



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI
PERSOANELOR VÂRSTNICE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITATEA
TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

AXA PRORITARĂ 1 "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere".

DOMENIUL MAJOR DE INTERVENȚIE 1.3 "Dezvoltarea resurselor umane în educație și formare profesională"

TITLUL PROIECTULUI: "Școală universitară de formare inițială și continuă a personalului didactic și a trainerilor din domeniul specializărilor tehnice și ingineresti - DidaTec"

COD CONTRACT: POSDRU/87/1.3/S/60891

BENEFICIAR: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Laborator 2: Agregate naturale pentru mortare și betoane

Autor: S.I. dr. ing. Larisa Meliță
Departamentul de Căi Ferate, Drumuri, Poduri și Materiale
Universitatea Tehnică de Construcții București

Scop



În **Laboratorul 2** de *Materiale de Instalații* veți determina experimental și calcula compoziția granulometrică a unui agregat, utilizat la obținerea betonului. În acest scop veți putea lucra practic, utilizând un set de site standardizate, manevrate automat, și prin intermediul programului Excel veți calcula granulozitatea unui agregat.

Obiective



La finalul Laboratorului 2 veți putea să:

1. Determinați experimental și să calculați granulozitatea unui agregat și să rezolvați exerciții referitoare la granulozitate

Durată



Durata medie de studiu și lucru în grup: 2 ore.





2.1 Noțiuni teoretice

2.1.1 Definiții și clasificare

Agregatele sunt materiale granulare, de origine minerală, inerte, din punct de vedere chimic, față de liant și de apă, care se utilizează la prepararea mortarelor și betoanelor folosite în construcții. În compoziția betonului agregatele ocupă 75 - 85% din volumul betonului (agregat, liant, apă și aditivi) influențând mult caracteristicile acestuia.

Clasificarea agregatelor se face după mai multe criterii și anume după:

- mărimea granulelor: 0 - 4 mm (nisip), 4 - 63 mm (pietriș) și 63 - 125 mm (piatră mare);
- proveniența: naturale (agregate de balastieră) și artificiale (agregate de concasaj);
- densitatea: agregatele uzuale au densitatea reală (aparentă pe granulă)

$2000 < \rho_a < 3000 \text{ kg/m}^3$ și cea în grămadă, $\rho_g > 1200 \text{ kg/m}^3$; agregatele grele au $\rho_a > 3000 \text{ kg/m}^3$ iar cele ușoare au $\rho_a < 2000 \text{ kg/m}^3$ și $\rho_g < 1200 \text{ kg/m}^3$ (SR EN 12620+A1, SR EN 1097-3);

- forma granulelor: agregate cu forme poliedrice, lamelare, aciculare etc.
- compoziția granulometrică: agregate cu granulozitate continuă și discontinuă.

Agregatele naturale numite și agregate de balastieră (nisip, pietriș, balast) s-au format datorită eroziunii apelor curgătoare și a condițiilor de mediu (îngheț-dezgeț repetat, vânt, ploaie etc.); balastul este un amestec natural de nisip și pietriș.

Agregatele de concasaj se obțin din sfărâmarea artificială a rocilor naturale, prin procedee mecanice.

Agregatele sunt alcătuite din minerale silicaticice, cuarț, feldspați etc.; natura mineralelor constituente influențează mult caracteristicile lor fizico mecanice.

2.1.2 Caracterizarea agregatelor

Agregatele prin caracteristicile lor (forma, textura suprafeței, natura mineralogică, condițiile de puritate, rezistența la sfărâmare, granulozitatea etc.) influențează semnificativ proprietățile betonului proaspăt și întărit: consistența, porozitatea, rezistențele mecanice, durabilitatea etc. De aceea, înainte de utilizare, agregatele sunt supuse unor analize și încercări de laborator pentru a determina principalele lor caracteristici.

