

Studying the Effect of the Geometric Dimensions of the Bulbous Bow on the Resistance of the KCS Container Ship using CFD

Dr. Michel Barbahan*
Mohamad Hosam Al-Deen**

(Received 27 / 7 / 2024. Accepted 26 / 8 / 2024)

□ ABSTRACT □

In this research, the flow field around the hull of the KCS container ship model was studied and analyzed through the use of CFD (Computational Fluid Dynamics) technology. Both the URANS (Unsteady Reynolds Averaged Navier Stokes) method and the $k-\omega$ SST turbulence model, available within the Ansys program, were used to solve the Navier-Stokes equations.

The resistance of 9 different models of the KCS container ship with a bulbous bow was calculated with different values for both the length and width of the bulbous bow and fixing all the geometric dimensions of the ship. The quality of the numerical solution was initially confirmed by comparing the CFD results of the resistance with the experimental data. After that, the effect of changing the parameters of the bulbous bow on the total resistance and its components, and wave field was discussed and analyzed. Finally, study and analysis of the effect of the geometric parameters of the bulbous bow on the ship's resistance was discussed and analyzed.

Keywords: Bulbous bow, KCS, CFD, $k-\omega$ SST, ANSYS, RANS.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor. Marine Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. E-mail: dr.michelvouzefbarbahan@tishreen.edu.sy

** Master Student, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. E-mail: mohammadhosamadden@gmail.com

دراسة تأثير الأبعاد الهندسية للمقدمة البصلية على مقاومة سفينة الحاويات KCS باستخدام CFD

د. ميشيل بريهان*

محمد حسام الدين**

(تاريخ الإيداع 27 / 7 / 2024. قُبِلَ للنشر في 26 / 8 / 2024)

□ ملخص □

لقد تم في هذا البحث دراسة وتحليل حقل التدفق حول بدن نموذج سفينة الحاويات KCS من خلال استخدام تقنية CFD (Computational Fluid Dynamics). تم استخدام كل من طريقة الـ URANS (Unsteady Reynolds Averaged Navier Stokes) وموديل الاضطراب k- ω SST والمتوفرة ضمن برنامج الـ Ansys لحل معادلات نافيه ستوكس الناظمة للتدفق.

تم حساب مقاومة 9 نماذج مختلفة لسفينة الحاويات KCS مع مقدمة بصلية مع قيم مختلفة لكل من طول وعرض المقدمة البصلية وتنبيت كل الأبعاد الهندسية للسفينة، حيث تم في بادئ الأمر التأكد من جودة الحل الرقمي من خلال مقارنة النتائج الرقمية لكل من المقاومة وحقول الضغط والسرعة حول بدن السفينة عند حركتها للأمام مباشرة مع النتائج التجريبية المتوفرة. بعد ذلك تم مناقشة وتحليل تأثير تغيير بارامترات المقدمة البصلية على كل من مقاومة الضغط واللزوجة وحقل الأمواج والضغط، ليتم التوصل في النهاية إلى دراسة وتحليل تأثير البارامترات الهندسية للمقدمة البصلية على مقاومة السفينة.

الكلمات المفتاحية: المقدمة البصلية، سفينة الحاويات KCS، CFD - ميكانيك الموائع الحسابية، SST - ω - k، برنامج الـ ANSYS، معادلات رينولدز نافيه ستوكس الوسطية.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* أستاذ - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. إيميل:

dr.michelyouzeffbarbahan@tishreen.edu.sy

** طالب ماجستير - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. إيميل:

mohammadhosamadden@gmail.com

مقدمة:

تعتبر وسائل النقل البحري هي الأساس في الاقتصاد العالمي وذلك بسبب الاعتماد الكبير عليها في عملية التجارة العالمية، كما وتعتبر سفن الحاويات أحد أهم الوسائل البحرية في التجارة العالمية حيث يتم في الوقت الحالي نقل عدد كبير جداً من البضائع العالمية باستخدام هذه السفن. زيادة الاعتماد على وسائل النقل البحرية يجعل من زيادة استهلاك الوقود الأحفوري أمراً حتمياً لأن السفن الكبيرة لازالت تعتمد على هذا النوع من الوقود على الرغم من وجود مصادر طاقة بديلة إلا أن الوقود الأحفوري لا يزال أكثر أنواع الطاقة استخداماً في المجال البحري.

مع الأخذ بعين الاعتبار أن متطلبات المنظمة البحرية الدولية تزداد صرامة فيما يخص تلوث الهواء الناتج عن السفن، وبالتالي أصبح تقليل استهلاك الوقود أمراً ضرورياً بالنسبة لشركات الشحن لما له من تأثير كبير على التلوث البيئي. واحدة من البارامترات الهامة التي تؤثر على استهلاك الوقود هي مقاومة بدن السفينة، ولهذا السبب يعد تقليلها أحد المتطلبات الأساسية لمصممي ومالكي السفن.

إن وجود المقدمة البصلية للسفينة يساعد وعند مجال معين من السرعات في تقليل مقاومة السفينة من خلال توليده لنظام أمواج يساعد في تخميد نظام الأمواج الخاص بالسفينة الأمر الذي يقلل من مقاومة الأمواج التي تتعرض لها السفينة، وبالتالي تقليل المقاومة الكلية للسفينة.

هناك الكثير من الدراسات التي تمت من وقت طويل وتتم الآن على المقدمة البصلية، وذلك لما لها من أهمية كبيرة في تقليل مقاومة السفينة ضمن مجال معين من السرعة [7]–[1]. هناك أنواع مختلفة من المقدمة البصلية، وتختلف عن بعضها البعض تبعاً لنوع السفينة ووظيفتها وخط سيرها. في كافة الأنواع الموجودة فإن المقدمة البصلية تساعد في تخميد نظام الأمواج المتولد من حركة السفينة (من خلال تراكب نظامي الأمواج مع بعضهما البعض) والذي ينتج عنه تقليل قوة الجر اللازمة للسفينة فضلاً عن تأثيرها الإيجابي في تخميد تآرجحات السفينة الطولية. في حالة السرعات المنخفضة فإن المقدمة البصلية سوف تحتجز الماء فوق المقدمة بدون تشكيل منطقة ضغط منخفض لإلغاء تأثير أمواج المقدمة، وهذا بالتأكيد سوف يسبب زيادة في قوة الجر، والذي سوف يتسبب في انخفاض المردود، وهذا ما أكدته مقترحات الدراسة [8] التي أجراها Podder et al. والذي أكد فيها بأن المقدمة البصلية تكون ذات جدوى ضمن السرعات المحدود $0.283 \leq F_n \leq 0.563$ ، وبشكل عام يمكن القول أن تأثير المقدمة البصلية في حالة السرعات المنخفضة سلبي، ومع زيادة رقم فرود يصبح تأثيرها إيجابي ويزيد إلى القيمة العظمى [9]. تُورد فيما يلي بعض الدراسات السابقة التي تناولت دراسة أشكال مختلفة للمقدمة البصلية ولأنواع مختلفة من السفن:

في كاسحات الجليد تلعب المقدمة البصلية دوراً أساسياً في تكسير الجليد الذي تواجهه السفينة، وتعتبر أشكال المقدمات للسفن الحديثة الكاسرة للجليد بأنها متشابهة إلى حد كبير جداً. في عام 2016 قام الباحثين Myland and Ehlers [10] بتقييم تأثير الأشكال المختلفة لمقدمة السفينة على المقاومة الناتجة عن تقدم السفينة في الجليد. اعتمدت الدراسة بشكل كبير على اختبارات النماذج، حيث تم تسجيل فيديو تحت الماء للسفن خلال مرورها في المناطق المتجمدة وبناء على النتائج التي تم الحصول عليها تم تصنيف السفن الكاسرة للجليد إلى صنفين أساسيين بحسب مخطط تكسر الجليد لكل منها. اعتماداً على المعارف السابقة، فإنه تم استخدام نتائج اختبارات نماذج إضافية لإيجاد العلاقة التي تربط بين بارامترات المقدمة أو خصائص النموذج الثنائي البعد لها والمقاومة الكلية للسفينة.

