

TENSIUNI ȘI DEFORMAȚII ALE BRAȚULUI DE MACARA TURN

Daniel Robert Nicolae PITULICE¹, Conf. dr. ing. Gina Diana MUSCĂ¹,
Prof. univ. dr. ing. hab. Silviu Marian NĂSTAC¹

¹ Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, Centrul de Cercetare pentru Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice – MECMET, Brăila, ROMÂNIA

REZUMAT. Lucrarea își propune analiza brațului de macara turn folosind metoda elementului finit. Astfel se va modela un braț de macara folosind date tehnologice de dimensionare a unei macarale turn folosind prospectele tehnice de la un producător renumit. Pentru analiza stărilor de tensiuni și deformații pentru braț vom utiliza softul de analiză cu elemente finite Femap de la firma Siemens. Folosind acest soft, determinăm date despre comportarea macaralei sub sarcina maximă. Am realizat un studiu comparativ între două secțiuni ce formează structura brațului de macara și anume braț de macara din grindă cu zăbrele cu secțiune pătrată și braț de macara cu secțiune triunghiulară.

Cuvinte cheie: braț de macara, tensiuni și deformații, sarcina maximă, grindă cu zăbrele, modelare.

ABSTRACT. The paper aims to analyse the tower crane boom using the finite element method. Thus a crane jib will be modelled using technological data for sizing a tower crane using technical brochures from a renowned manufacturer. For the analysis of stress and strain states for the arm we will use Femap finite element analysis software from Siemens. Using this software, we determine data about the crane's behaviour under maximum load. We carried out a comparative study between two sections forming the structure of the crane boom, namely the square-section girder crane boom and the triangular-section crane boom.

Keywords: crane arm, stresses and strains, maximum load, lattice girder, modeling.

1. INTRODUCERE

Macaralele turn sunt mașini de ridicat confecționate din grinzi cu zăbrele având diferite tipuri de secțiuni și anume: pătrată, dreptunghiulară, circulară. Aceste utilaje sunt foarte răspândite în lucrările de construcții deoarece au o serie de avantaje cum ar fi: viteza de ridicare și de coborare a sarcinii care variază în limitele dorite la ridicare, respectiv la așezarea sarcinii pe locul de montaj. Au mecanism de deplasare simplu (cărucior pe roți), au rază de acțiune mare, înălțime de ridicare mare și capacitate de ridicare mare, pot fi comandate de la distanță, au dispozitive automate de prindere.

Macaralele turn au o rază de acțiune variabilă și se folosesc pe șantierele de construcții industriale sau civile la construcția furnalelor, a clădirilor din elemente prefabricate, la manipularea materialelor în depozite și pe cheiuri, la montarea construcțiilor hidrotehnice, etc.

Variația razei de acțiune se obține fie prin înclinarea brațului, fie prin deplasarea pe brațul orizontal a unui cărucior port-cârlig [1,2].

Macaralele turn se manevrează dintr-o cabină situată la partea superioară sau de mijloc a turnului și sunt acționate electric și au patru mecanisme: mecanismul de ridicare și coborare a sarcinii, mecanismele

de variație a razei de acțiune, de rotire și deplasare a macaralei (primele trei se montează pe turn și pe braț, iar al patrulea pe cărucioarele mecanismului de deplasare) [3].

Din punct de vedere constructiv, macaralele turn pot fi cu un turn fix și cap rotitor, cu platformă rotitoare și cu turn rotitor (cu coloană rotitoare), iar după destinație se clasifică în macarale turn pentru construcții civile și industriale până în patru etaje, pentru construcții peste patru etaje (pană la 14 etaje), macarale turn autoridicătoare pentru construcții înalte cu mai mult de 14 etaje, macarale pentru construcții hidrotehnice, macarale turn pentru încărcare folosite în depozite și pe șantierele de confecționare a elementelor prefabricate etc.

În figura 1 de prezintă o macara turn de la firma Liebherr și principalele elemente ale macaralei turn Liebherr: 1 – braț; 2 - mecanism de deplasare; 3 – turn; 4 – platformă; 5 - cap rotitor și 6 – contragreutate.

2. BRAȚUL MACARALEI TURN

Brațul macaralei este o construcție metalică spațială, sudată articulată la platforma rotitoare a macaralei [4,5]. Brațul se poate prelungi prin montarea unor tronsoane intermediare.

TENSIUNI ȘI DEFORMAȚII ALE BRAȚULUI DE MACARA TURN



Figura 1. Macara turn Liebherr

Avantajul acestei metode de prelungire a brațului este că se pot obține lungimi mari datorită construcției ușoare (grinzi zabrelite). Extinderea sau retragerea tronsoanelor este realizată mecanic.