2.1.2.1 Condiții de puritate, forma granulelor și rezistența la sfărâmare

Pentru a stabili puritatea agregatelor, acestea sunt supuse analizei chimice conform SR EN 12620+A1 și SR EN 1744-1. Standardele limitează cantitativ următoarele impurități:

- humusul conține acizi humici, substanțe organice acide, care se găsesc, de obicei, în nisip și se formează prin descompunerea resturilor animale și vegetale. Această impuritate produce perturbări în procesul de hidratare a cimentului, care este bazic, deci afectează priza și întărirea cimentului;

- argila formează în jurul granulelor de agregat o peliculă, care conduce la scăderea aderenței între agregat și pasta de ciment, deci la scăderea rezistențelor mecanice și a durabilității betonului;

- materialele fine (0 - 0,063 mm), adică mărul și praful de la concasare. Mărul se formează în urma proceselor naturale de degradare a rocilor, iar praful de concasare rezultă din procesul artificial de concasare a rocilor. Mărul și praful de concasare pot forma pelicule asemănătoare cu cele de argilă sau pot fi sub formă de particule libere, nefixate pe agregatul grosier. Ele sunt limitate cantitativ





Întrucât suprafața lor specifică mare necesită o creștere a cantității de apă de amestecare și a cantității de pastă de ciment pentru liere. Din aceleași motive, partea fină este limitată cantitativ și prin curbele de granulozitate (sortul 0 - 0,063);

- cărbunii au acțiune dăunătoare mai ales prin conținutul de sulf, care se oxidează la sulfați (); aceștia reacționează cu aluminatul de calciu din ciment ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) formând un compus expansiv (etringitul), reacție însoțită de o mărire de volum, în stare solidă, numită expansiune sulfatică;

- sulfații () conduc la expansiunea sulfatică a cimentului;

- pirita (FeS_2) reacționează cu apa și cu oxigenul din aer și se transformă în sulfat feros. Ulterior, sulfatul feros hidrolizează când se obține hidroxidul de fier și ioni sulfat; aceștia din urmă produc expansiunea sulfatică a cimentului;

- clorurile (Cl^-) facilitează corodarea armăturii din oțel. La suprafața oțel (armătură)/pastă de ciment se formează rapid un strat subțire de pasivare, alcătuit din $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, care aderă puternic la oțel și îi asigură protecția față de reacția cu oxigenul și apa; ioni de clor distrug acest strat de pasivare.

Forma granulelor. Granulele cu forme poliedrice pline (sferică, cubică) sunt considerate cele mai bune deoarece ocupă un volum maxim cu suprafață minimă, ceea ce contribuie la creșterea compactității betonului. O suprafață rugoasă a granulelor asigură o ancorare bună în suprafața lor a pietrei de ciment (matricei), ceea ce aduce un spor de rezistență mecanică, caracteristic pentru granulele obținute prin concasare. Contrar, la o suprafață lisă (lucioasă) piatra de ciment aderă slab, cu consecințe în scăderea rezistențelor mecanice ale betoanelor cu agregate de balastieră față de cele cu agregate de concasare.

Formele lamelare (aplatizate) și aciculare, cu muchii vii și colțuri, lasă între ele un volum mare de goluri. În plus, cele aplatizate, prin orientarea lor, stratifică betonul; acestea sunt formele nerecomandabile ale granulelor.

2.2 Partea experimentală

2.2.1 Granulozitate

Prin granulozitate sau compoziție granulometrică a unui agregat se înțelege compoziția procentuală (% volumice) a diferitelor sorturi granulare ce alcătuiesc agregatul. Granulozitatea agregatului, utilizat la obținerea betonului, influențează compactitatea betonului, cu consecințe asupra consistenței, porozității, rezistențelor mecanice, contracției și durabilității lui.

În beton, granulele de agregat formează un schelet rigid în golurile cărora pătrunde, ca o matrice, pasta de ciment. Eforturile interne de contracție a pastei de ciment, în timpul întăririi, sunt diminuate de aceste agregate; altfel, contracțiile ar conduce la microfisurări periculoase pentru betonul întărit.

