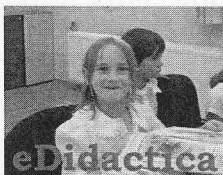


Horia Gârbea

ELEMENTE DE STATICA CONSTRUCȚIILOR

Curs universitar



CUPRINS

7	Cuvânt înainte
---	----------------

PARTEA I. ELEMENTE GENERALE

11	1. Definiția și istoricul construcțiilor
14	2. Metoda de calcul în construcții
16	3. Mecanica construcțiilor
18	4. Acțiuni în construcții și gruparea lor
20	5. Bare, plăci și masive
22	6. Eforturi secționale și eforturi unitare
24	7. Legături în construcții. Determinare statică
26	8. Elemente și sisteme structurale

PARTEA A II-A. CALCULUL GRINZILOR DREPTE STATIC DETERMINATE

41	1. Calculul grinzilor drepte cu acțiuni verticale. Trasarea diagramelor de eforturi secționale T (forță tăietoare) și M (moment încovoietor) și a deformatiei din încovoiere
50	2. Calculul grinzilor de tip Gerber
60	3. Calculul grinzilor cu zăbrele plane
69	4. Calculul cadrelor plane static determinate
81	5. Arce plane
86	Bibliografie
87	Despre autor

1. DEFINIȚIA ȘI ISTORICUL CONSTRUCȚIILOR

Construcția este o lucrare inginerască aptă să preia și să transmită eforturi. Dezvoltarea unei societăți depinde între altele de nivelul tehnic și estetic al construcțiilor și, reciproc, acest nivel reflectă treapta pe care se află o societate la un moment dat. Istoria construcțiilor începe cu antichitatea. Construcțiile progresează semnificativ odată cu Renașterea și apoi, prin descoperiri tehnice și dezvoltarea teoriei, ajung să fie tot mai sigure și realizate mai economic.

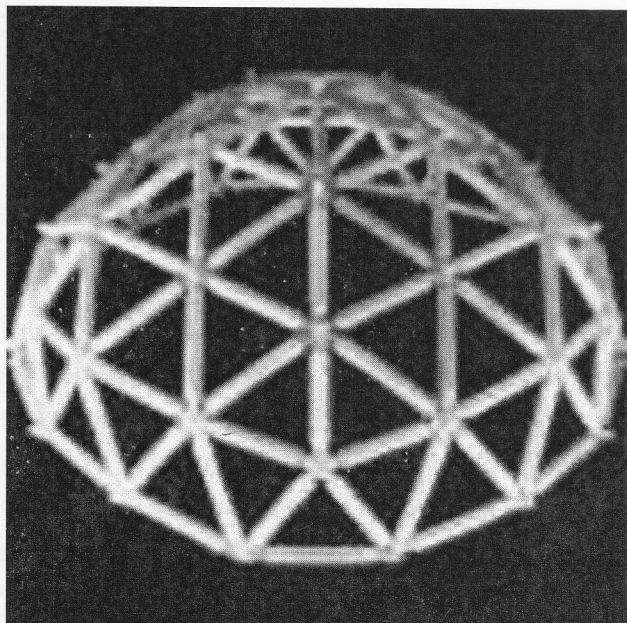
Proiectarea unei construcții face apel în mod obligatoriu și la **Statica construcțiilor** ca și la **Rezistența materialelor**. **Statica construcțiilor** este o ramură a mecanicii construcțiilor care se ocupă cu determinarea eforturilor secționale în bare ca urmare a acțiunilor exterioare directe sau transmise de alte elemente de construcții. Statica construcțiilor ca știință este o ramură a fizicii aplicate, în special a mecanicii teoretice. Spre deosebire de aceasta, în Statica construcțiilor se admite că un corp este deformabil, chiar dacă deformațiile acestea se consideră în general mici.

