

CALCULUL ANALITIC ȘI NUMERIC PENTRU O STRUCTURĂ INDUSTRIALĂ METALICĂ MOBILĂ DIN CADRUL UNEI HALE DE PRODUCȚIE

Andrei DUMITRESCU

Conducător științific: Sl. Dr. Ing. Daniel VLĂSCEANU

REZUMAT: În lucrarea de față urmează să vă prezint metoda de calcul structural a unei structuri metalice de rezistență, a unei hale metalice industriale, parter, dotată cu două poduri rulante, unul de 20tf și respectiv 10tf. Elementul principal al halei îl constituie cadrul transversal alcătuit din pană, fermă zabrelită, grinda de rulare a podurilor rulante, și în final stâlpul. Pentru a putea obține secțiuni cât mai economice, am optat pentru secțiuni compuse din tablă sudată, nefolosind profile laminate, aceasta metoda permițându-mi reducerea utilizării de material în zone în care aceasta nu este necesar și deci optimizând consumul de material. Pentru calcul am considerat că hala este situată în apropierea Bucureștiului utilizând deci accelerația gravitațională seismică specifică acestei zone ($a_g=0.28g$).
CUVINTE CHEIE: pană acoperiș, grindă cale rulare, ferma zabrelită.

1 INTRODUCERE

Hala luată în considerare are o deschidere de 33m, și este compusă din 9 travei a câte 9m, fiecare având în total o lungime de 81m. Înălțimea la care este situat podul rulant este de 11m. Înălțimea totală a halei (la coama) este de 18m.

Închiderea halei a fost realizată perimetral utilizând panouri „sandwich” din aluminiu tip Alucobond, fiind asigurat iluminatul perimetral natural prin ferestre de tip PVC. La nivelul acoperișului închiderea s-a realizat utilizând tablă cutată și o hidro-termo izolație compusă din vată minerală și o membrană PVC.

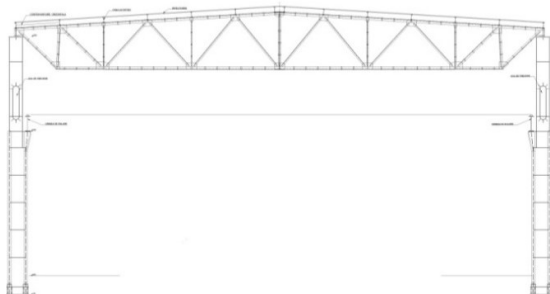


Fig. 1. Secțiune transversala

Cadrul transversal ce constituie practic structura de rezistență a halei, este un cadru plan încastrat în fundații. Pe capetele stâlpilor sunt amplasate rigle articulate formate din ferme zabrelite. Paneele metalice ce se reazemă pe ferme, au fost considerate grinzi continue alcătuite din tablă sudată cu inima plină formând un profil I.

Riglele de închidere ale acoperișului, pentru a putea avea o deschidere de 33m, au fost realizate ca ferme zabrelite alcătuite din profile laminate tip L alăturate „cap la cap”. Acest tip de structură datorită alcătuirii structurale, are o greutate redusă și permite realizarea deschiderilor mari.

Grinda de rulare a fost luat în calcul ca o grindă continuă simplu rezemată pe consola stâlpului, aceasta fiind realizată la fel ca și pana din tablă sudată având aspectul unui profil I, fiind dezvoltat mai mult pe verticală pentru a putea susține cele două poduri rulante.

În final elementul cel mai important al halei, și anume stâlpul, a fost realizat cu secțiune plină. Secțiunea stâlpului este alcătuită din două secțiuni diferite, una inferioară și cea superioară. Secțiunea inferioară, datorită faptului ca trebuie să preia și încărcările din podurile rulante, este mai dezvoltată decât cea superioară. Prin reducerea secțiunii la nivelul superior al stâlpului, se obține o secțiune cât mai economică din punct de vedere al costurilor financiare și totodată optimizarea structurală reducând greutatea acestui element.

La nivelul secțiunii superioare a fost necesară prevederea unui gol de trecere și a unei pasarele pentru a asigura circulația personalului de mentenanță și a permite accesul la calea de rulare și carele podului rulant. Pasarela are și rolul de grindă de frânare, preluând încărcările transversale produse de frânarea și demararea podului rulant.

