



FISA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1	Institutia de invatamint superior	Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca
1.2	Facultatea	Constructii
1.3	Departamentul	Mecanica Constructiilor
1.4	Domeniul de studii	Inginerie civila
1.5	Ciclul de studii	Master
1.6	Programul de studii/Calificarea	Inginerie Structurala
1.7	Forma de invatamint	IF-invatamint cu frecventa
1.8	Codul disciplinei	11

2. Date despre disciplina

2.1	Denumirea disciplinei	ANALIZA STRUCTURALA NELINIARA (www.cosminchiorean.com)									
2.2	Aria tematica (subject area)	Inginerie civila									
2.3	Responsabili de curs	Prof dr ing Cosmin Chiorean (www.cosminchiorean.com)									
2.4	Titularul disciplinei	Prof dr ing Cosmin Chiorean									
2.5	Anul de studii	I	2.6	Semestrul	1	2.7	Evaluarea	Examen	2.8	Regimul disciplinei	DS DOB

3. Timpul total estimat

An/ Sem	Denumirea disciplinei	Nr. sapt.	Curs			Aplicații			Stud. Ind.	TOTAL	Credit		
			[ore/săpt.]			[ore/sem.]							
			S	L	P	S	L	P					
II	ANALIZA STRUCTURALA NELINIARA	14	2		2		28		28		74	130	5

3.1	Numar de ore pe saptamina	2	3.2	din care curs	2	3.3	aplicatii	2
3.4	Total ore din planul de inv.	56	3.5	din care curs	28	3.6	aplicatii	28
Studiul individual								Ore
Studiul dupa manual, suport de curs, bibliografie si notite								32
Documentarea suplimentara in biblioteca, pe platformele electronice si laboratoare								32
Pregatire seminarii/laboratoare, teme, referate.								5
Tutoriat								2
Examinari								3
Alte activitati								-
3.7	Total ore studiul individual	74						
3.8	Total ore pe semestru	130						
3.9	Numar de credite	5						

4. Preconditii (acolo unde este cazul)

4.1	De curriculum	Promovarea disciplinelor „Dinamica si Stabilitatea Constructiilor” (Licenta anul III) si Analiza Dinamica Neliniara a Structurilor (Master I)
4.2	De competente	Nu este cazul

5. Conditii (acolo unde este cazul)

5.1	De desfasurare a cursului	Nu este cazul
5.2	De desfasurare a aplicatiilor	Nu este cazul

6 Competente specifice acumulate

Competente profesionale	Cunoștințe teoretice; (Ce trebuie să cunoască)	Cunostinte legate de tehnici de implementare numerica a programelor de analiza avansata a structurilor. Cunostinte teoretice privind formularile matematice ale principalelor surse de neliniaritate intilnite in comprtarea statica si dinamica a structurilor. Prelucrarea si interpretarea rezultatelor furnizate de aplicatiile software. Utilizarea unor aplicatii software specializate in inginerie structurala.
	Deprinderi dobândite; (Ce știe să facă)	<ul style="list-style-type: none"> • Sa modeleze corect o structura in vederea utilizarii unei metode aproximative de calcul neliniar; • Sa inteleaga termenii folositi in majoritatea programelor de calcul; • Sa interpreteze corect rezultatele in contextul modelului ales.
	Abilități dobândite; (Ce instrumente știe să mănuiască)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizarea programelor de calcul la analiza statica si dinamica neliniara a structurilor. • Abilitatea de a crea modele numerice pentru analiza statica si dinamica neliniara a structurilor. • Abilitatea de a interpreta rezultatele obtinute cu ajutorul programelor de calcul in problemele de statica si dinamica neliniara cu aplicabilitate in analiza avansata a structurilor in cadre
Competențe transversale		Coceperea, dezvoltarea unui model de calcul structural neliniar (geometric si material) static si dinamic.

7 Obiectivele disciplinei (reiesind din grila competentelor specific acumulate)

7.1	Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea de competente privind crearea si dezvoltarea unor modele de calcul dinamic neliniar al structurilor. Dezvoltarea unor modele de analiza si dimensionare avansata a elementelor de rezistenta.
7.2	Obiectivele specifice	Asimilarea cunostintelor teoretice si practice privind determinarea raspunsului static si dinamic neliniar al structurilor.

8. Continuturi

8.1. Curs (programa analitica)		Metode de predare	Observatii
1	Curs 1 – <u>Probleme generale ale calculului structurilor de rezistenta.</u> Schematizari ale sistemelor structurale. Schematizarea comportarii materialului; Schematizarea comportarii structurii. Tipuri de calcul al structurilor. Neliniaritate fizica si geometrica. Analiza statica si dinamica neliniara.	Expunere teoretica	-