Granulozitatea agregatelor se determină prin cernerea pe un set de site standard, cu ochiuri pătrate (SR EN 933-1, SR EN 933-1A1), având următoarele dimensiuni: 63 mm, 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm.

Sortul se notează cu dimensiunea sitei pe care agregatul rămâne integral (d_{\min}) separată cu o liniuță de cel al sitei prin care agregatul trece integral (d_{\max}); de exemplu sort 2 - 4, 8 - 16 etc.





Sortul elementar de agregat (SR 667/2001) este reprezentat de acea fracțiune de agregat care la cernere rămâne între două site consecutive din seria standard; de exemplu 2 - 4, 8 - 16 etc.

Sortul de agregat (SR 667/2001) este reprezentat de agregatele, care la verificarea granulozității, rămân între două site neconsecutive din seria standard; de exemplu 0 - 4 (nisip), 4 - 63 (pietriș) etc. Sortul de agregat este alcătuit din mai multe sorturi elementare. De exemplu, sortul de pietriș (4 - 63) este alcătuit din 4 sorturi elementare 4 - 8, 8 - 16, 16 - 31,5 și 31,5 - 63.

În această lucrare se va determina granulozitatea unui agregat de balastieră cu dimensiunea maximă a granulelor de 16 mm.

Alegerea dimensiunii maxime a granulei, de 16 mm, este legată de dimensiunea cea mai mică a epruvetei de beton pe care o vom turna (100 mm); standardul precizează că dimensiunea maximă a granulelor de agregat trebuie să fie de 3,5 ori mai mică decât dimensiunea minimă a elementului din beton adică, în cazul nostru, mai mică decât $100 \text{ mm} / 3,5 = 28,5 \text{ mm}$.

Granulozitatea și dimensiunea maximă a granulei de agregat intră printre parametri inițiali la calculul compoziției betonului.

a) Aparatură: set de site standardizate: 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm; balanță tehnică; pensule și perii; material: agregat de balastieră.

b) Principiul metodei. Metoda constă în separarea granulelor de agregat, printr-o vibrație standardizată, pe mai multe sorturi elementare, cu ajutorul seriei de site standardizate. Restul de pe fiecare sită este cântărit la balanța tehnică; se utilizează aceste resturi pentru a se calcula trecerile cumulate prin fiecare sită și se exprimă în procente volumetrice.

Compoziția granulometrică a agregatelor se poate prezenta pe sorturi atât sub formă numerică (tab. 2.1), cât și sub formă grafică (fig. 2.1).

Reprezentarea grafică constă în trasarea curbei de granulozitate, într-un sistem rectangular de coordonate, în care, pe abscisă se trec dimensiunile ochiurilor sitelor utilizate, exprimate în mm, iar pe ordonată trecerile cumulate, exprimate în % volumetrice.

Stabilirea curbelor de granulozitate standard este experimentală, prin încercări, bazată pe obținerea compactității maxime a agregatului sau a volumului minim de goluri dintre granule. O compactitate bună se asigură când granulele mari se sprijină unele pe altele, iar în golurile dintre ele pătrund granulele din ce în ce mai mici, astfel încât să obținem volumul cel mai mic de goluri; rolul pastei de ciment este de a împacheta granulele și de a le lega într-un întreg (betonul), ci nu să umple golurile dintre granule.

Pe același grafic se trasează și curbele limită standard impuse de dimensiunea maximă a granulelor; această dimensiune maximă este aleasă în funcție de caracteristicile betonului (dimensiunea cea mai mică a elementului din beton, distanța dintre armături, grosimea stratului de acoperire a armăturii etc.).

În general, agregatele trebuie să fie caracterizate printr-o granulozitate continuă, adică trebuie să conțină granule care au dimensiuni cuprinse între limitele ce definesc agregatul.



