المكونات		
		طين clay	غرين silt	رملي Sand
الاول	طينية	%60	%23	%17
الثاني	مزيجية	%18	%47	%35

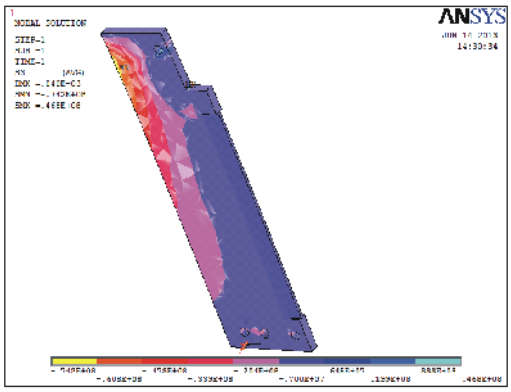
النتائج والمناقشة :

نلاحظ من اشكال توزيع الاجهادات على بدن ساق المحراث تحت التربة (subsoiler) ان النتائج التي تم الحصول عليها بالنسبة للموقع الاول قد سجلت اعلى قيمة عند الاجهادات الرئيسية (principle stresses) الشكل رقم (2-أ) حيث كانت (301) نيوتن/ ملم^2 في الشد (Tension) و (46.2) نيوتن/ملم^2 في الانضغاط (compression) الشكل (2- ب) اما باتجاه y الشكل (2-جـ) فكانت (243) نيوتن/ ملم^2، ثم اجهاد الـ (von mises) الشكل (2- د) وكان (242) نيوتن/ ملم^2،

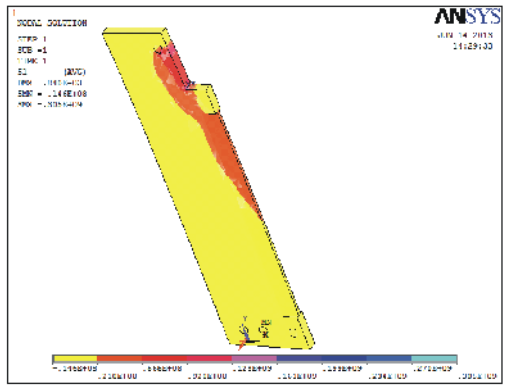
اما باتجاه الـ x الشكل (2-هـ) فكان (161) نيوتن /ملم^2 ثم الاجهاد باتجاه z الشكل (2- و) وكان (52.5) نيوتن/ ملم^2 في حين ان اقل نسبة اجهاد تم تسجيلها كانت عند اجهاد القص الشكل (2- ز) والتي كانت (22.7) نيوتن/ ملم^2.وعند مقارنة النتائج العملية مع النظرية باستخدام نظرية العناصر المحددة وجد ان هناك دقة بنسبة 95% حيث كانت الاجهادات الرئيسية النظرية 301نيوتن/سم^2 بينما الاجهادات الرئيسية العملية 292نيوتن/سم^2 بالنسبة للموقع الاول.اما بالنسبة للموقع الثاني فكانت الاجهادات الرئيسية النظرية 219نيوتن/سم^2 بينما الاجهادات الرئيسية العملية 221نيوتن/سم^2 وهذا يعزى الى ان هناك عدد من المتغيرات التي تؤثر على الجانب العملي منها طبيعة التربة وعدم تناسق توزيعها مع سطح المحراث.

اما بالنسبة للموقع الثاني فان النتائج التي تم الحصول عليها قد سجلت اعلى قيمة لها عند الاجهادات الرئيسية (principle stresses) الشكل (3- أ) وكانت (219) نيوتن/ ملم^2 في الشد (Tension) و (33.3) نيوتن/ ملم^2 في الانضغاط (compression) الشكل (3-ب) اما باتجاه y الشكل (3- جـ) فكانت (176) نيوتن/ ملم^2 ثم اجهاد الـ (von mises) الشكل (3-د) وكان (176) نيوتن/ملم^2 اما باتجاه الـ x الشكل (3-هـ) فكان (112) نيوتن/ ملم^2 ثم اجهاد القص الشكل (3- و) وكان (81.4) نيوتن/ ملم^2 في حين ان اقل نسبة اجهاد كانت باتجاه z الشكل (3- ز) وكانت (37.8) نيوتن/ ملم^2.

