

MODUL DE HALA INDUSTRIALA USOARA CU DESCHIDERA DE 18 M SI TRAVEEA DE 6 M. ROIECTARE SI SIMULARE CU AJUTORUL METODEI ELEMENTULUI FINIT

Autori: Zlateanu Tudor, prof. univ. dr. ing. Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti
Nicolae Ionel, prof. univ. dr. ing. Universitatea Ovidiu Constanta

1. CARACTERISTICI TEHNICE PRINCIPALE

Modulul de hala industrială este utilizat pentru construcția unei hale industriale cu acoperiș ușor și fără pod rulant.

Dimensiuni principale.

- Înălțime 6 m;
- Deschidere hala 18 m;
- Traveia (distanța dintre modulele de hala pe lungimea ei: 6 m;
- Înălțimea fermei: 1,2 ... 1,5 m.

Masa fermei mari: 1067kg.

Masa fermei mici: 567kg.

Masa stalpului: 416kg.

Masa modulului de hala: 2487 kg.

2. PARTI CCOMPONENTE

Modulul de hala se compune din următoarele parti:

Ferma mare cu deschiderea de 12 m având ca talpa inferioară 2 profile U14, ca talpa superioară 2 profile U12 și drept diagonale 2 profile L60 x 60 x 6 solidarizate la distanțe de 1,5 m prin gusee din tabla cu grosimea de 8 mm.

Ferma mică cu deschiderea de 6 m având aceleași elemente constructive ca și ferma mare. Asamblarea celor 2 ferme se face pe șantier, prin sudură.

Stalpi sunt cu secțiune compusă din 2 profile U 22 solidarizați lateral cu placute.

3. BREVIAR DE CALCUL

3.1. STABILIREA MODELULUI DE CALCUL

Pentru calculul structurii schelei mobile pe calculator, s-a adoptat un model de calcul ce permite utilizarea unor softuri de analiză cu elemente finite. Având în vedere că structura utilizează profile cu pereți subțiri (sub 10 mm) și este organizată în plan, cel mai nimerit program de analiză cu elemente finite este SAP 2000.

În acest scop nodurile și barele structurii s-au constituit, cu unele mici aproximații geometrice, în toate nodurile, respectiv elementele ale modelului de calcul. Modelul de calcul prezentat în fig. 1, redă configurația structurii în 2D, inclusiv rezemele acesteia. Fiecare element și nod al structurii este identificat printr-un număr (fig. 2). În programul de calcul, fiecărei bare a

modelului i se atribuie o anumita sectiune, al carui simbol este prezentat in fig. 2. Nodurile structurii sunt date de coordonatele carteziene intr-un sistem de coordonate rectangular global xyz.

3.2. MATERIALE. SECTIUNI UTILIZATE SI CARACTERISTICILE ACESTORA

Materialul utilizat este OL 37.2, cu urmatoarele caracteristici de rezistenta:

- rezistenta la rupere la tractiune minima, $\sigma_r = 360$ MPa;
- limita de curgere minima, pentru produs cu grosimea de max 16 mm, $\sigma_c = 240$ MPa;
- tensiunea admisibila: 160 Mpa;
- coeficientul de siguranta al elemenelor structurii fata de limita de curgere: 1,5;
- alungirea la rupere $A = 25$ %
- rezilienta garantata la 20^0 C, $KV_{min} = 27$ J;
- sudabilitate neconditionata.

3.3 DETERMINAREA INCARCARILOR ASUPRA STRUCTURII

Evaluarea actiunilor asupra halei se face in conformitate cu reglementarile date de SR 10101/0A-77. In scopul alcatuirii unor grupari de incarcari, pentru calculul structurilor si elementelor halei, s-a reglementat clasificarea actiunilor asupra halei dupa frecventa cu care se manifesta, (tab. 1).