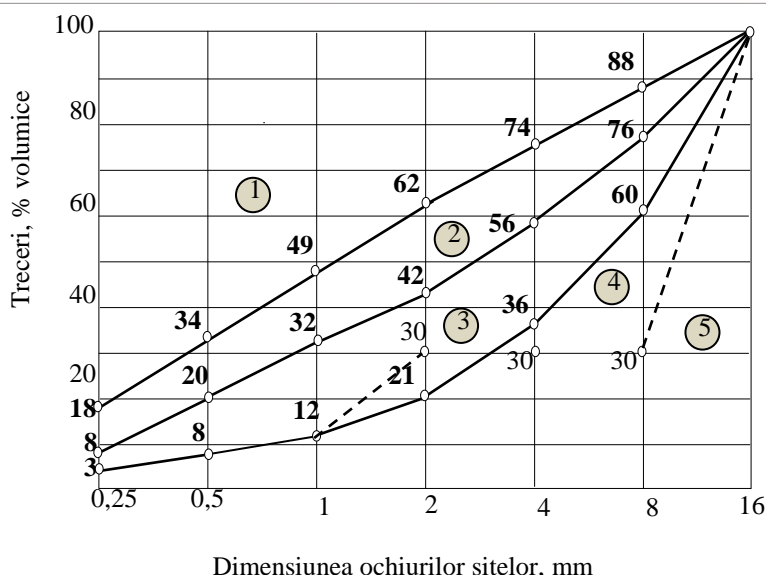


Figura 2.1. - Zone de granulozitate pentru dimensiunea maximă a granulelor de 16 mm

- 1, 5. Zone defavorabile
2. Zonă utilizabilă
3. Zonă favorabilă
4. Zonă favorabilă pentru compoziție granulometrică discontinuă

c) Modul de lucru (SR EN 933-1, SR EN 933-1A₁).

Determinarea compoziției granulometrice a agregatului se face prin cernere cu ajutorul setului de site standardizate GLENAMMER, care se așează în poziție verticală, pe vasul colector, în ordinea crescătoare a dimensiunii ochiurilor ca în fig.2.2.

Se cântărește o cantitate $m = 5000$ g de agregat de balastieră, la balanța tehnică, se răstoarnă materialul pe sita cu dimensiunea ochiurilor de 16 mm și se începe cernerea prin vibrarea setului de site, timp de 10 minute. După oprirea cernerii se cântăresc, la balanță, atât resturile de pe fiecare sită cât și agregatul aflat în vasul colector (agregatul cu dimensiuni $\leq 0,25$ mm); cu resturile, exprimate în grame, se calculează trecerile în % volumetrice.

Granulele de agregat care au rămas prinse în ochiurile sitei se scot prin pensulare ușoară cu o perie, dacă sunt granule de pietriș, sau cu o pensulă, în cazul nisipului și se adaugă la restul de pe sita respectivă.



Figura 2.2. – Set de site standardizate GLENAMMER

2.3. Determinări experimentale în grup (subgrupe de studiu)

Formați echipe de lucru în grup, alcătuite din 3-4 studenți, și parcurgeți următoarele etape:

1. Pregătiți setul de site standardizate, așezându-le în ordine descrescătoare a laturii ochiurilor.
2. Răsturnați cantitatea $m = 5000$ g de agregat de balastieră, cântărită, pe sita superioară din setul de site standardizate și acoperiți cu capacul pentru a nu se pierde din agregat pe perioada cernerii.
3. Programați cronometrul digital al setului de site la 20 minute și porniți cernerea.
4. După oprirea automată înlăturați capacul de pe setul de site și cântăriți la balanța tehnică restul de agregat rămas pe fiecare sită.
5. În tabelul 2.1 se trec resturile cântărite, în g, iar pe baza valorilor obținute se calculează trecerile în g, în cm^3 și în % volumetrice. Se dă $\rho_{\text{agregat}} = 2,7 \text{ g/cm}^3$.
6. Toate calculele le veți face folosind programul de calcul în Excel: **Granulozitate.xls**