قام Lee et al., 2016 [11] بإجراء سلسلة من التجارب على نماذج السفينة الناقلة KVLCC مع أشكال مختلفة للمقدمة البصلية. النتائج التي تم الحصول عليها أكدت تأثير شكل المقدمة البصلية على مقاومة السفينة. تم إجراء

الدراسة على ثلاث نماذج للناقلة KVLCC، النموذج الأصلي بالإضافة إلى نموذجين آخرين تم إجراء التعديل على مقدمة كل منهما. تم عرض وتحليل النتائج الخاصة بكل من حقل السرعة وحقل الأمواج وتم مناقشة البارامترات التي تؤثر في المقاومة المضافة، واستجابة الحركة اعتماداً على نتائج الاختبارات التجريبية للعديد من النماذج بمقدمات بصلية مختلفة. أكدت هذه الدراسة على دور المقدمة البصلية في تقليل مقاومة السفينة الناقلة ضمن مجال معين من السرعة. في عام 2017 قام Hamdan et al. [12] بتقييم تأثير شكل مقدمة السفينة وبشكل خاص المقدمة البصلية لسفن الحاويات الضخمة (ULCC) على مقاومة الأمواج. تم في هذه الدراسة توليد 27 شكل مختلف للمقدمة البصلية وتم إجراء الدراسة عليها ليتم في النهاية اختيار الشكل الأمثل بين هذه الأشكال. النتيجة التي توصلت لها هذه الدراسة أنه يمكن تقليل مقاومة تشكل الأمواج بشكل كبير من خلال زيادة طول البروز، وزيادة عرض وارتفاع البصلة (الانتفاخ). في عام 2018 قام Chrismianto et al. [13] باختبار تأثير إضافة مقدمة بصلية لقارب صغير Catamaran، تم استخدام تقنية الـ CFD لتحقيق هذا الغرض. أثبتت الدراسة أن اختيار الشكل المناسب للمقدمة البصلية للقارب سيسمح بانسياب الماء حول بدن القارب بشكل يقلل من المقاومة الاجمالية للسفينة. أظهرت النتائج الخاصة بهذه الدراسة بأن إضافة مقدمة بصلية للقارب من نوع Catamaran ساهم في تقليل المقاومة الكلية حتى 13%.

في عام 2019 قام الباحث Lee وزملاؤه [14] باستخدام تقنية الـ CFD من أجل دراسة تأثير شكل المقدمة البصلية على المقاومة الكلية لسفينة بضائع صب. شملت الدراسة العديد من الأشكال للمقدمة البصلية من الشكل الحاد إلى الشكل عديم الحواف (الانسيابي). تم استخدام طريقة الـ URANS وموديل الاضطراب $k - \epsilon$ لحل معادلات نافيه - ستوكس، كما تم استخدام طريقة (VOF) (Volume of fluid) لحل السطح الحر. المقارنة بين النتائج الرقمية والنتائج التجريبية أكدت دقة الإعدادات الرقمية التي تم استخدامها. لوحظ خلال الدراسة بأن البدن مع المقدمة الحادة تتخفف فيه مقاومة الضغط بنسبة 8.9% في المياه الهادئة وبنسبة 6.4-12% عند وجود أمواج سطحية منتظمة، ولم يلاحظ اختلاف في قيمة مركبة مقاومة الاحتكاك بين الشكلين الحاد والانسيابي.

في عام 2024 قام Kim et al. بدراسة تأثير المقدمة البصلية على قدرة سفينة النفط KVLCC2 على المناورة. تم إجراء الدراسة بشكل تجريبي وبشكل رقمي على نموذجين للسفينة، الأول بدون مقدمة بصلية والثاني مع المقدمة البصلية. تم إجراء الدراسة في الماء الهادئ ومع الأمواج. تم دراسة تأثير كل من سرعة السفينة، اتجاه الأمواج وطول الأمواج على قدرة السفينة على المناورة. النتائج الرقمية والتجريبية التت يتم الحصول عليها في الماء الهادئ تتفق مع بعضها البعض بشكل كبير. في حالة وجود الأمواج لم يكن انطباق بين النتائج الرقمية والنتائج التجريبية بنفس الدرجة. تم في هذه الدراسة تحليل تأثير وجود المقدمة البصلية على سلوك السفينة في الظروف المختلفة للإبحار، وتم التأكيد على دورها الإيجابي.

أهمية البحث وأهدافه:

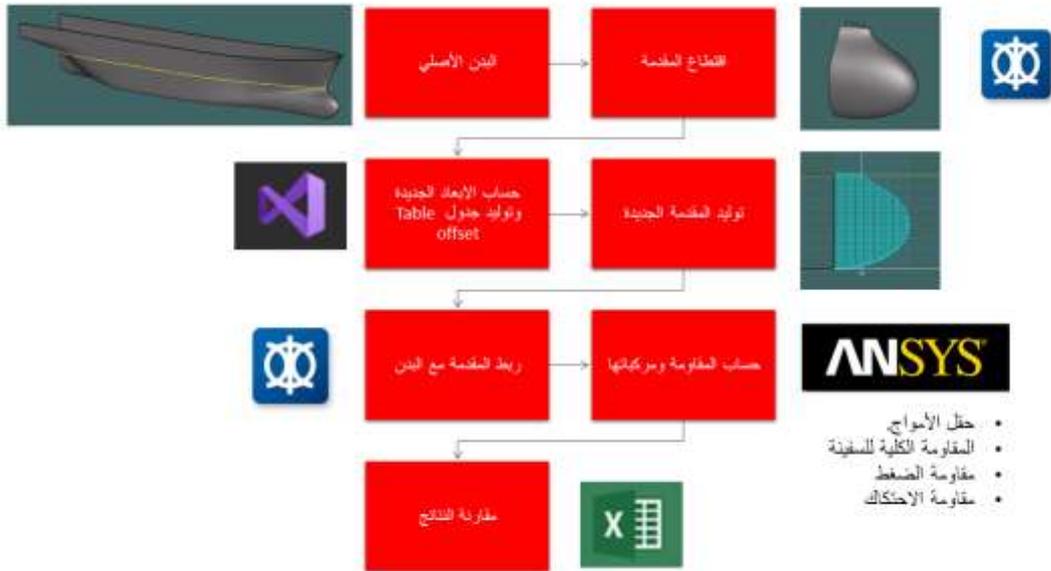
إن التصميم المثالي للمقدمة البصلية يندرج ضمن التصميم المثالي لأبدان السفن، حيث أن السفينة تستطيع أن تبحر بدون مقدمة بصلية، ولكن وجود هذه المقدمة يحقق فعالية إضافية للسفينة من خلال تخفيض استهلاكها من الوقود عند سرعات معينة، وعليه يمكن تلخيص أهمية وأهداف البحث في مجموعة من الأمور:

– دراسة التدفق حول بدن سفينة الحاويات النموذجية KCS وحساب القوى المؤثرة عليها بوجود وبدون وجود المقدمة البصلية.

- دراسة تأثير طول وعرض المقدمة البصلية على نظام الأمواج المتشكل.
- دراسة تأثير طول وعرض المقدمة البصلية على كل من مقاومة الضغط واللزوجة والمقاومة الكلية للسفينة.

منهجية البحث:

يقوم هذا البحث على منهجية تحليلية تجريبية في بيئة افتراضية، حيث تم دراسة حقل التدفق وحقل الأمواج والقوى المؤثرة على سفينة الحاويات KCS مع وبدون وجود المقدمة البصلية باستخدام تقنية CFD ضمن برنامج الـ ANSYS. كما هو موضح في الشكل 1 فإن أول خطوة تقوم بها هي اقتطاع المقدمة البصلية من بدن السفينة الأصلية ليتم بعدها حساب الأبعاد الجديدة للمقدمة البصلية وتوليد سطحها، وبعدها يتم ربط المقدمة الجديدة في البدن ضمن برنامج الـ MAXSURF وفي النهاية يتم حساب البدن الجديد مع قيم مختلفة للسرعة ضمن برنامج الـ Ansys ليتم الحصول على كل من المقاومة الكلية ومركباتها، بالإضافة لحقل الأمواج وحقل الضغط، ليتم بعدها مقارنة النتائج التي يتم الحصول عليها مع نتائج البدن الأصلي.



الشكل 1: خطوات العمل في هذا البحث.

طرائق البحث ومواده:

- إن الطرق والمواد التي يعتمد عليها هذا البحث يمكن تلخيصها كما يلي:
- تقنية الـ CFD المتوفرة ضمن برنامج الـ Ansys.
- طريقة الـ URANS وموديل الاضطراب $k - \omega SST$ من أجل حل معادلات نافيه ستوكس.
- طريقة الـ Volume Of Fluid, VOF من أجل حل السطح الحر بين الهواء والماء.
- نموذج سفينة الحاويات KCS.