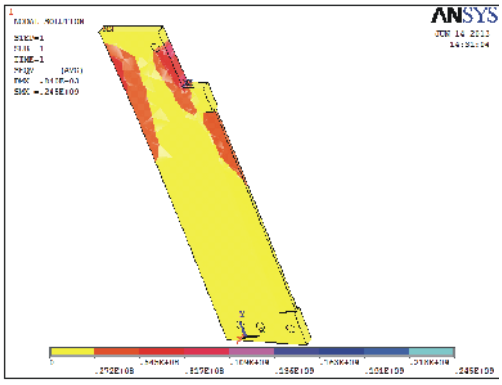
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



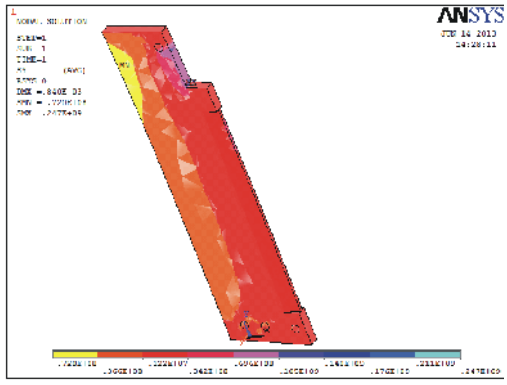
شكل (2-أ) Tension



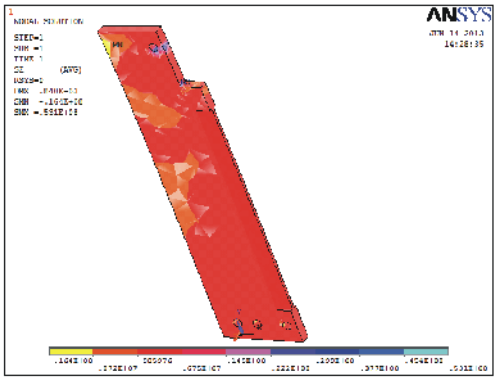
شكل (2-ب) Compression



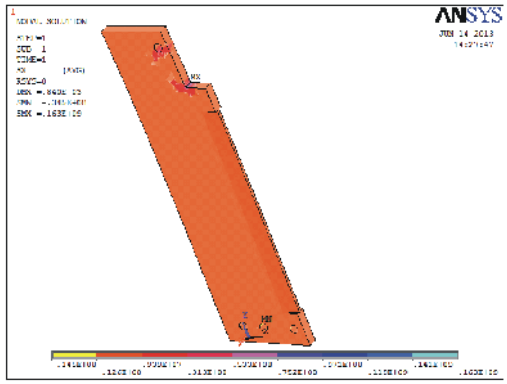
شكل (2-جـ) y-stress



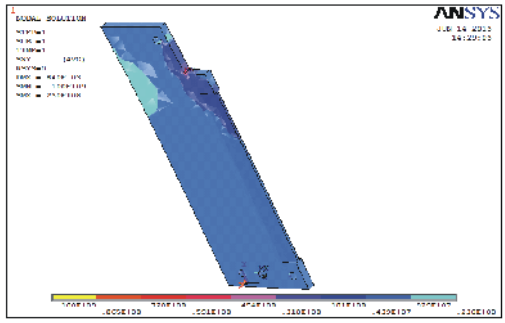
شكل (2-د) Von mises



الشكل (2- هـ) X-stress

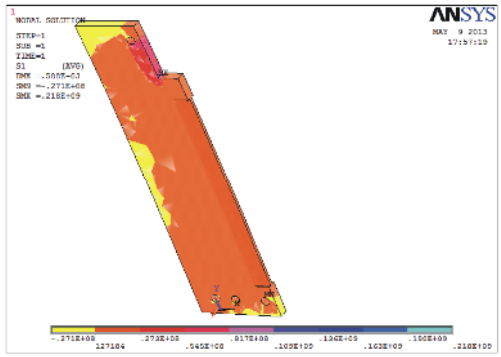


الشكل (2- و) Z-stress

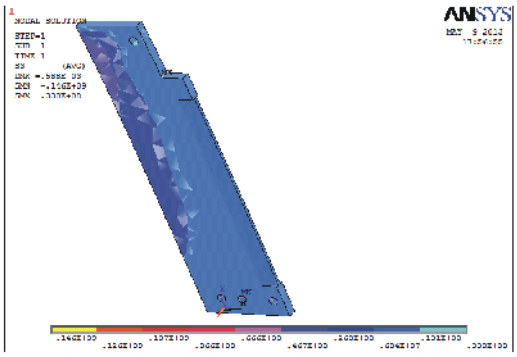


الشكل (2- ز) Shear xy

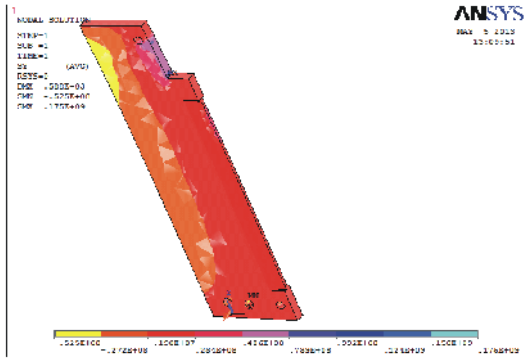
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