Principiul fizic fundamental al Staticii construcțiilor ca și al Rezistenței materialelor este echilibrul dintre acțiuni și reacțiuni, postulat de Isaac Newton în al treilea principiul al mecanicii sale. Anterior lui Newton se pot cita lucrările lui Galileo Galilei (1564-1642). Stabilirea legăturii între forțe și deformații și principiul proporționalității acestora au fost stabilite de Robert Hooke (1635-1703), contemporan al lui Newton.

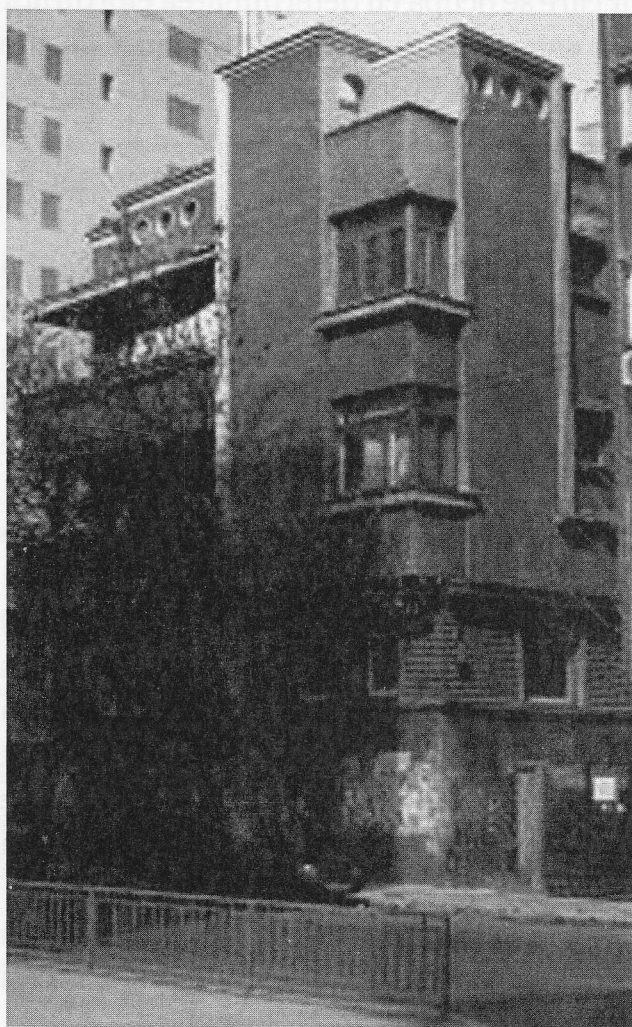
Un progres în calculul de rezistență și statică se obține prin contribuția lui Jacob Bernoulli (1654-1705) care a aplicat ipoteza secțiunilor plane care rămân plane și după deformare. Ulterior, matematicianul Leonard Euler (1707-1783) s-a ocupat de studiul flambajului în cazul barelor comprimate centric, iar Thomas Young (1773-1829) a definit modulul de elasticitate longitudinal. Contemporan al lui Young, inginerul francez Luis Maurice Henri Navier (1785-1836) a stabilit relația de calcul pentru încovoierea grinzilor drepte iar elevul său Jean Barré de Saint-Venant (1797-1886) s-a ocupat cu studiul răsucirii barelor circulare și necirculare.

Serghei Prokofievici Timoshenko (1878-1968) este considerat unanim părintele rezistenței moderne pentru lucrările sale din domeniul acesteia ca și

din cel Satiticii sau al teoriei elasticității, iar Richard Buckminster Fuller, creatorul domului geodezic (în figură) este cel care a dat mecanicii construcțiilor o dimensiune filosofică.



În România constructori ca Anghel Saligny, Elie Radu, G. Constantinescu, A. Beleş au avut contribuții teoretice importante și realizări practice care impresionează și azi precum podul de la Cernavodă construit de Saligny în 1895. Arhitecți de marcă au realizat în perioada interbelică unele construcții remarcabile din punct de vedere ingineresc și estetic. Primele lucrări autohtone din domeniile Rezistenței materialelor și al Staticii construcțiilor datează din anul 1935.