1 المعادلات الناظمة للتدفق

1.1 الشكل التفاضلي للمعادلات الناظمة للجريان

الشكل التفاضلي لمعادلة مصونية الكتلة في الإحداثيات الديكارتية:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

الشكل التفاضلي لمعادلة مصونية كمية الحركة على المحور X:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot u) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \cdot u^2 + p - \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \cdot u \cdot v - \tau_{yx}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \cdot u \cdot w - \tau_{zx}) - \rho \cdot g_x = 0 \quad (2)$$

الشكل التفاضلي لمعادلة مصونية كمية الحركة على المحور Y:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot v) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \cdot v \cdot u - \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \cdot v^2 + p - \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \cdot v \cdot w - \tau_{zy}) - \rho \cdot g_y = 0 \quad (3)$$

الشكل التفاضلي لمعادلة مصونية كمية الحركة على المحور Z:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot w) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \cdot w \cdot u - \tau_{xz}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \cdot w \cdot v - \tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \cdot w^2 + p - \tau_{zz}) - \rho \cdot g_z = 0 \quad (4)$$

حيث أن p هو الضغط، u, v, w هي مركبات السرعة على المحاور الإحداثية الديكارتية x, y, z ، ρ كثافة المائع، g_i مركبات تسارع الجاذبية الأرضية على المحاور الإحداثية الديكارتية، τ_{ij} هو مصفوفة إجهادات رينولدز المضطربة (وهو عبارة عن مصفوفة ثلاثية الأبعاد 3×3 ومتناظرة بالنسبة للقطر الرئيسي) ويمكن كتابته بالشكل التالي:

$$\tau_{ij} = \begin{vmatrix} -\rho \cdot u'_x u'_x & -\rho \cdot u'_x u'_y & -\rho \cdot u'_x u'_z \\ -\rho \cdot u'_x u'_y & -\rho \cdot u'_y u'_y & -\rho \cdot u'_y u'_z \\ -\rho \cdot u'_x u'_z & -\rho \cdot u'_y u'_z & -\rho \cdot u'_z u'_z \end{vmatrix} \quad (5)$$

حيث أن u'_i هي قيمة تأرجحات السرعة على المحاور الإحداثية الديكارتية. مصفوفة إجهادات رينولدز المضطربة غير معروفة القيمة وتجعل من نظام المعادلات غير مغلق لذلك يجب حسابها، ولهذا الغرض يتم استخدام الموديلات الرياضية لحساب قيمة هذه الإجهادات [15]–[17]، وفي هذا العمل تم استخدام موديل الاضطراب SST $k - \omega$ من أجل إغلاق نظام المعادلات.

1.2 الشكل التكاملي للمعادلات الناظمة للجريان

الشكل التكاملي لمعادلة مصونية الكتلة:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \iint_A \rho \vec{u} dA = 0 \quad (6)$$

إن مجموع القوى المؤثرة على حجم المراقبة dV تساوي إلى معدل تغير كمية الحركة خلال الزمن، ولهذا يمكن كتابة معادلة كمية الحركة بالشكل التكاملي كمايلي:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho u_i dV + \int_A \rho u_i u_j dA = - \int_A T_{ij} dA + \int_V \rho f_i dV \quad (7)$$

حيث أن T_{ij} يمثل مصفوفة الإجهادات العامة والتي تعرف طبقاً لفرضية نيوتن كالتالي:

$$T_{ij} = - \left(p + \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \delta_{ij} + 2\mu S_{ij} \quad (8)$$

δ_{ij} هو ثابت كرونكر، S_{ij} مصفوفة الانفعالات وتعطى بالشكل التالي [15]–[17]:

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (9)$$

1.3 الموديل الرياضي $k - \omega$ SST

كما ذكرنا سابقاً لقد تم استخدام هذا الموديل من أجل إغلاق نظام المعادلات. تم اقتراح هذا الموديل الرياضي من قبل الباحث Menter [7] وهو عبارة عن دمج الموديلين الرياضيين $k - \omega$ و $k - \varepsilon$. تم دمج ميزات الموديلين الرياضيين المذكورين في هذا الموديل، حيث أنه ومن خلال استخدام تابع دمج خاص يتم تطبيق الموديل $k - \omega$ في منطقة الطبقة الحدية القريبة من الجدار، ويتم تطبيق الموديل $k - \varepsilon$ خارج الطبقة الحدية (في منطقة التدفق الحر)، والسبب في هذا أن الموديل الرياضي $k - \omega$ يعطي نتائج ممتازة (داخل الطبقة الحدية) في المنطقة القريبة من الجدار، وعلى العكس من هذا فإن الموديل الرياضي $k - \varepsilon$ يعطي نتائج ممتازة خارج الطبقة الحدية. المعادلات الأساسية في هذا الموديل يمكن كتابتها بالشكل التالي، انظر:

معادلة الـ k :

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = P_k - \beta^* k \omega + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + \sigma_k v_T) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (10)$$

معادلة نسبة تبدد الاضطراب النوعية (وتسمى أيضا بتعدد الاضطراب $\left[\frac{1}{s}\right]$):

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u_j \frac{\partial \omega}{\partial x_j} = \alpha S^2 - \beta \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + \sigma_\omega v_T) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + 2(1 - F_1) \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_i} \quad (11)$$

معادلة لزوجة الدوامة μ_t :

$$\mu_t = \frac{\rho \alpha_1 k}{\max(\alpha_1 \omega, SF_2)}, \quad S = \partial u / \partial y \quad (12)$$

حيث أن:

$$F_1 = \tanh \left\{ \left\{ \min \left[\max \left(\frac{\sqrt{k}}{\beta^* \omega y}, \frac{500v}{y^2 \omega} \right), \frac{4\sigma_{\omega 2} k}{CD_{k\omega} y^2} \right] \right\}^4 \right\}$$

$$F_2 = \tanh \left[\left[\max \left(\frac{\sqrt{k}}{\beta^* \omega y}, \frac{500v}{y^2 \omega} \right) \right]^2 \right] \quad (13)$$

$$P_k = \min \left(\tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j}, 10\beta^* k \omega \right)$$

$$CD_{k\omega} = \max \left(2\rho \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_i}, 10^{-10} \right)$$

الثوابت الخاصة بهذا الموديل موضحة في الجدول (2).

الجدول 1: قيمة الثوابت المستخدمة في الموديل الرياضي SST $k - \omega$.

β^*	α_1	β_1	σ_{k1}	σ_{k2}	$\sigma_{\omega 1}$	α_2	β_2	$\sigma_{\omega 2}$
$\frac{9}{100}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{3}{40}$	0.85	1	0.5	0.44	0.0828	0.856

2 الأبعاد الهندسية والبيئة الرقمية واعتباراتها

تم في هذا البحث استخدام سفينة الحاويات النموذجية KCS من أجل إجراء الدراسة، الأبعاد الهندسية الأساسية الخاصة بكل من السفينة الحقيقية والنموذج موضحة في الجدول 2. نسبة التصغير التي تم استخدامها هي $\lambda = 31.6$ ، تم اختيار هذا النموذج بسبب توفر الكثير من القياسات التجريبية له [18]، هذا الأمر يساعد بشكل كبير في التأكد من جودة ودقة الشبكة والإعدادات الرقمية التي تم استخدامها في هذا العمل. الشكل 2 يعرض السفينة KCS التي تمت دراستها.

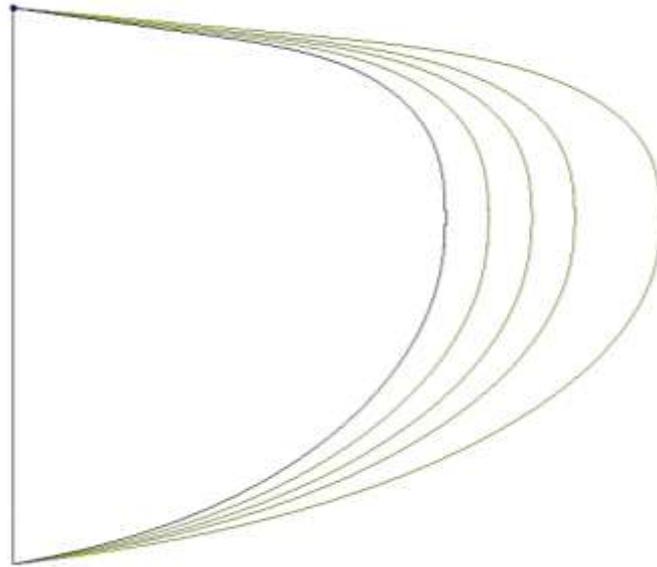
الجدول 2: الأبعاد الأساسية لسفينة الحاويات KCS الأصل ونموذجها [19].

Terms	Symbol	Unit	Full-scale	Model scale
Length between perpendiculars	L_{pp}	m	230	7.2786
Breadth	B	m	32.2	1.0190
Draft	D	m	10.8	0.3418
Block coefficient	C_B	-	0.6505	0.6505
Wetted surface area without appendages	S_w	m^2	9424	9.4379
Displacement	∇	m^3	52030	1.6490



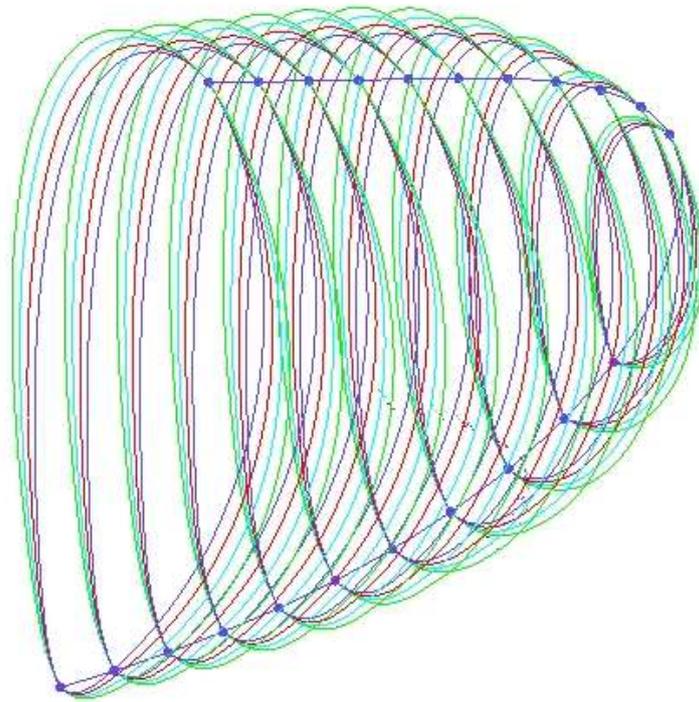
الشكل 2: نموذج سفينة الحاويات KCS [19].