Tabelul 1

Categoria de incarcare		Simbol	Mod de aplicare	Precizarea actiunilor
Permanente		P	Continuu	- Greutatea proprie a elementelor constructive (portante si de inchidere)
Temporare	Cvasi-permanente	C	Intermitent	- Incarcarea cu praf industrial
	Variabile	V	Intermitent	- Actiuni datorate zapezii - Actiuni datorate vantului - Incarcari date de temperatura exterioara
Exceptionale		E	Intervin rar	- Actiuni seismice

Calculul elementelor si a structurii halei trebuie sa se faca astfel incat sa fie luate in considerare combinatiile de incarcari cele mai defavorabile, posibile pe intreaga durata de exploatare a constructiei. Modul in care se fac gruparile actiunilor asupra halelor industriale este reglementat de SR 10101/0A-77. (tab. 2).

Tabelul 2

Gruparea	Actiunile asupra halei	Coeficientii incarcarii	Elementul de hala
Fundamentala	- Greutatea proprie - Greutate acoperis - Greutate panee - Incarcari din zapada - Incarcari din variatia de temperatura ext.	Coeficientul actiunilor permanente, $n_P = 1,3$ Coeficientul actiunilor variabile, $n_V = 0,9$ (pentru 2 incarcari simultane variabile)	Ferme
Speciala	- Greutatea proprie - Greutate acoperis - Greutate panee - Incarcari din zapada - Incarcari din vant - Incarcari din variatia de temperatura exterioara - seism	Coeficientul actiunilor permanente, $n_P = 1,0$ Coeficientul actiunilor variabile, $n_V = 0,9$ (pentru 2 incarcari simultane variabile) Coeficientul actiunilor exceptionale, $n_E = 1,0$	Stalpi

- *Greutatea proprie* a modulului de hala, greutate acoperis, greutate panele: $G = 67\,570\text{ N}$ (greutatea acoperisului, $G_{ac} = 4,96 \cdot 10^5\text{ N}$)

- *Incarcarile din zapada*, conform SR 10101/21 -92 se determina pe fiecare semiferma, in functie de aria expusa si inclinarea acoperisului si dupa o harta de precipitatii zonala; ea se aplica in nodurile fermei si are valorile calculate de:

- pentru ferma cu panta mai mica, repartizata pe 8 noduri: $F_{110} = 7\,253\text{ N}$

- pentru ferma cu panta mai mare, repartizata pe 4 noduri: $F_{120} = 6\,786\text{ N}$

- *Incarcarile din vant*, conform SR 10101/20 -90 se determina pe fiecare stalp, in functie de aria expusa si inclinarea acoperisului si dupa o harta de precipitatii zonala; ea se considera orizontala si se aplica uniform distribuit pe stalpii fermei:

- pentru vantul care bate normal pe deschiderea halei: $q_{1ns} = 1,961\text{ N/mm}$, si este preluat de contravantuirile dintre stalpi pe lungimea halei;

- pentru vantul care bate paralel cu deschiderea halei: $q_{1ps} = 1,042\text{ N/mm}$ si este preluat de fiecare stalp.

- *Incarcari din variatia de temperatura exterioara* sunt neinsemnate si se neglijeaza;

- *Incarcari din actiunile seismice* fac parte din categoria actiunilor exceptionale. Incarcari seismice se considera forte aplicate static, calculul structurii se face in domeniul elastic, iar fortele aplicate sunt forte de inertie orizontale datorate oscilatiilor seismice. Punctele de aplicare a fortelor seismice coincid cu punctele de aplicare a fortelor gravitationale (centre de masa).

In cazul halelor industriale cu un nivel, rezultanta incarcarii seismice orizontale se determina considerand modul fundamental de vibratie, cu relatia:

$$S = c \cdot G$$

unde: G – incarcari gravitationale provenite din: incarcari gravitationale permanente, P (invelitoare, pane, ferma, contravanturiri, stalp, si pereti) si incarcari gravitationale variabile, V datorate zapezii care se iau in calcul numai cu fractiunile de lunga durata, obtinute prin multiplicare cu un coeficient $n^d = 0,4$ (conform SR 10101/0A-77)

c – coeficientul seismic global al fortei taietoare de baza, (in normativul P100-81 se admite $c=0,064$);

Rezulta: $S = 4\,325\text{ N}$.