¹ Specializarea: Managementul Întreprinderilor Industriale Virtuale (IMST);

E-mail: dumiandrei200@yahoo.com;

CALCULUL ANALITIC ȘI NUMERIC PENTRU O STRUCTURĂ INDUSTRIALĂ METALICĂ MOBILĂ DIN CADRUL UNEI HALE DE PRODUCȚIE

2 STADIUL ACTUAL

În lucrarea de față voi prezenta numai partea de calcul pentru pana de acoperiș, ferma zabrelită și grinda caili de rulare. Urmând ca stâlpii și contravântuirile să fie abordate într-o lucrare viitoare.

Stâlpii vă fi analizat utilizând încărcările provenite din greutatea proprie a elementelor dimensionate în aceasta lucrare, precum și încărcărilor ce acționează asupra acestora. Datorită proporțiilor elementelor apar dificultăți în partea de modelare pentru calculul acestor elemente. Aceasta analiză se va face utilizând programul Ansys Workbench.

3 METODA DE LUCRU/PROGRAME UTILIZATE

Partile de calcul analitic și numeric au fost realizate cu ajutorul programului PTC MATHCAD PRIME 3.0. Acestea includ predimensionările și verificările de rezistență finale. În urma predimensionării, au fost realizate desene 2-D a tuturor elementelor de ansamblu ale halei, utilizând programul AUTOCAD 2016. La modelarea diferitelor elemente ale halei sau urmăriți prevederile standardului SR EN 1993-1:2006 (Eurocod 3).

Diagramele de solicitări au fost realizate cu ajutorul programului MD SOLID 4.0 și rezultatele finale au fost centralizate în programul EXCEL.

La finalizarea părții de calcul, cadrul transversal a fost remodelat în programul ADVANCE STEEL 2016, unde secțiunile au fost optimizate în baza unei modelări 3-D.

4 PREZENTAREA ANSAMBLULUI HALEI.

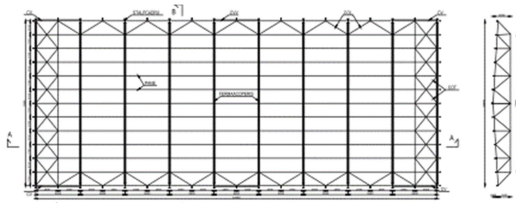


Fig. 2. Vedere Plan Hala

În Fig.2 este prezentat ansamblul halei. La nivelul acoperișului se pot observa pe zonele laterale ale halei contravântuirile orizontale longitudinale menite să preia încărcările transversale din planul acoperișului. Aceste încărcări provin din acțiunea vântului de pe peretele lateral de închidere și totodată componenta din planul inelitorii a încărcărilor gravitaționale. Contravântuirile orizontale transversale și longitudinale creează un cadru rigid. Acest cadru împreună cu tablă cutată utilizată la

închiderea acoperișului conferă o rigiditate la torsiune șarpantei.

Pe traveile de capăt ale halei sunt poziționate contravântuirile orizontale transversale. Acestea sunt menite să preia încărcări orizontale longitudinale din planul acoperișului, mai exact acțiunea vântului pe pereții de fronton ai halei și componenta vântului ce acționează în lungul acoperișului. Totodată aceste contravântuiri blochează deplasările longitudinale ale panelor.

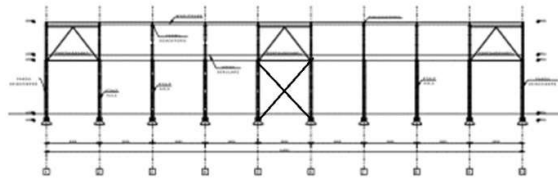


Fig. 3. Secțiune longitudinală

Forțele orizontale longitudinale pe șirurile de stâlpi sunt preluate de contravântuiri verticale. Aceste contravântuiri se numesc portale și trebuie amplasate în traveea centrală pentru a nu împiedica deformațiile ce pot apărea ca urmare a variațiilor de temperatură la nivelul elementelor structurale longitudinale. Totodată aceste portale preiau încărcări provenite din frânarea/demararea podurilor rulante, izbirea podurilor în tamponale situate pe traveile de capăt ale halei, încărcările provenite din acțiunea vântului în planul longitudinal și încărcările seismice ce acționează în același plan.

Pe traveile de capăt au fost poziționate portale parțiale (portale superioare) pentru a prelua de la contravântuirile transversale a acoperișului reacțiunile generate de acțiunea vântului.

