

## Effect of Stiffeners Type I on the Strength of Stiffened Panels of Ships

Dr . Galeb Ahmad<sup>\*</sup>  
Dr . Heitham Issa<sup>\*\*</sup>  
Ali Essam Yousef<sup>\*\*\*</sup>

(Received 19 / 6 / 2019. Accepted 7 / 10 / 2019)

### □ ABSTRACT □

Stiffened panels form the main structure of ship's hull. These panels are founded in the bottom structure ,side shell , deck and bulkhead .The stiffened panels consist of Plates , Beams and Girders which located in transvers and longitudinal directions . Panels subject to different loads so that the stiffeners are been to resist these loads . When designing a definite area of stiffened panels , the dimensions of stiffeners and the distance between them constitute in reducing the weight of panels and the cost of constructions .The effect of stiffener dimensions and the distance between them on the strength of panels , are studied The aim of this research is to define the lightest weight of panels with remaining on the necessary strength of panels.

**Keywords:** Ship Strength Stiffeners Structural of ships, Ship construction. Stiffened Panels

---

<sup>\*</sup> Associate Professor\_Marine Engineering Department\_Faculty of Mechanical and Electrical Engineering \_ Tishreen University\_ Lattakia\_Syria

<sup>\*\*</sup> Associate Professor\_Marine Engineering Department\_Faculty of Mechanical and Electrical Engineering \_ Tishreen University\_ Lattakia \_Syria.

<sup>\*\*\*</sup> Academic Assistant \_Marine Engineering Department\_Faculty of Mechanical and Electrical Engineering \_ Tishreen University\_Syria.

## تأثير عناصر التقوية من النوع I على متانة الألواح المقواة في السفن

د. غالب أحمد\*

د. هيثم عيسى\*\*

علي عصام يوسف\*\*\*

تاريخ الإيداع 19 / 6 / 2019. قُبل للنشر في 7 / 10 / 2019

### □ ملخص □

تشكل الألواح المقواة الإنشاء الرئيسي لبدن السفينة، فهي توجد في إنشاءات القاع، الغلاف الجانبي، السطوح والقواطيع. تتألف الألواح المقواة من ألواح وعوارض تشكل عناصر التقوية. تتعرض الألواح للأحمال، فتقوم عناصر التقوية بمقاومة هذه الأحمال. ترتب عناصر التقوية على الألواح في الاتجاهات الطولية والعرضية. تعتبر أبعاد عناصر التقوية والمسافة بينها مهمة جداً عند تصميم مساحة محدودة من اللوح المقوى، كونها تساهم في توفير الوزن وتكاليف الإنشاء. سيتم في هذا البحث دراسة تأثير أبعاد عناصر التقوية من النوع I، والمسافة بين هذه العناصر على متانة اللوح المقوى، وذلك بهدف الوصول إلى اللوح المقوى الأقل وزناً مع المحافظة على المتانة الضرورية للوح.

**الكلمات المفتاحية:** متانة السفينة، عناصر التقوية، الألواح المقواة، التصميم الإنشائي للسفن، إنشاءات السفينة.

\* أستاذ مساعد - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - سورية.

\*\* أستاذ مساعد - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - سورية.

\*\*\* قائم بالأعمال - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - سورية.

**مقدمة:**

تشكل الألواح الإنشاء الرئيسي لبدن السفينة ، وتقوى هذه الألواح بعناصر تقوية في الاتجاه العرضي Beams ، والاتجاه الطولي Girders لتشكيل الألواح المقواة Stiffened panels التي تؤلف إنشاء القاع ، الغلاف الجانبي، السطوح و القواطع .

تتعرض الألواح لأنواع مختلفة من الأحمال، حيث تتلقى عناصر التقوية هذه الأحمال وتعمل على مقاومتها .تعتبر أبعاد عناصر التقوية والمسافة بينها ، العوامل الرئيسية في تقليل الوزن وفي توفير تكاليف إنشاء السفينة . يعتبر الوزن والجهد بارا متران هامان للإدارة في ترسانات بناء السفن Ship Yards . لذلك تعتمد فلسفة تصميم الألواح المقواة على هذين البارامترين . فعناصر التقوية الأخف التي تحافظ على المتانة الضرورية للألواح المقواة هي المفضلة . سيتم في هذا البحث دراسة تأثير أبعاد عناصر التقوية على متانة الألواح المقواة والمسافة بين هذه العناصر للوصول إلى الأبعاد والمسافة المثلى .

**أهمية البحث وأهدافه:**

تتعرض السفينة أثناء إبحارها لقوى وعزوم تسبب تقوس وتدلي السفينة Sagging &Hugging ، مما يعرض ألواح السفينة لإجهادات الشد والضغط ، وبما أن الألواح تشكل الجزء الأكبر من إنشاء السفينة وتخضع لأحمال ضغط وشد فإنها معرضة للانقياس . تقوى الألواح بعناصر تقوية طولية وعرضية تساهم في تحقيق المتانة الضرورية وتمنع انهيارها . وبما أن الألواح المقواة موجودة في معظم إنشاءات السفينة (القاع ، الغلاف الجانبي ، القواطع ) لذلك فلها أهمية كبيرة في وزن إنشاء بدن السفينة وفي مقاومة الأحمال التي تتعرض لها السفينة . يعتبر الوزن الفارغ للسفينة عامل هام في الوزن الكلي للسفينة وفي تكاليف الإنشاء .

يهدف البحث إلى :

\_ دراسة تأثير أبعاد عناصر التقوية على المتانة وذلك لتقليل وزن الألواح المقواة .

\_ تحديد المسافة المثلى بين عناصر التقوية .

**طرائق البحث ومواده:**

لتحقيق الأهداف المذكورة أعلاه ، تم في هذا البحث إنشاء برنامج حاسوبي باستخدام Visual Basic .Net 2012 . يتيح هذا البرنامج حساب المتانة للألواح المقواة باستخدام عناصر تقوية بأبعاد مختلفة بالاعتماد على الشروط الحدية للمتانة ، ثم التحقق من العلاقات التجريبية المستخدمة في حساب المتانة التصميمية (المسافة بين عناصر التقوية ) .

**1 : الأحمال التي تتعرض لها ألواح التقوية :**

تتعرض الألواح المقواة لأحمال تنتج عن تأثير المياه الساكنة وأحمال ناتجة عن تأثير الأمواج إضافة إلى الأحمال الديناميكية .

**1\_1 الأحمال الناتجة عن المياه الساكنة والأمواج**

يعطى الحمل المؤثر نتيجة أحمال المياه الساكنة و الأمواج على لوح التقوية بالعلاقة [1]:

$$f_c = f_{cw} + k_{WD} f_{WD} \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن :

$f_{cw}$  : الضغط الناتج عن تأثير عزم الانحناء المتولد بسبب المياه الساكنة .

$f_{WD}$  : الضغط الناتج عن تأثير عزم الانحناء المتولد بسبب الأمواج .

$k_{WD}$  : معامل ارتباط متعلق بعزم الانحناء الناتج عن الأمواج (يقبل بأن قيمته تساوي الواحد) .

### 2\_1 الأحمال الناتجة عن المياه الساكنة والأمواج والأحمال الديناميكية

يعطى الحمل المؤثر نتيجة أحمال المياه الساكنة و الأمواج والأحمال الديناميكية على لوح التقوية بالعلاقة:

$$f_c = f_{cw} + k_W(f_W + k_D f_D) \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن :

$f_W$  : الضغط الناتج عن تأثير عزم الانحناء المتولد بسبب الأمواج .

$k_W$  : معامل ارتباط متعلق بعزم الانحناء الناتج عن الأمواج (يقبل بأن قيمته تساوي الواحد حسب المرجع [1]) .

$f_D$  : الضغط الناتج عن تأثير عزم الانحناء المتولد بسبب الأحمال الديناميكية .

$k_D$  : معامل الارتباط بين عزمي الانحناء الناتجين عن الأمواج والأحمال الديناميكية . ويعطى كما يلي : [1]

➤ حالة التقوس Hogging condition

$$k_D = EXP \left[ \frac{53080}{(158LBP^{-0.2} + 12.2LBP^{0.3})LBP} \right] \dots \dots \dots (3)$$

➤ حالة التراخي Sagging condition

$$k_D = EXP \left[ \frac{21200}{(158LBP^{-0.2} + 12.2LBP^{0.3})LBP} \right] \dots \dots \dots (4)$$

حيث أن  $LBP$  هو الطول بين المتعامدين

يبين الجدول (1) قيم  $k_D$  في حالتي التقوس والتراخي من أجل  $LBP = (300_1000)ft$

الجدول (1) قيم  $k_D$  في حالتي التقوس والتراخي في المنتصف [1]

LBP (ft)	300	400	500	600	700	800	900	1000
$k_D(sag)$	0.5779	0.672	0.734	0.778	0.810	0.835	0.854	0.870
$k_D(hog)$	0.2539	0.369	0.461	0.533	0.591	0.637	0.675	0.706

### 2\_ الشروط الحديدية والتصميمية للمتانة

يجب أن يحقق كل لوح تقوية أحد الشروط التالية (وذلك حسب المعطيات المتوفرة) [1] :

$$\phi F_u \geq \gamma_{SW} f_{cw} + \gamma_{WD} k_{WD} f_{WD} \dots \dots \dots (5)$$

$$\phi F_u \geq \gamma_{SW} f_{sw} + k_W (\gamma_W f_W + \gamma_D k_D f_D) \dots \dots \dots (6)$$

حيث أن :

$F_u$ : المتانة الكلية للوح التقوية .