In fig. 1 este prezentat modelul de calcul si sarcinile care actioneaza asupra structurii schelei.

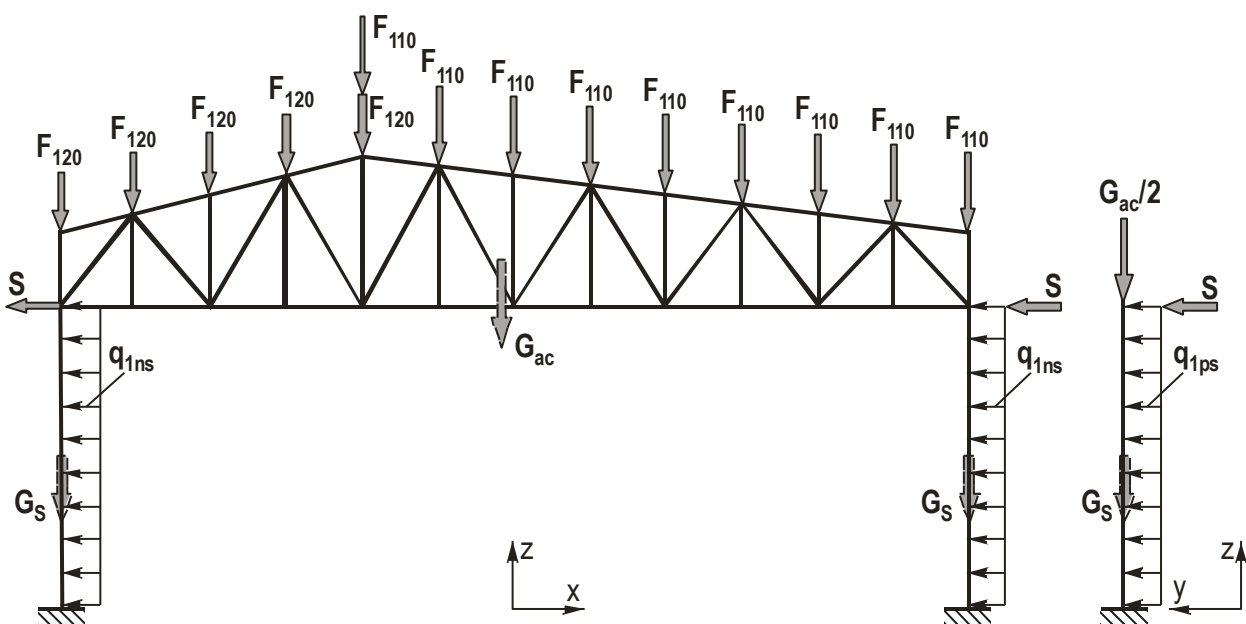


Fig. 1 Modelul de calcul si incarcari care actioneaza asupra modulului de hala

3.4. CALCUL DE REZISTENTA AL STRUCTURII

Pentru calculul de rezistenta al structurii schelei, se impune verificarea pentru : talpi, montanti, diagonale si stalpi.

In urma analizei structurii utilizand metoda elementului finit rezulta pentru intreaga structura urmatoarele digrame globale de eforturi (torsiunea si fortele taietoare se neglijeaza):

- diagrama de forte axiale, N , [N];
- diagrama de momente de incovoiere, directia 3-3, M_{33} , [Nmm].

Calculul utilizat este un calcul de verificare, utilizand pentru aceasta metoda tensiunilor admisibile.

In fig. 3 si 4 sunt indicate diagrame globale de eforturi (pentru intreaga structura).

Tensiunea nominala de calcul la stabilitate elastica pentru o sectiune plina cu 2 axe de simetrie supusa la compresiune axiala si incovoiere pe o directie, se determina cu relatia (cf SR 10108/0-78):

$$\sigma_{st\ el} = \frac{N}{\varphi_x \cdot A} + \frac{c_x \cdot M_x}{\varphi_g \cdot \left(1 - \frac{N}{A \cdot \sigma_E}\right) \cdot W_x} \leq \sigma_{ai}$$

in care: N – afortul axial aplicat in centrul de greutate al elementului de ferma , [N];

A – aria sectiunii transversale a stalpului, [mm²];

φ_x – coeficient minim de flambaj in functie de sveltetea stalpului calculata pe directia x;

M_x – momentul incovoietor maxim pe directia x-x;

c_x – coeficientul de corectie al raportului $\frac{M_x}{1 - \frac{\sigma_{nc}}{\sigma_E}}$, stabilit in functie de aliura diagramei de

momente incovoietoare in lungul stalpului. Valoarea lui se determina din tab.28, SR 10108/0-78.