5 CALCULUL PANEI DE ACOPERIȘ

Tabelul 1. Evaluare Încărcări Pana

Nr. Crt.	Încărcare	p_{norm} kN/m ²	n	$p_{calc}=n \cdot p_{norm}$	Tip
1	Greutate Proprie invelitoare	0.47	1.1	0.517	(P)
2	Greutate Proprie Pane+contrav	0.2	1.1	0.22	(P)
3	Spatiu Tehnic	0.2	1.3	0.26	(C)
4	Praf	0.5	1.5	0.75	(C)
5	Zapada	1.2	1.5	1.44	(V)
Total:		2.57		3.187	

După cum am descris și mai sus pana acoperișului luată în calcul, este o grindă simplu rezemată cu 9 deschideri. În baza acestei evaluări a

încărcărilor ce acționează asupra panii am dimensionat secțiunea transversală a panii. Se aplica încărcarea din tabel sub forma unei forțe distribuite asupra grinzii și se obține o diagrama de forță tăietoare și moment încovoietor. Valoarea momentului și a forței tăietoare cea mai mare se înregistrează în traveile de capăt, din acest motiv acesta este efortul care dimensionează secțiunea. Totodată valoarea momentului încovoietor cel mai mare se înregistrează în dreptul reazemelor. Pentru a nu utiliza material în exces, am utilizat valoarea momentului încovoietor din câmp, iar în zona de reazem am suplimentat materialul în talpa superioară și inferioară, adăugând două eclise una mai lată la partea inferioară și una mai îngustă la partea superioară, în zona critică (zona în care se dezvoltă deformațiile plastice din eventuale supraîncărcări). Este recomandat ca înălțimea secțiunii să fie aceeași pe întreaga lungime a grinzii.

Materialul utilizat este OL37 având $R=220 \frac{N}{mm^2}$

În urma dimensionării am ales următoarele dimensiuni pentru secțiunea transversală a panii:

Înălțimea inimii: $h_i = 300mm$

Grosimea inimii: $t_i = 4mm$

Lațimea talpilor: $b = 100mm$

Grosimea talpilor: $t_t = 4mm$

În urma dimensionării se fac verificările de rezistență ale secțiunii.

Verificarea la starea limită de rezistență (S.L.U) se face utilizând încărcările cu valori de calcul. Relația de verificare este următoarea:

$$\sigma_{max} = \frac{M_1}{I_y} \cdot z_{max} \leq R$$

$$\tau = \frac{T}{t_i \cdot h_i} \leq 0.6 \cdot R$$

În urma calculului au rezultat următoarele:

- Pe secțiunea din reazem

$$\sigma_{max} = 212.451 \frac{N}{mm^2} < 220 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau = 41.106 \frac{N}{mm^2} \leq 130 \frac{N}{mm^2}$$

- Pe secțiunea de câmp

$$\sigma_{max} = 159.339 \frac{N}{mm^2} < 220 \frac{N}{mm^2}$$

Verificarea la starea limită de deformație (S.L.E.N) se face utilizând încărcările cu valori normale. Această verificare se mai numește și verificare de săgeată. Relația de verificare este următoarea:

$$f_1 = f_1 - f_2 \leq f_{adm} = \frac{L \text{ Deschidere}}{200}$$

În urma calculului au rezultat următoarele:

$$f_1 = 5.437mm < 45mm$$

Din aceste verificări reiese că pana a fost dimensionată corect. După aceste verificări am

dimensionat joanta de montaj, mai exact suplimentarea de material în zona de reazem a grinzii.

Lațimea Eclisei Superioare: $b_{sup} = 80mm$

Grosimea Eclisei Superioare: $t_{sup} = 10mm$

Lațimea Eclisei Inferioare: $b_{inf} = 120mm$

Grosimea Eclisei Inferioare: $t_{inf} = 12mm$

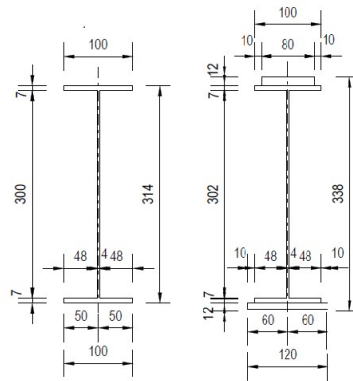


Fig.4 Secțiunea Pana

6 CALCULUL FERMEI ZABRELITE

Pe ferma zăbreliată se reazema paneele acoperișului aferente traveii de 9m, prin urmare reacțiunile din reazemele paneele constituie încărcări pentru fermă. La această încărcare se adaugă greutatea proprie a panii dimensionată mai sus.

