

Consideratii asupra modelarii prin metoda elementelor finite a unei structuri metalice

Savaniu Ioan Mihail - sef lucrari .dr.ing. Facultatea de Utilaj Tehnologic- Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

Abstract: The research presented in the article shows a comparison of results obtained in the dimensioning of the finite element method and results for a real metal construction. The aim of the research is to certify the results of modeling of steel structures using finite element method

1. Introducere

In cazul dimensionarii unei constructii metalice putem apela la metoda clasica a determinarii eforturilor in sectiunile critice sau la metode moderne ce presupun folosind metoda elementelor finite.

In cazul modelarii folosind metoda elementelor finite putem apela la mai multe softuri specializate, cel utilizat in cele prezentate este modulul "SIMULATION" din cadrul SOLIDWORKS 2010. Etapele parcurse in modelarea cu ajutorul unui astfel de soft pot fi:

- realizarea modelului virtual;
- discretizarea modelului virtual;
- stabilirea modului de rezemare;
- stabilirea incarcarii care actioneaza asupra modelului virtual;
- interpretarea rezultatelor;

Rezultatele obtinute in cazul simularii sunt influentate major de modul in care este simulata schema de rezemare si de modul in care aplicam incarcari asupra modelului virtual analizat. Softul in raportul final de prezentare a rezultatelor ne semnaleaza aspectul legat de corectitudinea acestora ceea ce creaza o incertitudine asupra modelarii. Raportul sugereaza ca rezultatele sunt orientative si depind de experienta celui care realizeaza simularea si de compararea rezultatelor cu cele obtinute in urma analizei comportarii unei structuri reale similare, a unui model redus la scara sau a unui prototip.

In cele mai multe cazuri nu este posibil, din punct de vedere financiar, sa facem aceste comparatii si din acest motiv am dorit sa comparam rezultatele obtinute in cazul modelarii cu element finit a unei structuri metalice cu cea a unui model real. Studiul a inceput cu o structura metalica simpla si dorim ca in viitor sa amplificam aceste cercetari si sa spunem un "DA" analizei structurilor metalice cu softuri de modelare care folosesc metoda elementului finit.

In cele ce urmeaza voi prezenta pe scurt o comparatie intre rezultatele obtinute in cazul unui experimet real si rezultatele obtinute in cazul simularii cu ajutorul SOLIDWORKS 2010

2. Rezultate experimentale.

Am considerat o constructie metalica, vezi fig.1, confectionata din otel iox marca AISI 304 - 5NiCr180. Elemente structurii metalice au fost sudate pe contur folosind tehnologia de sudura in gaze inerte in cazul nostru sudura in argon. In acest fel avem o garantie a calitatii sudurii, ceea ce ne

permite ca in studiile de simulare sa consideram elementul ca un "SOLID" si nu ca o structura de bare de tip "BEAM".

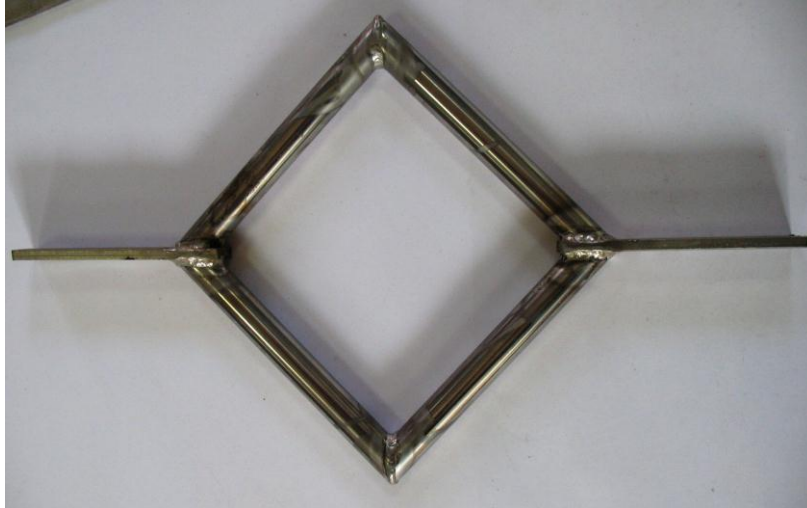


Fig. 1 Structura metalica analizata

Avand unele indoeli cu privire la caracteristicile de materiale furnizate atat de certificatul de calitate a materialului folosit cat si de datele furnizate de biblioteca de materiale a SOLIDWORKS 2010 am intreprins o incercare de tractiune efectuata nu pe o epruveta standardizata ci pe o bara apropiata ca geometrie de prevederile standardului dar din acelasi material cu al modelului real.