Tabelul 2.1. Rezultatele obținute și curbele standard

Nr. crt.	Dimensiunea ochiurilor sitelor	Curbe standard			Curba experimentală			
		Treceri, % volumetrică			Rest	Treceri		
		mm	Curba 1	Curba 2	Curba 3	g	g	cm ³ % volumetrică
1	16		100	100	100			
2	8		88	76	60			
3	4		74	56	36			
4	2		62	42	21			
5	1		49	32	12			
6	0,5		34	20	8			
7	0,25		18	8	3			
8	< 0,25							

2.4. Cerințe pentru reprezentarea și interpretarea rezultatelor

- Completați Tabelul 2.1 cu valorile resturilor, în grame, cântărite pe fiecare sită;
- Aceste valori vor fi folosite pentru calculul trecerilor, atât în grame cât și în cm³;
- Utilizați pentru calcule programul de aplicații din fișierul **Granulozitate.xls - calcul grupă**;
- Fișierul **Granulozitate.xls**, pe care lucrați, l-ați primit la începutul semestrului și este prezentat în ANEXA 2;
- Trasați curba de granulozitate a agregatului studiat, utilizând datele experimentale din tab. 2.1, în fișierul **Granulozitate.xls**;
- Analizați curba de granulozitate obținută pe zonele de granulozitate specifice fig.2.1, care se regăsește tot în fișierul **Granulozitate.xls**;
- Precizați concluziile referitoare la agregatul studiat cu privire la zonele de granulozitate în care acesta se situează: *favorabil, utilizabil sau nefavorabil* și motivați răspunsul;
- Printați rezultatele obținute și prezentați-le profesorului coordonator de laborator împreună cu concluziile dumneavoastră;
- Urmăriți evaluarea profesorului coordonator cu privire la activitățile desfășurate de dumneavoastră, în cadrul laboratorului, precum și transmiterea concluziilor și recomandărilor.

Observații: Întrucât un agregat de balastieră nu va avea curba de granulozitate între curbele standard, procedura practică este următoarea: la stația de betoane se trasează o curbă de granulozitate impusă (cuprinsă între curbele standard) și se solicită stației de agregate să livreze agregatul pe sorturi granulare, conform curbei impuse.

2.5. Exerciții rezolvate

Tabelul 2.2. Exemplu de transformare din *treceți* în *compoziție granulometrică*

d, mm	Rest % volumetrică	Treceți % volumetrică	Compoziția granulometrică	
			d _{min} - d _{max}	% volumetrică
16	0	100		
8	15	85	8-16	15
4	10	75	4-8	10
2	10	65	2-4	10
1	30	35	1-2	30
0,5	20	15	0,5-1	20
0,25	10	5	0,25-0,5	10
< 0,25	5		0-0,25	5
	100%			100%

Tabelul 2.3. Exemplu de transformare din *rest* în *compoziție granulometrică*

d, mm	Treceți % volumetrică	Rest % volumetrică	Compoziția granulometrică	
			d _{min} - d _{max}	% volumetrică
16	100	0		
8	85	15	8-16	15
4	75	10	4-8	10
2	65	10	2-4	10
1	35	30	1-2	30
0,5	15	20	0,5-1	20
0,25	5	10	0,25-0,5	10
< 0,25		5	0-0,25	5
		100%		100%

2.5 Concluzii

- ✓ S-a determinat experimental **granulozitatea** unui agregat de balastieră, cu dimensiunea maximă de 16 mm utilizat la obținerea betoanelor, folosind un set de site standardizate operate automat;
- ✓ S-a trasat curba de granulozitate experimentală și s-a comparat cu curbele standardizate, pe zone de granulozitate specificându-se concluziile obținute;
- ✓ Pentru calcule și grafice s-a utilizat un program de calcul, în Excel – **Granulozitate.xls**
- ✓ S-au rezolvat exerciții de calcul a granulozității pentru diferite studii de caz.