σ_E – tensiunea critica de flambaj, determinata cu relatia lui Euler, $\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$,

corespunzator planului in care se face incovoierea, si care se adopta din tab.26, SR 10108/0-78;

in care: E - modulul de elasticitate longitudinal;

λ – lungimea de flambaj, calculata cu relatia: $\lambda = \mu \cdot l$;

φ_g – coeficient in functie de valoarea $\lambda_{tr} = \gamma \cdot \frac{\mu \cdot l}{i_y}$;

in care: l - lungimea fizica a stalpului;

i_y – raza de giratie (inertie) a sectiunii stalpului in raporta cu axa y-y;

μ – multiplicatorul de flambaj;

γ – coeficient care se adopta din tab.26, SR 10108/0-78, in functie de valoarea $\frac{l^2 \cdot I_r}{h^2 \cdot I_y}$;

in care: I_r – momentul de inertie de rasucire;

h – inaltimea sectiunii stalpului;

I_y – momentul de inertie in raport cu axa y-y

W_{i-I} – modul de rezistenta calculat in

Tensiunea nominala de calcul pentru cazul in care solicitarea elementului de ferma are loc pe o singura directie, din conditia de rezistenta se determina cu relatia:

$$\sigma_n = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} \leq \sigma_{ai}$$

in care: M_x – valoarea maxima a momentului incovoietor pe directia de calcul.

Pe aceasta metodologie se pot calcula elementele fermei: montantii, diagonalele, talpa inferioara si talpa superioara. Calculele sunt efectuate tabelar in EXCEL.