În timp, din cauza modificării performanțelor materialelor și metodelor de calcul, standardele și uzanțele privind construcțiile din România s-au modificat la rândul lor. Prezența cutremurelor și, mai recent, schimbările climatice, impun revizuirea acestor standarde și perfecționarea metodelor de construcție. Elaborarea Eurocodurilor și intrarea țării noastre în Uniunea Europeană impun de asemenea o armonizare a standardelor utilizate la noi cu cele existente în Europa.

Cea mai largă clasificare împarte construcțiile în două categorii:

Clădiri – Construcții a căror folosire dominantă este aceea ca adăpost (locuințe, fabrici, școli, adăposturi pentru animale, săli de sport, sere, etc.). Acestea au în general au o structură în elevație, adică majori-

tatea părților componente sunt deasupra solului (*în figură, clădire din București – 1935*).

Construcții speciale – Construcții ce nu au în general calitatea de adăpost, ci de alte utilități, de exemplu: drumuri, poduri, căi ferate, canale, subtraversări, diguri, baraje, masive de ancoraj etc. Acestea sunt alcătuite în general din propria lor structură. Practic, structura canalului este chiar canalul însuși, în timp ce clădirea are și părți nestructurale care servesc la închiderea și delimitarea spațiilor. Construcțiile sunt prevăzute cu instalații de apă, de gaze, de electricitate, de ventilație, etc. iar în proiectarea structurii se ține cont și de aceste instalații.

Există și posibilitatea ca elementele structurale însele să conțină și instalații. Așa de exemplu există planșee cu instalația de încălzire conținută în interiorul lor.

Structura unei construcții este compusă din totalitatea elementelor care preiau efectiv efortul și care eventual susțin alte elemente.

Pentru clădiri există trei tipuri de structuri:

- a. cu schelet structural
- b. cu pereți portanți
- c. mixtă: cu schelet structural și având pereți portanți

La o clădire cu schelet structural se poate interveni în schimbarea poziției și eliminarea unor elemente de închidere (pereți), pe când la o clădire cu pereți portanți acest lucru nu este posibil.

Calculul elementelor de construcții structurale și nestructurale se face în scopul de a realiza un nivel de siguranță și funcționalitate corespunzător cu scopul pentru care a fost realizată construcția.

Construcțiile trebuie să prezinte o fiabilitate corespunzătoare în raport cu eforturile care apar în elementele lor constitutive. Acest lucru presupune îndeplinirea unor condiții de siguranță privind: rezistența (capacitatea portantă a elementelor), stabilitatea (capacitatea de a nu se deforma) și ductilitatea (capacitatea de a prelua și disipa energia în cazul unor acțiuni statice, dar mai ales a celor dinamice).

De asemenea, construcțiile trebuie să prezinte anumiți parametri funcționali în raport cu scopul în care au fost create și să respecte criteriile economice astfel încât costurile de realizare și întreținere să fie raționale în raport cu siguranța oferită. Siguranța unei construcții crește odată cu investiția în realizarea ei dar, în funcție de rolul construcției, nivelul acestei investiții este limitat.

2. METODA DE CALCUL ÎN CONSTRUCȚII

Nivelul de asigurare al unei construcții este cuantificat prin stările limită care definesc marginile dincolo de care construcția nu mai prezintă siguranță în raport cu scopul pe care trebuie să-l îndeplinească.

Stările limită se împart în două categorii:

1. Stări limită ultime: corespunzătoare epuizării capacității portante și ieșirii ireversibile din exploatare. Acestea sunt:

Stări limită ultime produse de acțiuni permanente și variabile (temporare) cu frecvență mare de apariție (ruperi, deplasări remanente, pierderea stabilității formei și a poziției).

