

## EXPERTIZE – LABORATOR 2

# DETERMINAREA CONSTANTELOR ELASTICE PENTRU MATERIALELE COMPOZITE

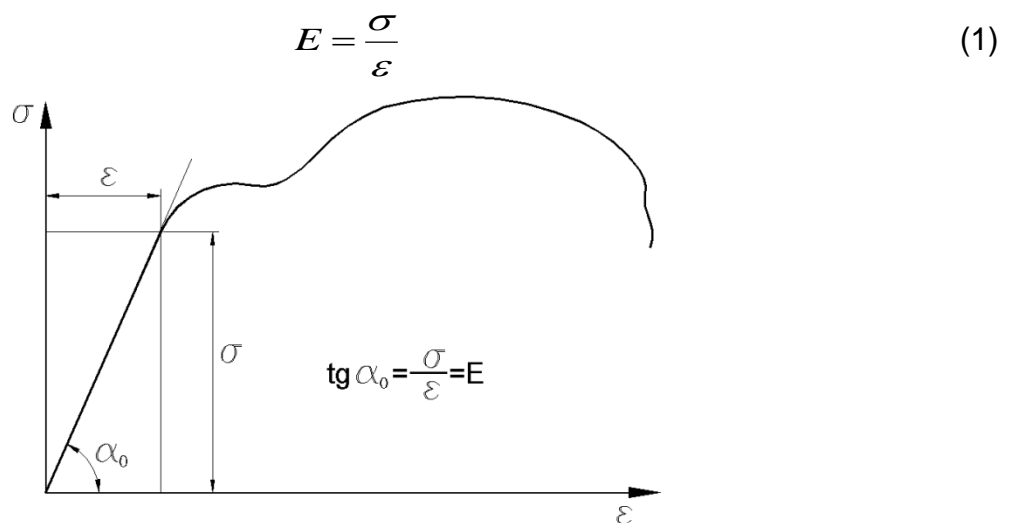
1. Introducere
2. Determinarea  $E$  și  $\nu$  pe baza tensometriei electrice rezistive
3. Efectuarea lucrării

## 1. Introducere

În calculele de rezistență, deformații și stabilitate, în analiza experimentală a tensiunilor și în utilizarea metodei cu elemente finite, cunoașterea caracteristicilor elastice ale materialelor ale materialelor din care sunt realizate piesele sau elementele de construcție este absolut necesară.

În cadrul lucrării de laborator ce se va descrie în continuare se va determina experimental, pe baza încercării la tracțiune, modulul de elasticitate convențional liniar  $E$  și coeficientul lui Poisson  $\nu$ . Prin calcul se va determina și modulul de elasticitate transversală  $G$ .

Modulul de elasticitate convențional liniar este definit ca raportul dintre tensiunea și lungirea specifică pentru metalele care prezintă o porțiune liniară a curbei caracteristice la tracțiune, figura 1:



**Fig. 1.** Curba caracteristică la încercarea de tracțiune

Coeficientul lui Poisson sau coeficientul de contracție transversală reprezintă raportul dintre lungirea specifică transversală și lungirea specifică longitudinală:

$$\nu = \frac{\varepsilon_{Transv}}{\varepsilon_{Long}} \quad (2)$$

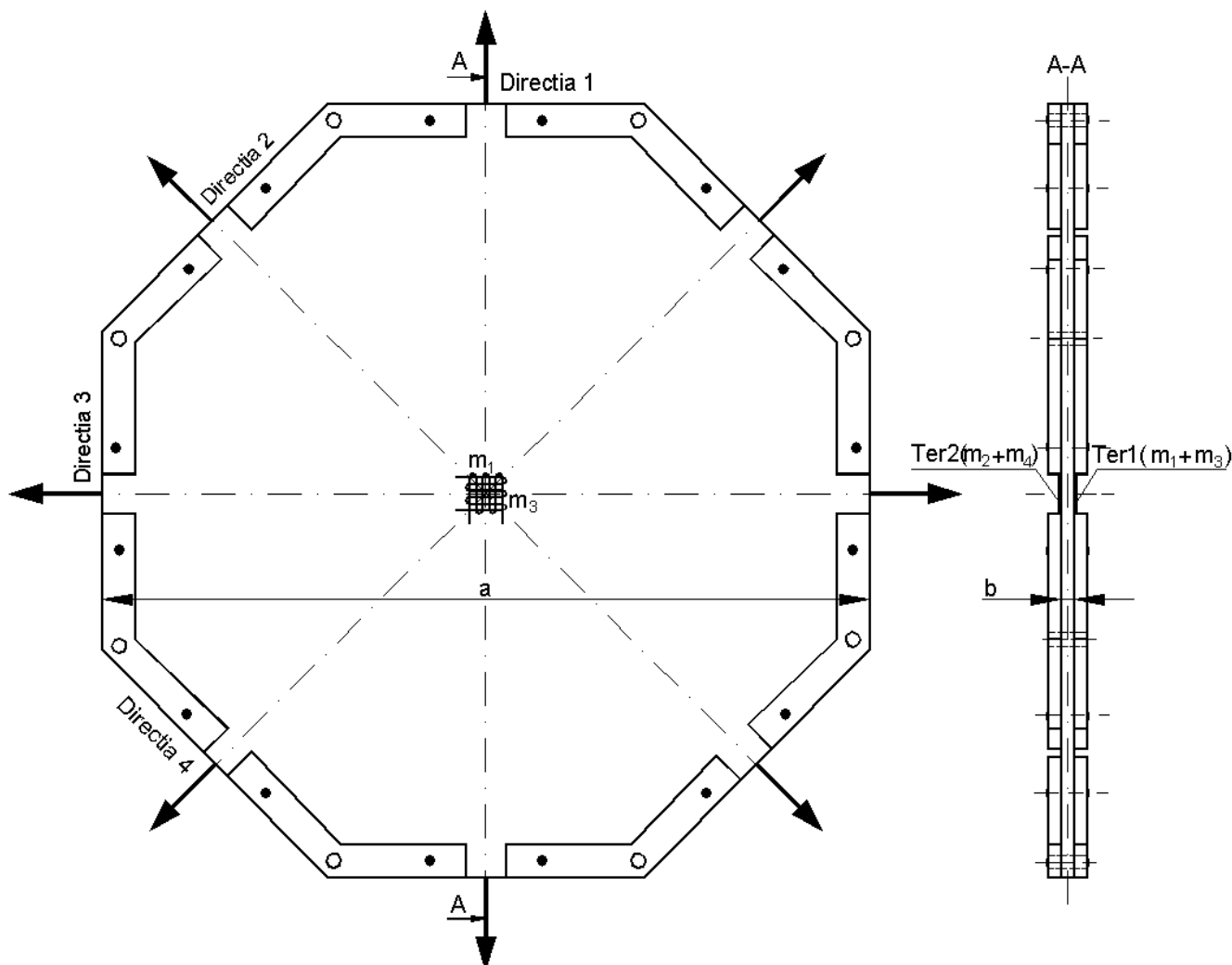
Cele două constante elastice se determină pe epruvete plate supuse încercării statice de tracțiune.

Modulul de elasticitate transversală se va determina pe baza relației:

$$G = \frac{E}{[2(1 + \nu)]} \quad (3)$$

## 2. Determinarea $E$ și $\nu$ pe baza tensometriei electrice rezistive

Tensometria electrică rezistivă permite măsurarea deformațiilor specifice, longitudinale și transversale cu o precizie ridicată. Pentru determinarea deformațiilor specifice, pe o epruvetă de tracțiune de formă plată având aria secțiunii transversale egală cu  $S_0$ , se montează traductoare electro-tensometrice bidirecționale, ca în figura 2. O grilă a traductorului este plasată pe direcția longitudinală a epruvetei iar cealaltă pe direcție transversală.