$\phi$  : معامل تخفيض المتانة للوح التقوية بالنسبة للمتانة الكلية .

$\gamma_{SW}$  : معامل الحمل من أجل الضغط الناتج عن عزم الانحناء المتولد بسبب تأثير الماء الساكن .

$\gamma_{WD}$  : معامل الحمل الناتج عن التأثير المشترك لعزمي الانحناء الديناميكي وذلك الذي بسبب الأمواج .

$\gamma_D$  : معامل الحمل من أجل الضغط الناتج عن عزم الانحناء الديناميكي .

## 3\_ النماذج المستخدمة في حساب المتانة الكلية للألواح التقوية :

سنستعرض بعض النماذج المستخدمة في دراسة المتانة الكلية لألواح تقوية تتعرض لأنواع مختلفة من الأحمال .

## 3\_1 نموذج هيرزوج (Herzog's Model) [1]

بالاعتماد على إعادة تقييم لـ 215 اختبار لعدة باحثين، وعلى العلاقات التجريبية أيضاً تم وضع علاقة لحساب المتانة الكلية للألواح المقواة في حالة تعرضها لقوى عمودية بإهمال القوى الجانبية المختلفة حيث تعطى المتانة الكلية للوح المقوى  $F_u$  المبين بالشكل (1) بالعلاقة التالية :

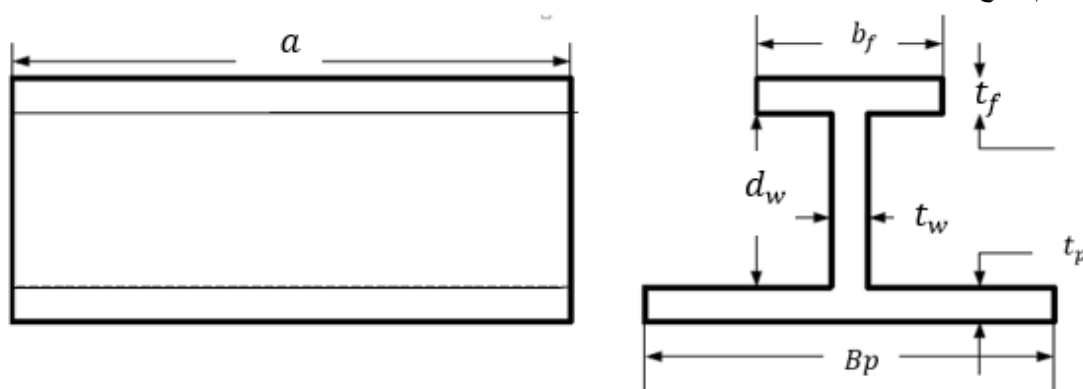
$$F_u = \begin{cases} mF_y \left[ 0.5 + 0.5 \left( 1 - \frac{ka}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y^-}{E}} \right) \right] & \text{for } \frac{Bp}{tp} \leq 45 \dots \dots \dots (7) \\ mF_y \left[ 0.5 + 0.5 \left( 1 - \frac{ka}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y^-}{E}} \right) \right] [1 - 0.007 \left( \frac{Bp}{tp} - 45 \right)] & \text{for } \frac{Bp}{tp} > 45 \dots (8) \end{cases}$$

حيث أن  $F_y = \frac{F_{ys}A_s + F_{yp}A_p}{A_s + A_p}$  : متانة الخضوع الوسطية لكامل عنصر التقوية في القطاع .  
 $F_{ys}$  : متانة الخضوع لعنصر التقوية .  $F_{yp}$  : متانة الخضوع للوح المقوى .  $E$  : معامل المرونة للوح التقوية .

$$A_s = t_f b_f + t_w d_w \quad \diamond$$

حيث أن :

$t_f$  : سماكة الحافة العليا لعنصر التقوية ،  $t_w$  : سماكة وتر عنصر التقوية ،  $b_f$  : عرض الحافة العليا لعنصر التقوية ،  $d_w$  : ارتفاع وتر عنصر التقوية .  $A_p = Bp * tp$  : مساحة اللوح المقوى ،  $a$  : طول عنصر التقوية .  $Bp$  : عرض الحافة السفلى لعنصر التقوية .  $tp$  : سماكة الحافة السفلى لعنصر التقوية .  $A = A_p + A_s$  : المساحة الكلية .  
 $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$  : نصف قطر دوران لوح التقوية .  $I$  : عزم العطالة الكلي في كامل القطاع .  $m$  : معامل تصحيح يعتمد على التشوه الأولي والضغط الناتجة ، بين الجدول (2) قيم المعامل  $m$  عند درجات تشوه مختلفة وإجهادات متبقية [1] ،  $k$  : معامل الانبعاج (التشوه) والذي يعتمد على نوع تقويد لوح التقوية حيث يبين الجدول (3) قيم المعامل  $k$  حسب نوع تدعيم اللوح [1] :



الشكل (1) لوح التقوية المستخدم بالدراسة

الجدول (2) قيم المعامل  $m$  عند درجات تشوه مختلفة وإجهادات متبقية

درجة التشوه والإجهادات المتبقية	$m$
لا يوجد أو متوسط التشوه بدون إجهادات	1.2
متوسط التشوه والإجهادات	1
متوسط أو قيم عالية للتشوه والإجهادات	0.8

الجدول (3) قيم المعامل  $k$  حسب نوع تدعيم اللوح

نوع نهاية اللوح	$k$
كل من النهايتين ذات تدعيم بسيط	1
إحدى النهايتين من النوع البسيط و الأخرى مقيدة	0.8
كلا النهايتين مقيدة	0.65

### 2\_3 نموذج بايك و لي ( Paik And Lee's Model )

تحدد المتانة الكلية لعنصر التقوية من العلاقة التجريبية التالية :

$$F_u = F_{y(panel)} [0.95 + 0.836\lambda^2 + 0.17B^2 + 0.188\lambda^2 B^2 - 0.67\lambda^4]^{-0.5} \dots (9) \quad [2]$$

حيث أن :

$\lambda$  : نسبة ثخانة لوح التقوية .  $B$  : نسبة ثخانة اللوح المقوى .

$F_{y(panel)}$  : مقاومة الخضوع لكامل لوح التقوية ويعطى بالعلاقة [3]:

$$F_{y((panel))} = \frac{F_{yp} + \xi F_{ys}}{1 + \zeta} \dots \dots \dots (10)$$

حيث أن :

$$\zeta = \frac{d_w t_w + 2 * b_f t_f}{bt} \dots \dots \dots (11)$$

$$B = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \dots \dots \dots (12)$$

$$\lambda = \frac{a}{\pi r} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \dots \dots \dots (13)$$

$a$  : طول عنصر التقوية .

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (14)$$

$r$  : نصف قطر دوران لوح التقوية .

$$A = b_p t_p + d_w t_w + b_f t_f \quad (15)$$

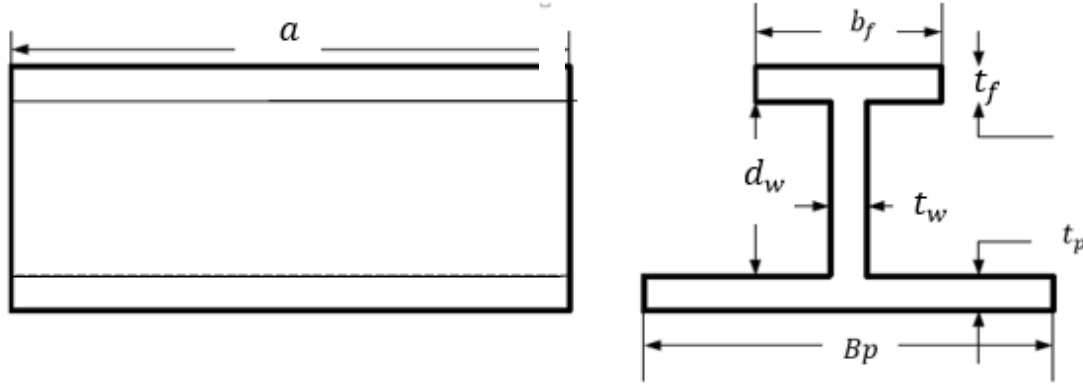
$A$  : مساحة عنصر التقوية المبين بالشكل (1) . ويعطى عزم العطالة لعنصر التقوية بالعلاقة :

$$I = \frac{b_p t_p^3}{12} + b_p t_p (z_0 - \frac{t_p}{2})^2 + \frac{d_w^3 t_w}{12} + d_w t_w (z_0 - t_p - \frac{d_w}{2})^2 + \frac{b_f t_f^3}{12} + b_f t_f (z_0 - t_p - d_w - \frac{t_f}{2})^2 \dots (16) [6]$$

. بعد المحور الحيادي عن المحور الأساسي .