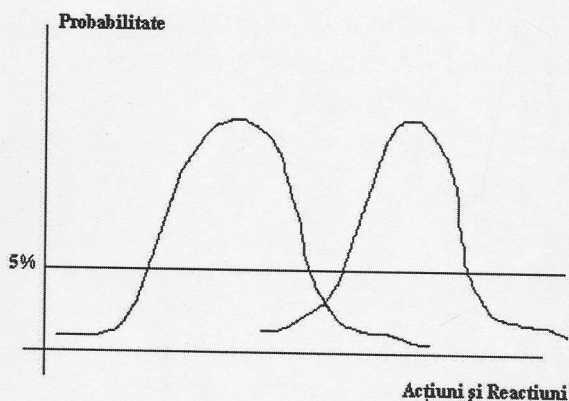
Stări limită ultime produse de acțiuni excepționale (cutremure, explozii, incendii) care apar rar, dar au intensitate mare. Capacitatea portantă a unei construcții are în acest caz un caracter global.

2. Stări limită ale funcționării normale: corespunzătoare unor deplasări sau fisurări excesive.

În România, metoda oficială de calcul pentru proiectare structurală în construcții, prescrisă prin STAS 10.107/0-90, este metoda stărilor limită. Această metodă ia în calcul ansamblul stărilor limită pentru diferite tipuri de construcții și modul de variație (aleator) al factorilor care influențează siguranța, în principal a acțiunilor de calcul.

Metoda stărilor limită are caracter semiprobabilistic. Aceasta înseamnă că

factorii aleatori de siguranță și nesiguranță sunt considerați separat și au coeficienți de siguranță proprii, parțiali.



În mecanica construcțiilor principiul fundamental este al III-lea principiu al lui Newton: acțiunea este egală în modul și opusă ca sens reacțiunii:

$$\vec{A} = \vec{R}$$

Asigurarea rezistenței construcțiilor este exprimată în metoda stărilor limită prin inegalitatea:

$$A_{\max} < R_{\min}$$

unde:

$A_{\max}$ – nivelul maxim acceptat al efectului acțiunii;

$R_{\min}$ – nivelul minim acceptat al rezistenței.

Asigurarea luată în calcul este de 5%.

Deci $A_{\max} < R_{\min}$ pentru probabilitatea de producere de 5 la sută. În calculul curent se adoptă soluția simplificatoare de a analiza separat cei doi termeni ai inegalității.

În Uniunea Europeană au fost elaborate standarde generale pentru construcții, numite Eurocoduri, numerotate de la 1 la 9. Ele se referă la:

- Eurocodul 1 – Acțiuni asupra construcțiilor
- Eurocodul 2 – Proiectarea structurilor din beton
- Eurocodul 3 – Proiectarea structurilor din oțel
- Eurocodul 4 – Proiectarea structurilor din beton armat
- Eurocodul 5 – Proiectarea structurilor din lemn
- Eurocodul 6 – Proiectarea structurilor din zidărie
- Eurocodul 7 – Geotehnică
- Eurocodul 8 – Proiectarea antiseismică a structurilor
- Eurocodul 9 – Proiectarea structurilor din aluminiu.

3. MECANICA CONSTRUCȚIILOR

Dintre științele care se ocupă cu calculul și alcătuirea construcțiilor face parte, după cum am arătat, și **Mecanica construcțiilor** care cuprinde la rândul ei mai multe discipline cu caracter ingineresc.

Mecanica construcțiilor este știință studiază legile mișcării corpurilor, precum și ale cazului particular exprimat de poziția de repaus a acestora, adică ale poziției de echilibru static.

Mecanica construcțiilor grupează, în prezent, o serie de discipline distincte, cum sunt: Rezistența materialelor, Statica construcțiilor, Stabilitatea construcțiilor, Dinamica construcțiilor, Teoria elasticității, Teoria plasticității.

Statica construcțiilor este disciplina care se ocupă cu determinarea **eforturilor secționale** în bare drepte sau curbe, din acțiuni fixe sau mobile și cu determinarea deplasărilor acestor bare, deplasări produse de forțele și momentele ce acționează asupra lor.

Rezistența materialelor este disciplina care se ocupă cu determinarea **eforturilor unitare** în bare drepte sau curbe și cu determinarea deformațiilor specifice liniare și unghiulare.