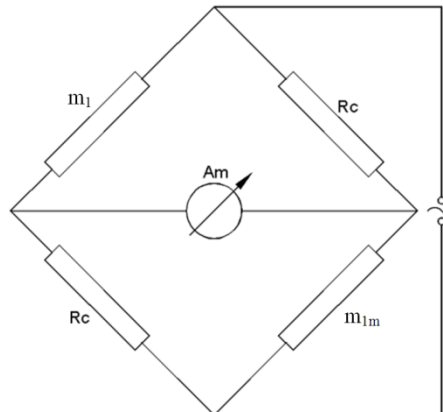
**Fig. 2.** Epruveta de tracțiune; amplasarea traductoarelor tensometrice

Traductoarele electro-tensometrice se introduc în circuite de măsură de tip punte *Wheatstone*. În configurație *semipunte*, figura 3. Modul de legare a mărcilor tensometrice precum și modul de solicitare se descrie în cele ce urmează.

Pentru legarea în semipunte a mărcilor tensometrice se utilizează probe confecționate din același material și care se află în repaus în timpul solicitării. Astfel, marca  $m_1$  se află amplasată longitudinal pe direcția 1 pe proba ce urmează a fi solicitată iar marca  $m_{1m}$  se află amplasată pe **proba martor**, aflată tot timpul în stare de repaus. În același mod se procedează și în cazul legării în semipunte a mărcilor  $m_2$ ,  $m_3$  și  $m_4$ . Se menționează următoarele:

- Mărcile  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  și  $m_4$  se află dispuse longitudinal pe direcțiile corespunzătoare;
- La preluarea semnalului, marca  $m_1$  devine marca  $m_{1L}$  iar marca  $m_3$  devine marca  $m_{3T}$  atunci când solicitarea are loc pe direcția 1;

- Marca  $m_1$  devine marca  $m_{1T}$  iar marca  $m_3$  devine marca  $m_{3L}$  atunci când solicitarea are loc pe direcția 3;
- Marca  $m_2$  devine marca  $m_{2L}$  iar marca  $m_4$  devine marca  $m_{4T}$  atunci când solicitarea are loc pe direcția 2;



**Fig.3.** Amplasarea mărcilor tensometrice

Semnalele de ieșire de la punțile Wheatstone se prelucrează cu ajutorul unui sistem de achiziție de date. Prelucrarea datelor se efectuează pentru obținerea valorilor constantelor elastice ale materialului compozit pe direcțiile 1, 2 și 3:

a) modulul de elasticitate longitudinală,  $E$ , (modulul *Young*) este determinat ca panta dreptei de aproximare a graficului reprezentat în coordonatele tensiune normală ( $\sigma$ ) / deformăție specifică longitudinală ( $\epsilon$ ), prin punctele determinate din semnalele rezultate de la traductoarele longitudinale;

b) coeficientul contracției transversale,  $\nu$ , (coeficientul lui Poisson) a fost determinat din curba trasată în coordonatele deformăție specifică transversală ( $\epsilon_{tr.}$ )/deformăție specifică longitudinală ( $\epsilon_{long.}$ ), folosind semnalele obținute atât de la traductoarele longitudinale, cât și de la cele transversale;

c) modulul de elasticitate transversală,  $G$ , (de forfecare) se calculează cu ajutorul constantelor  $E$  și  $\nu$ , cu ajutorul relației (3).