#### 4 \_ حساب متانة عنصر التقوية I \_ باستخدام برنامج Visual Studio.Net2012

تم دراسة متانة عنصر التقوية بالاعتماد على (Paik And Lee's Model) و (Herzog's Model) من خلال عنصر التقوية ذي المواصفات الموضحة أدناه [1]:



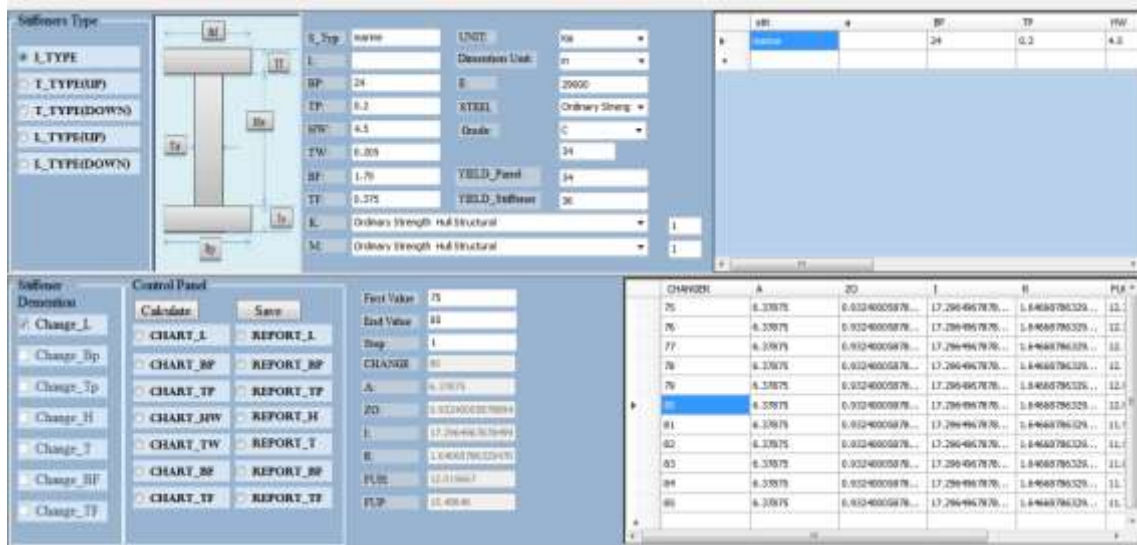
الشكل (2) عنصر التقوية

.  $a=80$  in ,  $B_p=24$  in ,  $d_w=2.5$  in ,  $t_w=0.205$  in ,  $b_f=1.75$  in ,  $t_f=0.375$  in

قدرت الأحمال التي يتعرض لها اللوح وفق مايلي [1]:

الضغط الناتج عن تأثير المياه الساكنة (0.15ksi) ، الضغط الناتج عن تأثير الأمواج (4.5ksi) ، الضغط الناتج عن الأحمال الديناميكية (2.2ksi) ، مقاومة الخضوع للفلواذ (34ksi) للوح المقوى ، للوح التقوية (تم الحصول على القيم أعلاه من المرجع [1] وذلك لإجراء اختبار على دقة النتائج التي يعطيها برنامجنا الذي تم إنشاؤه باستخدام Visual basic) .

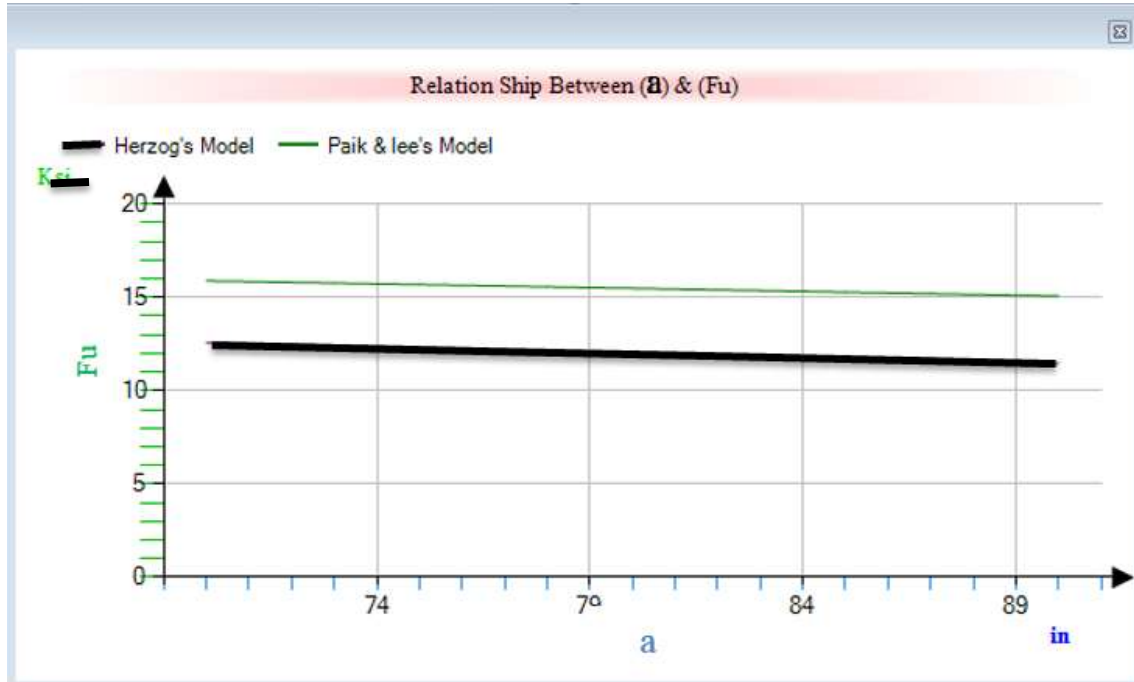
يظهر الشكل (3) واجهة البرنامج المستخدمة في دراسة متانة عنصر التقوية تبعا لتغير أبعاده



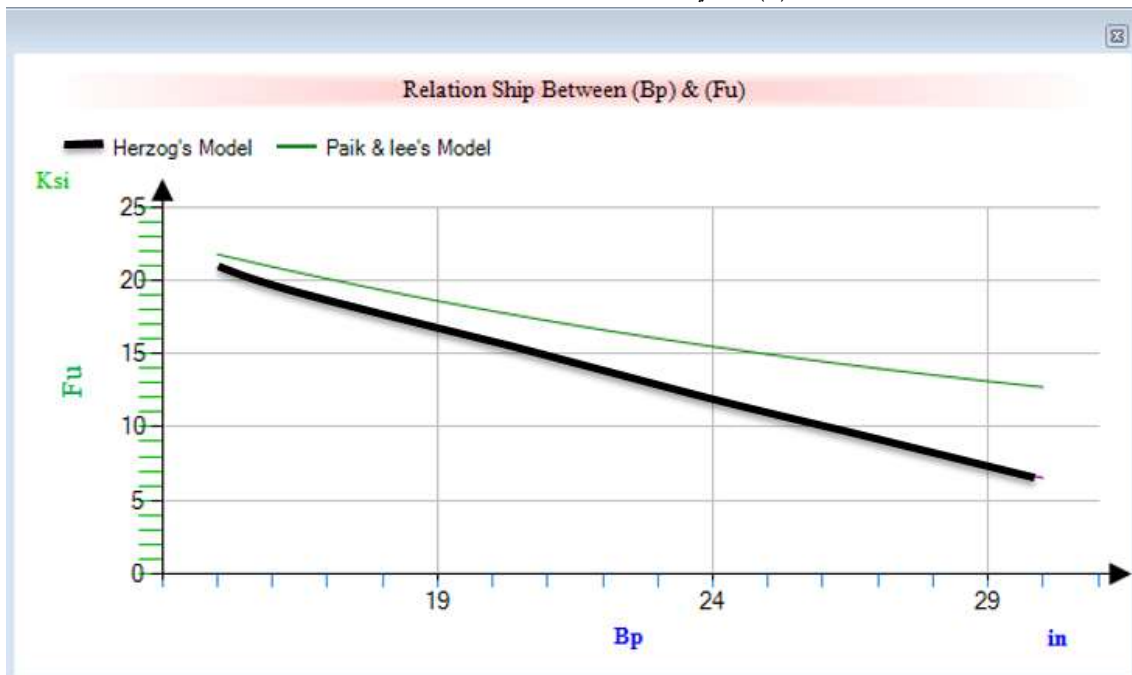
الشكل (3) واجهة مصممة باستخدام برنامج Visual Basic.net

#### 1\_4 دراسة تأثير أبعاد عنصر التقوية على المتانة $F_u$

باستخدام البرنامج المذكور أعلاه تم دراسة طول عنصر التقوية  $a$  و عرض الحافة السفلى لعنصر التقوية  $B_p$  و سماكة الحافة السفلى لعنصر التقوية  $t_p$  و ارتفاع وتر عنصر التقوية  $H_w$  و سماكة وتر عنصر التقوية  $T_w$  و عرض الحافة العليا لعنصر التقوية  $B_f$  و سماكة الحافة العليا لعنصر التقوية  $T_f$  على متانة عنصر التقوية وفق نموذج (Paik And Lee's Model) و (Herzog's Model) ووضعت النتائج حسب الأشكال (4,5,6,7,8,9,10):

