مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (26) العدد (1)2004
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (26) No (1) 2004

اختيار المقطع العرضي للرافعة الجسرية وحيدة الجائز ذات المقطع العلبي بوزن أصغري وباستخدام الحاسوب

الدكتور عيسى هولا ·

(قبل للنشر في 2004/3/14)

□ الملخّص □

1- النوعية: تستخدم الروافع الجسرية في المصانع والورشات. نقوم في البداية بتحديد نوعية الرافعة حسب حمولتها Q فإذا كانت الحمولة $Q \pounds 5t$ فإننا نختار الرافعة الجسرية وحيدة الجائز وفي حال كون الحمولة $Q \pounds 5t$ نختار الرافعة ثنائية الجائز.

2- الدراسة النظرية: لقد تم اختيار المقطع العلبي للجائز الرئيسي للرافعة وقمنا بإعداد الدراسة النظرية لهذا المقطع، من حيث سماكة الصفائح الأفقية والشاقولية المكونة له، وأبعاده الطولية والعرضية وحصلنا على تابع رياضي يربط العلاقة بينها وبين الحمولة الخارجية استناداً إلى شرط المتانة.

3- الخوارزمية: لقد تم إنشاء خوارزمية لحساب المقطع العرضي استناداً إلى القساوة ثم تدفق وفق المتانة والاستقرار وقد حددت جميع العلاقات والتوابع لهذه الخوارزمية.

4- البرنامج: تم برمجة الخوارزمية المشار إليها أعلاه باستخدام لغة (دلفي)، وهكذا بإعطاء حمولة الرافعة ومجازها وسرعة حركتها تعطينا استناداً إلى الخوارزمية المذكورة أعلاه وباستخدام الحاسوب سماكة الصفائح المكونة للمقطع وأبعاده وكذلك عدد صفائح الدعم الشاقولية ضمن المجاز، والمسافة بينها ووزن الجائز الرئيسي والإجهادات العظمى في المقطع الخطر.

5- النتيجة: إننا نستطيع أن نوفر في كمية المعدن المستخدم في تصنيع الرافعة مع المحافظة على المتانة والقساوة والاستقرار المطلوبين.

· أستاذ مساعد في قسم هندسة الإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق – دمشق–سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (26) العدد (1)2004
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (26) No (1) 2004

Determination of the Cross Section of the Overhead Crane Box-Type with the Minimum Weight by Aid of Computer

Dr. Issa Hola·

(Accepted 14/3/2004)

□ ABSTRACT □

1- Kind: we use overhead crane in factories and workshops. At first, we select the kind of the crane according to capacity (Q), if $Q \leq 5t$ we select the single girder overhead crane and if $Q \leq 5t$ we select double girder overhead crane.

2- Theoretical Analysis: we select the box-type section for the main beam of the crane and prepare the theoretical analysis of this section which explains the relation between the thickness of the vertical and horizontal plates and the dimensions of this section and the load on the beam according to the theory of strength. The outcome was a mathematical function from which we can derive the minimum weight of this section according to the conditions of strength, stability and rigidity.

3- Algorithm: Through this paper we offer algorithm calculation for the section of the single girder overhead crane according to the rigidity and compliance with the conditions of strength and satiability. All the formulae and functions that were included in the algorithm have been determined.

4- Program: the already mentioned algorithm was programmed by the use of (Delphi) computer language and thus, by giving the crane load, the span and the speed, it give us, based on the already mentioned algorithm and the use of computer the thickness of the horizontal and vertical plates section, the dimensions of the section, quantity of the diaphragms and the distance between them in the span of the crane, the weight of the crane and the stress in the dangerous section.

5- Conclusion: as a result, we can economize the amount of the metal when manufacturing the crane, saving the strength, the stability and the rigidity of the crane.

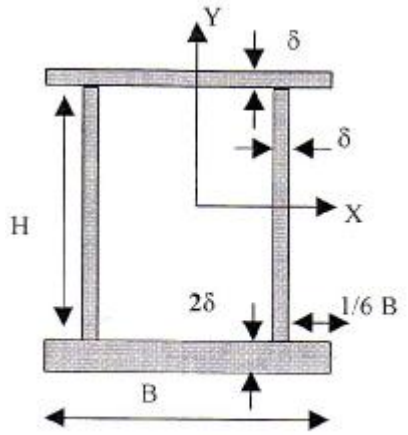
· **Professor At The Dep. Production & Construction Faculty Of The Mechanical & Electrical Engineering Damascus University Syria.**

مقدمة:

إن الروافع الجسرية وحيدة الجائز ذات الحمولات الصغيرة Q £ 5t هي الأكثر انتشاراً في المصانع والورشات ويكاد لا يخلو منها أي مصنع أو ورشة.