Construcțiile trebuie să fie capabile să suporte solicitările la care sunt supuse fără a se distruge și fără a se deforma peste anumite limite admisibile în exploatare. Pentru aceasta, construcțiile sunt prevăzute cu structuri de rezistență alcătuite din elemente de construcție (grinzi, stâlpi, plăci etc.) legate între ele astfel încât să nu se deplaseze. Structurile sunt proiectate astfel încât să îndeplinească destinația lor de a prelua toate încărcările și a le transmite terenului de fundare, baza de sprijin a oricărei clădiri.

Structurile de rezistență pot fi executate din beton armat, oțel, aliaje de aluminiu, zidărie, lemn etc. Aceste materiale au o capacitate limitată de a rezista diferitelor încărcări ce acționează asupra construcției, dincolo de care ele se distrug. De aceea, elementele de construcție (grinzi, stâlpi, plăci etc.) care alcătuiesc structura de rezistență trebuie să aibă dimensiuni corespunzătoare. Aceste dimensiuni se determină pe baza eforturilor ce iau naștere în elementele de construcție sub acțiunea solicitărilor exterioare. Sub acțiunea încărcărilor exterioare la care sunt supuse, structurile de rezistență ale construcțiilor se deformează.

Elementele de construcție suferă **mici deformații**, trecând din poziția inițială, nedeformată, într-o poziție foarte apropiată, deformată, în care se

stabilește echilibrul între solicitările exterioare și eforturile din structură. Aceasta este poziția reală de echilibru elastic sau echilibru în poziția deformată.

În această situație încărcările exterioare și eforturile din structură sunt în echilibru static, iar deformațiile elementelor de construcție sunt compatibile cu legăturile sistemului.

Așa cum se va vedea ulterior, deformațiile elementelor de construcție sunt foarte mici, atât de mici încât nu pot fi observate vizual, în raport cu dimensiunile elementelor deformatate. Pe baza mărimii reduse a acestor deformații, se pot adopta o serie de ipoteze simplificatoare.

4. ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII ȘI GRUPAREA LOR

Eforturile apar în elementele structurale ca urmare a **acțiunilor exterioare** iar acestea sunt rezultatul unor fenomene naturale. O acțiune este o cauză care produce asupra construcției o stare de solicitare mecanică.

Acțiunile pot proveni din:

- greutatea proprie a elementelor de construcție;
- destinația funcțională a construcției;
- unor factori naturali (climatici, seismici etc.);
- accidente (explozii, incendii);

Acțiunile pot avea un caracter static sau dinamic.

Clasificarea acțiunilor care se iau în calcul în construcții le împarte în următoarele categorii:

- **permanente**,
- **temporare**: de scurtă durată și de lungă durată, numite și acțiuni variabile,
- **excepționale**, numite și accidentale.

În construcții, acțiunea permanentă cea mai importantă este **greutatea proprie**. Ea se manifestă sub forma unei forțe verticale. Alte acțiuni permanente sunt **greutatea și presiunea pământului și efectul precomprimării betonului**.

Acțiunile temporare pot fi de lungă durată (**greutatea moartă, greutatea zăpezii**) sau de scurtă durată (**acțiunea temperaturii, acțiunea vântului**). În categoria acțiunilor excepționale intră **acțiunea seismică** și acțiunea provocată de alte calamități (viituri, tornade etc.), de foc, de explozii.

În metoda stărilor limită, mărimile fizice care intervin în calcul, atât acțiunile, cât și reacțiunile sau efectele acestora (amplitudini, frecvențe etc.) se exprimă prin:

- **valori normate**: valori de referință stabilite prin studiul distribuției valorilor mărimii respective considerate ca variabilă aleatoare.
- **valori de calcul**: valori obținute prin înmulțirea valorii normate cu un coeficient.

Coeficienții valorilor normate sunt de regulă supraunitari, când se referă la acțiuni, și subunitari, când se referă la rezistențe. Valorile normate sunt valori minime cu asigurare de minimum 0,95 (adică 95%).