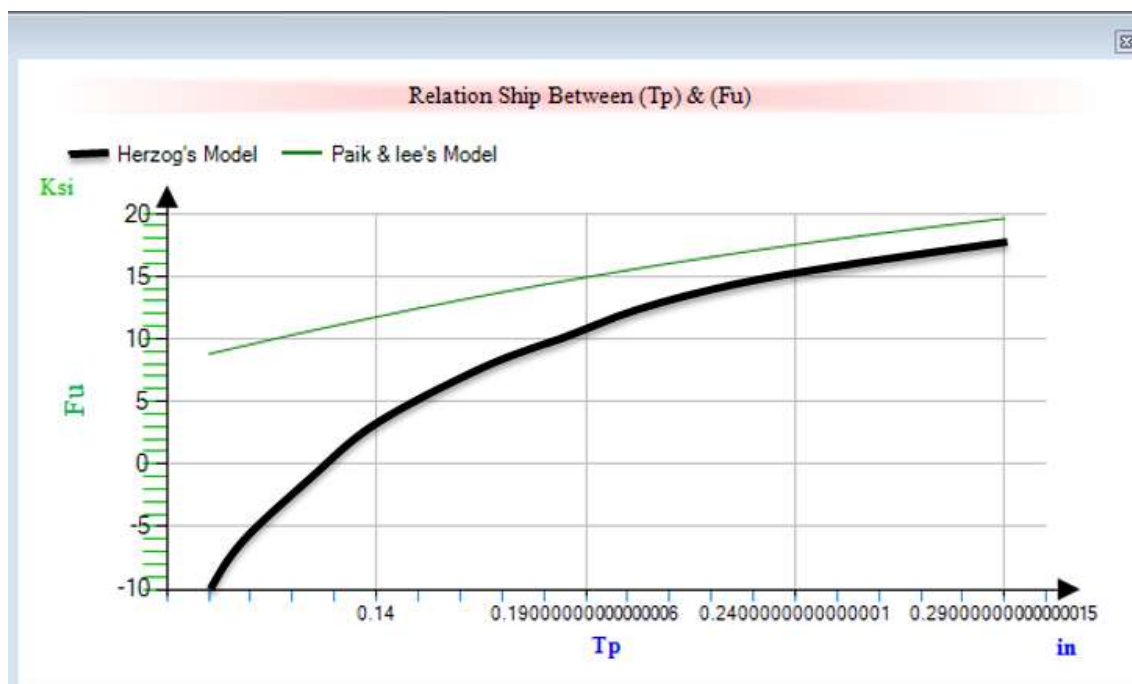
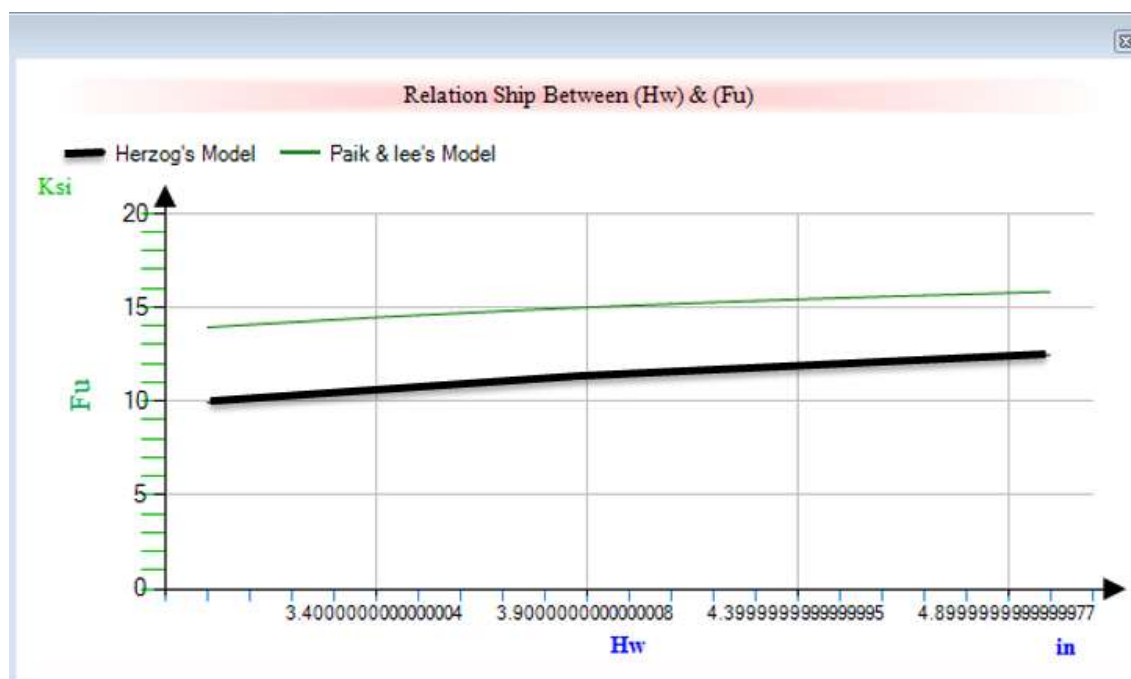


الشكل (4) منحنى تغير المتانة  $F_u$  تبعاً لتغير طول عنصر التقوية  $a$

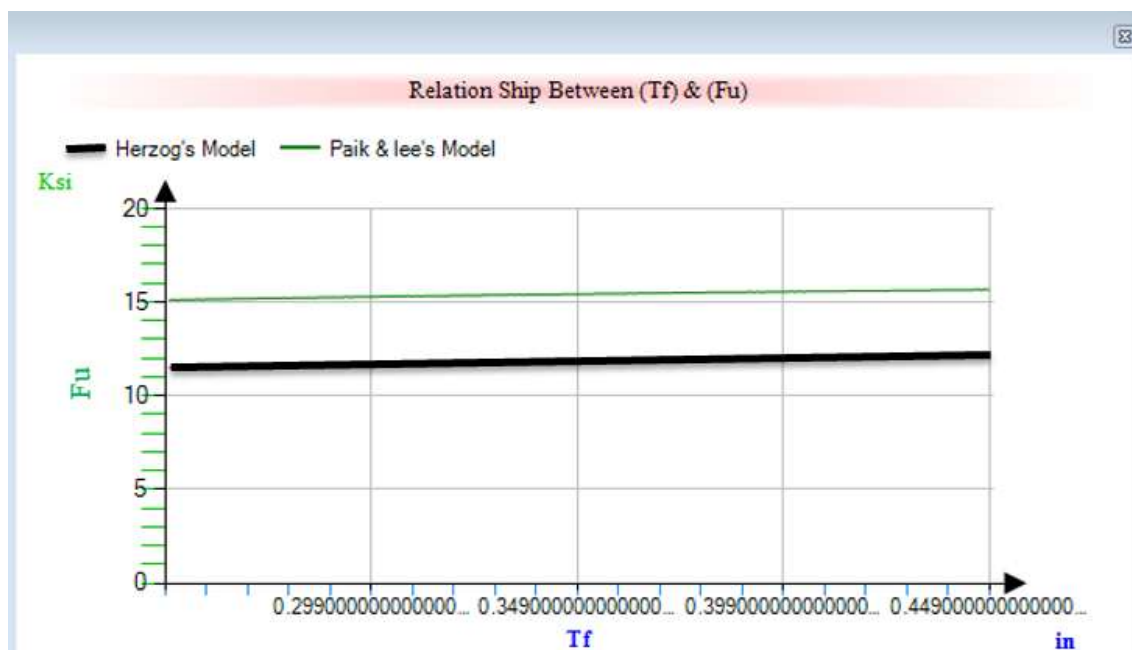


الشكل (5) منحنى تغير المتانة  $F_u$  تبعاً لتغير عرض الحافة السفلى لعنصر التقوية  $B_p$



الشكل (6) منحنى تغير المتانة  $F_u$  تبعا لتغير سماكة الحافة السفلى لعنصر التقوية  $T_p$ الشكل (7) منحنى تغير المتانة  $F_u$  تبعا لتغير ارتفاع وتر عنصر التقوية  $H_w$

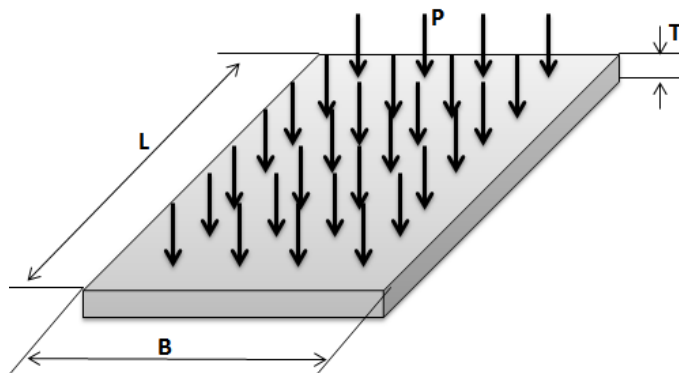




الشكل (10) منحنى تغير المتانة  $F_u$  تبعاً لتغير سماكة الحافة العليا لعنصر التقوية  $T_f$

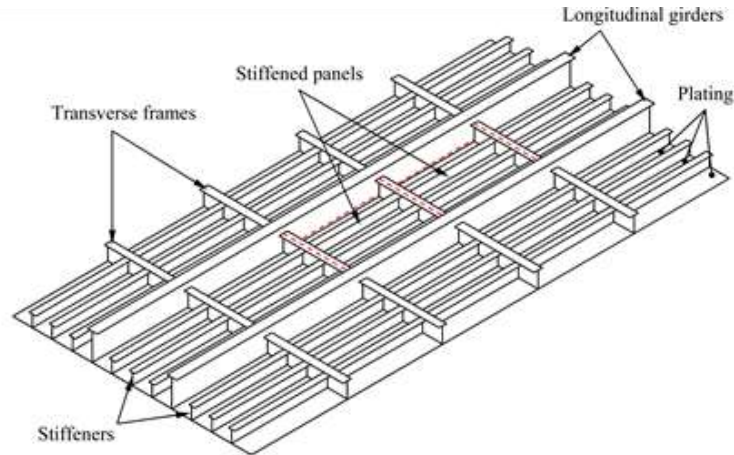
### 5 \_ الدراسة التصميمية للمسافة بين عناصر التقوية Stiffeners

نعتبر اللوح المقوى عبارة عن لوح مثبت من الجوانب بالأبعاد  $(L, B, T)$ ، والحمل الموزع بانتظام  $(P)$ .