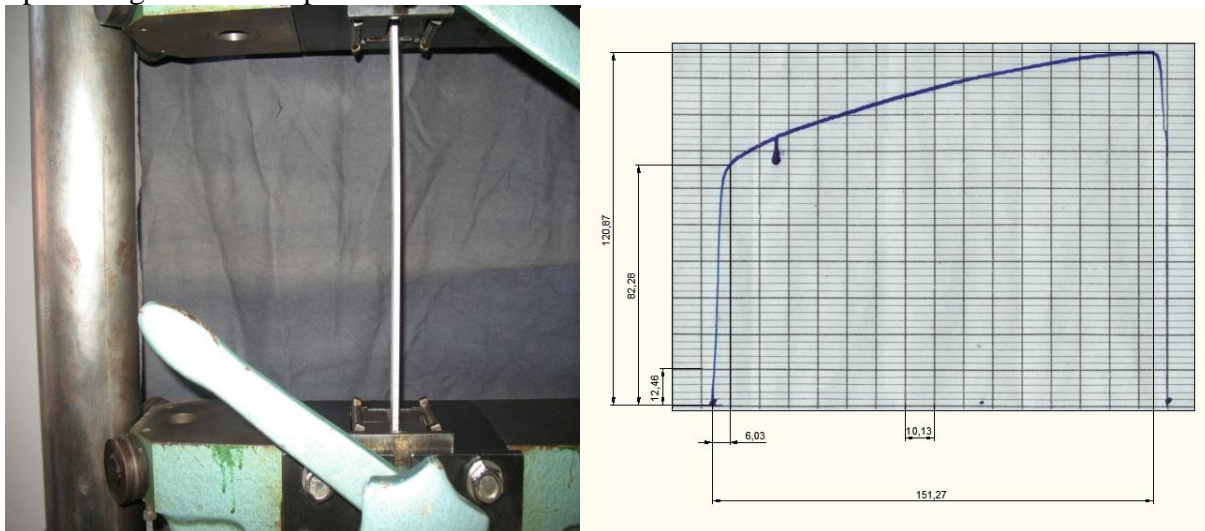


Fig. 2 Incercare de tractiune

Bara care a fost supusa la tractiune in vederea determinarii caracteristicilor de material a fost de de sectiune dreptunghiulara cu sectiunea 5 mm x 15 mm si lungime 405 mm. Aria sectiunii transversale a barei este de 75 mm². Astfel conform diagramei fig.2. Caracteristicile de material ale AISI 304 sunt urmatoarele:

$$\sigma_c = \left(\frac{82.28 \times 500}{12.46} \right) / 75 = 44.023 \text{ [daN / mm}^2 \text{]};$$

$$\sigma_r = \left(\frac{120.87 \times 500}{12.46} \right) / 75 = 64.670 \text{ [daN / mm}^2 \text{]}$$

Structura analizata a fost asezata in bacurile masinii de tractiune asa cum este prezentat in fig.3 iar rezultatele furnizate de traductorii masinii de tractiune inregistrate pe o hartie etalonata sunt prezentate in fig.4. Rezultatele obtinute ne indica forta in daN cu care s-a tras de bacurile masinii si deplasararea axiala a bacurilor masinii.