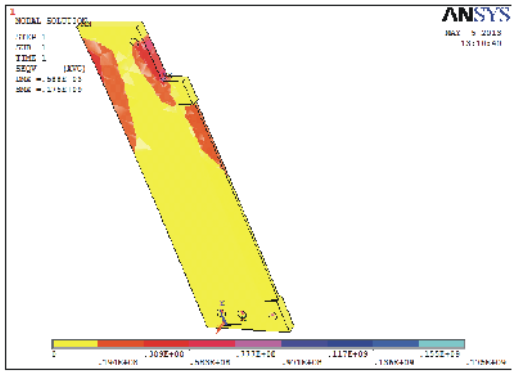
شكل (3-أ) Tension



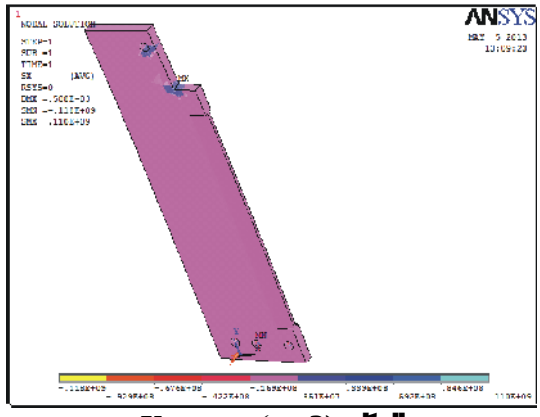
شكل (3-ب) Compression



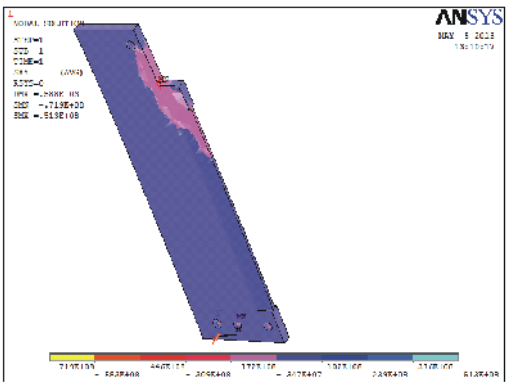
شكل (3-جـ) y-stress



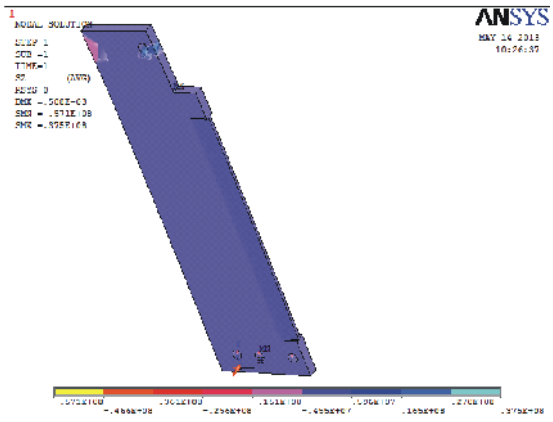
شكل (3-د) Von mises



الشكل (3- هـ) X-stress



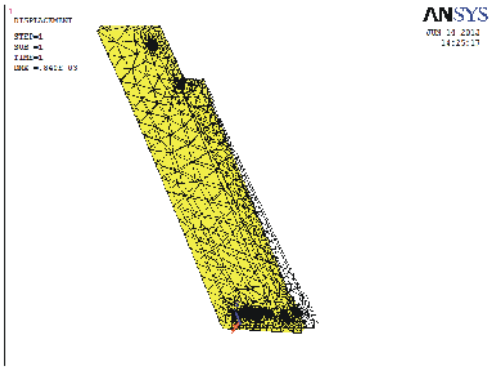
الشكل (3- و) Shear xy



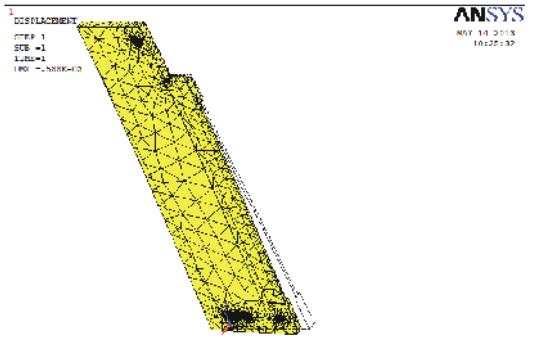
الشكل (3- ز) Z-stress

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وبالرغم من تلك القيم العالية للاجهادات وخصوصا الرئيسية فانها تعتبر ضمن حدود اجهاد الخضوع للمعدن والذي قيمته (420) نيوتن/ ملم^2 وان معامل الامان هو 1.4. اما الانحرافات الحاصلة في ساق المحراث فكانت اعلى قيمة لها هي (8.30) ملم بالنسبة للموقع الاول و (5.93) ملم بالنسبة للموقع الثاني وذلك عند قاعدة الساق، ثم يبدأ الانحراف بالانخفاض كلما ابتعدنا عن قاعدة الساق الشكل (2- ح) والشكل (3- ح)، ويعزى هذا الى أن انف السلاح الذي هو الجزء الاول الذي يلامس التربة ويقوم باختراقها سوف يلاقي مقاومة عالية من قبل التربة تتحول الى اجهادات عند قاعدة الساق وهذا يتفق مع ما اشار اليه [8] من ان انف السلاح يواجه أعظم مقاومة اثناء الحراثة.