Calculul eforturilor axiale din bare a fost făcut utilizând metoda secțiunilor. Plecând de la un efort inițial de întindere sau compresiune se calculează efortul din bară. Dacă acest efort are un semn pozitiv atunci efortul luat în calcul inițial a fost ales corect.

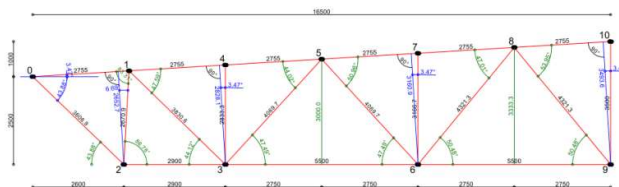


Fig. 5 Schema de calcul a fermei

Utilizând eforturile obținute cu metoda prezentată mai sus sau dimensionat barele fermei. Aceasta a fost alcătuită din corniere așezată cap la cap, distanța între aceste corniere fiind aceeași pentru toate barele fermei „t_g”.

Cornierele au fost alese astfel încât aripile să aibă o suplețe cât mai mare. Mai jos sunt detaliate cornierele alese.

- Bare comprimate

- Talpa superioară (0)-(1)-(4)-(5)-(7)-(8)-(10)
2xL 160x160x14

- Montați
2xL 60x60x6

CALCULUL ANALITIC ȘI NUMERIC PENTRU O STRUCTURĂ INDUSTRIALĂ METALICĂ MOBILĂ DIN CADRUL UNEI HALE DE PRODUCȚIE

- Diagonale (2)-(1)-(3)
2xL 120x120x10
- Diagonale (3)-(5)-(6)-(8)-(9)
2xL 100x100x10
- Bare comprimate
- Talpa inferioară (0)-(2)-(3)
2xL 120x120x10
- Talpa inferioară (3)-(6)-(9)
2xL 150x150x12

După dimensionare barele au fost verificate la flambaj (verificare stabilitate generală) utilizând relația următoare: $\frac{N_{bara}}{\varphi \cdot A} \leq R$

A urmat verificarea la starea limită de deformație (S.L.E.N), care s-a efectuat utilizând valorile normate ale încărcărilor. Aceasta verificare a fost realizată utilizând numai componenta axială a formulei „Maxwell – Mohr” și anume:

$$f_{max} = \sum \frac{1}{E \cdot A_i} \cdot l_i \cdot N_i \cdot n_i$$

În următoarele două tabele sunt prezentate valorile centralizate ale acestor verificări.

Tabelul 2. Calculul Valorilor N_i

Nr. Crt.	Bara	Nbara [kN]	Ni [kN]	Fr= 0.816
1	Talpa Superioară 0-10	1237	1009.392	E= 210
2	Montanti	87.311	71.245776	
3	Diag 2-1-3	469.946	383.475936	
4	Diag 3-5-6-8-9	341.049	278.295984	
5	Talpa Inferioară 0-2-3	948.005	773.57208	
6	Talpa Inferioară 3-6-9	1261	1028.976	

Tabelul 3. Calculul Valorilor f_i

Nr. Crt.	Bara	Li [mm]	Ai [mm]	Ni [kN]	ni	fi [mm]
1	0.-1.	2755	8630	1009.392	1.771	2.717502
2	1.-4.	2755	8630	1009.392	1.771	2.717502
3	4.-5.	2755	8630	1009.392	1.771	2.717502
4	5.-7.	2755	8630	1009.392	1.771	2.717502
5	7.-8.	2755	8630	1009.392	1.771	2.717502
6	8.-10.	2755	8630	1009.392	1.771	2.717502
7	4.-3.	2833.3	1382	71.24578	0	0
8	7.-6.	3166.7	1382	71.24578	0	0
9	10.-9.	3500	1382	71.24578	0	0
10	2.-1.	2670.9	4636	383.4759	0.631	0.663838
11	1.-3.	3830.6	4636	383.4759	0.631	0.952076
12	3.-5.	4069.7	3840	278.296	0.616	0.865166
13	5.-6.	4069.7	3840	278.296	0.616	0.865166
14	6.-8.	4321.3	3840	278.296	0.616	0.918653
15	8.-9.	4321.3	3840	278.296	0.616	0.918653
16	0.-2.	3606.9	4636	773.5721	0.865	2.479067
17	2.-3.	2900	4636	773.5721	0.865	1.993206
18	3.-6.	5500	6966	1028.976	1.856	7.180309
19	6.-9.	5500	6966	1028.976	1.856	7.180309
Total:						40.32146