Fig.3 Mod de asezare a structurii metalice in masina de tractiune

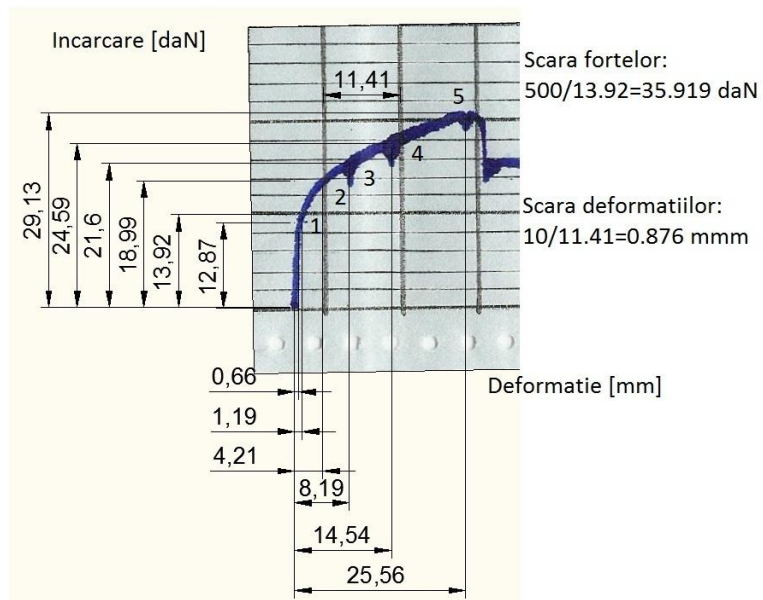


Fig.4 Rezultate furnizate de masina de tractiune





Fig.5 Aparitia si extinderea zonei de rupere a constructiei metalice

3 Rezultatele obtinute in urma simularii cu SOLIDWORKS 2010

In vederea simularii cu ajutorul metodei elementelor finite am modelat, in spatiul virtual constructia metalica experimentata si am considerat ca este realizata din otel AISI 304 cu caracteristicile de material furnizate de biblioteca de materiale a SOLIDWORKS 2010. Intrucat in calculele de element finit caracteristica de material cea mai importanta este modulul de elasticitate al materialului si in cazul nostru a fost acelasi cu a materialului ales. In cazul studiului sa stabilim deformatia sistemului si punctul in care aceasta este maxima si starea de tensiuni care se dezvoltă in constructia metalica si care este zona in care tensiunea este maxima.