Bibliografie

1. Popescu, M., Mitu, C., Meliță, L., *Materiale de Instalații – Lucrări de laborator*, Editura Conspress, București, 2012, ISBN 978-973-100-199-9, pag. 15-21.



ANEXA 2

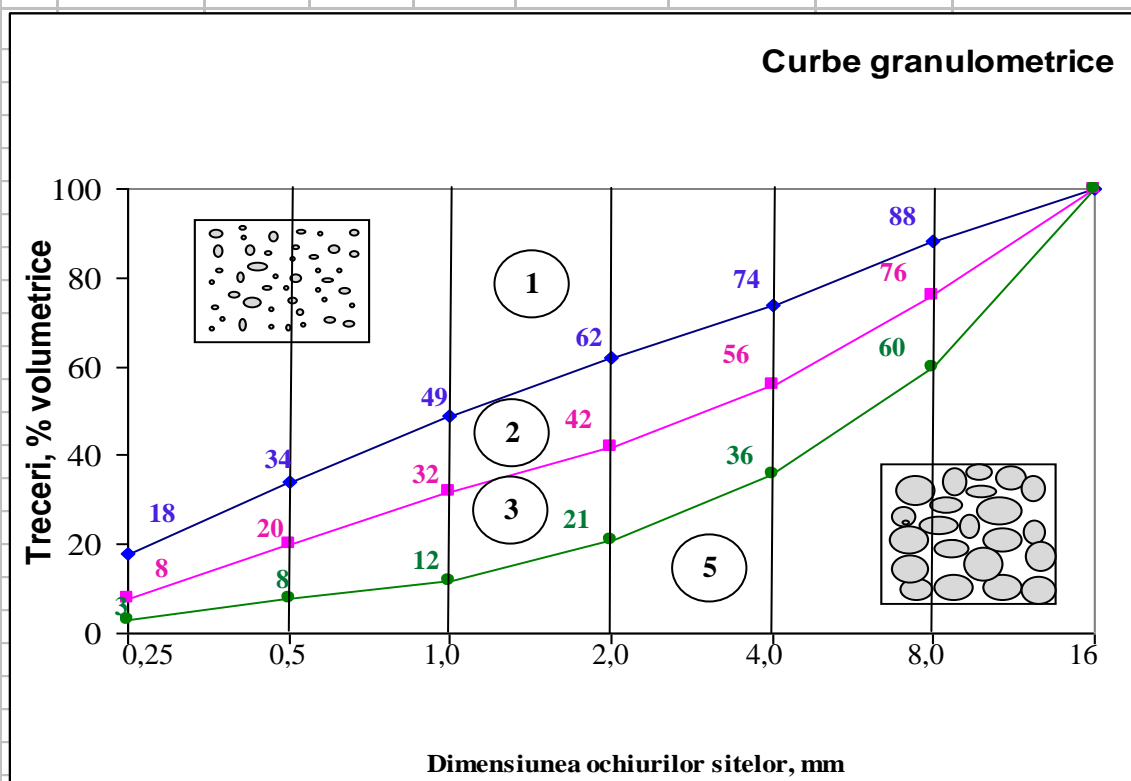
granulozitatea.xls

Lucrarea nr. 2. Agregate naturale grele pentru mortare și betoane

		Curba experimentală						
Nr. crit.	Dimensiune mm	Curbe standard			Curba experimentală			
		Treceri			Rest g	Treceri		
		% (volumetric)				g	cm^3	% volumetric
		Curba 1	Curba 2	Curba 3				
7	16	100	100	100		0	0	0
6	8	88	76	60		0	0	0
5	4	74	56	36		0	0	0
4	2	62	42	21		0	0	0
3	1	49	32	12		0	0	0
2	0.5	34	20	8		0	0	0
1	0.25	18	8	3		0	0	0

< 0.25

g corectate, în vasul colector



Date preliminare:

5000 g balast cantărit

Densitate absolută 2.7 g/cm³