Proiectarea generală a construcțiilor metalice se realizează conform principiilor de calcul și proiectare pentru construcții metalice STAS 8290-83 și a prescripțiilor pentru proiectarea construcțiilor metalice din țevă STAS 763/3-79.

În mod obișnuit, se folosesc oțeluri de uz general pentru construcții și anume oțeluri laminate la cald și oțeluri aliate.

3. ANALIZA STĂRILOR DE TENSIUNI ȘI DEFORMAȚII ALE BRAȚULUI DE MACARA TURN. STUDIUL COMPARATIV

Pentru studiul de caz, vom analiza cu ajutorul metodei elementului finit brațul de macara turn de lungime de 45 m. În cadrul acestei lucrări se va analiza două tipuri de secțiuni ce formează grinzi spațiale ale brațului de macara și anume grindă cu zăbrele de secțiune pătrată și grindă cu zăbrele de secțiune triunghiulară și apoi se va efectua un studiu comparativ între cele două secțiuni [6]. Cele două modele sunt realizate cu aceleași dimensiuni și poziționare ale barelor ce formează scheletul metalic.

În cadrul analizei a celor două modele se va aplica aceleași condiții la limită, ca în final să constatăm diferențele ce apar în stările de tensiuni și deformații.

Pentru studiul tensiunilor și deformațiilor brațului de macara turn s-a folosit softul de analiză cu elemente finite Femap de la firma Siemens. Grinda cu zăbrele spațială ce formează brațul de macara pentru cele două cazuri are lungimea de 45 m și înălțimea de 2 m, iar nodurile ce formează grinda sunt dispuse la 3 m. Pentru analiza cu elemente finite s-a efectuat o analiză din punct de vedere static parcurgând următoarele etape:

- S-a modelat geometria conform specificațiilor dimensionale precizate;
- S-a declarat materialul și anume oțel de construcții OL 60;
- S-a declarat tipul elementului finit ca fiind de tip beam cu secțiune circulară;
- S-a declarat două tipuri de secțiuni și anume pentru barele groase un diametru $\Phi = 100$ mm, iar pentru cele subțiri ce vin în întărirea grinzii $\Phi = 60$ mm;
- S-a discretizat geometria;
- S-a aplicat condițiile la limită și anume: la jumătatea grinzii unde se prinde tirantul pentru susținerea brațului s-a aplicat o încăstrare, la capatul grinzii unde se prinde de turnul macaralei s-a aplicat o articulație plană, iar în partea extremă a grinzii s-a aplicat două forțe pe nodurile terminale de 1000 N;
- S-a aplicat comanda pentru analiza statică;
- S-au interpretat rezultatele.

Etapele de mai sus sunt valabile pentru ambele grinzi analizate.

3.1. ANALIZA BRATULUI DE MACARA CU SECȚIUNE PATRATĂ

În urma analizei efectuate a brațului de macara cu secțiune pătrată s-a constatat o săgeată maximă a brațului de 688 mm după cum se observă și în figura 2. Această deformație maximă apare în dreptul forțelor și se datorează momentelor încovoietoare.

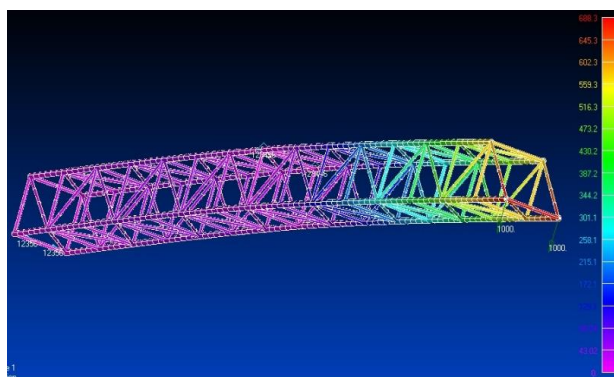


Figura 2. Analiza deformațiilor maxime brațului de macara cu secțiune pătrată

Diagrama de moment încovoietor este dată în figura 3. Momentul încovoietor maxim este de 75 Nmm și apare în zona unde grinda este încăstrată.

După cum se observă, diagrama de moment încovoietor este în planul de aplicare al forțelor.