الشكل (11) اللوح المراد تدعيمه بعناصر تقوية

لتحديد المسافة بين عناصر التقوية Stiffeners، المبينة بالشكل (12) نقوم بحساب إجهاد الانحناء المسوح به للوح المقوى  $\sigma_{XY}$  و الإجهاد الحرج  $\sigma_{CR}$ .



الشكل (12) لوح مقوى بتقويات طولية وعرضية

1\_5 العلاقات المستخدمة في حساب إجهاد الانحناء المطبق على اللوح المقوى  $\sigma_X$ ،  $\sigma_Y$  [7]

نقوم بحساب إجهاد الانحناء المطبق على اللوح المقوى  $\sigma_X$ ،  $\sigma_Y$

$$\sigma_X = \frac{6 \cdot M_x}{T^2} \dots \dots \dots (17)$$

$$\sigma_Y = \frac{6 \cdot M_y}{T^2} \dots \dots \dots (18)$$

حيث أن :

$$M_x = \frac{P_0}{\pi^2 \left( \frac{1}{L^2} + \frac{1}{B^2} \right)^2} * \left( \frac{1}{L^2} + v \frac{1}{B^2} \right) * \sin \frac{\pi x}{L} \sin \frac{\pi y}{B} \dots \dots \dots (19)$$

$$M_y = \frac{P_0}{\pi^2 \left( \frac{1}{L^2} + \frac{1}{B^2} \right)^2} * \left( \frac{1}{B^2} + v \frac{1}{L^2} \right) * \sin \frac{\pi x}{L} \sin \frac{\pi y}{B} \dots \dots \dots (20)$$

T : سماكة اللوح .

يمكن حساب إجهاد الانحناء الأعظمي في منتصف اللوح بالعلاقة :

$$\sigma_m = \frac{6 \cdot M_m}{T^2} \dots \dots \dots (21)$$

$$M_m = \frac{P_0}{\pi^2 \left( \frac{1}{L^2} + \frac{1}{B^2} \right)^2} * \frac{(1 - v)}{LB} \dots \dots \dots (22)$$

يمكن حساب إجهاد الانحناء في المنتصف من العلاقة التالية :

$$\sigma_m = \frac{0.75 * P * L^2}{T^2 [1.61 * \left( \frac{L}{B} \right)^3 + 1]} \dots \dots \dots (23) \quad [4]$$

ويحس إجهاد الخضوع  $\sigma_y$  بالعلاقة :

$$\sigma_y = \frac{0.142 * P * L^2}{E * T^3 [2.21 * \left( \frac{L}{B} \right)^3 + 1]} \dots \dots \dots (24) \quad [4]$$

باعتبار أن  $\psi = L/B$  يمكن إيجاد العلاقة التالية :

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_y} = \frac{11.673 * \psi^3 + 1}{1.61 * \psi^3 + 1} \dots \dots \dots (25) \quad [4]$$

يمكن حساب إجهاد الانحناء عند الحافة من العلاقة التالية :

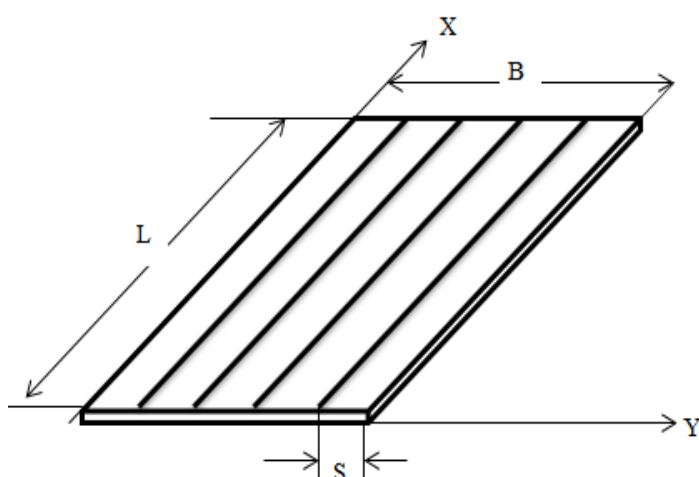
$$\sigma_{m_{end}} = \frac{P * L^2}{2T^2 [0.623 * \left(\frac{L}{B}\right)^6 + 1]} \dots \dots \dots (26) \quad [5]$$

ويحسب إجهاد الخضوع عند الحافة من العلاقة التالية :

$$\sigma_{y_{end}} = \frac{0.0284 * P * L^2}{E * T^3 [1.056 * \left(\frac{L}{B}\right)^5 + 1]} \dots \dots \dots (27) \quad [5]$$

2\_5 العلاقات المستخدمة في حساب الإجهاد الحرج للوح المقوى  $\sigma_{CR}$  [7]

يبين الشكل لوح مقوى بعناصر تقوية متباعدة فيما بينها بالمسافة  $S$  .



الشكل (13) لوح مقوى بعناصر تقوية

\* حساب الإجهاد الحرج بدون وجود عناصر التقوية بالعلاقة :

$$\sigma_{CR} = \frac{\pi^2 D}{L^2 T} \dots \dots \dots (28)$$

\*\* حساب الإجهاد الحرج بين عناصر التقوية بالعلاقة :

$$\sigma_{CR} = \frac{4\pi^2 D}{T \cdot S^2} \dots \dots \dots (29) \quad L > B$$

$$\sigma_{CR} = \frac{\pi^2 D}{T \cdot L^2} \left(1 + \frac{L^2}{S^2}\right)^2 \dots \dots \dots (30) \quad L < B$$

حيث أن:

$S$ : هي المسافة بين عناصر التقوية

$D$ : معامل الصلابة ويعطى بالعلاقة :

$$D = \frac{ET^3}{12(1 - \nu^2)} \dots \dots \dots (31)$$

$\nu = 0.3$  : نسبة بواسون

\*\*\* حساب الإجهاد الحرج للوح مع كامل عناصر التقوية

$$\sigma_{CR} = \frac{4\pi^2 (DBL^2 \left(\frac{1}{L^2} + \frac{1}{B^2}\right)^2 + \frac{EI(n+1)}{L^2})}{BT + a(n+1)} \dots \dots \dots (32)$$

الإجهاد الحرج لقطاع من لوح بين عنصري تقوية

$$\sigma_{CR} = \frac{4\pi^2 D(n+1)^2}{T.B^2} \dots \dots \dots (33)$$

حيث  $a$ : المساحة الإضافية المقدمة بواسطة عنصر تقوية واحد

### النتائج والمناقشة:

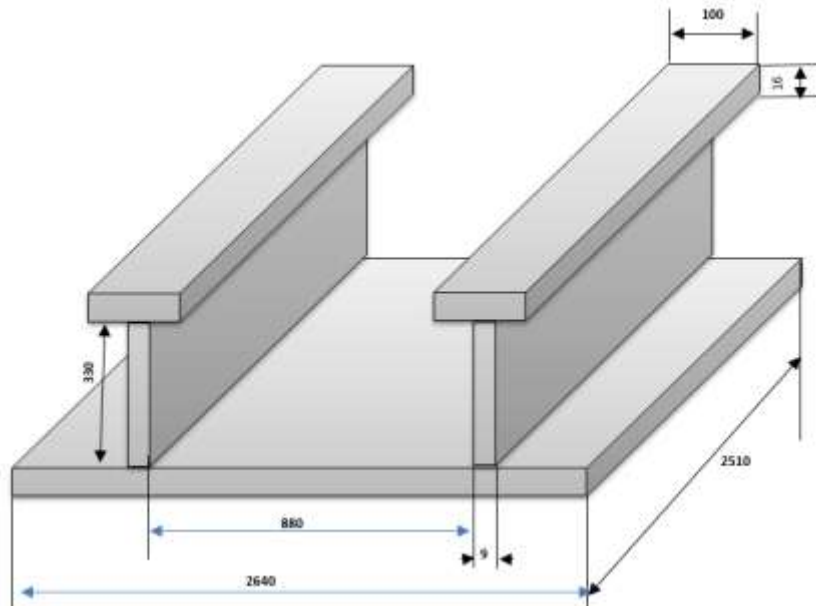
النتائج:

أجريت الدراسة على مقطع عرضي لسفينة حقيقية "Dahila Bulk Ship" والمبينة بالشكل (15) مزودة بعناصر تقوية طولية من النوع Tee Bar ثم نجري نفس الدراسة على نفس السفينة لكن مع عناصر تقوية من النوع I . يعطي الجدول (4) المعلومات التفصيلية عن الأبعاد الحقيقية للسفينة

الجدول (4) الأبعاد الحقيقية للسفينة Dahila Bulk Ship .