ويثبت الجائز الرئيسي في الرافعة المذكورة على جائزين طرفيين مجهزين بدواليب تتحرك على سكتين في طرفي الورشة معطية الحركة الطولانية للرافعة أما العربة فتحمل جهاز الرفع للحمولة وتعطي الحركة الشاقولية في الرافعة وهي أيضاً تتحرك بدولابينها على الزوائد السفلية للمقطع العبي معطية الرافعة الحركة العرضانية وبذلك تستطيع الرافعة تغطية جميع حدود الورشة.

إن المقطع المقترح والمبين على الشكل (1) مشكل من صفائح شاقولية وأفقية اختيرت سماكة الصفائح الشاقولية وسماكة الصفيحة الأفقية العلوية d فيما الأفقية السفلية 2d ومقدار الزيادات في الصفائح الأفقية بمقدار 1/6 من العرض B من كل طرف، وذلك بسبب حركة العربة على ذلك الزوائد.



الشكل (1)

الدراسة النظرية للمقطع العرضي للجائز الرئيسي:

* شرط المتانة:

للدراسة النظرية لهذا المقطع على المتانة اعتبرنا أن:

$$n = B / H \qquad (1)$$

حيث B عرض المقطع و H ارتفاعه الشكل (1).

فيكون سطح المقطع العرضي F:

$$F = 2dH(1+3n/2) \qquad (2)$$

وبإهمال عزوم العطالة الذاتية للصفائح الأفقية حول X والشاقولية حول Y نظراً لصغر القيمة وباعتبار المقطع متناظر تقريباً نحل على:

$$W_X = dH^2(1-9n)/6 \qquad (3)$$

$-W_X$ عزم المقاومة المحوري للمقطع حول X

$$I_X = dH^3(1+9n/2)/6 \qquad (4)$$

I_X– عزم العطالة للمقطع حول المحول X

ومنه الارتفاع

$$H = \sqrt[3]{\frac{6Ix}{d(1+9n/2)}} \qquad (5)$$

$$W_y = ndH^2(4 - 9n)/9 \qquad (6)$$

W_y– عزم المقاومة المحوري للمقطع حول Y

$$I_y = dn^2H^3(4+9n/2)/18 \qquad (7)$$

I_y– عزم العطالة للمقطع حول المحور Y

واستناداً إلى ما سبق نجد أن العلاقة بين W_x وW_y:

$$W_y = W_x[(n/3)(4+9n/2)(1+9n/2)] \qquad (8)$$

وسطح المقطع العرضي F:

$$F = 2d\sqrt{\frac{3w_x}{d(1+9n/2)}}\left(1+\frac{3}{2}n\right) \qquad (9)$$

إن شرط المتانة للجائز الرئيس يكتب:

$$M_x/W_x + M_y/W_y \le [s] \qquad (10)$$

حيث M_x, M_y– عزوم العطالة في المقطع الخطر، $[s]$ الإجهاد المسموح به لمعدن الجائز الرئيسي، وللحصول على أصغر مقطع عرضي يحقق شرط المتانة، تكتب العلاقة (10) بالشكل:

$$M_x/W_x + M_y/W_y = [s] \qquad (11)$$

وعند الأخذ بعين الاعتبار:

$$a = M_y/M_x = 0.8Vt.g \qquad (12)$$

حيث V– سرعة حركة جسر العربة.

t– زمن الوقوف.

g– تسارع الجاذبية الأرضية.

واستناداً على العلاقات السابقة، نحصل على:

$$Wx = \frac{Mx}{[s]}\left[1+\frac{3a(1+9n/2)}{n(4+9n/2)}\right] \qquad (13)$$

فيكون F:

$$F = \sqrt{\frac{12dMx}{[s]}}\sqrt{\left(1+\frac{3}{2}n\right)^2\frac{n(4+9n/2)+3a(1+9n/2)}{n(4+9n/2)(1+9n/2)}} \qquad (14)$$

من العلاقة (14) نرى أنه بتعيين العزم M_x والسماكة d ونوعية المعدن s وباعتبارها قيما ثابتة للمقطع الخطر فإننا نحصل على الوزن الأصغري للمعدن المستخدم في المقطع المدروس بدراسة التابع Y_s:

$$F = \left(I + \frac{3}{2}n\right)^2 \frac{n(4+9n/2)+3a(1+9n/2)}{n(4+9n/2)(1+9n/2)} \qquad (15)$$