### Efectuarea lucrării

Se va supune placa din material compozit la solicitarea de tracțiune pe **direcțiile j: 1, 2, și 3**. Placa se va încălca static, în mod succesiv, cu **diferite forțe i:  $F_{1i}$ ,  $F_{2i}$  și  $F_{3i}$**  cu ajutorul greutăților avute la dispoziție. Pentru fiecare treaptă de încărcare se vor înregistra semnalele date de mărcile tensometrice  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  și  $m_4$ . Astfel, la solicitarea pe direcția 1, cu forțele  $F_{1i}$ , de la mărcile  $m_1$  și  $m_3$  se vor culege semnalele  $m_{1L}$ , ce reprezintă alungirea specifică  $\epsilon_{1L}$ , și  $m_{3T}$  ce reprezintă deformăția specifică transversală  $\epsilon_{3T}$ , cu ajutorul cărora se vor putea determina modulul de elasticitate longitudinală  $E_1$  și coeficientul lui Poisson  $\nu_1$ . La solicitarea pe direcția 2, cu forțele  $F_{2i}$ , de la mărcile  $m_2$  și  $m_4$  se vor culege semnalele  $m_{2L}$  ce reprezintă alungirea specifică  $\epsilon_{2L}$ , și  $m_{4T}$  ce reprezintă deformăția specifică transversală  $\epsilon_{4T}$ , cu ajutorul cărora se vor putea determina modulul de elasticitate longitudinală  $E_2$  și coeficientul lui Poisson  $\nu_2$ . În cazul solicitării pe direcția 3, cu forțele  $F_{3i}$ , de la mărcile  $m_3$  și  $m_1$  se vor culege semnalele  $m_{3L}$  ce reprezintă alungirea specifică  $\epsilon_{3L}$  și  $m_{1T}$  deformăția specifică transversală  $\epsilon_{1T}$  cu ajutorul cărora se vor putea determina modulul de elasticitate longitudinală  $E_3$  și coeficientul lui Poisson  $\nu_3$ .

Secțiunea transversală a epruvetei este dată de relația  $S_0 = a \cdot b$  [mm<sup>2</sup>], cu  $a$  și  $b$  măsurați ca în figura 2. Pentru fiecare treaptă de încărcare se calculează tensiunea, ce se introduce ca urmare a solicitării exterioare, din punctul de aplicație a mărcilor

tensometrice:  $\sigma = F_i/S_0$  [N/mm<sup>2</sup>]. Pentru încărcarea pe fiecare direcție de sollicitare se trasează dreptele de variație a tensiunii în raport cu alungirea specifică  $\varepsilon_L$ , așa cum s-a arătat anterior, figura 4.

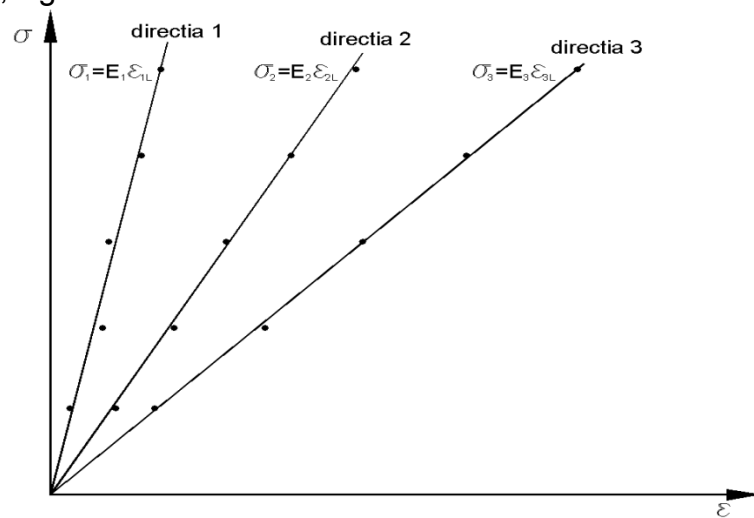


Fig. 4. Drepte de aproximare pentru determinarea modului de elasticitate longitudinală

În aceste condiții, pantele dreptelor astfel trasate vor reprezenta modulele de elasticitate  $E_j$  ale materialului compozit pe cele trei direcții de sollicitare.