L	B	D	T	CB	Displacement	Dwt
300m	52m	25.7m	18.02m	0.852	237264 tons	207063 tons

يحدد الشكل (14) مقطع اللوح المدروس وأبعاده ، حيث أنّ واحدة الطول (mm) .



الشكل (14) مقطع اللوح المقوى مع عناصر التقوية

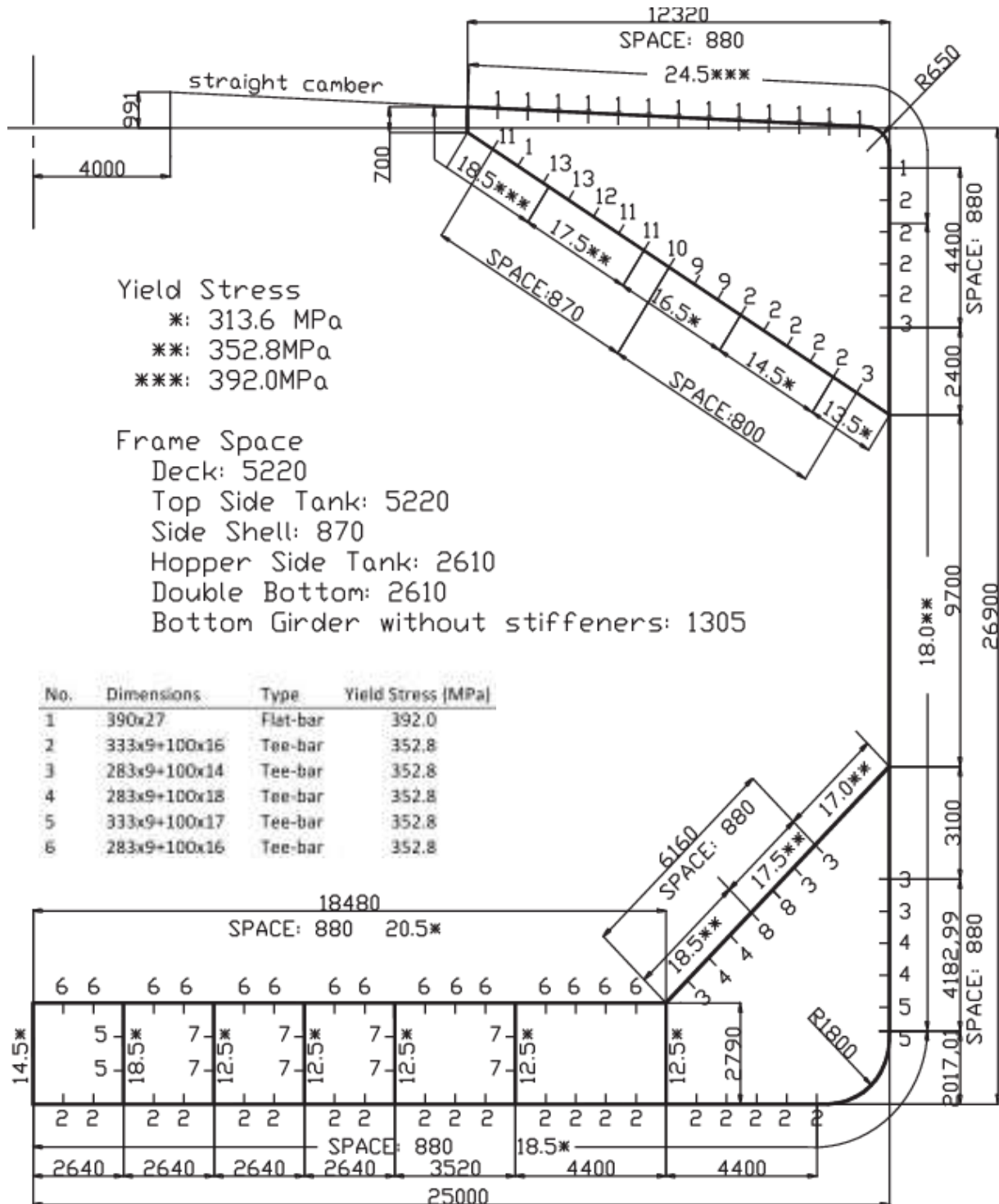
حيث وضعت علاقات ناظمة لتحديد ثخانة ألواح القاع الداخلي Inner bottom plating thickness أو ألواح القاع الخارجي bottom shell plating بالعلاقات التالية [6]:

Inner bottom plating thickness

$$t = 37.0L \cdot 10^{-3} + 0.009s - 1.5 \quad \text{mm for } L \leq 427 \text{ m} \dots\dots\dots(34)$$

bottom shell plating thickness

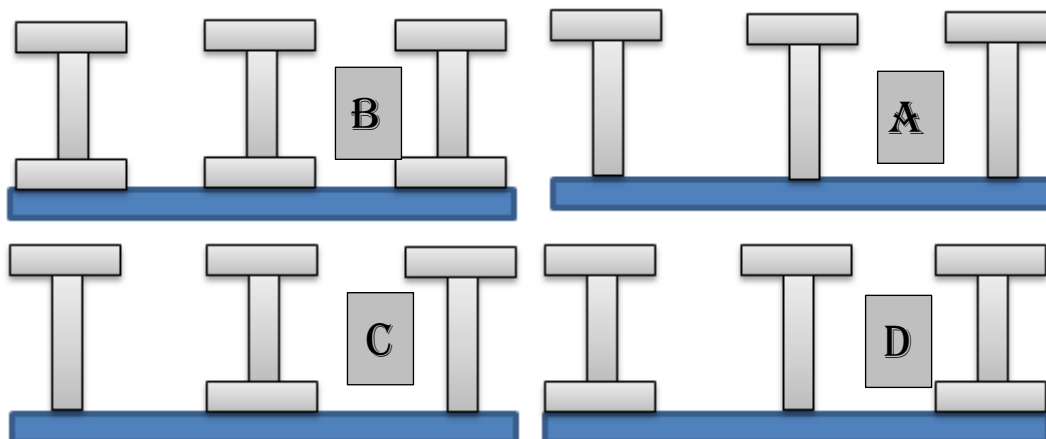
$$t = (s/508) \sqrt{(L - 62.5)(d / Ds)} + 2.5 \quad \text{mm for } 122 \leq L \leq 305 \text{ m} \dots(35)$$



الشكل (15) مقطع عرضي في سفينة



أجريت التجارب باستخدام برنامج Visual Studio على أربعة أشكال لعناصر التقوية والمبينة بالشكل (16):



الشكل (16) تدعيم اللوح المقوى بأشكال مختلفة

يتم الحساب وفق الخطوات التالية :

1\_ حساب عزم العطالة للقطاع المكون من اللوح وعناصر التقوية، الشكل (17) :

Item	Stiffings (n*mm)	Num. Stiff.	Area (m <sup>2</sup> )	Height (m)	First Moment of Area (m <sup>3</sup> )	Second Moment of Area (m <sup>4</sup> )	Moment of inertia about own neutral axis (m <sup>4</sup> )
B Plate	(2.640*0.0248)	1	0.065472	0	0	0	0
T Stiffener	(0.333*0.009+0.1*0.016)	3	0.013791	0.251	0.003461541	0.0008688467	0

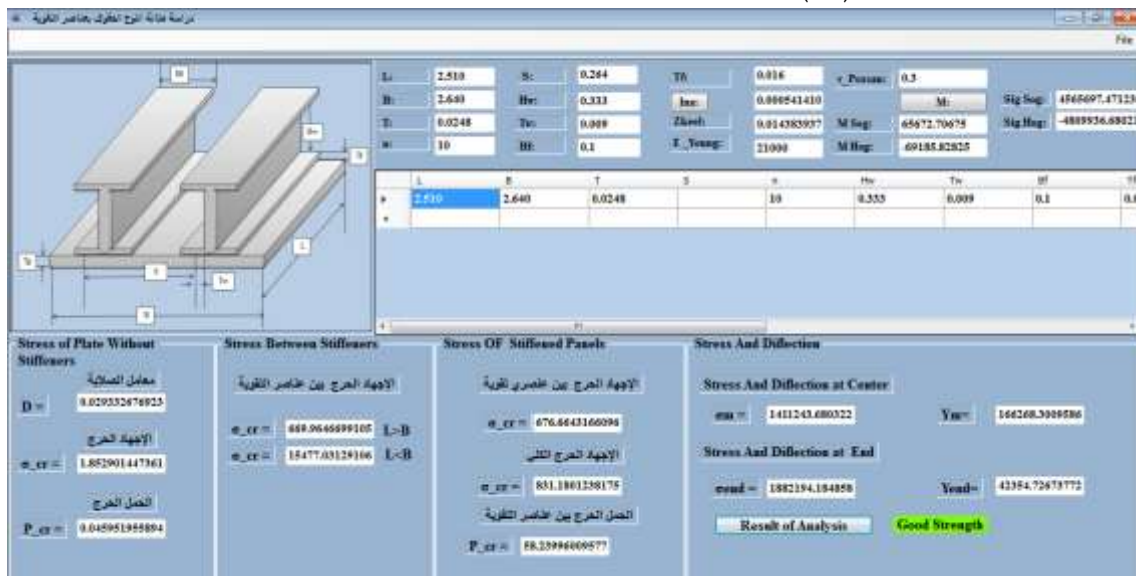
الشكل (17) حساب عزم العطالة باستخدام البرنامج

2\_ حساب عزم العطالة لكامل السفينة إضافة لعزم عطالة اللوح ، الشكل (18)



الشكل (18) حساب عزم اللوح المقوى

3\_ حساب الإجهادات ، الشكل (19)



الشكل (19) دراسة متانة القطاع وحساب الإجهاد

بتثبيت عدد الفراغات بين عناصر التقوية عند (3) وتغيير قيمة المسافة بين عناصر التقوية تم الحصول على النتائج المبينة بالجدول (5) والذي يعطي قيم الإجهاد عند مسافة فاصلة متغيرة بين العناصر التقوية مع ثبات عددها.

