



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

# **EFICIENȚA UTILIZĂRII STRUCTURILOR COMPOZITE**

**Masterand: gr. IS – 1801M  
Alexei COJOCAR**

**Conducător: lect. univ., dr.  
Ion CREȚU**

**Chișinău – 2020**

## Rezumat

În ultimile decenii, elementele cu secțiunea mixtă oțel-beton sunt tot mai des incluse în structuri de rezistență ale clădirilor multietajate, dar și a podurilor. Din acest considerent am decis să cercetez eficiența lor de utilizare, cu aplicarea normelor europene. Prin urmare se va face un calcul a unei structuri din beton armat monolit cu utilizarea softului SCAD, pentru determinarea eforturilor maxime pe elementele portante (stâlp, grindă, planșeu) și apoi cu eforturile obținute se va executa un calcul manual pentru a constata eficiența lor de utilizare din punct de vedere a rezistenței. Apoi pentru a verifica eficiența din punct de vedere economic se va executat un calcul a costul pentru fiecare element din beton armat monolit și beton compozit, cu utilizarea programul de calcul a cheltuielilor WINCMETA. În urma căruia se pot face concluzii asupra eficienței utilizării structurilor compozite.

Au cours des dernières décennies, les éléments à section mixte acier-béton sont de plus en plus intégrés dans les structures de résistance des bâtiments à plusieurs étages, mais aussi des ponts. Pour cette raison, j'ai décidé de rechercher leur efficacité d'utilisation, avec l'application des normes européennes. Par conséquent, un calcul d'une structure en béton armé monolithique sera effectué à l'aide du logiciel SCAD, pour déterminer les contraintes maximales sur les éléments porteurs (poteau, poutre, sol) puis avec les efforts obtenus, un calcul manuel sera effectué pour vérifier leur efficacité. utilisation en termes de résistance. Ensuite, pour vérifier l'efficacité économique, un calcul du coût de chaque élément de béton armé monolithique et de béton composite sera effectué, à l'aide du programme de calcul des dépenses WINCMETA. Après quoi des conclusions peuvent être tirées sur l'efficacité de l'utilisation de structures composites.

# Cuprins

<b>LISTA ABREVIERILOR</b> .....	3
<b>INTRODUCERE</b> .....	5
<b>Generalități</b> .....	5
<b>Scurt istoric</b> .....	6
<b>Actualitatea și importanța problemei</b> .....	6
<b>CAPITOLUL I</b> .....	7
<b>1. Stadiul cu privire la structuri compozite</b> .....	7
<b>1.1. Statutul și domeniul de aplicare a eurocodurilor</b> .....	7
<b>1.2 Materiale pentru construcții</b> .....	8
<b>1.3 Stări limită ultime (SLU)</b> .....	12
<b>1.4 Starea limită de serviciu (SLS)</b> .....	13
<b>CAPITOLUL II</b> .....	15
<b>2 Calculul structurii din beton armat cu utilizarea softul SCAD 21.1</b> .....	15
<b>2.1. Generalități (Metoda elementelor finite)</b> .....	15
<b>2.2 Date generale</b> .....	16
<b>2.3 Colectarea sarcinilor</b> .....	19
<b>2.4 Determinarea eforturilor pentru elementele portante</b> .....	22
<b>CAPITOLUL III</b> .....	28
<b>3. Calculul elementelor compozite portante</b> .....	28
<b>3.1 Calculul planșului din materiale compozite</b> .....	28
<b>3.2 Calculul grinzii din materiale compozite</b> .....	31
<b>3.3 Calculul stîlpului din materiale compozite</b> .....	35
<b>CAPITOLUL IV</b> .....	44
<b>4. Întocmirea devizelor de cheltuieli pentru lucrări de construcții-montaj</b> .....	44
<b>CONCLUZII</b> .....	53
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	55
<b>ANEXE</b> .....	56

## LISTA ABREVIERILOR

$A_a$  - Aria secțiunii transversale a secțiunii de oțel pentru construcții.

$A_c$  - Aria secțiunii transversale de beton

$A_s$  - Aria secțiunii armăturii pentru beton armat

$A_{s,min}$  - Aria secțiunii minime de armătură

$E_a$  – Modulul de elasticitate al oțelului pentru construcții

$E_{c,eff}$  – Modulul efectiv de elasticitate pentru beton

$E_s$  – Valoarea de calcul a modulului de elasticitate al armăturii de oțel

$(EI)_{eff}$  – Rigiditatea efectivă de încovoiere pentru calculul flexibilității relative

$(EI)_{eff,II}$  – Rigiditatea efectivă la încovoiere pentru analiză de ordinul doi

$I_a$  – Momentul de inerție a secțiunii de oțel

$I_c$  – Momentul de inerție a unei secțiuni de beton nefisurat

$I_s$  – Momentul de inerție al armăturii de oțel

$N_{cr}$  – Forța elastică axială critică

$N_{Ed}$  – Valoarea de calcul a forței axiale de compresiune

$N_{G,Fd}$  – Valoarea de calcul a părții permanente din forța axială de compresiune