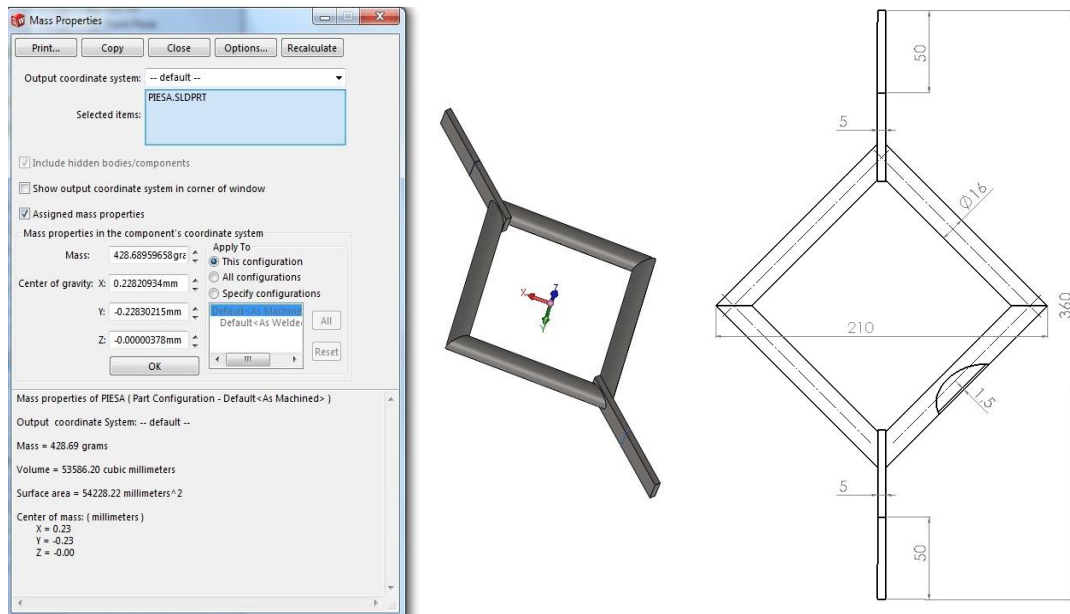


Fig. 6 Model virtual 3D si 2D

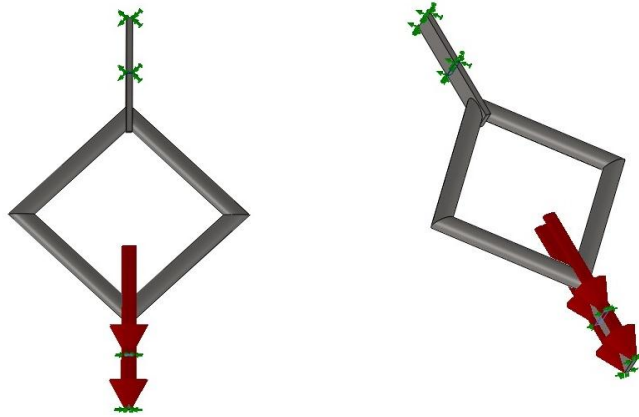


Fig.7 Schema de rezemare si de aplicare a incarcarii

Studiul prin metoda elementelor finite efectuat a fost un studiu static. Se putea efectua si un studiu dinamic insa experimentul nu a urmarit acest aspect. Schema de rezemare a avut in vedere modul de asezare in bacurile masinii de tractiune si modul de aplicare a incarcarii. Au fost neglijate deformatiile care apar in bacuri masinii de tractiune.

Avand in vedere caracteristicile de material ale otelului folosit am considerat cinci situatii de incarcare corespunzatoare celor cinci pozitii din fig.4.

Situatia 1 – Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, egale cu tensiunea de curgere a otelului AISI 304. Conform diagramei din fig.4 avem

$$\text{Incarcare reala} = 12.87 \times 35.919 = 462.27 \text{ daN}$$

$$\text{Deformatie reala} = 0.66 \times 0.876 = 0.578 \text{ mm}$$

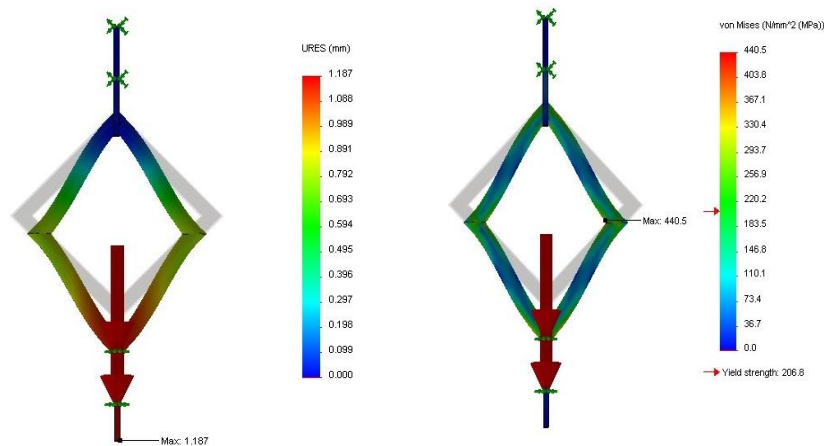


Fig.8 Deformatii si tensiuni echivalente sub incarcarea de 462.27 daN

In urma simularii sub actiunea incarcarii in elementele structurii virtuale se dezvolta o tensiune echivalenta in valoare de 440.5 N/mm^2 corespunzatoare tensiunii de curgere a otelului ales.

Situatia 2 – Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, egale cu tensiunea de rupere a otelului AISI 304. conform si fig.5 se poate sesiza initierea fisurii de rupere in momentul atingerii acestei tensiuni in zona critica semnalata si de simularea efectuata.