$$f_{max} = 2 \cdot f_i = 80.643mm$$

$$f_{max} < f_{adm} = \frac{L \text{ Deschidere}}{250} = 132mm$$

Se face verificarea piesei de rezemare (cutit) la strivire cu ajutorul relației:

$$\frac{V}{l \cdot b} \leq 1.5 \cdot R$$

$$66.696 \frac{N}{mm^2} \leq 330 \frac{N}{mm^2}$$

Rigidizarea verticală a piesei de rezemare se verifică cu ajutorul relației:

$$\frac{V}{\varphi_x \cdot A} \leq R$$

$$57.114 \frac{N}{mm^2} \leq 220 \frac{N}{mm^2}$$

Toate verificările au fost satisfăcute.

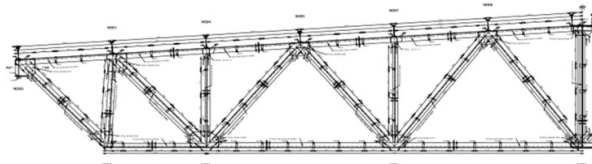


Fig.5 Secțiune transversală finală ferma

7 CALCULUL GRINDEI DE RULARE

Grinda de rulare a fost dimensionată utilizând presiunile maxime pe roți generate de cele două poduri rulante cu care este echipată hala. Situația cea mai defavorabilă se crează când cele două poduri rulante sunt în contact direct (circulând în convoi).

Grinda este formată din 9 (nouă) tronsoane fiecare tronson fiind considerat a fi o grindă simplu rezemată. Ampatamentul caruciorului de 20tf are 5.4m și cel de 10tf de 5m.

Pentru stabilirea momentului maxim maximorum ce acționează pe grinda au fost luate în calcul 5 ipoteze. Luând în considerare presiunile pe roți a celor două cărucioare se calculează reacțiunea „R” a forțelor ce compun convoiul de forțe. Se determină poziția acestei reacțiuni și în funcție de aceasta se poziționează convoiul de cărucioare în poziția în care obținem momentul maxim. Rezultanta nu este luată în calculul momentului maxim. Aceasta este utilizată numai pentru amplasarea carelor în poziția în care se obține momentul maxim maximorum.

Ipoteza I – pe deschiderea grinzii acționează patru forțe. Datorită deschiderii grinzii căii de rulare

și anume 9m, cele două cărucioare nu încap pe o travee deci aceste ipoteza nu a fost luată în calcul.

Ipoteza II – pe deschiderea grinzii acționează numai trei forțe (doua forțe provin din podul rulant de 20tf și una din cel de 10tf). Datorită poziționării rezultantei momentul maxim în această ipoteza este atins numai după aplicarea a două forțe diferite ale celor două poduri rulante. În aceasta ipoteză am descoperit momentul maxim maximorum.

Ipoteza III – pe deschiderea grinzii acționează trei forțe (2 forțe din podul de 10tf și una forța din podul de 20tf). Datorită poziționării rezultantei momentul maxim în aceasta ipoteza este atins numai după aplicarea a două forțe diferite ale celor două poduri rulante.

Ipoteza IV – pe deschiderea grinzii acționează două forțe provenite din căruciorul de 10tf.

Ipoteza V – pe deschiderea grinzii acționează două forțe provenite din caruciorul de 20tf.