$N_{pl,Rd}$  – Valoarea de calcul a rezistenței plastice a secțiunii compozite la forță axială de compresiune

$M_{pl,Rd}$  – Momentul calculat plastic la încovoiere în planul respectiv de încovoiere

$M_{Ed}$  – Momentul de calcul la încovoiere

$b_c=b$  - Lățimea betonului înglobat într-o secțiune de oțel

$b_{eff}$  - lățimea efectivă totală

$b_f=b_2$  - Lățimea tălpii unei secțiuni de oțel pentru construcții

$c_y, c_z$  - Grosimea stratului de acoperire

$f_c$  -Rezistența la compresiune a betonului

$f_{cd}$  - Valoarea de calcul a rezistenței la compresiune a betonului pe cilindru

$f_{ck}$  - Valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a betonului, măsurată pe cilindri la 28 de zile

$f_{ck,cube}$  - Valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a betonului, măsurată pe cub la 28 de zile

$f_{cm}$  - Valoarea medie a rezistenței la compresiune a betonului, măsurată pe cilindri

$f_{sd}$  - Valoarea de calcul a limitei de curgere a oțelului armăturii

$f_{yd}$  - Valoarea de calcul a limitei de curgere a oțelului pentru construcții

$h$  - Înălțimea totală a secțiunii transversale

$h_a = h_2$  - Înălțimea secțiunii de oțel

$t_f$  - Grosimea tălpii unei secțiuni de oțel

$t_w$  - Grosimea inimii unei secțiuni de oțel

$\alpha_M$  - Coeficient pentru încovoierea unui stâlp compozit

$\gamma_c$  - Coeficient parțial pentru beton

$\gamma_{M0}$  - Coeficient parțial pentru oțel folosit la structură aplicat rezistenței secțiunii transversale

$\gamma_s$  - Coeficient parțial pentru armătura de oțel

$\varepsilon_c$  - Deformația specifică la compresiune a betonului

$\lambda$  - Zveltețea relativă

$\rho_s$  - Parametru, raport de armare

$\sigma_c$  - Efort unitar de compresiune în beton

$\mu_{dy}, \mu_{dz}$  - Factor  $\mu_d$  legat de planul de încovoiere

# INTRODUCERE

## Generalități

Proprietățile materialelor utilizate de către civilizație umană și transformarea materiilor prime în produse finite, respectiv îmbunătățirea proprietăților acestora a fost cercetată încă din cele mai vechi timpuri, iar necesitatea acestuia continuă să aibă o deosebită importanță și în ziua de azi.

Elementele structurale care sunt alcătuite din două sau mai multe materiale diferite, sunt cunoscute sub denumirea de elemente compozite. Principalul beneficiu al elementelor compozite este acela că proprietățile fiecărui material pot fi combinate pentru a forma o singură unitate care să aibă o performanță mai bună decât părțile componente separate. Cea mai obișnuită formă a elementului compozit în construcții este compozitul oțel-beton, însă alte tipuri de compozite includ; oțel-cherestea, lemn-beton, beton-plastic.ș.a. Ca material, betonul funcționează bine în comprimare, dar are o rezistență mai redusă la tensiune. Oțelul este, totuși, foarte puternic în tensiune, chiar și atunci când este utilizat numai în cantități relativ mici. Elementele compozite din oțel-beton utilizează rezistența la compresiune a betonului, alături de rezistența la tensiune a oțelului, iar atunci când sunt legate, rezultă o unitate foarte eficientă și ușoară, care este folosită în mod obișnuit pentru structuri precum clădiri multietajate și poduri.

Există mai multe variante de definiție a materialelor compozite. Cea mai cuprinzătoare, caracterizând cel mai bine natura acestora este cea dată de P. Mallick. Conform lui Mallick, "un material compozit este o combinație între două sau mai multe materiale diferite din punct de vedere chimic, cu o interfață între ele. Materialele constituente își mențin indentitatea separată (cel puțin la nivel microscopic) în compozit, totuși combinarea lor generează ansamblul proprietăți și caracteristici diferite de cele ale materialelor componente în parte. Unul din materiale se numește matrice (Beton) și este definit ca formând faza continuă. Celălalt element principal poartă numele de ranfosare (Metal) și se adaugă matricei pentru a-i îmbunătăți sau modifica proprietățile. Ranforsarea reprezintă faza discontinuă, distribuită uniform în întregul volum al matricei". [1]

## **Scurt istoric**

Știința materialelor compozite a apărut din necesitatea unor studii multidisciplinare, pornind de la faptul că elaborarea acestora este complexă, condițiile de operare în care aceste materiale trebuie să funcționeze sunt severe, proprietățile fizice, chimice, magnetice, electrice și mecanice sunt influențate de compatibilitatea și modul de dispunere a elementelor componente. Efortul oamenilor de știință se orientează către materialele noi, și implicit asupra tehnicilor de prelucrare și proiectare analitică a elementelor active necesare prelucrării acestora. Studiul unor tehnologii au scos la iveală că acestea ar putea fi aplicate la scară industrială pentru avantajele economice, performanța și simplitatea proiectării.