كما أسلفنا سابقاً، تم استخدام 9 نماذج من سفينة الحاويات KCS في هذا العمل: - تم زيادة طول المقدمة البصلية وفق أربعة مراحل، حي تم في المرحلة الأولى والثانية والثالثة زيادة قيمة طول المقدمة البصلية بمقدار 10% في كل مرحلة (المرحلة الأولى +10%، المرحلة الثانية +20%، المرحلة الثالثة +30% بالمقارنة مع المقدمة الأصلية)، وأما في المرحلة الرابعة تم زيادة الطول بمقدار 50% بالمقارنة مع المقدمة الأصلية للسفينة، انظر الشكل 3.

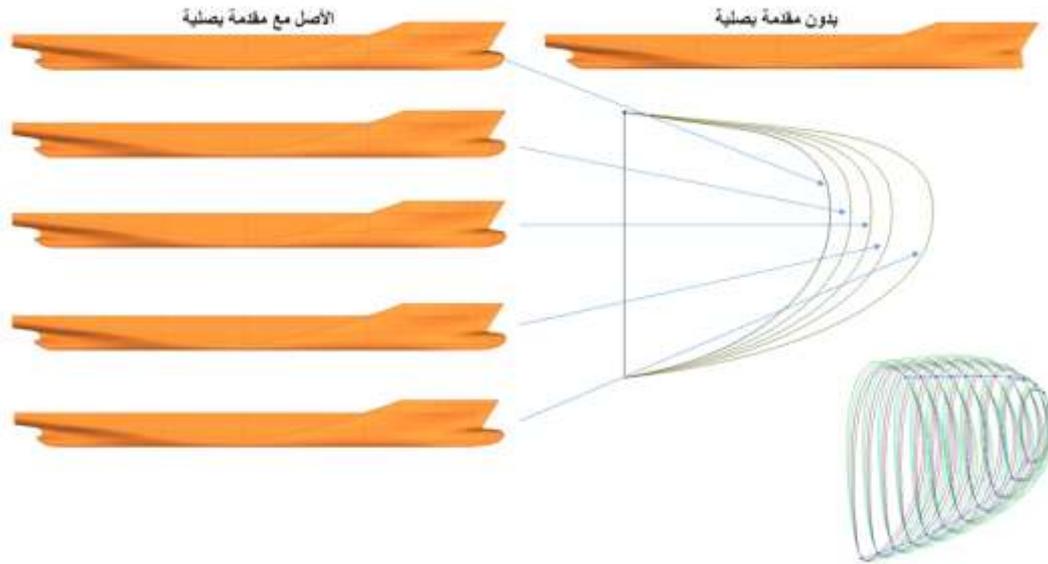


الشكل 3: تغيير طول المقدمة البصلية لسفينة الحاويات KCS.

- تم زيادة عرض المقدمة البصلية على ثلاثة مراحل، في كل مرحلة تم زيادة العرض بمقدار 10% بالمقارنة مع المقدمة الأصلية للسفينة، انظر الشكل 4.
- الشكل 5 يعرض النماذج التي تمت دراستها في هذا العمل.



الشكل 4: تغيير عرض المقدمة البصلية لسفينة الحاويات KCS.



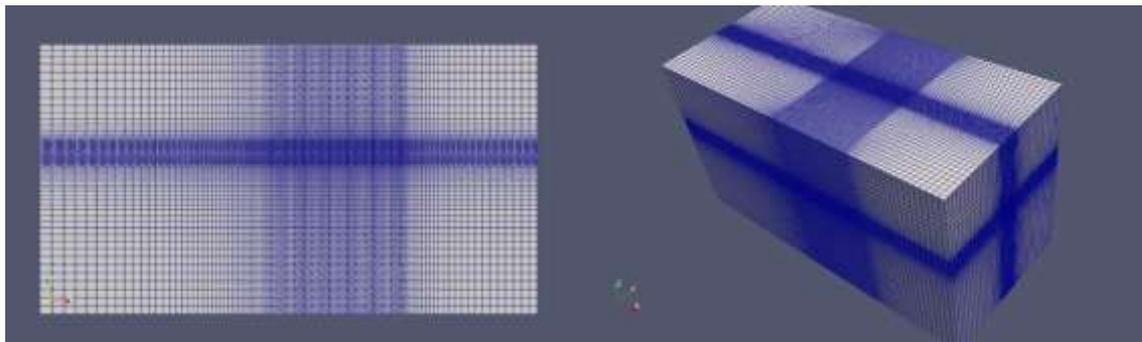
الشكل 5: النماذج المدروسة لسفينة الحاويات KCS.

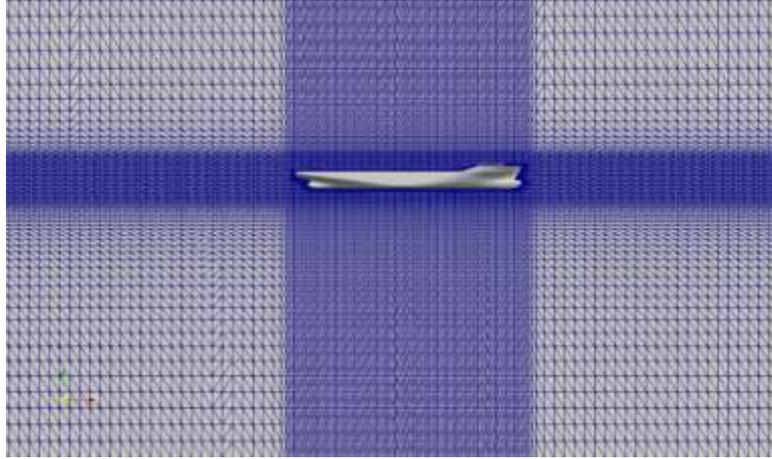
2.1 الشبكة الرقمية

في هذه الدراسة قمنا باستخدام الشبكة المنتظمة، تم بناؤها باستخدام برنامج الـ ICEM والذي هو أحد برامج الـ Ansys مع ملاحظة أن الحسابات على سفينة الـ KCS أجريت لها وحدها بدون وجود الملحقات مع مقياس 1/31.6 وكانت في مسار مستقيم بدون أي زاوية انحراف. الشكل 6 يوضح الشبكة الرقمية التي تم بناؤها حول بدن السفينة باستخدام برنامج الـ ICEM. أبعاد المجال الحسابي (والذي يمثل القناة التي تبحر فيها السفينة) هي على النحو التالي:

$$L \times B \times T = 5L_{pp}(m) \times 3.1L_{pp}(m) \times 2.9L_{pp}(m)$$

حيث L يمثل طول المجال الحسابي، B عرضه و T ارتفاع المجال الحسابي. كما هو واضح في الشكل السابق، فلقد تم تعميم الشبكة الحسابية بالقرب من بدن السفينة في، في منطقة الطبقة الحدية. عدد الخلايا التي تم استخدامه هو 1.5 مليون خلية حول كامل بدن السفينة. للأسف لا نستطيع استخدام عدد خلايا أكثر من ذلك وذلك بسبب الإمكانيات المحدودة للكمبيوتر المتوفر لدينا.





الشكل 6: الشبكة الرقمية التي تم بناؤها حول بدن سفينة الحاويات KCS.

النتائج والمناقشة:

في بداية الأمر وقبل الخوض في دراسة تأثير الأبعاد الهندسية للمقدمة البصلية على مقاومة السفينة، سيتم تقييم كفاءة الشبكة الرقمية والإعدادات الرقمية التي تم استخدامها.

2.2 تقييم النتيجة الرقمية لمقاومة السفينة

تتوفر لدينا القيمة التجريبية لمقاومة النموذج الأصلي لسفينة الحاويات KCS عند ستة قيم لرقم فرود وهي موضحة في الجدول 3، وعليه تمت مقارنة النتائج الرقمية التي تم الحصول عليها باستخدام برنامج ANSYS مع النتائج التجريبية.

الجدول 3: قيم رقم فرود ورقم رينولدز والسرعة للحالات الستة التي تم دراستها تجريبياً [20].

