

ASPECTE PRIVIND PROIECTAREA FERMELOR DIN OȚEL STATIC NEDETERMINATE

Autor: Nicolae MUNTEAN
Conducător științific: Anatolie TARANENCO

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrarea dată se descriu metodele de calcul a fermelor static nedeterminate. Fermele cu deschideri mari sunt mai avantajoase prin faptul că se crează spațiu foarte mare, fără a mai fi necesare reazeme intermediare. Calculul la rezistență și dimensionarea fermelor necesită atenție sporită și obținerea unor rezultate exacte. Construcțiile cu deschidere mare se folosesc la clădirile social-culturale, cât și la clădirile cu caracter industrial sau cu diverse destinații. În majoritatea cazurilor sistemele structurale folosite sunt cu o singură deschidere, rezultând din necesitatea eliminării stâlpilor interiori.

Cuvinte cheie: grindă cu zăbrele, bare, sistem de bază, precomprimat, preîntins, principiu de calcul, principiu de alcătuire, dimensionare.

1. Studiarea principiilor de calcul

Calculul acestor tipuri de structuri are la bază aceleași ipoteze simplificatoare care au fost utilizate și la grinzile cu zăbrele static determinate, respectiv:

- Axele barelor sunt concurente în noduri;
- nodurile se consideră a fi articulații perfecte;
- forțele se aplică, ca forțe concentrate, numai în noduri.

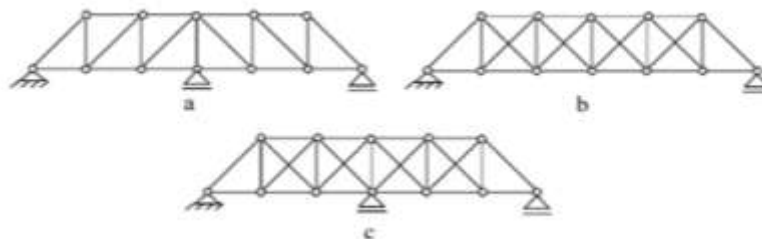


Fig.1 Nedeterminarea statică a fermei

Gradul de nedeterminare statică se stabilește cu relația:

$$N = b + r - 2n,$$

unde b reprezintă numărul de bare, r – numărul de legături simple, iar n – numărul de noduri.

Sistemul de bază se obține prin secționări de bare și prin suprimări de legături cu terenul. Alegerea sistemului de bază trebuie efectuată cu deosebită atenție pentru a se obține un sistem static determinat și a se evita sistemele critice. Astfel, necunoscutele pot fi reacțiunile din rezemările suplimentare sau eforturile din barele suplimentare.

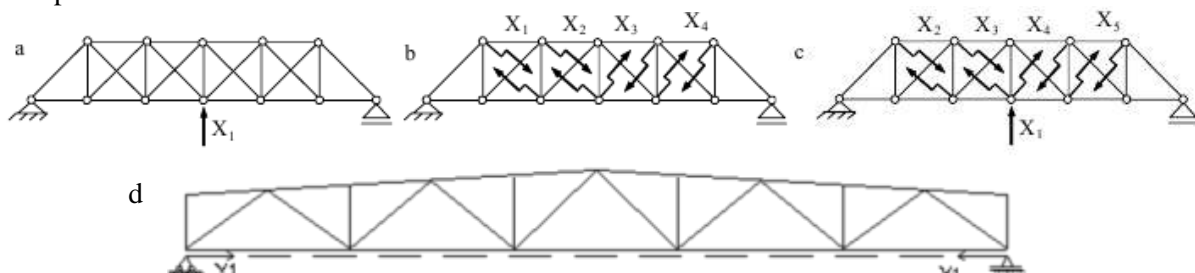


Fig.2 Schemele de bază

De remarcat faptul că în cazul încărcării sistemului de bază cu necunoscuta efort într-o bară, diagonală dublă, apar eforturi numai în barele panoului în care acționează necunoscuta respectivă. Pentru fermele precomprimate (fig. 2d) eforturile apar în cablu și se determina cu relația:

$$x_1 = \frac{\sum \frac{N_{xi} N_{pi} l_i}{A_i E_i}}{\sum \frac{N^2 x_i}{E_i A_i} + \frac{l_3}{E_3 A_3}}$$

unde $N_{xi} N_{pi}$ este efortul în elementul i , produs de efortul unitar, $l_i A_i$ lungimea și aria transversală a elementului preîntins, E_i, E_3 – modulul de elasticitate a elementului preîntins.