Din punct de vedere istoric, conceptul de material compozit este foarte vechi. În Egiptul antic cărămizile de argilă erau întărite cu paie, la Muzeul Britanic din Londra, este expus un vas de depozitare din perioada merovingienilor 900 d.H de pe teritoriul Scoției, realizat dintr-un material format din fibră de sticlă întărită cu o rășină, ceea ce ar corespunde astăzi unui compozit de tip rășină epoxidică întărită cu fibră de sticlă. În secolul al XIX-lea vergelele de fier erau folosite pentru zidărie punându-se bazele materialelor armate pentru construcții. [2] Betonul armat, în comparație cu alte materiale de construcții (piatra, lemnul, metalul), este destul de “tînăr” și are vârsta cu puțin mai mult de 160 de ani (anii 50-60 ai secolului XIX). La acea etapă era deja bine dezvoltată industria cimentului și metalurgică. Primele încercări de a îmbina betonul și metalul într-o construcție constau în instalarea în masive de beton a unor articole din metal (sârmă, bare, fâșii, profile laminate etc.) fără a înțelege clar lucrul lor în comun. [3]. Înglobarea oțelului în beton s-a făcut la început pentru sporirea rezistenței la foc, dar profilele se calculau ca elemente din metal simple. Dar după ceva timp s-a observat că înglobarea profilelor metalice implică și o reducere a zvelteții efective și creșterea rigidității la sarcinile laterale. Până în anii 1950 grinzile metalice erau calculate să preie greutatea plăcii și a încărcărilor. Placa și grinda lucrau independent.

## **Actualitatea și importanța problemei**

Materialele compozite sunt considerate o clasă importantă de materiale utilizate în multe industrii, cum ar fi: industria automobilelor, industria și transportul aerian și spațial, industria chimică, transportul naval, industria electrotehnică și electronică, construcții etc. Putem afirma că sunt prezente practic în toate domeniile și ramurile industriei, ceea ce determină o varietate mare de forme și materiale, cu proprietăți și performanțe diferite.

În domeniul materialelor de construcții cimentul hidraulic și materialele pe bază de ciment, inclusiv betonul și mortarul, pot fi considerate principalele materiale folosite pe scară largă și implică cantități mari de materie primă. Aceste materiale oferă multe avantaje în diferite aplicații, datorită caracteristicilor mecanice, permeabilitate scăzută și rezistență la atac chimic și în comparație cu alte materiale costul de fabricație ale acestora este redus. Deși comportamentul acestor materiale este caracterizat de rezistență bună la compresiune, există două proprietăți care necesită îmbunătățiri și anume: rezistența redusă la întindere și/sau încovoiere și fragilitate mare care poate provoca degradarea sau chiar prăbușirea prematură după formarea primei fisuri. Prin urmare introducerea unui material de armare pentru a spori rezistența la întindere, blocarea fisurilor și reducerea comportamentul ductil al materialului este esențial. Un beton obișnuit are o rezistență la tracțiune mai mică de 4-5 MPa, iar în cazul mortarului această valoare este și mai mică (2-3 MPa). Pentru îmbunătățirea acestor neajunsuri, o varietate mare de fibre, inclusiv oțel, sticlă sau fibre, rezistente la încovoiere sau întindere poate să crească cu un factor de 2-2,5 și rigiditatea de 5 pînă la 10 ori (în funcție de proprietățile fibrei și cantitatea adăugată). În momentul de față în domeniul de construcții, fibrele pot fi folosite direct în masa compozitelor (armarea dispersă) sau sub forma de materiale compozite (pânză și țesuturi din fibre, lamele etc.) pentru armarea elementelor și consolidarea acestora.

## CAPITOLUL I

### 1. Stadiul cu privire la structuri compozite

#### 1.1. Statutul și domeniul de aplicare a eurocodurilor

Statele membre ale UE (Union Europeenne) și ale AELS (Asociația Europeană a Liberului Schimb) recunosc eurocodurile ca document de referință care pot fi utilizate drept:

- Mijloc de a aproba conformitatea construcțiilor și a lucrărilor ingineresti cu cerințele esențiale din Directiva Consiliului 89/106/CEE, în particular cu Cerințele Esențiale nr.1 – Stabilitatea și rezistența mecanică – și Cerințele Esențiale nr.2 – Securitatea în caz de incendiu;
- Ca bază de specificații pentru contractarea lucrărilor de construcții și a serviciilor tehnice asociate.
- Cadru de specificații tehnice armonizate pentru produsele de construcții (EN și ATE).