الشكل (2-ح)
deformed and undeformed shape



الشكل (3-ح)
deformed and undeformed shape

ويوضح الجدول (2) قيم الاجهادات على ساق المحراث لموقعين مختلفين ولسرع مختلفة وعند عمق 40سم.

الجدول (2) قيم الاجهادات لموقعين مختلفين

الموقع	العمق (سم)	السرعة (كم/ساعة)			الاجهادات (نيوتن/سم^2)		
الاول	40	2.39	3.37	6.35	234	261.5	291.97
الثاني	40	2.39	3.37	6.35	205	216	221

يلاحظ من قيم الاجهادات التي تم الحصول عليها وعند نفس السرعة ولكلا الموقعين ان قيم الاجهادات في الموقع الاول اعلى مما في الموقع الثاني وهذا يعزى الى اختلاف مكونات نسجة التربتين والذي بدوره يؤدي الى اختلاف مقاومة التربتين وكما موضح في الجدول (1) حيث يلاحظ ان تماسك جزيئات التربة في الموقع الاول اكثر وذلك لاحتوائها على نسبة كبيرة من الطين وهذا بدوره يؤدي الى زيادة مقاومة اختراق التربة وبالتالي زيادة الاجهادات [1]، كما يلاحظ زيادة الاجهادات بزيادة السرعة وذلك لان زيادة السرعة تؤدي الى زيادة الزخم المسلط على ساق المحراث (2) وبزيادة الزخم سوف تزداد القوة (F) المسلطة على الساق (3) وهذا بدوره يؤدي الى زيادة الاجهادات وكما هو موضح في الشكل (4) ولكلا الموقعين.