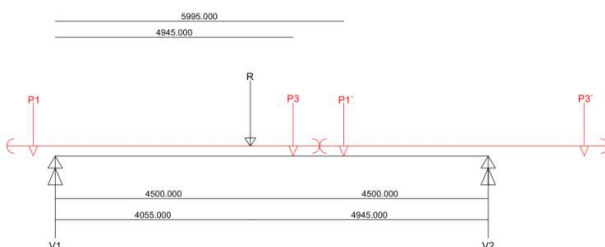


Fig.6 Schema diagrama IPOTEZA II (Moment maxim)

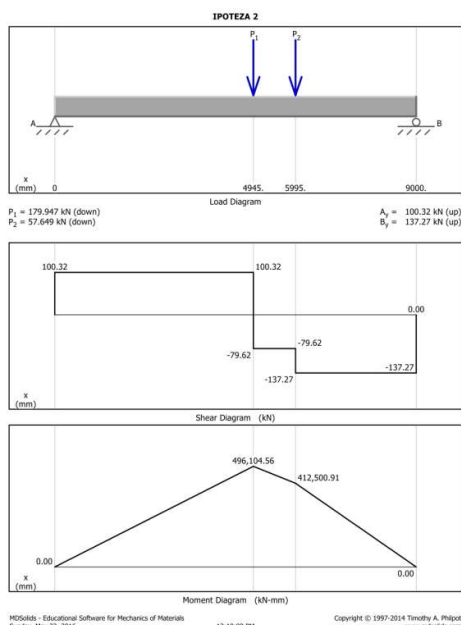


Fig.7 Diagrame obținute în IPOTEZA II (Moment maxim)

Pentru dimensionarea grinzii la aceasta ipoteza se adaugă alte încărcări sub forma de încărcare distribuită din tabelul urmator.

Tabelul 4. Alte încărcări ce acționează asupra grinzii de rulare

Nr. Crt.	Încărcare	P_{norm} kN/m	n	$P_{calc}=n \cdot P_{norm}$	Tip
1	Greutate Proprie Grinda Rulare	1.5	1.1	1.65	(P)
2	Greutate Proprie sine+prinderi	0.8	1.1	0.88	(P)
3	Greutate Proprie Grinda Frânare	0.4	1.1	0.44	(P)
4	Greutate Proprie contravântuire orizontala	0.3	1.1	0.33	(P)
5	Greutate Balustrada	0.1	1.1	0.11	(P)
6	Spațiu Tehnic	1	1.2	1.2	(C)
7	Circulație Pasarelă	0.8	1.4	1.12	(V)
Total:		4.9		5.73	

Aceasta încărcare cu valoare de calcul se adaugă la ipoteza în care să obținut momentul maxim maximorum și anume ipoteza II. Rezultă astfel valoarea momentului ce vă dimensiona secțiunea.

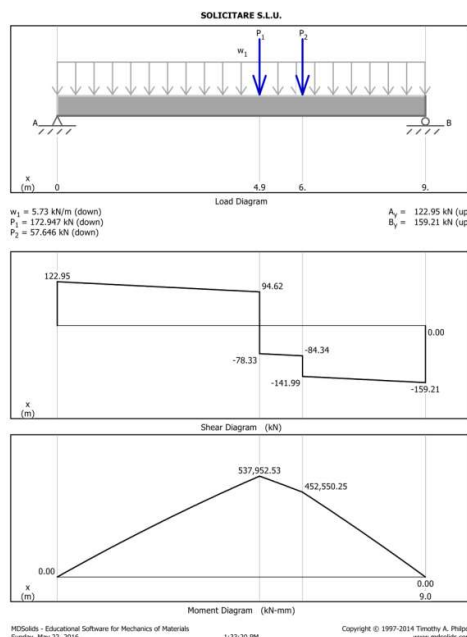


Fig.8 Diagrame solicitare S.L.U

În urma dimensionării secțiunii au fost alese următoarele dimensiuni pentru grinda căii de rulare:

Înălțimea inimii: $h_i = 900\text{mm}$

Grosimea inimii: $t_i = 7\text{mm}$

Lațimea tălpii inferioare: $b_{ti} = 280\text{mm}$

Grosimea tălpii inferioare: $t_{ti} = 12\text{mm}$

Lațimea tălpii superioare: $b_{ts} = 340\text{mm}$

Grosimea tălpii superioare: $t_{ts} = 12\text{mm}$

Verificarea de rezistență la starea limită ultima (S.L.U) a fost făcuta pe secțiunea detaliată mai sus.