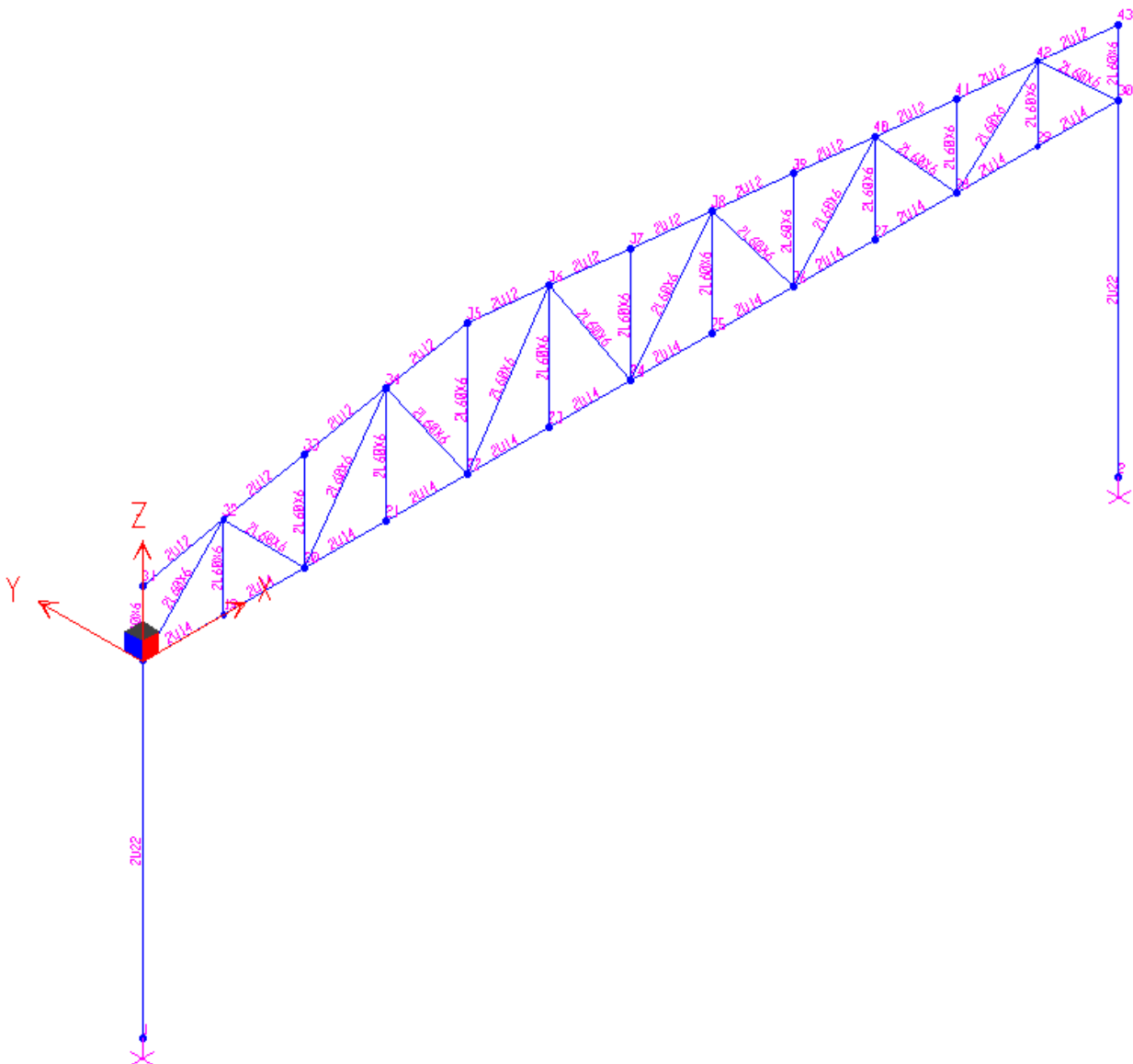


Fig. 2 Identificarea elementelor si nodurilor si simbolizarea sectiunilor

Pentru simularea pe computer a comportarii in serviciu a structurii schelei, utilizand programul de simulare SAP 2000 s-a procedat astfel:

- s-a reprezentat structura reala utilizand elemente spatiale de tipul LINK;
- s-au identificat elementele finite si nodurile structurii;
- s-au identificat sectiunile elementelor utilizand simboluri;
- s-au pus condiile la limita;
- s-a incarcat structura in conformitate cu combinatia de incarcari cea mai defavorabila;
- s-a determinat raspunsul structurii la actiunile exterioare: diagramele de eforturi, elementele susceptibile de realiza un coeficient de siguranta cel mai apropiat de coeficientul de siguranta admisibil (prescris), stabilitatea generala si deformata cu deplasările fiecarui punct al structrii fata de structura nedeformata (fig. 5).

In fig. 6 este reprezentat modulul de hala industrială.