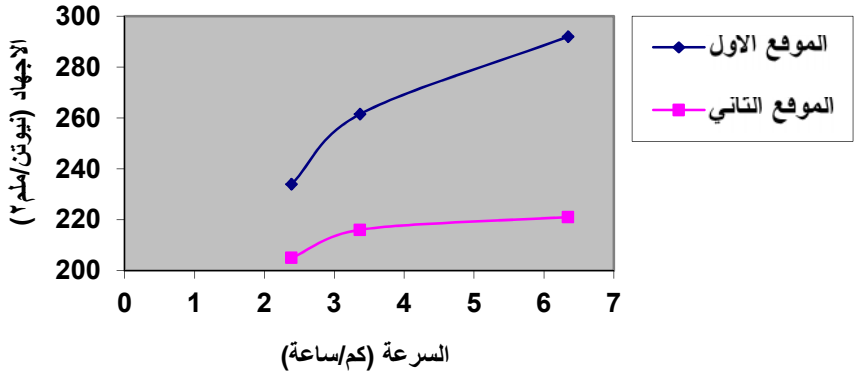
$$P = m.\ v \qquad \text{.....(2)}$$

$$P = F.\ t \qquad \text{..... (3)}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad \text{---------- (4)}$$

حيث أن :
P : الزخم
m : الكتلة
V : السرعة
F : القوة المسلطة على ساق المحراث
t : الزمن
σ : الاجهاد المسلط على ساق المحراث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (4) مخطط اجهاد -سرعة

الاستنتاجات والتوصيات :

من خلال الدراسة والتحليل يمكن التوصل الى مايلي :

1. ضرورة ان يكون هناك معرفة للسرعة المعنية بقيادة الساحبة ونوع وقيم الاجهادات المتولدة عند اعماق مختلفة بغية اجراء التصميم الامثل والاكثر اماناً.
2. ضرورة ان يكون هناك استخدامات واسعة لبرنامج العناصر المحددة نظراً لتخفيض كمية المعدن المستخدم مما ينعكس على الكلفة الاجمالية للساحبة.
3- استخدام قياسات مختلفة للمحراث المصنع وحسب نوع التربة التي سوف تستخدم عمليا.

المصادر :

1. البنا، عزيز رمو (1990). معدات تهيئة التربة، جامعة الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر.
2. حسين ظاهر (2004). التصميم الميكانيكي لبدن محراث مطرحي قلاب من خلال تحليل الاجهادات وقياس الاداء، اطروحة دكتوراه، قسم الممكنة الزراعية، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.
3. ملا علي، صباح محمد جميل (1989) ميكانيك المواد، ترجمة الجزء الاول للمؤلف أيان جون هيران، الطبعة الثانية (2013) دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.
4. Adamchuk, V.I; Morgan, M.T. and Sumali, H. (2001). Application of strain gauge array to estimate soil mechanical impendence on the go. Transactions of ASAE, 44(6); 1377-1383.
5. Agricultural Machinery Management Data. ASAE standards 2001 P.363
6. Hendry, A.W., 1968, Elements of Experimental stress analysis. Printed in Great Britain by page Bros. (Norwich) land d., Norwich.
7. Key to steel (DIN) 1988.
8. Mouzen A.M. and M. Nemeny i (1999). Finite element analysis of subsoiler cutting in non homogenous sandy loam soil. Soil and tillage Res.
9. Shackeford. J.F. “Failure Analysis” The Engineering Handbook Ed. Richard C. DorfBoca Raton; CRC Press LLC, 2000
10. Sharifat. kand Kushwaha, R-L. (2000). Modeling soil movement by tillage tools. Can. Agric. Engi, 42(4): 165- 172.
11. Wole Soboyejo, Marcel Dekker Mechanical Properties of engineered materials Inc. U.S.A. 2000

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com