No.	1	2	3	4	5	6
Speeds [m/s]	0.915	1.281	1.647	1.922	2.196	2.379
Fr	0.108	0.152	0.195	0.227	0.260	0.282
Re	5.23×10^6	7.33×10^6	9.42×10^6	1.10×10^7	1.26×10^7	1.36×10^7

هنا لا بد من التنويه إلى أنه في التجربة تم إجراء عملية سحب السفينة ضمن القناة مع إعطائها درجتي حرية للسفينة وهما حرية الحركة الانتقالية الشاقولية Sinkage وحرية الدوران حول المحور العرضي (الدرقطة الطولية) Trim، وبناء عليه فإن التجربة تعطينا قيم كل من معامل المقاومة الكلية C_T والازاحة الشاقولية عند المقدمة S_f وعند المؤخرة S_a ومتوسط الإزاحة الشاقولية σ وزاوية الدرفلة τ° ، انظر الجدول 4 [20]. وبسبب الإمكانيات الحاسوبية المحدودة المتوفرة لدينا لم يكن بالإمكان إعطاء السفينة أية درجة حرية، هذا الأمر سيؤدي حتماً إلى زيادة التباعد بين النتائج التجريبية والنتائج الرقمية لأن حجم الجزء الغاطس سيتغير بين التجربة والحسابات الرقمية، وعليه ومن أجل تقليل مقدار الانحراف بين النتائج الرقمية والنتائج التجريبية تم في كل حالة مدروسة تقليل قيمة الغاطس بمقدار قيمة متوسط الانزياح الشاقولي σ عند كل حالة وبهذه الحالة نكون قد حققنا الانزياح الشاقولي للسفينة بدون إعطائها أية درجة حرية، وأما بالنسبة للدرقطة الطولية فلم يتم أخذها بعين الاعتبار، قيم الغواطس الجديدة بعد طرح قيمة متوسط الإزاحة الشاقولية موضحة في

الجدول 5.

الجدول 4: النتائج التجريبية لكل من معامل المقاومة والازاحة الشاقولية والدرقطة الطولية [20].

Fr	$C_T \times 10^3$	$Sf \times 10^2$ [m]	$Sa \times 10^2$ [m]	$\sigma \times 10^2$ [m]	τ°
0.108	3.796	-0.195	0.015	-0.090	-0.017
0.152	3.641	-0.613	0.063	-0.275	-0.053
0.195	3.475	-1.213	0.015	-0.599	-0.097
0.227	3.467	-1.750	-0.138	-0.944	-0.127
0.260	3.711	-2.465	-0.322	-1.394	-0.169
0.282	4.501	-2.710	-0.695	-1.702	-0.159

الجدول 5: قيم الغواطس الجديدة عند كل حالة بعد طرح قيمة متوسط الإزاحة الشاقولية.

No.	1	2	3	4	5	6
Fr	0.108	0.152	0.195	0.227	0.260	0.282
T	0.3418	0.3418	0.3418	0.3418	0.3418	0.3418
σ	-0.00090	-0.00275	-0.00599	-0.00944	-0.01394	-0.01702
T_{new}	0.3409	0.33905	0.33581	0.33236	0.32786	0.32478

بناءً عليه تم إجراء الحسابات الجديدة للحالات الستة مع القيم الجديدة للغواطس والفرق بين النتيجة الرقمية والنتيجة التجريبية لمعامل المقاومة الكلية موضحة في

الجدول 6. كما نلاحظ من النتائج في هذا الجدول فإن قيمة الخطأ تتراوح بين 5.9-7.77% وفي الواقع تعتبر هذه النسبة في ظل الفرضيات المستخدمة جيدة ومقبولة، بالأخص كوننا لم نعطي السفينة أية درجة حرية، كما يجب ألا ننسى أن عدد الخلايا الذي تم استخدامه حوالي المليون ونصف خلية فقط، وبالتالي نستطيع أن نؤكد أن الإعدادات والشبكة الرقمية التي تم استخدامها جيدة جداً.

الجدول 6: مقارنة النتائج الرقمية مع النتائج التجريبية لمعامل المقاومة.

No.	1	2	3	4	5	6
Fr	0.108	0.152	0.195	0.227	0.260	0.282
$C_T \times 10^3 - Exp$	3.796	3.641	3.475	3.467	3.711	4.501
$C_T \times 10^3 - CFD$	3.501	3.411	3.255	3.211	3.454	4.235
Error%	-7.7713	-6.3169	-6.3309	-7.3839	-6.9253	-5.9098

إنّ التطابق جيد ومُرضي بين النتائج التجريبية والنتائج التي حصلنا عليها بالدراسة الحاسوبية باستخدام تقنية CFD. وبالرغم من التبسيطات في التي فرضتها محدودية الإمكانيات الحاسوبية فإن نسبة الخطأ لم تتجاوز 7.77% وهذا يدل على دقة النتائج التي حصلنا عليها باستخدام تقنية CFD. $C_{T,CFD}$ يتم الحصول عليها مباشرة من الحسابات الرقمية والتي يتم حسابها وفق العلاقة التالية:

$$C_T = \frac{R_T}{0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S} \quad (14)$$

حيث أن:

ρ : كثافة الماء العذب الذي تمت به الدراسة وهو مطابق لكثافة الماء في التجربة $999.5 \frac{Kg}{m^3}$.

V : سرعة السفينة $[\frac{m}{s}]$.

S: مساحة السطح المبلل $[m^2]$.

وقيمة الخطأ بالمقارنة مع التجربة يتم حسابها كالتالي:

$$\text{Error}_{\text{percentage}} = \frac{C_{T\text{CFD}} - C_{T\text{EFD}}}{C_{T\text{EFD}}} \cdot 100 \% \quad (15)$$

2.3 إضافة المقدمة البصلية

كما ذكرنا سابقاً لقد تم دراسة 9 نماذج مختلفة لسفينة الحاويات KCS وهي موضحة في الجدول 7.

الجدول 7: الحالات التي تمت دراستها.

رقم الحالة	توصيف الحالة
Case 1	السفينة الأصلية.
Case 2	السفينة بدون مقدمة بصلية.
Case 3	السفينة مع زيادة الطول 10%.
Case 4	السفينة مع زيادة الطول 20%.
Case 5	السفينة مع زيادة الطول 30%.
Case 6	السفينة مع زيادة الطول 50%.
Case 7	السفينة مع زيادة العرض 10%.
Case 8	السفينة مع زيادة العرض 20%.
Case 9	السفينة مع زيادة العرض 30%.

تمّ وباستخدام ANSYS – FLUENT حساب قيمة المقاومة الكلية المؤثرة على السفينة عند ستة قيم مختلفة لرقم فرود وهي نفس القيم التي تم استخدامها في التجربة، انظر الجدول 3، وذلك لكل من النماذج التسعة السابقة وعليه تم حساب 54 حالة مختلفة.

2.3.1 تأثير إضافة المقدمة البصلية على مقاومة السفينة

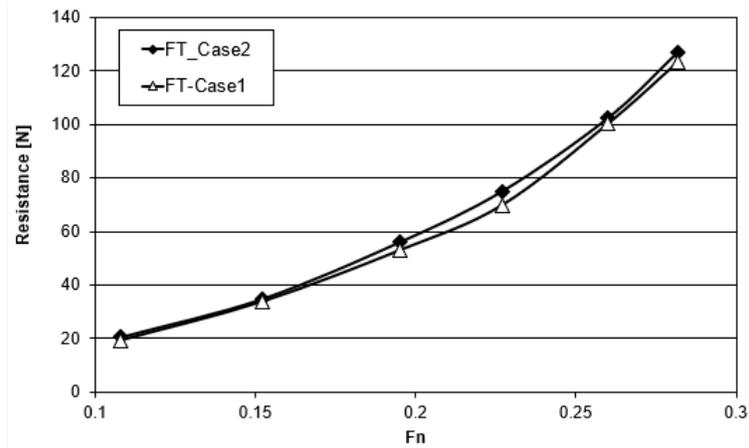
الجدول 8 والشكل 7 يعرضان قيم المقاومة الكلية التي تم الحصول عليها من الحسابات الرقمية لكل من الحالتين Case1, Case2 (مع وبدون مقدمة بصلية) عند ستة قيم مختلفة لرقم فرود. تم اعتماد قيمة المقاومة الكلية للنموذج Case1 (مع مقدمة بصلية كقيمة مرجعية في حساب الفرق بين القيمتين)، وعليه تم حساب الفرق بين القيمتين عند كل رقم فرود كالتالي:

$$\Delta F = \frac{F_{T,\text{Case2}} - F_{T,\text{Case1}}}{F_{T,\text{Case1}}} \times 100\% \quad (16)$$

الجدول 8: قيمة المقاومة الكلية المؤثرة على النموذج في الحالتين Case1 وCase2.