Aceasta verificare constă în calculul lui σ_x în fibrele extreme și asigurarea ca valoarea obținută este mai mică decât valoare capacității materialului. Relația de verificare este: $\sigma_x \leq R$

CALCULUL ANALITIC ȘI NUMERIC PENTRU O STRUCTURĂ INDUSTRIALĂ METALICĂ MOBILĂ DIN CADRUL UNEI HALE DE PRODUCȚIE

Rezultatul obținut pentru σ_x :

$$\sigma_1 = 138.419 \frac{N}{mm^2} \leq R = 220 \frac{N}{mm^2}$$

Se verifică secțiunea în trei puncte utilizând tensiunea echivalentă σ_{ech} și ținând seama de tensiunea locală. Relația de verificare este următoarea: $\sigma_{ech} = \sqrt{(\sigma_1)^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq 1.1 \cdot R$

Rezultatele obținute pentru σ_{ech} în cele trei puncte critice sunt următoarele:

$$\sigma_{ech(1)} = 57.026 \frac{N}{mm^2} \leq 1.1 \cdot R = 242 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{ech(3)} = 119.546 \frac{N}{mm^2} \leq 1.1 \cdot R = 242 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{ech(4)} = 139.349 \frac{N}{mm^2} \leq 1.1 \cdot R = 242 \frac{N}{mm^2}$$

Verificarea stabilității locale a inimii grinzii de rulare în starea limită ultima (S.L.U) a fost realizată utilizând relația următoare:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} \cdot \frac{\sigma_l}{\sigma_{lcr}}\right) + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq 0.9$$

σ_{cr} ; σ_{lcr} ; τ_{cr} ; sunt tensiuni critice determinate în teoria stabilității elastice. σ_{cr} este o tensiune de compresiune calculată pe linia sudurii de prindere a inimii de talpă. τ este o tensiune de forfecare pe lungimea panoului de inima.

Rezultatul verificării este următorul:

$$0.517 \leq 0.9$$

Verificarea la starea limită de deformație (S.L.E.N) se face utilizând încărcările cu valori normate. Verificarea de sageată a fost efectuată utilizând relația următoare:

$$f_{max} = f_p + \sum f_i \leq f_{adm} = \frac{L \text{ travee}}{600}$$

Rezultatele obținute în urma verificării:

$$f_{max} = 7.433mm \leq f_{adm} = \frac{L \text{ travee}}{600} = 15mm$$

Verificarea la starea limită de oboseală (S.L.U) a fost efectuată utilizând valorile normate ale încărcărilor. Pe grinda de rulare acționează un singur pod rulant, cel cu capacitatea de ridicarea cea mai mare. Relația de verificare este următoarea:

$$\sigma_{max} \leq \gamma \cdot R$$

Pentru verificare au fost utilizate diagramele de efort următoare:

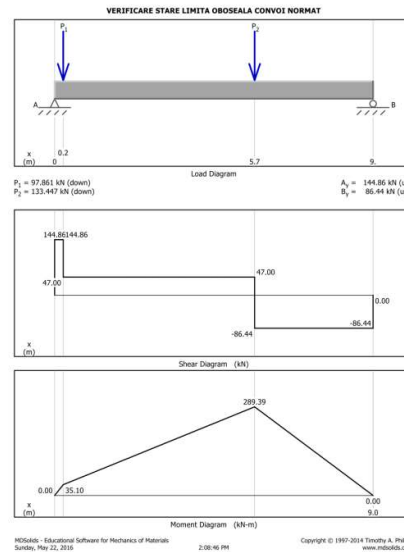


Fig.8 Diagrame stare limită oboseala din încărcarea unui singur pod rulant cel cu capacitatea de 20tf (valori normate)

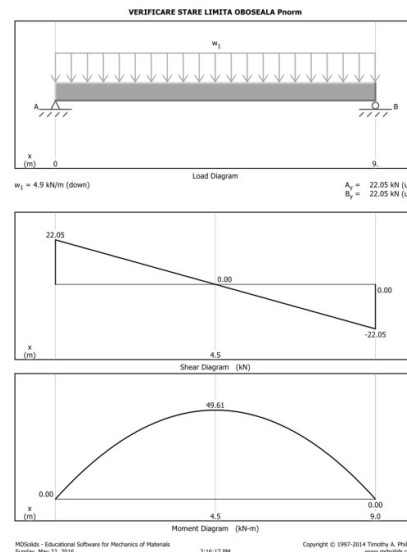


Fig.9 Diagrame stare limită oboseala obținuta din încărcarea distribuita (valori normate)