Conform diagramei din fig.4 avem

$$\text{Incarcare reala} = 18.99 \times 35.919 = 682.10 \text{ daN}$$

$$\text{Deformatie reala} = 4.21 \times 0.876 = 3.687 \text{ mm}$$

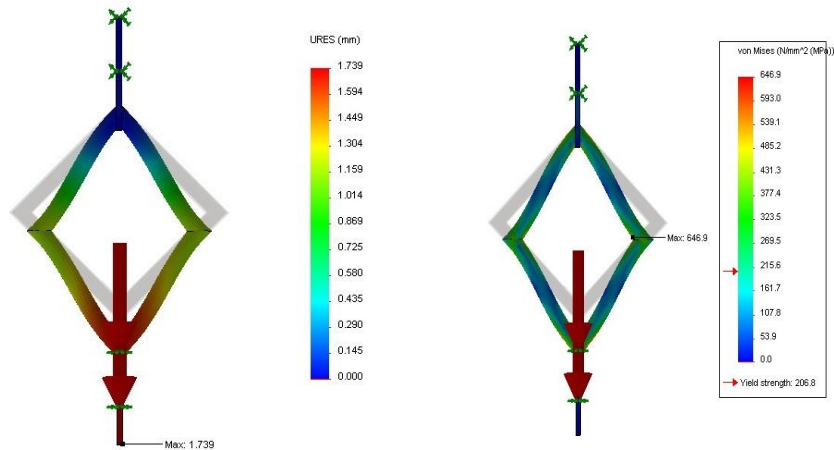


Fig.9 Deformatii si tensiuni echivalente sub incarcarea de 682.10 daN

In urma simularii sub actiunea incarcarii in elementele structurii virtuale se dezvolta o tensiune echivalenta in valoare de 646.9 N/mm^2 corespunzatoare tensiunii de curgere a otelului ales.

Situatia 3 - Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, superioare tensiunii de rupere a otelului AISI 304. conform si fig.5 se poate sesiza aparitia fisurarii de elementului constructiei metalice in zona critica semnalata de simularea efectuata. Conform diagramei din fig.4 avem

$$\text{Incarcare reala} = 21.6 \times 35.919 = 775.85 \text{ daN}$$

$$\text{Deformatie reala} = 8.19 \times 0.876 = 7.174 \text{ mm}$$

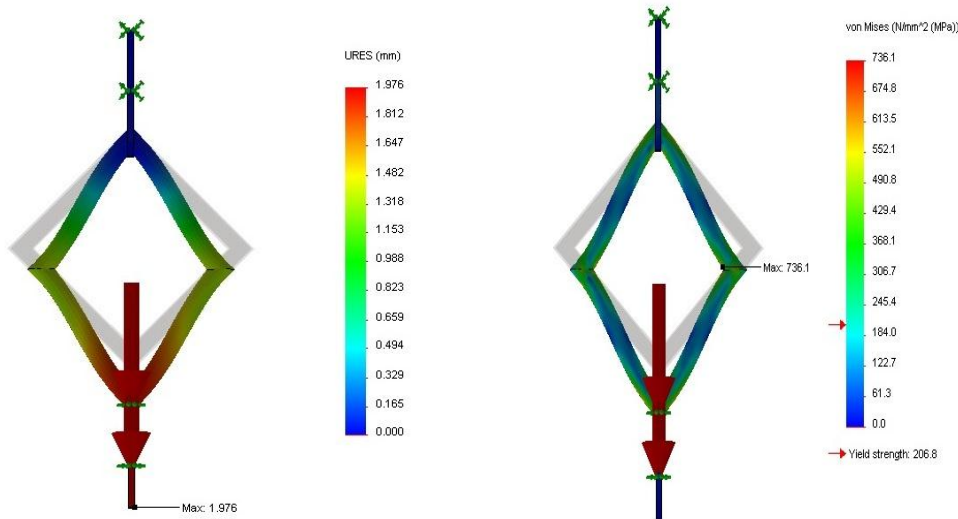


Fig.10 Deformatii si tensiuni echivalente sub incarcarea de 775.85 daN

Situatia 4 - Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, superioare tensiunii de rupere a otelului AISI 304. conform si fig.5 se poate sesiza amplificarea fisurari din elementului constructiei metalice in zona critica semnalata de simularea efectuata. Conform diagramei din fig.4 avem