الجدول (5) قيم الإجهاد عند مسافة متغيرة بين العناصر التقوية في المنتصف .

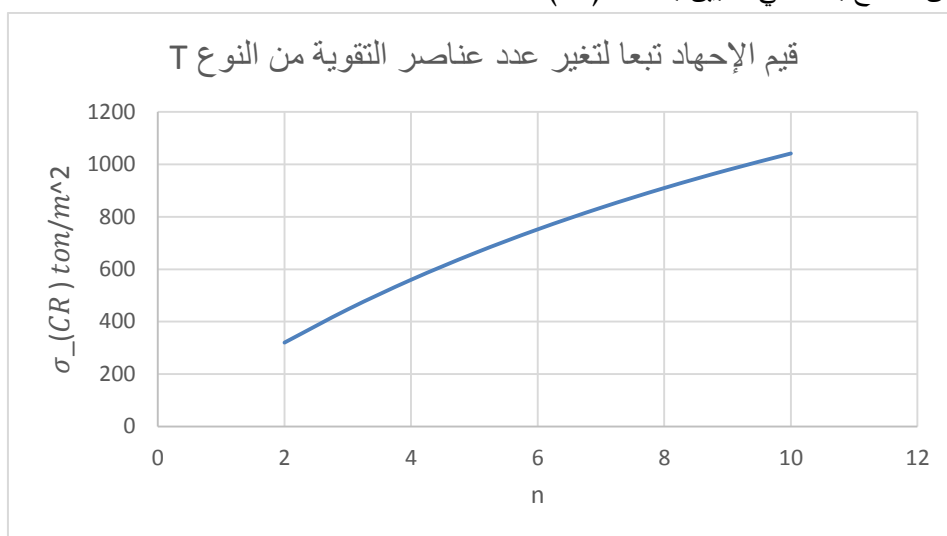
s	0.88	0.850	0.800	0.750	0.700	0.650	0.600
$\sigma_{CR}$	154.63	175.05	217.88	275.79	355.8	469.1	634.64

بتغيير المسافة بين عناصر التقوية تبعاً لتغيير عددها وتم الحصول على النتائج وفق الجدول (6):

الجدول (6) نتائج الاختبار التي أجريت على طريقة التدعيم المتبعة الشكل (A\_16) .

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s	1760	1173.33	880	704	586.667	502.857	440	391.11	352	320
$\sigma_{CR} \text{ ton/m}^2$	320.1	446.8	559.7	660.8	751.9	834.5	909.6	978.3	1041.3	1099.3
Pcr ton	22.43	31.31	39.219	46.30	52.69	58.47	63.74	68.55	72.96	77.03

يتم التعبير عن النتائج بالمنحني المبين بالشكل (20).



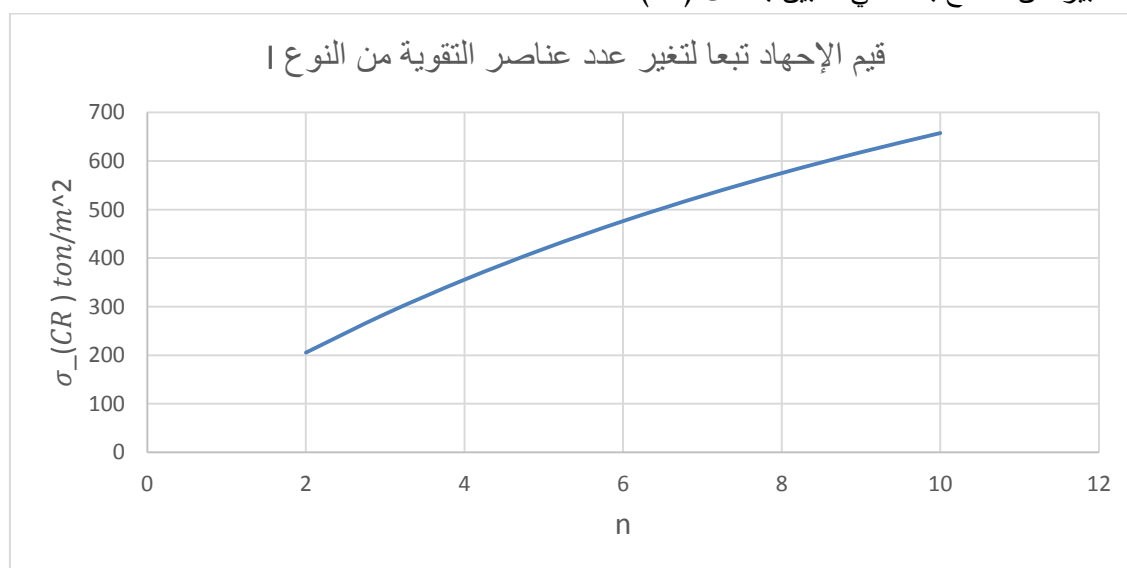
الشكل (20) التدعيم بعناصر تقوية نوع T

تم الحصول على نتائج الاختبار التي أجريت على طريقة التدعيم المتبعة بالشكل (B\_16) والمبينة بالجدول (7)

الجدول (7) نتائج الاختبار المتبعة بالشكل (B\_16).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s	1760	1173.33	880	704	586.667	502.857	440	391.11	352	320
σ <sub>CR</sub> ton/m <sup>2</sup>	205.5	284.93	355.65	419.02	476.129	527.86	574.94	617.96	675.44	693.79
Pcr ton	14.39	19.96	24.92	29.3	33.36	36.98	40.28	43.3	46.06	48.613

يتم التعبير عن النتائج بالمنحني المبين بالشكل (21).



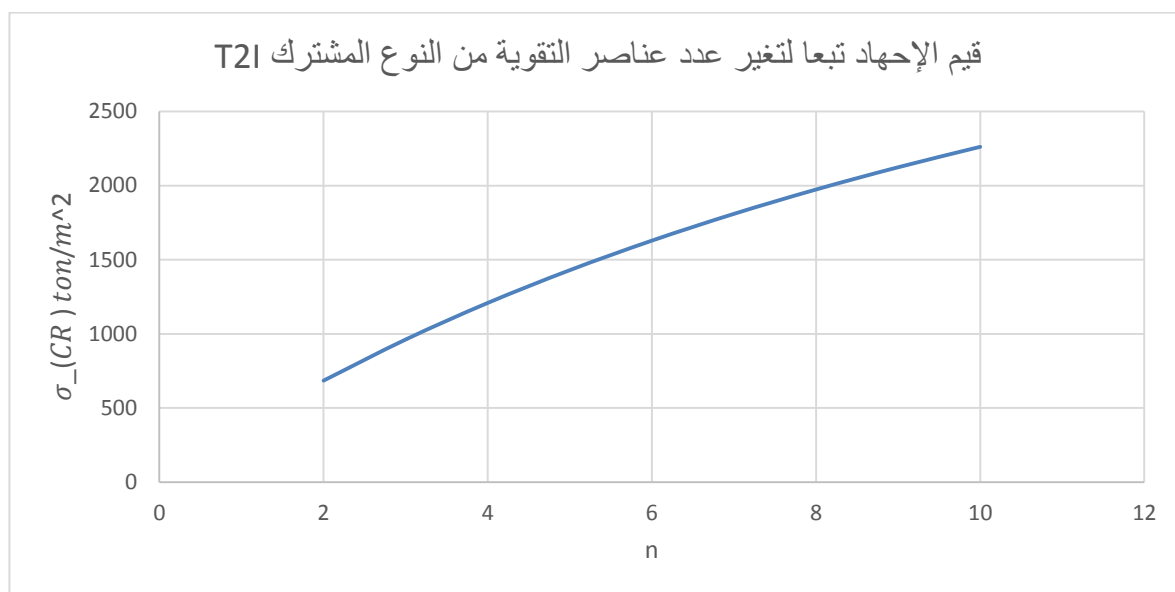
الشكل (21) التدعيم بعناصر تقوية نوع I

تم الحصول على نتائج الاختبار التي أجريت على طريقة التدعيم المتبعة الشكل (C\_16) والمبينة بالجدول (8).

الجدول (8) نتائج الاختبار المتبعة بالشكل (C\_16).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s	1760	1173.33	880	704	586.667	502.857	440	391.11	352	320
$\sigma_{CR} \text{ ton} / m^2$	684.3	961.5	1208.33	1429.47	1628.7	1809.3	1973.6	2123.7	2261.54	2388.4
Pcr ton	14.39	67.37	84.66	100.16	114.12	126.776	138.28	148.81	158.46	167.35

يتم التعبير عن النتائج بالمنحني المبين بالشكل (22).