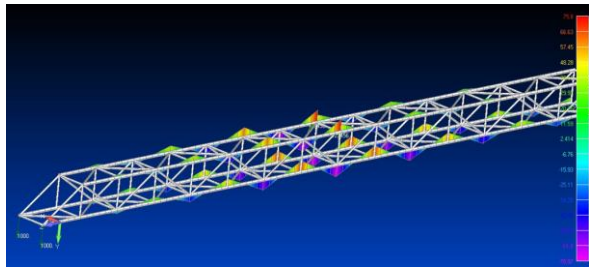


Figura 3. Diagrama de momente încovoietoare.

În figura 4 este prezentată o distribuție a tensiunilor axiale. Tensiunile axiale de compresiune sunt mai mari decât cele de întindere. Tensiunea maximă axială este de 1N. Sunt foarte mici deoarece sarcina ce a fost aplicată este mică.

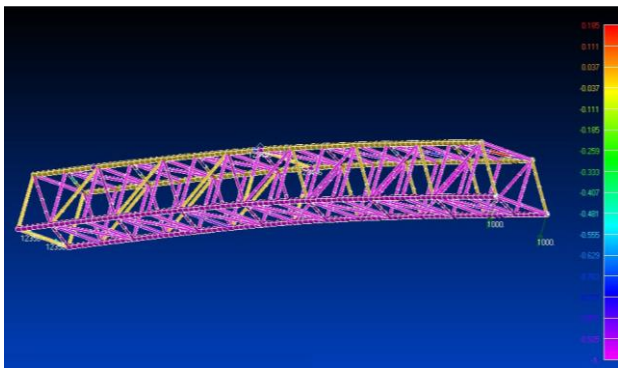


Figura 4 Distribuția tensiunilor axiale.

3.2. ANALIZA BRAȚULUI DE MACARA CU SECȚIUNE TRIUNGHIULARĂ

Pentru cazul secțiunii triunghiulare a grinzii cu zabrele ce formează brațul de macara, deformația maximă este 910,9 mm.

Deformația maximă apare în dreptul forțelor. S-a observat că este cu 20 % mai mare decât în secțiunea pătrată.

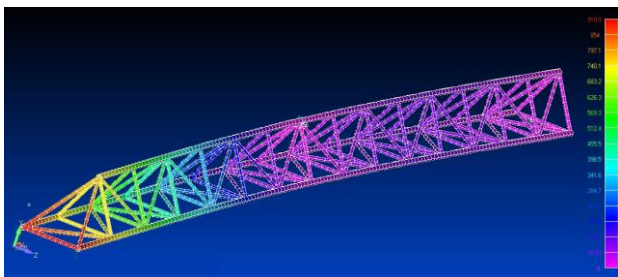


Figura 5. Analiza deformațiilor maxime brațului de macara cu secțiune triunghiulară.

În figura 6 este redată diagrama de moment încovoietor. Momentul încovoietor maxim apare în

zona încastrării și are valoare de 86,95 Nmm. Valoarea momentelor încovoietoare este apropiată la cele două secțiuni.

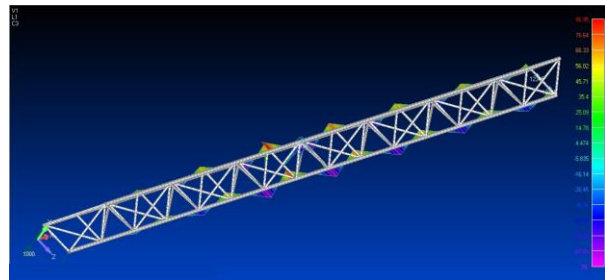


Figura 6. Diagrama de momente încovoietoare.

În figura 7 este prezentată distribuția tensiunilor axiale din grinda cu zabrele cu secțiune triunghiulară. În acest caz principala tensiune axială este întinderea care este mai mare decât compresiunea. Tensiunea axială maximă este de 4,794 N.

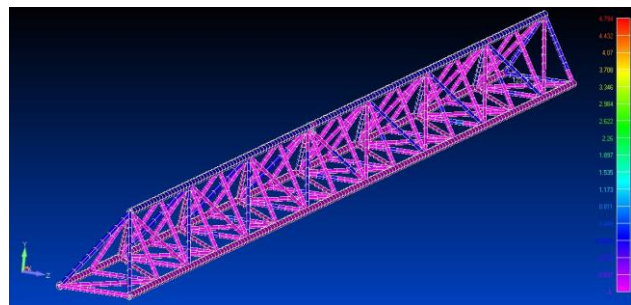


Figura 7. Distribuția tensiunilor axiale.