Aceste tipuri de structuri sunt static nedeterminate prin faptul că se adaugă un cablu, element preîntins care comprimă partea inferioară a fermei, care din greutatea proprie mărită își poate ușor pierde stabilitatea.

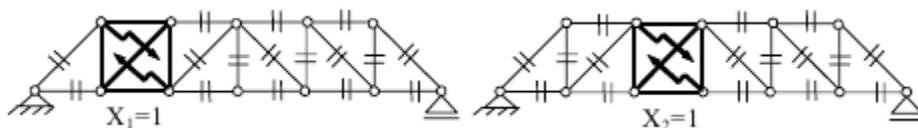


Fig.3 Eforturile ce apar în panourile fermei

Ecuția de condiție poate avea una din următoarele două forme:

a) în cazul unei necunoscute acțiune (X_i), deplasarea pe direcția acesteia este egală cu zero, în situația reală, deci ecuația de condiție are forma obișnuită, adică:

$$\delta_{i1}X_1 + \delta_{i2}X_2 + \dots + \delta_{ii}X_i + \delta_{in}X_n + \Delta_{ip} = 0.$$

b) în cazul unei necunoscute reprezentând efortul dintr-o bară, deplasarea reală pe direcția necunoscutei nu mai este egală cu zero, deoarece sub acțiunea efortului din bară aceasta se deformează, deci ecuația de condiție va avea forma:

$$\delta_{j1}X_1 + \delta_{j2}X_2 + \dots + \delta_{jj}X_j + \delta_{jn}X_n + \Delta_{jp} = -\rho_j X_j,$$

unde $\rho_j X_j$ reprezintă deformația totală a barei. Prin ρ_j s-a notat deformația barei produsă de un efort egal cu unitatea ($\rho_j = L_j / EA_j$, unde L_j reprezintă lungimea barei j , E modulul de elasticitate al materialului, iar A_j reprezintă aria secțiunii transversale a barei j). Semnul minus ține seama de faptul că deplasarea din $X_j = 1$ este pozitivă când nodurile în care acționează se apropie, iar deplasarea din structura reală produsă de efortul de întindere X_j este de sens invers.

Ecuția se poate scrie și sub forma:

$$\delta_{j1}X_1 + \delta_{j2}X_2 + \dots + (\delta_{jj} + \rho_j)X_j + \dots + \delta_{jn}X_n + \Delta = 0,$$

ceea ce arată că influența deformării barei apare ca o corectare a coeficientului necunoscutei principale X_j .

Deoarece în barele grinzii cu zăbrele apar numai eforturi axiale, coeficienții necunoscutelor și termenii liberi au următoarele expresii:

$$\delta_{ii} = \int \frac{n_i^2}{EA} dx = \sum_{k=1}^{\text{nr. de bare}} \frac{n_i^2}{EA_k} L_k$$

$$\delta_{ij} = \int \frac{n_i n_j}{EA} dx = \sum_{k=1}^{\text{nr. de bare}} \frac{n_i n_j}{EA_k} L_k$$

$$\Delta_{ip} = \int \frac{n_i N_p^0}{EA_k} dx = \sum_{k=1}^{\text{nr. de bare}} \frac{n_i N_p^0}{EA_k} L_k$$

După calculul coeficienților necunoscutelor și termenilor liberi și rezolvarea sistemului de ecuații, eforturile reale în bare se determină cu relația:

$$N_p = N_p^0 + n_1 X_1 + n_2 X_2 + \dots + n_n X_n$$

2. Studiarea principiilor de alcătuire și de montaj

Barele care compun o construcție metalică se întâlnesc între ele și se assemblează în punctele de întâlnire. Punctele de întâlnire a barelor din grinzile cu zăbrele se numesc *noduri*. În noduri, barele se assemblează direct sau prin intermediul guseelor, prin nituire sau prin sudare, foarte rar prin șuruburi. În mod obișnuit, la nodurile grinzilor cu zăbrele se prind bare solicitate numai axial.

Dacă la punctele de întâlnire sau de încrucișare a barelor, legătura se realizează prin șuruburi, cu scopul de a se reduce rigiditatea îmbinării respective, legătura se consideră *articulată*. În mod riguros, prin articulație trebuie să se înțeleagă o îmbinare realizată cu un singur șurub, deoarece articulațiile cu mai multe șuruburi nu se deosebesc de nituire decât prin faptul că sunt demontabile.