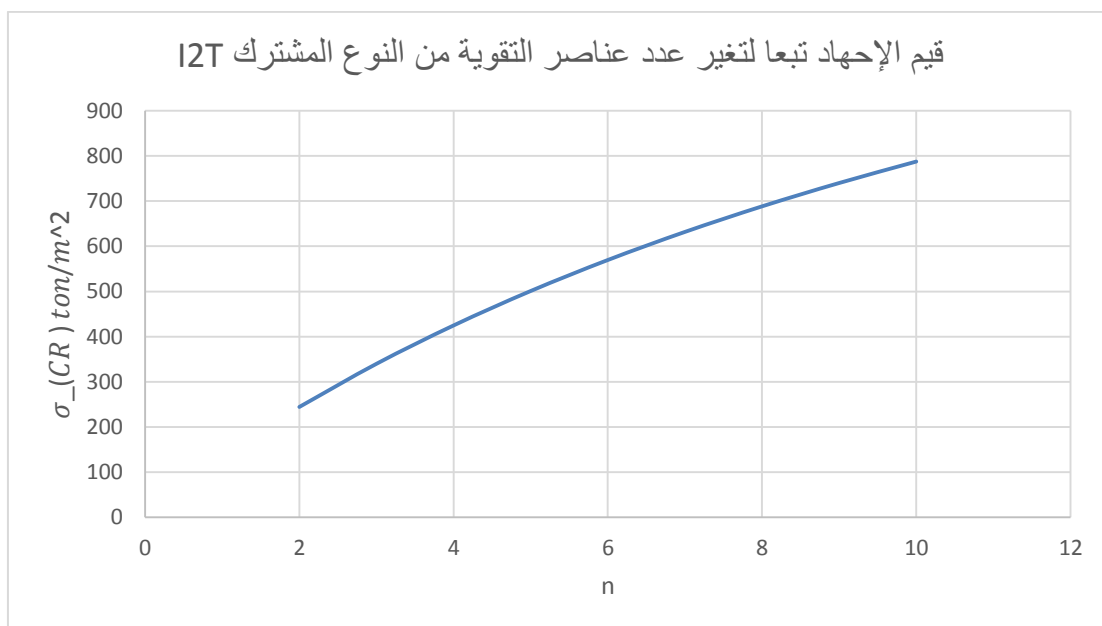
الشكل (22) التدعيم بعناصر تقوية نوع T21

تم الحصول على نتائج الاختبار التي أجريت على طريقة التدعيم المتبعة الشكل (D\_16) والمبينة بالجدول (9).

الجدول (9) نتائج الاختبار المتبعة بالشكل (D\_16).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s	1760	1173.33	880	704	586.667	502.857	440	391.11	352	320
$\sigma_{CR} \text{ ton} / m^2$	244.32	339.78	424.7	500.93	569.57	631.74	688.33	740.04	787.49	831.18
Pcr ton	17.11	23.8	29.76	35.1	39.9	44.26	48.23	51.8	55.17	58.23

يتم التعبير عن النتائج بالمنحني المبين بالشكل (23).



الشكل (23) التدعيم بعناصر تقوية نوع I2T

المناقشة:

## 6\_1 تحديد المسافة المثلى بين عناصر التقوية

- أظهرت نتائج المقارنة التي أجريت على أشكال التدعيم الأربعة السابقة من خلال تطبيقها على السفينة الموضحة بالشكل (15)، وذلك من خلال اعتماد عدد عناصر التقوية  $n=3$  تم الحصول على النتائج المبينة بالجدول (10).

الجدول (10) نتائج مقارنة طرق التدعيم .

n=3				عدد عناصر التقوية
الشكل (D_16)	الشكل (C_16)	الشكل (B_16)	الشكل (A_16)	نوع التدعيم
424.7	1208.33	355.65	559.7	$\sigma_{CR} \text{ ton/m}^2$
29.76	84.66	24.92	39.219	Pcr ton

ومنه يمكننا اعتبار أن نوع التدعيم المتبع بالشكل (C\_16) هو الأفضل مقارنة مع الطريقة المتبعة بالشكل (A\_16)

- بعد إجراء الحسابات السابقة والتي اعتمدت على تغيير أبعاد عناصر التقوية وأشكالها والمتانة التي تم الحصول عليها تبعا لكل حالة، تم الوصول إلى المقادير الأكثر تأثيرا على قيمة الإجهاد والموضحة بالعلاقة:

$$\sigma_{CR} = f\{S, n, I\} \dots \dots \dots (36)$$

نتيجة الحسابات السابقة على نماذج التدعيم المختلفة للألواح المقواة، تم التوصل إلى النموذج الرياضي المبين بالعلاقتين (37) و (38)، والذي يحدد عدد عناصر التقوية اللازمة للحصول على المتانة المطلوبة للوح المقوى وبالتالي تحديد المسافة المثالية بين هذه العناصر، باعتبارها كتابع لمساحة عنصر التقوية بالعلاقة:

$$s = f\left\{ \sum_{stiffeners} Area \right\} \dots \dots \dots (37)$$

$$\sum_{stiffeners} Area = 0.2106\% * BT \dots \dots \dots (38)$$

## 6\_2 تقليل وزن الألواح المقواة وذلك بدراسة تأثير أبعاد عناصر التقوية على المتانة

- أظهرت نتائج دراسة متانة عنصر التقوية من النوع I مايلي:
- انخفاض قيمة المتانة  $F_u$  بزيادة طول عنصر التقوية  $a$  ،
- انخفاض قيمة المتانة  $F_u$  تبعاً بزيادة عرض الحافة السفلى لعنصر التقوية  $B_p$  ،
- زيادة قيمة المتانة  $F_u$  بزيادة سماكة لوح التقوية  $T$  ،
- زيادة قيمة المتانة  $F_u$  بزيادة  $H_w$  ،
- زيادة قيمة المتانة  $F_u$  بزيادة  $t_w$  ،
- زيادة قيمة المتانة  $F_u$  بزيادة  $b_f$  ،
- زيادة قيمة المتانة  $F_u$  بزيادة  $t_f$  ،
- عند تدعيم اللوح بعناصر تقوية وفق الأشكال الأربعة تبين مايلي :
- إن تدعيم اللوح بعناصر تقوية من النوع T أفضل من النوع I عند نفس قيمة مساحة المقطع العرضي للعنصر ، ونفس المسافة الفاصلة بين عناصر التقوية .
- إن تدعيم اللوح بعناصر تقوية مشتركة (T+I) وجدنا أن التدعيم بالنوع (T2I) أفضل بالمقارنة مع النوع (I2T) عند نفس قيمة مساحة المقطع العرضي للعنصر ، ونفس المسافة الفاصلة بين عناصر التقوية .
- كلما كان عدد عناصر التقوية " ذات قيمة كبيرة لـ  $B_f$  وملاصقة للوح المقوى " أكبر كلما انعكس سلباً على متانة القطاع المكون من اللوح وعناصر التقوية.

### الاستنتاجات والتوصيات:

- لتحسين متانة اللوح المقوى يقترح مايلي:
- ✓ زيادة ارتفاع العصب  $H_w$  عند تصميم عناصر التقوية لأنه يحسن مقادر متانة لوح التقوية .
- ✓ تقليل عرض الحافة السفلى لعنصر التقوية  $B_p$  من النوع I عند تصميم عناصر التقوية لأنه يحسن مقادر متانة لوح التقوية .
- ✓ تدعيم الألواح المقواة بعناصر التقوية تجمع ما بين زيادة في طول العصب  $H_w$  ، ونقصان في عرض عنصر التقوية  $B_p$  ، من خلال الجمع بين نموذجين من نماذج عناصر التقوية (T,I) والمبينة بنوع التدعيم المتبع بالشكل (C\_16).
- ✓ الاعتماد على عناصر التقوية المختلفة وليس فقط الاكتفاء بشكل موحد لعنصر التقوية وبذلك يتم تقليل وزن اللوح المقوى.

### المراجع:

- [1] Ibrahim A.Assakka , Bilal M.Ayyub , Paul E.Hess , Khaled Atua "Reliability\_Based Load and Resistance Factore Fesign (LRFD) Guidelines for Stiffened Panels and Grillages of Ship Structures" Vol 114, April 2002,Pages 69 – 88.
- [2] Jeom Kee Palk , Anll Kumar Thayamball , Bong Ju Kim , Ge Wang , Yung Sup Shin and Dond Liu " Ultimate Limit State Design of Ship Stiffened Panels and Grillages " SNAME Transactions, Vol.109, 2001 , Pages 221 \_268 .

- [3] Hung Chen DO ,Wej Jiang , Jianxin Jin , Xuedong Chen , " *Ultimate Limit State Assessment of Stiffened Panels Structure For Very Large Carrier Via Non Linear Finite Element Method* ". International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH) Vol.2, No.2, May 2013 , Pages33-46
- [4] <http://www.jalalalhajabed.com/strength-of-materials> , 15/4/2019
- [5] [http://www.engineersedge.com/RectangularPlate Uniform Load Simply Supported Equations and Calculators](http://www.engineersedge.com/RectangularPlateUniformLoadSimplySupportedEquationsandCalculators) .17/4/2019
- [6] ABS, Rules for building and classing steel vessel. US: American Bureau of Shipping, 2012. Pages 350

[7] د. غالب أحمد \_ التصميم الإنشائي للسفن I \_ منشورات جامعة تشرين 2018