5. CONCLUZII

1. În urma analizei efectuate asupra celor două secțiuni ale grinzilor zabrelite spațiale s-a constatat că brațul de macara format în secțiune pătrată se comportă mai bine în cazul tensiunilor - deformațiilor și momentelor încovoietoare decât brațul de macara în secțiune triunghiulară.

2. Din punct de vedere al deformațiilor și momentelor încovoietoare putem spune că în urma solicitărilor impuse cele două secțiuni au valori apropiate, dar nu și în cazul tensiunilor axiale unde în secțiune triunghiulară sunt mult mai mari decât în secțiunea pătrată.

3. Este preferențial să se execute un braț de macara în secțiune triunghiulară deoarece acesta are un cost mai scăzut din punct de vedere al manoperei și al consumului de material.

4. Utilizarea metodei elementului finit în determinarea durabilității este o metodă rapidă și extrem de eficientă, prin care se obțin reduceri însemnate de efort de proiectare, de consum de materiale și de energie, afirmație susținută și prin cercetarea prezentată în această lucrare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Vâță I., ș.a., *Mașini de ridicat în construcții. Exploatare, întreținere, reparații*, Editura Tehnică București, 1989
- [2] G.D. Muscă - *Mașini de ridicat și transportat - Note de curs, Partea I*, Editura Galați University Press, ISBN 978-606-696-191-2, ISBN 978-606-696-192-9, 127 pag., 2020
- [3] Muscă (Anghelache) G.D. Năstac, S. *Dynamic modelling of overhead crane*, MODTECH International Conference - Modern Technologies in Industrial Engineering VIII, June 23rd-27th, Online edition, Iași, România, ISSN 2286-4369, 2000
- [4] Alămoreanu Mircea, Coman Liviu, Nicolescu Serban, *Mașini de ridicat, Vol. I*, Editura Tehnică, București, ISBN 973-31-0827-8, ISBN 073-91-0920-7, 1996
- [5] Alămoreanu Mircea, Teișă Traian, *Mașini de ridicat, Vol. II*, Editura Tehnică, București, ISBN 973-31-0827-8, ISBN 073-31-1424-3, 1996
- [6] Potîrniche, A., Căpățână, G., *Aspects regarding static stability and dynamic stability of the tower cranes*, 11th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering, ModTech, Romania, to be published in International Journal of Modern Manufacturing Technologies (IJMMT), 2023.

Despre autori

Student **Daniel Robert Nicolae PITULICE**

Univesitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila

A urmat Colegiul Tehnic "Panait Istrati" Brăila – Specializarea Tehnician, Electrician, Electronist Auto - Nivel IV, 2013 – 2017, apoi Școala Postliceală din cadrul Colegiului Tehnic „Panait Istrati” Brăila, specializarea - Asistent Gestiune în Transporturi, 2018 – 2019. Este student al Facultății de Inginerie și Agronomie din Brăila - Domeniul Inginerie și Management - specializarea - Inginerie Economică în Domeniul Mecanic, din anul 2001. Este membru în Senatul Universității Dunărea de Jos din Galați - Comisia pentru activitatea studenților și probleme sociale și membru în Consiliul Facultății de Inginerie și Agronomie din Brăila - reprezentantul studenților. Surprising - „Stagii unificate de practică pentru studenții din inginerie” - Proiect POCU.

Conf. univ. dr. ing. **Gina Diana MUSCĂ**

Univesitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila

Cadru didactic titular la Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Departamentul de Științe Inginerești și Management: Competențe în: mașini de ridicat și transportat, analiza dinamică a mașinilor de ridicat și transportat, acustica utilajelor pentru constructii, eficiența consumului energetic la locuințe, managementul proiectelor, managementul integrat al documentației tehnice și tehnologice. <https://www.fib.ugal.ro/index.php/ro/despre/departamente/departamentul-de-stiinte-ingineresti-si-management>

Prof.univ.dr.ing.hab. **Silviu Marian NĂSTAC**

Univesitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila

Universitatea „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Inginerie Mecanică

Cadru didactic titular la Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Departamentul de Științe Inginerești și Management, cadru didactic asociat la Universitatea „Transilvania” din Brașov, Departamentul de Inginerie Mecanică. Profesor abilitat în domeniul Inginerie Mecanică. Domenii de cercetare: mecanică computațională, acustică și vibrații, tehnică experimentală și instrumentație virtuală, biocompozite. <https://www.fib.ugal.ro/index.php/ro/despre/departamente/departamentul-de-stiinte-ingineresti-si-management> , <https://www.unitbv.ro/contact/comunitatea-unitbv/4823-nastac-silviu-marian.html>