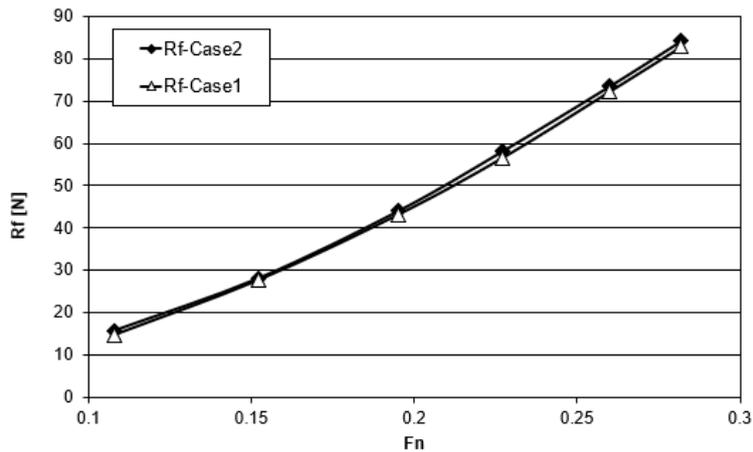
$V \left[\frac{m}{s} \right]$	$Fr [-]$	$F_{T,\text{Case1}}$	$F_{T,\text{Case2}}$	Difference %
0.915	0.108	19.4	20.7	6.70
1.281	0.152	33.8	34.9	3.25
1.647	0.195	53.0	56.1	5.85
1.922	0.227	69.9	75.1	7.44
2.196	0.260	100.3	102.4	2.09
2.379	0.282	123.5	127.1	2.91

كما هو واضح من الجدول السابق، فإن غياب المقدمة البصلية أدى إلى زيادة المقاومة بمقدار 2-7.5% بالمقارنة مع قيمة المقاومة بوجود المقدمة البصلية وذلك ضمن مجال قيم فرود 0.108-0.282. أفضل تخفيض للمقاومة يتحقق عند رقم فرود 0.227 حيث تقلل المقدمة البصلية من مقاومة السفينة بمقدار 7.5% تقريباً، وهذا الأمر يعتبر إيجابياً جداً وذلك على اعتبار أن أي تقليل في مقاومة السفينة سيساعد في تقليل استهلاك الوقود عند نفس السرعة للسفينة وبالتالي تقليل التلوث الناتج عن السفينة وتحسين كل من كفاءة السفينة ومردودها الاقتصادي.

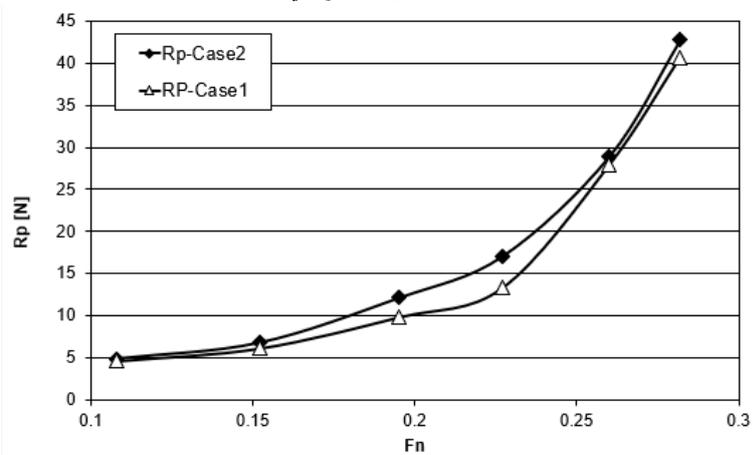


الشكل 7: المقاومة الكلية المؤثرة على النموذج في الحالتين Case1 وCase2.

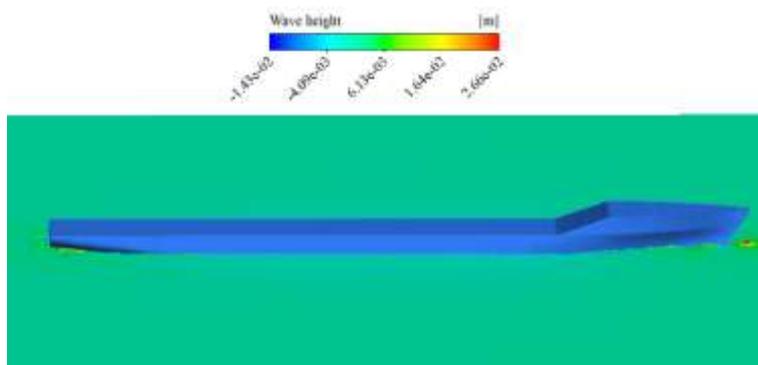
مقاومة الضغط ومقاومة الاحتكاك هما المكونين الأساسيين للمقاومة الكلية، وتعتبر مقاومة الأمواج جزءاً أساسياً من مقاومة الضغط وبالأخص في السفن السريعة. يعرض كل من الشكل 8 والشكل 9 كل من مقاومة الاحتكاك ومقاومة الضغط المؤثرة على النموذج المدروس في كل من الحالتين Case 1 وCase 2. من خلال الشكل 8 يظهر وبشكل واضح بأن جزء المقاومة المتعلق بالاحتكاك (والذي يرتبط بشكل مباشر بمساحة السطح المبلل) لا يختلف كثيراً بين الحالتين. بينما الجزء المتعلق بمقاومة الضغط، انظر الشكل 9، يمكن تجزئته إلى جزئين، الجزء الأول، وهو عند أرقام فرود التي تتراوح ضمن المجال (0.1-0.17) فالفرق بين قيم مقاومة الضغط للحالتين ليس كبيراً، والسبب الأساسي هنا أن الأمواج التي تتشكل عند هذه السرعات تكون ضعيفة، انظر الشكل 10 والشكل 11 والذي يعرضان حقل الأمواج المتشكل حول السفينة لكل من الحالتين Case1 وCase2 عند رقم فرود 0.108، من خلال هذين الشكلين نلاحظ أن حقل الأمواج المتشكل حول السفينة مع أرقام فرود الصغيرة يكون ضعيفاً وقليل الارتفاع وبالتالي المقاومة المتشكلة بفعل الأمواج قليلة جداً ويمكن إهمالها ويكون تأثيرها على مقاومة الضغط قليل.



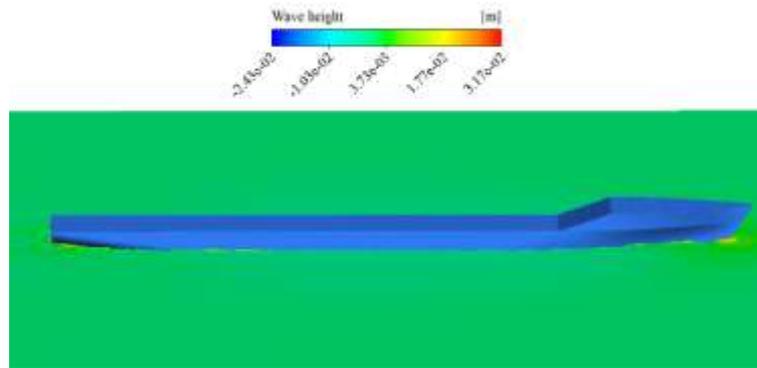
الشكل 8: مقاومة الاحتكاك المؤثرة على النموذج في الحالتين Case1 وCase2.



الشكل 9: مقاومة الضغط المؤثرة على النموذج في الحالتين Case1 وCase2.

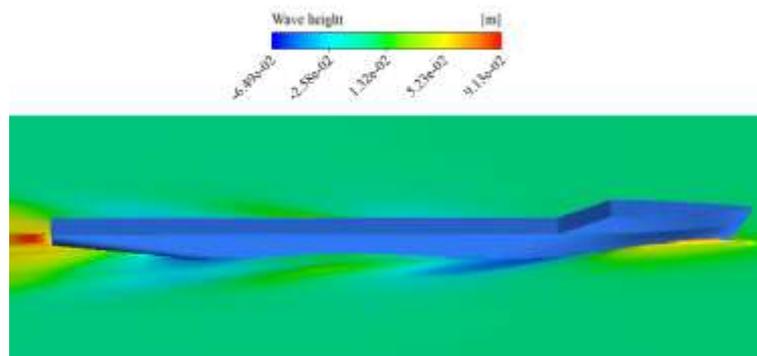


الشكل 10: حقل الأمواج المتشكل في الحالة Case1 عند رقم فرود 0.108.

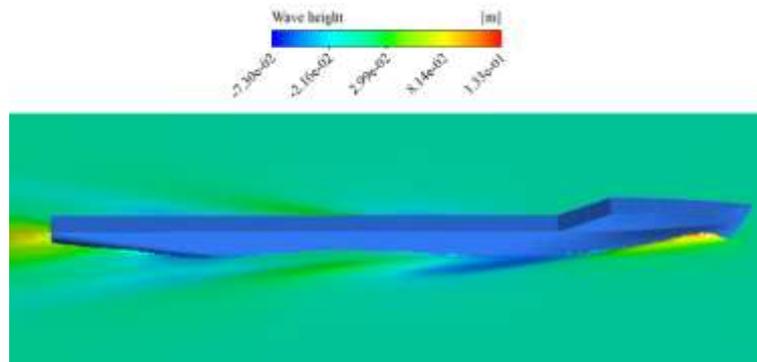


الشكل 11: حقل الأمواج المتشكل في الحالة Case2 عند رقم فرود 0.108.