Coeficientul contracției transversale (Poisson) este factorul de proporționalitate dintre  $\varepsilon_{Tr}$  și  $\varepsilon_L$  fiind, de asemenea, panta dreptei trasată în coordonatele  $(\varepsilon_T, \varepsilon_L)$ :

$$\varepsilon_T = -\nu \cdot \varepsilon_L \quad (4)$$

Deformația specifică transversală,  $\varepsilon_T$ , se măsoară cu ajutorul mărcilor tensometrice notate  $m_{1T}$ ,  $m_{2T}$  și  $m_{3T}$  (fig. 2). Acestea se conectează într-o punte de măsură, similară cu cea concepută anterior. De la aceste mărci se vor prelua semnalele deformațiilor specifice transversale  $\varepsilon_{1T}$ ,  $\varepsilon_{2T}$  și  $\varepsilon_{3T}$ . Acestea, împreună cu alungirile specifice  $\varepsilon_{1L}$ ,  $\varepsilon_{2L}$  și  $\varepsilon_{3L}$  vor forma graficele din figura 5.

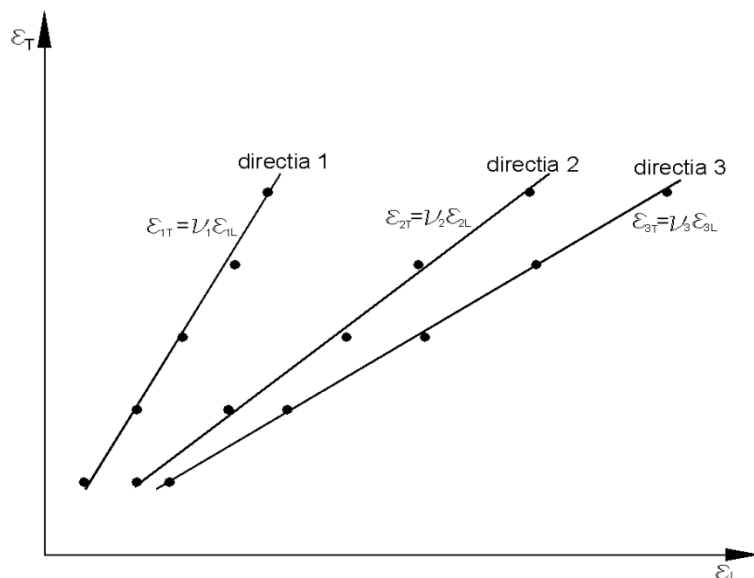


Fig. 5. Dreptele de aproximare construite pentru determinarea coeficientului lui Poisson

În aceste condiții, pantele dreptelor astfel trasate vor reprezenta coeficienții contracției transversale (Poisson) ale materialului compozit,  $\nu_j$ , pe cele trei direcții de sollicitare.

**Datele experimentale**, atât cele primare, cât și cele prelucrate, se înscriu și se sistematizează în tabelul 1:

*Tabelul nr. 1.*

Forța i	Direcția j	F <sub>i</sub>	S <sub>0</sub>	σ <sub>i</sub> =F <sub>i</sub> /S <sub>0</sub>	ε <sub>iL</sub>	ε <sub>iT</sub>
		(N)	(mm <sup>2</sup> )	(MPa)	(μm/m)	(μm/m)
1	1					
	2					
	3					
2	1					
	2					
	3					
3	1					
	2					
	3					
4	1					
	2					
	3					
5	1					
	2					
	3					

E<sub>j</sub> și ν<sub>j</sub> odată determinate este posibil calculul modului de elasticitate transversală, G, pentru cele trei direcții de sollicitare:

$$G_j = \frac{E_j}{2(1 + \nu_j)} \quad (9)$$

Valorile celor trei caracteristici de elasticitate determinate pe fiecare din cele trei direcții de sollicitare se trec în tabelul 2:

*Tabelul nr.2*

Direcția	E <sub>j</sub>	ν <sub>j</sub>	G <sub>j</sub>
	(MPa)		(MPa)
1			
2			
3			