$$\text{Incarcare reala} = 24.59 \times 35.919 = 883.24 \text{ daN}$$

$$\text{Deformatie reala} = 14.54 \times 0.876 = 12.737 \text{ mm}$$

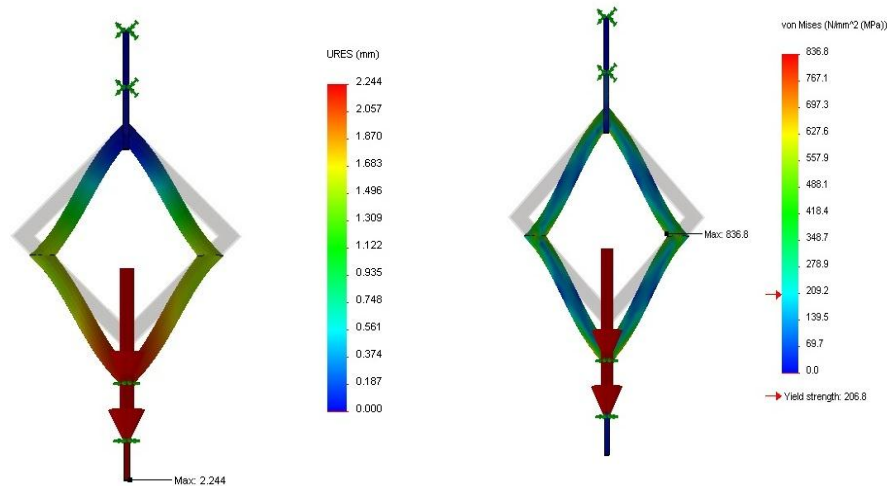


Fig.11 Deformatii si tensiuni echivalente sub incarcarea de 883.24 daN

Situatia 5 - Ipoteza de calcul corespunzatoare dezvoltarii in elementele constructiei metalice a unei tensiuni echivalente, in baza teoriei V de rezistenta a energiei potentiale de deformatie - Von Mises, superioare tensiunii de rupere a otelului AISI 304. conform si fig.5 se poate sesiza ruperea elementului constructiei metalice in zona critica semnalata de simularea efectuata. Conform diagramei din fig.4 avem