مع زيادة سرعة السفينة (زيادة رقم فرود) فإن مقاومة الأمواج تزداد بشكل ملحوظ، وهنا نلاحظ كيف تزداد المقاومة المتشكلة على النموذج بدون المقدمة البصلية بالمقارنة مع النموذج بوجود المقدمة البصلية، انظر الشكل 9، والسبب الأساسي في هذا الأمر أن نظام الأمواج المتشكل بفعل وجود المقدمة البصلية يؤدي إلى تخميد في نظام الأمواج المتشكل بفعل بدن السفينة بغياب المقدمة البصلية، هذا الأمر يساعد وبشكل ملحوظ في تقليل مقاومة الأمواج المؤثرة على النموذج.



الشكل 12: حقل الأمواج المتشكل في الحالة Case1 عند رقم فرود 0.282.



الشكل 13: حقل الأمواج المتشكل في الحالة Case2 عند رقم فرود 0.282.

الشكل 12 والشكل 13 يعرضان حقل الأمواج حول نموذج سفينة الحاويات KCS عند قيم رقم فرود ضمن المجال 0.282، كما هو واضح من هذين الشكلين ومن خلال التدقيق في القيم الأعظمية لارتفاع الموجة عند كل قيمة لرقم

فروود، فإننا نلاحظ أن وجود المقدمة البصلية يقلل من القيمة الأعظمية لارتفاع الموجة في كل حالة من الحالات المدروسة، وهذا يؤكد على أن نظام الأمواج المتولد من المقدمة البصلية يساعد في تخميد نظام الأمواج المتولد من السفينة، وعلى اعتبار أن الأمواج تسحب الطاقة اللازمة لتشكيلها من السفينة والذي يعكس في زيادة المقاومة التي تتعرض لها السفينة، وبالتالي فإن أي تخميد في نظام الأمواج المتشكل سيساعد بشكل مباشر في تقليل المقاومة التي تتعرض لها السفينة.

بناء على ما سبق يمكننا استنتاج أهمية وجود المقدمة البصلية مع هذا النوع من السفن ودورها في تخفيض مقاومة السفينة والذي يؤثر بدوره على تقليل استهلاك الوقود، وبالتالي التقليل من التكاليف الاقتصادية اللازمة لحركة السفينة، والتقليل من التلوث الناتج عن السفينة.

2.3.2 تأثير زيادة طول المقدمة البصلية على أداها

كما ذكرنا سابقاً فإن التأثير الأكبر للمقدمة البصلية هو على حقل الأمواج، حيث أنه عند سرعات معينة للسفينة يكون حقل الأمواج المتشكل بفعل المقدمة البصلية معاكس لحقل الأمواج المتشكل بفعل بدن السفينة والذي يؤدي بدوره إلى تخامد جزء كبير من الأمواج المتشكلة حول البدن الأمر الذي ينتج عنه تقليل الطاقة المسحوبة من بدن السفينة من أجل تشكيل الأمواج وبالتالي تقليل المقاومة المتشكلة بفعل هذه الأمواج. كما يعرض الجدول 7 لقد تم دراسة أربع حالات مع أطوال مختلفة للمقدمة البصلية (Case3, 4, 5, 6) حيث تم زيادة طول المقدمة البصلية ضمن المجال 10-50% بالمقارنة مع المقدمة البصلية الأصلية وتم إجراء الحسابات الرقمية لكل حالة عند ستة قيم لرقم فروود ليتم مقارنة قيمة مقاومة السفينة في الحالات الجديدة مع مقاومة السفينة في حالة المقدمة البصلية الأصلية Case1.

الجدول 9 يعرض تأثير زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 10%. نلاحظ من هذا الجدول أن زيادة طول المقدمة البصلية له تأثير سلبي على كامل مجال السرعة للسفينة إلا عند رقم فروود 0.282 حيث أنه يقلل من المقاومة بالمقارنة مع المقدمة البصلية الأصلية بمقدار 5.51%، والسبب الأساسي في هذا الأمر يعود إلى أن نظام الأمواج المتشكل في هذه الحالة بفعل المقدمة البصلية الجديدة يساعد في تخميد نظام الأمواج المتشكل من بدن السفينة بشكل أكثر فعالية بالمقارنة مع المقدمة البصلية الأصلية، وهذا ما تؤكدته النتائج التي تم الحصول عليها حيث نلاحظ أن أكبر قيمة لقمة الموجة في الحالة Case1 هي 0.0913 متر، في حين تحقق قمة الموجة القيمة 0.086 متر في الحالة Case2، وهذا الأمر يؤكد أنه عند هذه السرعة فإن الأمواج المتولدة بفعل المقدمة البصلية ذات الطول الأكبر بمقدار 10% تساعد بشكل أكبر في تخميد نظام الأمواج المتشكل بفعل بدن السفينة.

الجدول 9: تأثير زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 10% على تأثيرها على المقاومة، مقارنة الحالتين Case1 وCase3.

$V \left[\frac{m}{s} \right]$	Fr [-]	$F_{T,Case1}$	$F_{T,Case3}$	Difference %
0.915	0.108	19.4	20.2	4.12
1.281	0.152	33.8	34.6	2.37
1.647	0.195	53.0	55.7	5.09
1.922	0.227	69.9	76.5	9.44
2.196	0.260	100.3	101.8	1.5
2.379	0.282	123.5	116.7	-5.51

في الحالة Case4 والتي تم فيها زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 20% نلاحظ أن دور المقدمة البصلية الجديدة سلبي على كامل مجال السرعة حيث أنها تسبب زيادة في المقاومة ضمن المجال 1.8-10% بالمقارنة مع قيمة المقاومة في حالة المقدمة البصلية الأصلية وهذا موضح في الجدول 10.

الجدول 10: تأثير زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 20% على تأثيرها على المقاومة، مقارنة الحالتين Case1 وCase4.

V [$\frac{m}{s}$]	Fr [-]	F _{T,Case1}	F _{T,Case4}	Difference %
0.915	0.108	19.4	20.217	4.21
1.281	0.152	33.8	34.64	2.49
1.647	0.195	53.0	55.84	5.36
1.922	0.227	69.9	76.7	9.73
2.196	0.260	100.3	102.25	1.94
2.379	0.282	123.5	125.75	1.82

نفس الأمر في الحالات Case5 وCase6 نلاحظ أن زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 30% و 50% لم يلعب أي دور إيجابي في تقليل المقاومة بالمقارنة مع المقدمة البصلية الأصلية، انظر الجدول 11 و

الجدول 12.

الجدول 11: تأثير زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 30% على تأثيرها على المقاومة، مقارنة الحالتين Case1 وCase5.

V [$\frac{m}{s}$]	Fr [-]	F _{T,Case1}	F _{T,Case5}	Difference %
0.915	0.108	19.4	4.43	4.43
1.281	0.152	33.8	9.53	9.53
1.647	0.195	53.0	6.08	6.08
1.922	0.227	69.9	10.3	10.3
2.196	0.260	100.3	2.29	2.29
2.379	0.282	123.5	1.94	1.94

الجدول 12: تأثير زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 50% على تأثيرها على المقاومة، مقارنة الحالتين Case1 وCase6.

V [$\frac{m}{s}$]	Fr [-]	F _{T,Case1}	F _{T,Case6}	Difference %
0.915	0.108	19.4	20.2	4.12
1.281	0.152	33.8	34.7	2.66
1.647	0.195	53.0	56.4	6.42
1.922	0.227	69.9	77.4	10.73
2.196	0.260	100.3	101.7	1.4
2.379	0.282	123.5	123.3	-0.16

من خلال النتائج في الأعلى نلاحظ أن زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 10% ساعد في تقليل مقاومة السفينة 5.5% عند رقم فرود 0.282 في حين أنه لعب دور سلبي عند بقية القيم، ومع زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار أكبر من 10% فإن هذا الأمر يكون له تأثير سلبي على المقاومة على كامل مجال السرعة للسفينة.

2.3.3 تأثير زيادة عرض المقدمة البصلية على أدائها

كما يعرض الجدول 7 لقد تم دراسة ثلاث حالات مع قيم مختلفة لعرض المقدمة البصلية (Case7, 8, 9) حيث تم زيادة عرض المقدمة البصلية ضمن المجال 10-30% بالمقارنة مع المقدمة البصلية الأصلية وتم إجراء الحسابات الرقمية لكل حالة عند ستة قيم لرقم فرود ليتم مقارنة قيمة مقاومة السفينة في الحالات الجديدة مع مقاومة السفينة في حالة المقدمة البصلية الأصلية Case1.