Rezultatul verificării finale la starea limită de oboseala:

- Verificare finală talpă inferioară (Efort întindere)

$$\sigma_{max} = 83.051 \frac{N}{mm^2} \leq \gamma \cdot R = 219.402 \frac{N}{mm^2}$$

- Verificare finală talpă superioară (Efort compresiune)

$$\sigma_{max} = 73.883 \frac{N}{mm^2} \leq \gamma \cdot R = 220 \frac{N}{mm^2}$$

Ultima verificare efectuată asupra grinzii căii de rulare a fost făcută pe rezemarea tronsonului de grinda. Verificarea s-a efectuat cu relația următoare:

$$\frac{V}{t \cdot b} \leq R$$

Rezultatul verificării este:

$$\frac{V}{t \cdot b} = 27.099 \frac{N}{mm^2} \leq R = 220 \frac{N}{mm^2}$$

Toate verificările au fost satisfăcute.



Fig.10.1 Rezemarea grinzii de rulare pe consola stâlpului

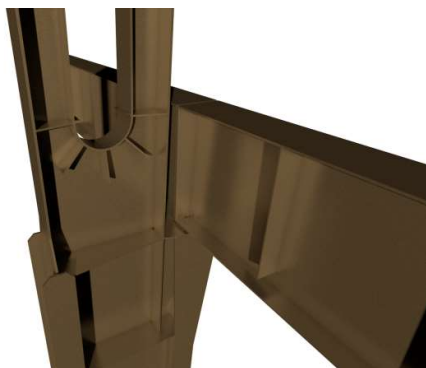


Fig.10.2 Rezemarea grinzii de rulare pe consola stâlpului

Pe grinda se pot observa rigidizările verticale. Aceste au fost poziționate la o distanță de 900mm

Din analiza rezultatelor calculelor prezentate rezultă ca soluția de structură propusă satisface criteriul principal de siguranță.

8 CONCLUZIE

Scopul unui calcul avansat constă în confirmarea soluției proiectate prin metodele curente. Acesta trebuie să sugereze, dacă este cazul, măsurile de corectare ale acestei soluții de proiectare. Poate apărea necesar, în unele situații, întărirea structurii, iar în altele reducerea dimensiunilor, pentru a obține soluții mai avantajoase economic.

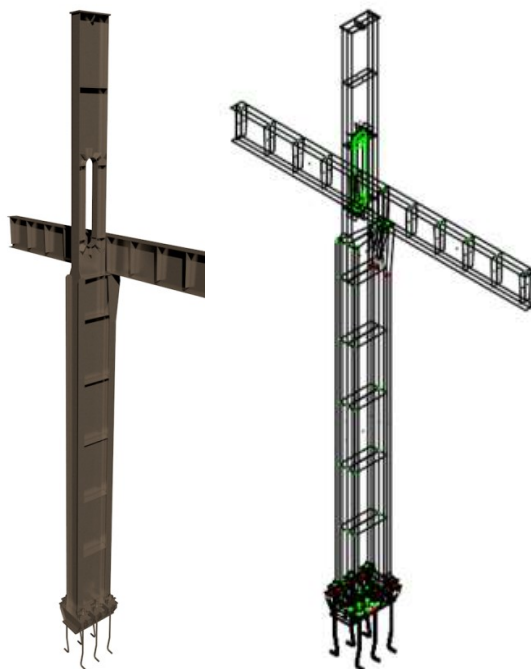


Fig.11 Ansamblul Stalului cu grinda de rulare

9 BIBLIOGRAFIE

- [1]. HELMUTH KÖBER (2006), *Construcție metalică parter echipată cu poduri rulate*, Editura Conspress, Bucuresti, ISBN 973-7797-77-9.
- [2]. COLECTIVUL DE CONSTRUCȚII METALICE, DIN CADRUL FACULTĂȚII DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI (1975), *Construcții metalice*, Editura 33 Decembrie 1918, București, ED 5431.
- [3]. D. MATEESCU, L. GÂDEANU, GH. MERCEA, R. MÜLBÄCHER și P. COSMULESCU (1975), *Construcții metalice*, Editura întreprinderea Poligrafica „Banat”, Timișoara, ED 5356
- [5]. SR EN 1993-1:2006 (reactualizat 2015), *Eurocod 3 - Proiectarea structurilor metalice*, Editura ASRO, București.