وتعيين القيمة الصغرى لهذا التابع باستخدام الطريقة العددية نظراً لصعوبة تحديده بالطريقة التحليلية، وبالتالي نعين m_{min} التي تعطي Y_{smin} حيث $y = f(n)$ وباعتبار a قيمة ثابتة للرافعة المدروسة ومنه:

$$s = \frac{3MxY_{s\min}}{dH^2\left(I + \frac{3}{2}n_{min}\right)^2} \qquad (16)$$

و بمعالجة هذا التابع الرياضي توصلنا إلى تعيين أبعاد المقطع العرضي التي تحقق الوزن الأصغري للمقطع المحقق لشرط المتانة.

شرط الاستقرار الموضعي:

إن الجوائز المرنة المعرضة للحمولة الخارجية والتي لا تستطيع المحافظة على الشكل الأولي لتوازنها بعد إزالة الحمولة الخارجية المطبقة عليها تسمى جوائز غير مستقرة ويسمى الإجهاد الناظمي المطابق لتلك الحالة والذي يجعل الشكل الأولي لتوازن الجائز المرن غير مستقر بالإجهاد الناظمي الحرج. إن معاملة الجوائز ذات المقطع العلبي على الاستقرار الموضعي تتم وفقاً للنسب ما بين ارتفاع الصفائح الشاقولية H وسماكة تلك الصفائح d، فإذا كانت تلك النسب محققة للمتراجحتين التاليتين:

$$H/d \le 70\sqrt{\frac{2100}{[s]}} \qquad (17)$$

$$H/d \le 100 \qquad (16)$$

فإن الجائز سيكون مستقراً ولا حاجة لمعالجته على الاستقرار ووضع أضلاع شاقولية له[2].

أما في حالة عدم توفر الشروط السابقة أعلاه فإنه يجب وضع أضلاع تقسية شاقولية بخطوة أولية:

$$a = 2H \qquad (18)$$

حيث a خطوة أضلاع التقسية وذلك من أجل الحصول على الاستقرار الموضعي بالنسبة للاجهادات الناظمية ويكون شرط الاستقرار عند ذلك:

$$[2]\ n_0 = s_{cr}/s \ge 105 \qquad (19)$$

حيث:

$$[2]\ s_{cr} = 7460\left(\frac{d}{H}\right)^2 10^4 \qquad (20)$$

وحيث s_{cr} – هي الإجهاد الناظمي الحرج.

بعد تحديد شرطي المتانة والاستقرار للجائز الرئيسي للرافعة الجسرية وحيدة الجائز قمنا بإعداد الخوارزمية المناسبة التالية.

خوارزمية تصميم الجائز الرئيسي في الرافعة الجسرية وحيدة الجائز ذات المقطع العلبي:

نقترح الخوارزمية التالية لتصميم الجائز الرئيسي الشكل (2)، وذلك من معطيات الحمولة Q للرافعة وطول مجازها L وسرعة حركة الجسر V وزمن التوقف t ونوعية المعدن المستخدم [s] وعامل المرونة E والوزن النوعي للمعدن g.

نعتبر وزن العربة الأولي $G_T = 0.15Q$ فتصبح عند ذلك الحمولة العظمى:

$$Q_{max} = 1.15Q \qquad (21)$$

ونعين عزم العطالة حول المحور X أي نعين I_x المحقق لشرط القساوة:

$$Ix = \frac{Q_{max} L^3}{48E[g]} \qquad (22)$$

وحيث نعتمد أن سهم الانحناء المسموح به:

$$[g] = 0.0018L \qquad (23)$$

فيكون:

$$Ix = \frac{Q_{max} L^3}{0.0864E} \qquad (24)$$

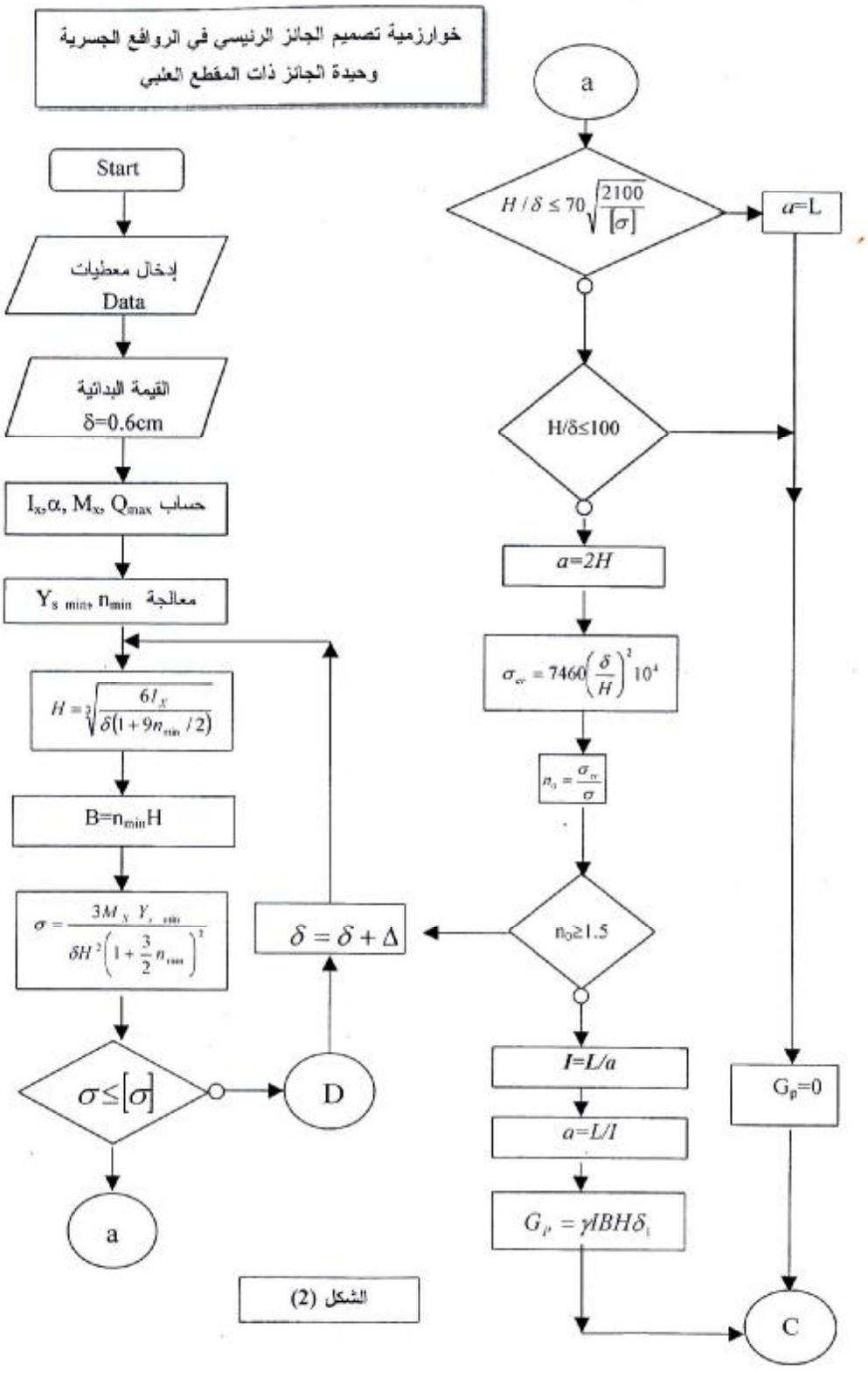
نعين العزم M_x بالشكل التقريبي نظراً لعدم معرفة وزن الجائز الرئيسي ويعطى بعلاقة تقريبية للروافع وحيدة الجائز:

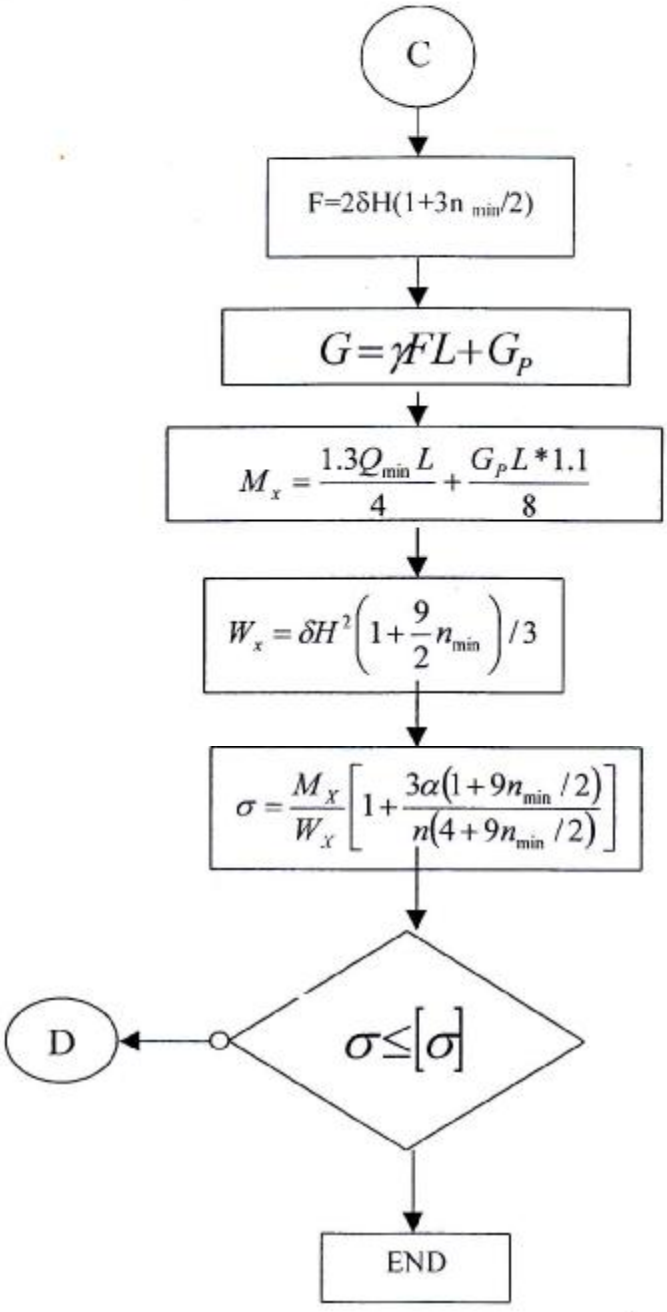
$$M_x = 0.3QL \qquad (25)$$

وبالتالي نكون قد حصلنا على جميع المعطيات المطلوبة لعمل الخوارزمية.

وبعدها نعين Y_{min} في المجال $0 < n \le 1$ وبالتالي نعين n_{min} المطابقة للوزن الأصغري للمقطع، ثم نعين الارتفاع H استناداً إلى شرط القساوة ونعين العرض B. وبالتالي نكون قد حصلنا على أبعاد المقطع العرضي الأصغري الذي يحقق شرط القساوة، ثم نقوم بتعيين الإجهاد الناتج في المقطع للتدقيق على المتانة فإذا تم تحقيق المتانة تابعنا شرط الاستقرار الموضعي وفق الخوارزمية المبينة على الشكل (2) وإذا لم يتحقق شرط المتانة نقوم بزيادة السماكة d حتى يتحقق شرط المتانة.

بعد تعيين أبعاد المقطع العرضي المحقق لشرطي المتانة والقساوة نتابع الحساب عن طريق جزء البرنامج (a) الذي يدقق شرط الاستقرار وبين ضرورة وجود وخطوة أضلاع التقسية الشاقولية من أجل الاستقرار الموضعي بالنسبة للاجهادات الناظمية.


خوارزمية تصميم الجائز الرئيسي في الروافع الجسرية
وحيدة الجائز ذات المقطع العلبي
Start
إدخال معطيات
Data
القيمة البدائية
δ=0.6cm
I_x,α, M_x, Q_{max} حساب
$Y_{s\ min}$, n_{min} معالجة
$H=\sqrt[3]{\frac{6I_x}{\delta(1+9n_{min}/2)}}$
$B=n_{min}H$
$\sigma=\frac{3M_x Y_{s\ min}}{\delta H^2\left(1+\frac{3}{2}n_{min}\right)^2}$
$\sigma\le[\sigma]$
D
a
$\delta=\delta+\Delta$
a
$H/\delta\le 70\sqrt{\frac{2100}{[\sigma]}}$
a=L
H/δ≤100
a=2H
$\sigma_{cr}=7460\left(\frac{\delta}{H}\right)^2 10^4$
$n_\sigma=\frac{\sigma_{cr}}{\sigma}$
$n_\sigma\ge 1.5$
I=L/a
a=L/I
$G_p=\gamma IBH\delta_1$
$G_p=0$
C
الشكل (2)


C
F=2δH(1+3n min/2)
$G=\gamma FL+G_P$
$M_x=\frac{1.3Q_{\min}L}{4}+\frac{G_PL*1.1}{8}$
$W_x=\delta H^2\left(1+\frac{9}{2}n_{\min}\right)/3$
$\sigma=\frac{M_X}{W_X}\left[1+\frac{3\alpha(1+9n_{\min}/2)}{n(4+9n_{\min}/2)}\right]$
$\sigma\leq[\sigma]$
D
END

الشكل (3)

في حال كون $n_0 < 1.5$ فإنه لا يحصل الاستقرار الموضعي ويجب زيادة السماكة d وبعاد الحساب حتى الحصول على شرط الاستقرار الموضعي.