$$\text{Incarcare reala} = 29.13 \times 35.919 = 1046.32 \text{ daN}$$

$$\text{Deformatie reala} = 25.56 \times 0.876 = 22.39 \text{ mm}$$

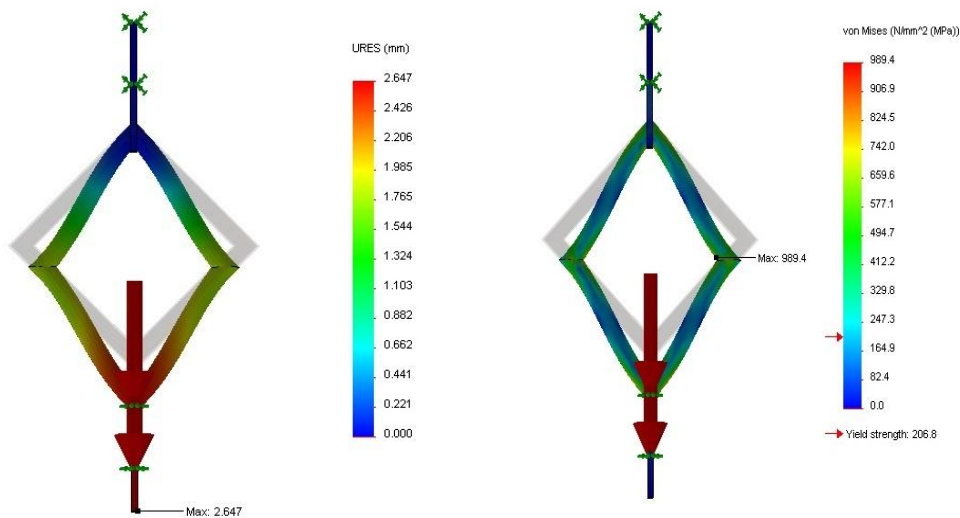


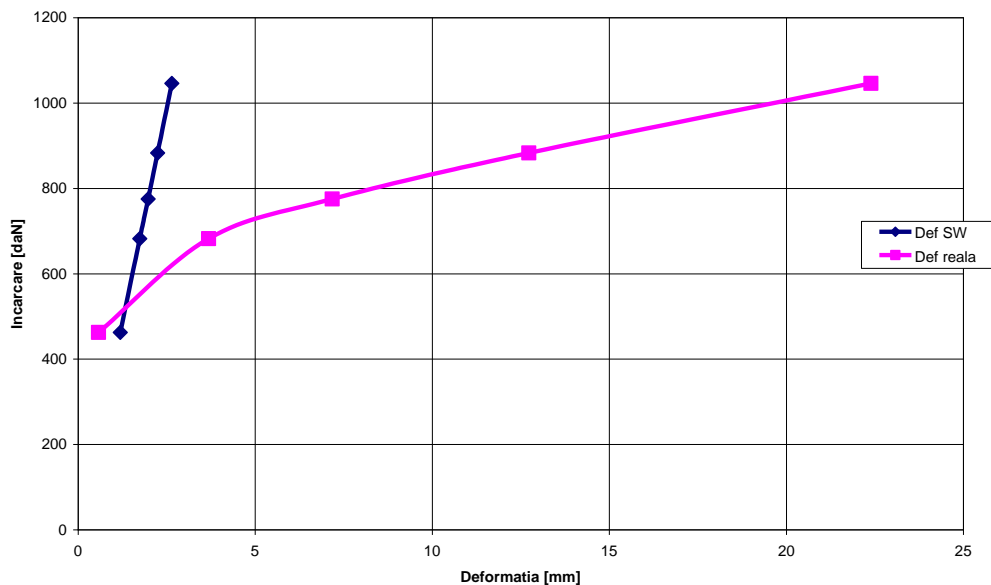
Fig.12 Deformatii si tensiuni echivalente sub incarcarea de 1046.32 daN

4. Interpretarea rezultatelor

In baza rezultatelor obtinute in ceea ce priveste deformatia aparuta in cazul constructiei metalice reale supusa la o anumita valoare a incarcarii si in cazul deformatiei aparute prin aplicarea metodei elementelor finite asupra modelului virtual al constructiei metalice am obtinut rezultatele prezentate in urmatorul tabel:

Nr. crt.	Incarcare aplicata	Deplasare in cazul simularii SW	Deplasare in cazul constructie reala
	[daN]	[mm]	[mm]
1	462,5	1,187	0,578
2	682	1,739	3,687
3	775	1,976	7,174
4	883,2	2,244	12,73
5	1046	2,647	22,39

Prezentarea grafica a rezultatelor obtinute ne arata o variatie liniara a deformatie cu incarcarea inc cazul simularii prin metoda elementului finit si o variatie cu acumulare de energie in cazul modelului real.



Concluzile experimentului sunt:

- ca in cazul modelarii folosind metoda elementului finit trebuie urmarit ca in elementele sistemului metalic analizat sa se dezvolte o tensiune echivalenta inferioara tensiunii de curgere a materialului ales pentru constructia metalica;
- in cazul in care dorim sa simulam o structura metalica in zona de deformatie plastica a materialului trebuie sa utilizam un model real al constructiei metalice pentru a evalua energia de deformatie si apoi sa o transpunem intr-o incarcare echivalenta in cazul unui studiu static prin metoda elementelor finite.

Bibliografie:

- [1] Buzdugan Gh – Rezistenta Materialelor , Editura Academiei , 1986;
- [2] Zlateanu Tudor – Tehnologia Materialelor, U.T.C.B.,1982;
- [3].Maty Blumenfeld – Introducere în metoda elementelor finite, Ed. Tehnică, 1995.