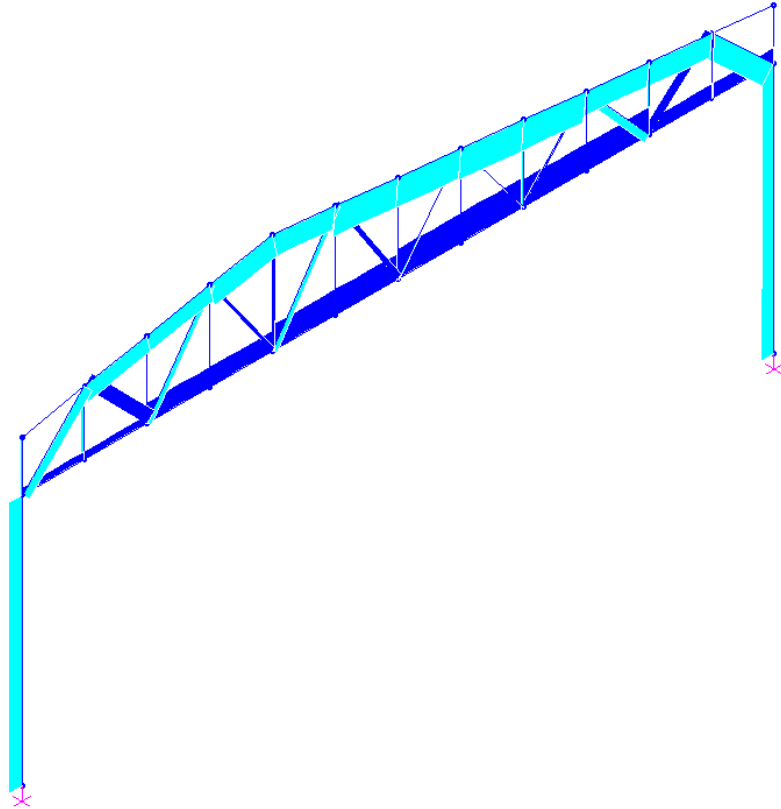


Fig. 3 Diagrama de forte axiale

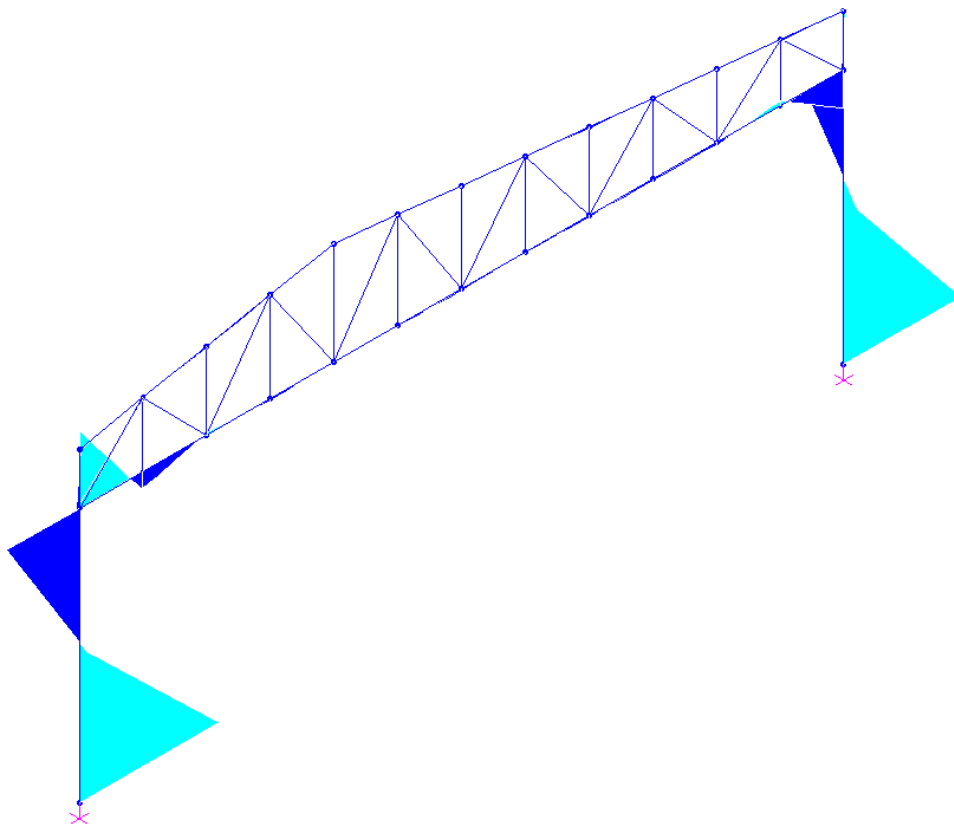


Fig. 4 Diagrama de momente incovoietoare fata de axa 3-3

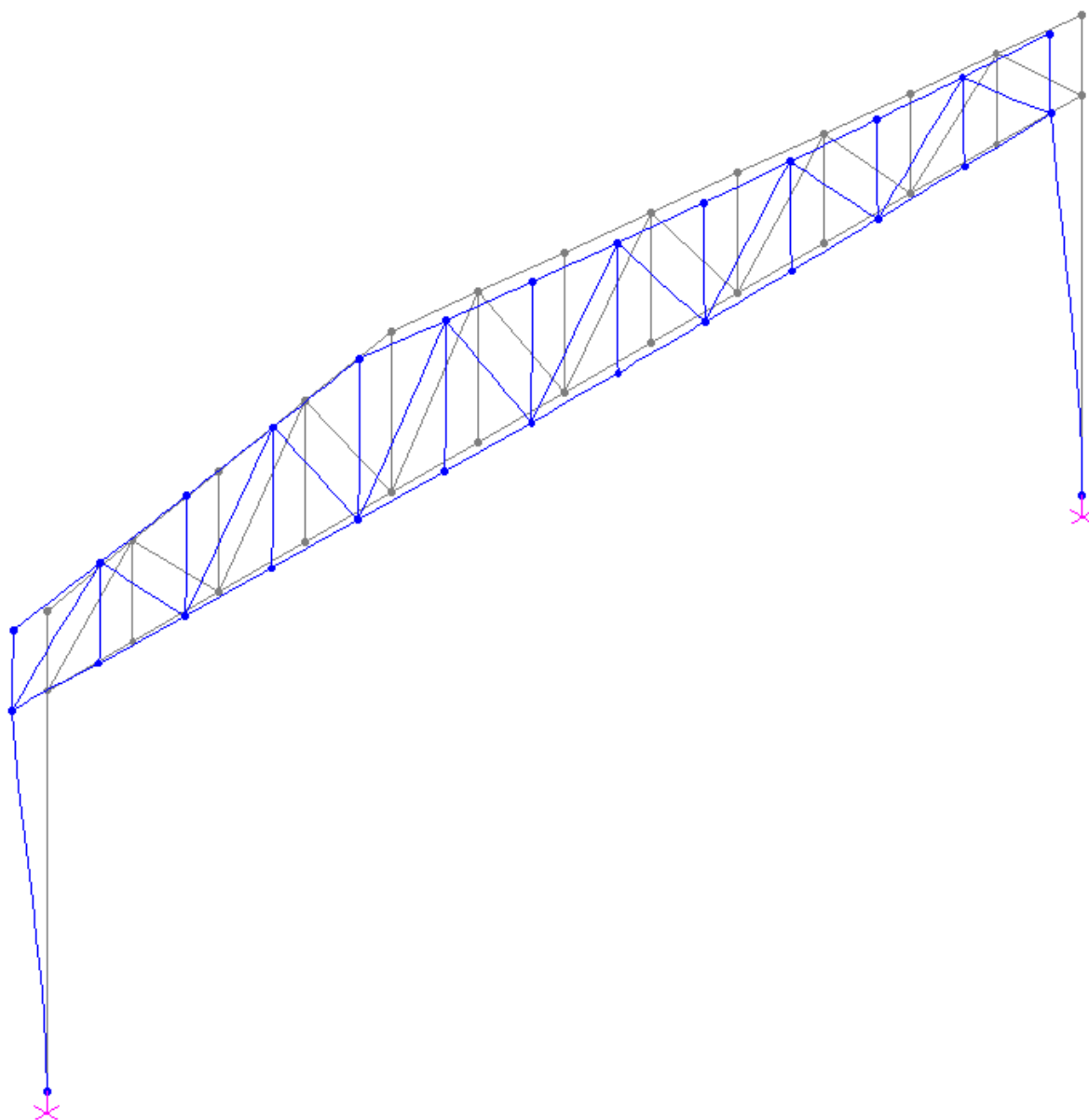


Fig. 5 Deformata modulului de hala

BIBLIOGRAFIE

1. * * * 767/0-88 – Construcții din oțel. Condiții tehnice de calitate.
2. * * * 768-66 – Construcții din oțel sudate – Prescripții de execuție.
3. * * * SR 10101/0A-77 - Acțiuni în construcții
4. * * * SR 10101/24A -78 - Acțiunile provenite din variațiile de temperatura exterioară.
5. * * * SR 10108/0-78 – Calculul elementelor din oțel.
6. * * * SR 10101/21 -92 –Încărcări date de zăpadă.
7. * * * SR 10101/20 -90 –Încărcări date de vânt.