بعدها نقوم بالحساب الدقيق لخطوة وعدد أضلاع التقسية الشاقولية وفق تسلسل الخوارزمية المبينة على الشكل (2) ونعين G_p وزن أضلاع التقسية الشاقولية في الجائز الرئيسي.

وبذلك نكن قد حصلنا على المقطع العرضي الذي يحقق شروط القساوة والمتانة والاستقرار الموضعي وبوزن أصغري.

نقوم بعدها بتعيين الوزن الحقيقي للجائز الرئيسي وفق الخوارزمية المبينة على الشكل (2) ونعين العزم الأعظمي في المقطع الخطر بشكل دقيق والاجهاد الأعظمي الحسابي في هذا المقطع الذي تتم مقارنته مع الإجهاد المسموح به فإذا تم تحقيق شرط المتانة ننهي البرنامج ونطبع النتائج وإلا نعود ونزيد السماكة d ونعيد جميع الخطوات وفق الخوارزمية المبينة أعلاه حتى يتم تحقيق المتانة وهكذا بإعطاء حمولة الرافعة Q ومجازها L وسرعة حركة الرافعة V نحصل استناداً إلى الخوارزمية السابقة على أبعاد المقطع العرضي للجائز العرض B والارتفاع H وسماكة الصفائح d وعدد صفائح الدعم الشاقولية I والمسافة بينها a ووزن الجائز الرئيسي G والاجهاد الأعظمي في المقطع الخطر s.

نتائج الحساب للجائز الرئيس باستخدام لغة البرمجة Delphi:

عند تنفيذ هذه الخوارزمية باستخدام لغة البرمجة Delphi للمعطيات التالية للرافعة الجسرية وحيدة الجائز حصلنا على النتائج التالية:

I- تجربة أولى:

Q = 2000 kg
L = 1650 cm
V = 1 m/s
T = 1 s

حصلنا على الوزن الأصغري للمقطع بالأبعاد التالية:

H = 50 m
B = 21.35 cm
δ = 0.6
$\sigma = 1335\ kg/cm^2$

وبدون أضلاع شاقولية للتقسية.

II- تجربة ثانية:

$Q = 2500$ kg
$L = 2850$ cm
$V = 1$ m/s
$T = 1$ s

حصلنا على الوزن الأصغري للمقطع بالأبعاد التالية:

$H = 77.3$ cm
$B = 33.00$ cm
$\Delta = 0.6$
$\Sigma = 1550$ kg/cm^2

تبين ضرورة وضع أضلاع تقسية شاقولية

عددها	$I = 18$
سماكتها	$\delta 1 = 0.6$ cm
خطوتها	$a = 158.3$ cm

إن لهذا البرنامج فائدة كبيرة كونه يعطينا الوزن الأصغري للجائز مع المحافظة على شروط المتانة والقساوة والاستقرار وكون هذا النوع من الروافع الأكثر استخداماً في الصناعة.

المراجع:

.....

[1]– د. عيسى هولا، د. رشيد الشربجي، آلات النقل والرفع، جامعة دمشق 1984.

[2]– د. كاراسيوف، الإنشاءات المعدنية لآلات النقل والرفع، موسكو 1988.

[3]– د. عيسى هولا، د. كاراسيوف، 1988، مجلة البحوث العلمية لعموم الاتحاد السوفيتي سابقاً، العدد /2/، 1988، مقالة، دراسة المقطع العلبي للجوائز، صفحة 9.

[4]– د. عيسى هولا، د. كاراسيوف، مجلة البحوث العلمية لعموم الاتحاد السوفيتي سابقاً، العدد /3/، 1991، صفحة 27–29.

[5]– د. عيسى هولا، 2000، مقالة تصميم الروافع الجسرية ثنائية الجائز باستخدام الحاسوب. ندوة (البحث العلمي في العالم العربي وآفاق الألفية الثالثة – علوم وتكنولوجيا) الشارقة – الإمارات العربية المتحدة.