Secțiunile barelor au alcătuirii ca și la fermele cu deschideri obișnuite sau apare necesitatea să fie alcătuite cu pereți dubli, cu pereți în formă de tuburi sau de alte forme.

La alegerea secțiunii barelor se ține seama de rigiditatea necesară, de posibilitatea prinderii zăbrelelor și a diferitelor legături transversale. Formele în dublu T, în cruce, cele în H, ca și cele tubulare dau posibilitatea unor prinderi ușoare și sunt suficient de rigide. Secțiunea tălpilor fermelor se modifică de-a lungul deschiderii; la alegerea secțiunii trebuie să se țină seama și de posibilitatea variației secțiunii, fără a se introduce excentricități mari. În general, trebuie evitate formele de secțiuni cu elemente depărtate solidarizate cu plăcuțe și zăbrele, care necesită material de solidarizare suplimentar.

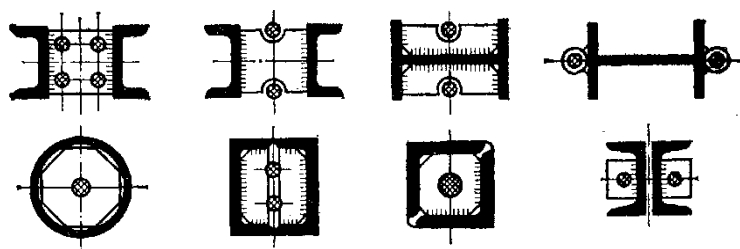


Fig.4 Secțiunea transversală a elementelor fermei

Etapele montării fermelor

Fermele sunt transportate pe șantier dintr-o singură bucată sau din 2,3 tronsoane; tronsoanele urmează să se assembleze înainte de montaj.

Montarea fermelor cuprinde următoarele etape:

I. Asamblarea tronsoanelor de fermă presupune:

- montarea unor stative (capre) pe poziții determinate dinainte, conform fișei tehnologice;
- verificarea geometriei fermelor - liniaritatea stalpilor, planitatea elementelor - și a posibilelor elemente existente pe grindă;

– executarea propriu-zisă a îmbinărilor, cu respectarea ordinii sudurilor, conform prescripțiilor din proiect.

II. Montajul propriu-zis al fermelor

Montarea bucată cu bucată a fermelor reprezintă o tehnologie greoaie și este recomandabil să se evite. Pentru o tehnologie de mare productivitate, cu elemente prefabricate și asamblate la sol, etapele de montare sunt:

- se execută un releveu al stâlpilor;
- se corectează capetele stâlpilor în funcție de releveul obținut și se trasează poziția fermei;
- se echipează fermele cu piese de prindere necesare ridicării la înălțime;
- se agață fermele în dispozitivele speciale de ridicare și se ridică cu macaraua la locul de montaj;
- se ancorează ferma în buloane, pe capetele stâlpilor, pentru a preveni răsturnarea ei sau apariția unor deformații suplimentare;
- se montează fermele executându-se îmbinarea conform proiectului și fișei tehnologice;
- se desprinde ferma din macara.

Aceasta tehnologie de montaj impune atenție la realizarea coliniarității nodurilor. Astfel, releveul capetelor stâlpilor și trasarea corectă a poziției fermei sunt de mare importanță.

Nodurile grinzilor cu deschidere mare, în cele mai multe cazuri, se îmbină la șantier; din cauza înălțimii mari, nu se pot transporta de la uzină tronsoane întregi de ferme.

Bibliografie

1. Лихтарников, Я.М. *Расчёт стальных конструкций*, 1984 pag. 209-210;
2. Белень, Е.И. *Металлические конструкции*, 1986 pag.250-251;
3. *Statica ssnd curshidro*. Disponibil: <[http://www.c14utcb.aek.ro/libraru/cursuri/diverse/statica ssnd curs hidro.pdf](http://www.c14utcb.aek.ro/libraru/cursuri/diverse/statica%20ssnd%20curshidro.pdf)> [Accesat 03 octombrie 2014];
4. Proiectabsolvire: *Constructor-montator de structurimetalice - Ferme de acoperiș*. Disponibil: <<http://www.rasfoiesc.com/inginerie/constructii/Proiect-absolvire-Constructorm38.php>> [Accesat 30 octombrie 2014].