الجدول 13 وحتى

الجدول 15 تعرض تأثير تغيير عرض المقدمة البصلية على المقاومة الكلية للسفينة، وكما نلاحظ من هذه الجداول فإن قيمة المقاومة الكلية للسفينة تزداد مع زيادة عرض المقدمة البصلية وذلك ضمن مجال أرقام فرود $Fr < 0.260$ ، وعند قيمة رقم فرود 0.260 نلاحظ أن قيمة المقاومة مع المقدمات الجديدة تكون مساوية تقريباً لقيمة المقاومة مع حالة المقدمة البصلية الأصلية

الجدول 13: تأثير زيادة عرض المقدمة البصلية بمقدار 10% على تأثيرها على المقاومة، مقارنة الحالتين Case7 وCase1.

$V \left[\frac{m}{s} \right]$	$Fr [-]$	$F_{T,Case1}$	$F_{T,Case7}$	Difference %
0.915	0.108	19.4	20.3	4.64
1.281	0.152	33.8	34.9	3.25
1.647	0.195	53.0	56.7	6.98
1.922	0.227	69.9	75.1	7.44
2.196	0.260	100.3	101.03	0.73
2.379	0.282	123.5	122.8	-0.57

الجدول 14: تأثير زيادة عرض المقدمة البصلية بمقدار 20% على تأثيرها على المقاومة، مقارنة الحالتين Case8 وCase1.

$V \left[\frac{m}{s} \right]$	$Fr [-]$	$F_{T,Case1}$	$F_{T,Case8}$	Difference %
0.915	0.108	19.4	20.8	7.22
1.281	0.152	33.8	36.7	8.58
1.647	0.195	53.0	60.9	14.91
1.922	0.227	69.9	77.2	10.44
2.196	0.260	100.3	100.9	0.6
2.379	0.282	123.5	123.1	-0.32

الجدول 15: تأثير زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار 30% على تأثيرها على المقاومة، مقارنة الحالتين Case9 وCase1.

$V \left[\frac{m}{s} \right]$	$Fr [-]$	$F_{T,Case1}$	$F_{T,Case9}$	Difference %
0.915	0.108	19.4	20.7	6.7
1.281	0.152	33.8	36	6.51
1.647	0.195	53.0	57.4	8.3
1.922	0.227	69.9	77.8	11.3
2.196	0.260	100.3	102.6	2.29
2.379	0.282	123.5	124.9	1.13

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

من خلال ما سبق يمكننا استنتاج التالي:

- المقدمة البصلية تساعد وبشكل كبير في تقليل مقاومة السفينة بالمقارنة مع حالة السفينة التي لا تملك مقدمة بصلية.
- المقدمة البصلية الأصلية المستخدمة مع سفينة الحاويات تم تصميمها بشكل دقيق بحيث أنها تعطي أفضل النتائج من ناحية تقليل المقاومة.
- زيادة طول وعرض المقدمة البصلية لم يتسبب في أي تحسين في أدائها إلا في حالة زيادة طول المقدمة البصلية بمقدار % 0.282، أي أن زيادة طول المقدمة بمقدار 10% ساعد في تقليل مقاومة السفينة عند السرعة العالية للسفينة، إلا أن هذه الزيادة لها تأثير سلبي على مقاومة السفينة على كامل مجال فرود الأقل من 0.282.
- زيادة عرض المقدمة البصلية له تأثير سلبي على مقاومة السفينة على كامل مجال السرعة، ماعدا عند السرعة العالية المقابلة لرقم فرود 0.282 فإن زيادة عرض المقدمة البصلية ساعد في تقليل المقاومة الكلية للسفينة بشكل بسيط (أقل من 1%).

التوصيات:

من أكثر الأمور التي نوصي بها من خلال هذا العمل:

- العمل على إضافة المقدمة البصلية مع أي نوع من أنواع السفن يسمح بهذا الأمر.
- أن يتم إجراء دراسة دقيقة وتفصيلية أثناء تصميم المقدمة البصلية بحيث تساعد في تقليل مقاومة السفينة على أكبر مجال من السرعة.

التوصيات للأعمال المستقبلية:

من أكثر الأعمال المستقبلية التي ننصح بها اعتمادا على نتائج هذا العمل هي الأعمال التالية:

- أن يتم إعادة الحسابات بوجود الرفاض والدفة، لمعرفة تأثير الملحقات على النتائج السابقة، وبالتالي تكون النتائج أكثر واقعية ومنطقية.

References

- [1] S. Sato, S. Okada, S. Sudo, and M. Takagi, "Effect of a Bulbous Bow upon the Resistance of Ships with Small Length-Beam Ratio and Large Block Coefficient," *J. Zosen Kiokai*, vol. 1965, no. 118, pp. 71–83, 1965, doi: 10.2534/jjasnaoe1952.1965.118_71.
- [2] J. W. Hoyle, B. H. Cheng, B. Hays, B. Johnson, and B. Nehrling, "BULBOUS BOW DESIGN METHODOLOGY FOR HIGH-SPEED SHIPS.," in *Transactions - Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 1986, vol. 94, pp. 31–56, [Online]. Available: <https://trid.trb.org/view/395008>.
- [3] G. Kyriazis, "Bulbous bow design optimisation for fast ships," 1988. [Online]. Available: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/40238/36001502-MIT.pdf;sequence=2>.
- [4] M. R. Islam, Z. I. Awal, and B. H. Mojumder, "10 th Naval Platform Technology Seminar," 2005. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/272085237>.
- [5] R. Sharma and O. P. Sha, "Practical hydrodynamic design of bulbous bows for

- ships,” *Naval Engineers Journal*, vol. 117, no. 1. American Society of Naval Engineers, pp. 57–76, Jan-2005, doi: 10.1111/j.1559-3584.2005.tb00321.x.
- [6] B. Yim, “A SIMPLE DESIGN THEORY AND METHOD FOR BULBOUS BOWS OF SHIPS,” *J. Sh. Res.*, vol. 18, no. 3, 1974, [Online]. Available: <https://www.onepetro.org/journal-paper/SNAME-JSR-1974-18-3-141>.
- [7] A. Kracht, “Design of Bulbous Bows,” *SNAME Trans.*, vol. 86, pp. 197–217, 1978.
- [8] D. Podder, O. P. Gupta, S. Das, and N. R. Mandal, “Experimental and numerical investigation of effect of welding sequence on distortion of stiffened panels,” *Weld. World*, vol. 63, no. 5, pp. 1275–1289, Sep. 2019, doi: 10.1007/s40194-019-00747-8.
- [9] B. Oderah, “CFD Study of the Tanker-KVLCC Resistance Performance according to the Bulbous Bow Shape,” Master Thesis, Tishreen University, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Department of Marine Engineering, 2021.
- [10] D. Myland and S. Ehlers, “Influence of bow design on ice breaking resistance,” *Ocean Eng.*, vol. 119, pp. 217–232, 2016, doi: 10.1016/j.oceaneng.2016.02.021.
- [11] J. Lee, D. M. Park, and Y. Kim, “Experimental investigation on the added resistance of modified KVLCC2 hull forms with different bow shapes,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part M J. Eng. Marit. Environ.*, vol. 231, no. 2, pp. 395–410, 2017, doi: 10.1177/1475090216643981.
- [12] H. Nuruddin, I. M. Kamal, M. N. Mansor, and N. M. Hafid, “Investigation on the effect of bulbous bow shape to the wave-making resistance of an ultra large container carrier (ULCC),” *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 1254–1259, 2017.
- [13] D. Chrismianto, Kiryanto, and B. Arswendo Adietya, “Analysis of Effect of Bulbous Bow Shape to Ship Resistance in Catamaran Boat,” in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 159, pp. 1–6, doi: 10.1051/mateconf/201815902058.
- [14] C. M. Lee, J. W. Yu, J. E. Choi, and I. Lee, “Effect of bow hull forms on the resistance performance in calm water and waves for 66k DWT bulk carrier,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 723–735, 2019, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2019.02.007.
- [15] N. Abbas, “CFD study of the hull-propeller interaction in marine vehicles under different sailing conditions,” *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 45, no. 6, 2023.
- [16] N. Abbas, “CFD Prediction of the Most Appropriate Values of Prandtl Kolmogorov Constant in the Turbulent Boundary Layer,” *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 41 No.6, 2019.
- [17] N. Abbas, “Studying the influence of grid type and turbulence model on the results of numerical calculations using CFD,” *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 44 No.6, 2022.
- [18] Tokyo2015, “KRISO Container Ship (KCS)-Case 2.1,” *T2015 Workshop*, 2015. https://www.t2015.nmri.go.jp/Instructions_KCS/Case_2.1/Case_2-1.html (accessed Jul. 26, 2024).
- [19] Tokyo2015, “T2015 - KCS,” *T2015 Workshop*, 2015. https://www.t2015.nmri.go.jp/kcs_gc.html (accessed Jul. 26, 2024).
- [20] J. Kim, “Experimental Data for KCS Resistance, Sinkage, Trim, and Self-propulsion,” *Lect. Notes Appl. Comput. Mech.*, vol. 94, pp. 53–59, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-47572-7_3.