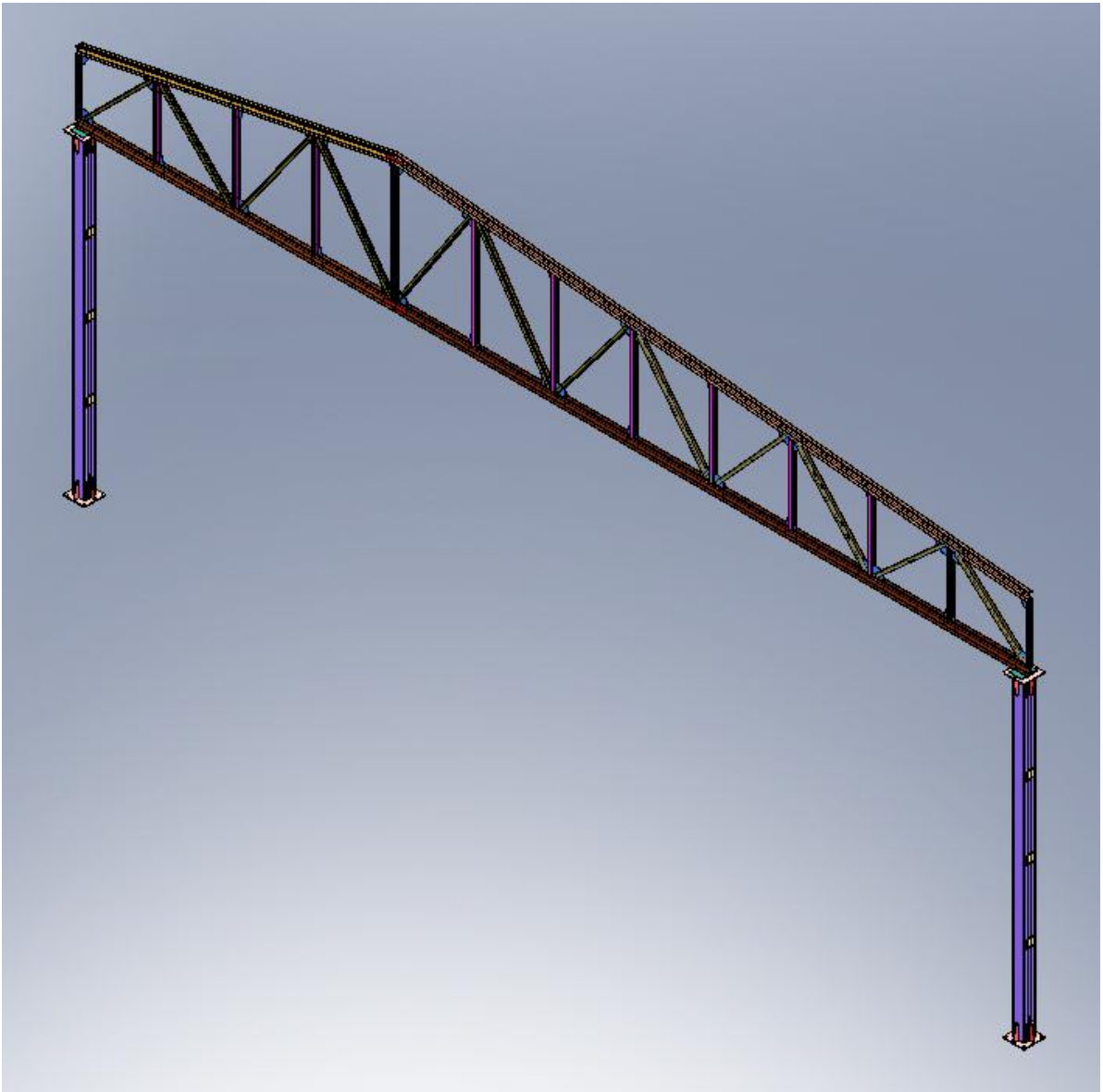


Fig. 6. Modulul de hala industrială