	<p>Forte perturbatoare armonice, forte tranzitorii, accelerograme. Factori determinanti in raspunsul neliniar al cadrelor. Ipoteze de calcul [1,5,6,7,8].</p>		
2	<p>Curs 2. <u>Calculul sectiunilor de beton armat si mixte otel-beton in domeniul elasto-plastic. Curbe moment incovoietor-curbura.</u> Relatii constitutive σ-ε neliniare pentru beton si otel. Analiza M-N-Φ a sectiunilor de forma oarecare. Formularea matematica a procedului de trasare a curbelor moment-curbura parametrice in forta axiala in cazul incovoierii oblice cu efort axial. Efectul tensunilor reziduale. Efectul curgerii lente. Calculul sectiunilor de beton-armat pretensionate [1,3, 4,6].</p>		
3	<p>Curs 3-4 <u>-Calculul sectiunilor de beton armat si mixte otel-beton in domeniul elasto-plastic. Curbe de interactiune plastica.</u> Relatii constitutive σ-ε neliniare pentru beton si otel. Analiza N-M-M a sectiunilor de forma oarecare. Metode de determinare a curbelor de interactiune plastica pentru sectiuni solicitate la incovoire oblica cu efort axial. Trasarea curbelor N-M-M. Trasarea curbelor M_x-M_y pentru un efort axial specificat. Dimensionarea sectiunilor: determinarea cantitatii de armatura pentru o sectiune de forma oarecare solicitata la incovoire oblica cu forta axiala. Efectul tensunilor reziduale. Efectul curgerii lente. Calculul sectiunilor de beton-armat pretensionate [1,3, 4,6].</p>		
5	<p>Curs 5 - <u>Raspunsul dinamic neliniar al sistemelor cu numar finit de grade de libertate.</u> Determinarea caracteristicilor inertiiale, de rigiditate si de amortizare ale schemei de calcul. Matrice inertiiale, de rigiditate si de amortizare. Ecuatia diferentiala matriceala a miscarii. Raspunsul dinamic neliniar al sistemelor cu „n” grade de libertate produs de forte perturbatoare oarecare. Metoda analizei dinamice biografice neliniare (<i>time history</i>). Legi fizice incarcare-descarcare a materialului. Calculul matricelor de rigiditate tinid seama de biografia elementului. Integrarea ecuatiei diferentiale matriceale: metoda Newmark. Alegerea pasului de integrare. Procedee conditional stabile [1,7,9,10].</p>		
6	<p>Curs 6 – <u>Calculul de ordinul I elasto-plastic. Metoda plastica simpla.</u> Problemele calculului de ordinul I elasto-plastic. Determinarea directa a fortei de cedare plastica. Teorema de maxim. Teorema de minim. Metoda combinarii mekansimelor. Determinarea directa a succesiunii articulatiilor plastice. Sarcini repetate variind independent [1,5].</p>		
7	<p>Curs 7 – <u>Metode de analiza elasto-plastica a structurilor in cadre plane si spatiale.</u> <u>Plastificare concentrata:</u> articulatie plastica cu formare instantanee; articulatie plastica cu formare graduala. <u>Plastificare distribuita:</u> conceptul de zone plastice. Metode numerice bazate pe conceptul de articulatie plastica. Matricea de rigiditate incrementală si vectorul fortelor echivalente la noduri. Modelul articulatiilor plastice cu formare graduala. Includerea afectului de reconsolidare. Matricea de rigiditate incrementală, forte echivalente[1].</p>		

8	<p>Curs 8-9 <u>Metode avansate de analiza statica neliniara: Metoda elementelor finite in studiul comportatii neliniare a cadrelor plane si spatiale.</u> Modelul <u>plastificarii distribuite.</u> A. Elemente uniaxiale Relatii neliniare intre deformatiile specifice si deplasari. Efectul local al neliniaritatii geometrice. Relatii neliniare intre eforturi unitare si deformatii specifice. Efectul neliniaritatii fizice. Modelarea inelasticitatii la nivel de fibra si la nivel de sectiune. Modelarea inelasticitatii la nivel de element. Considerarea formarii graduale si distribuite a zonelor plastice pe inaltimea sectiunii si in lungul elementului. Determinarea matricelor caracteristice ale elementelor finite. Particularitati de modelare in cazul structurilor in cadre din beton armat. B. Elemente plane Elemente finite compozite: matricea de rigiditate a elementului finit in stare plana de tensiune. Matricea de rigiditate a elementului de armatura. Cedarea plastica a betonului solicitat biaxial. Interactiunea beton-armatura; Elemente de conlucrare; Modelarea fisurarii betonului: metoda fisurilor discrete izolate. Cuplarea elementelor finite unidimensionale –bare- cu elemente finite bidimensionale aflate in stare plana de deformatie sau tensiune. Maparea elementului finit liniar (element de bara dublu artculat) in elementul finit in stare plana de deformatie. Matricea de rigiditate a elementului compozit. Calculul fizic neliniar [1,11,12].</p>		
9	<p>Curs 10 – <u>Calculul geometric neliniar.</u> Efectul neliniaritatii geometrice locale. Functii de stabilitate. Matricea de rigiditate a elementului de bara de cadru spatial in calculul de ordinul al II-lea, Efectul neliniaritatii geometrice globale. Calculul structurilor cu deplasari si rotiri mari. Transformari de coordonate neliniare. Analogii intre calculul de stabilitate si studiul modurilor proprii de vibratie[1,5].</p>		
10	<p>Curs 11 – <u>Metode de determinare a solutiei in calculul elasto-plastic de ordinul al II-lea.</u> Metoda pasilor controlati de incarcari. Metoda Newton-Raphson; Metoda pasilor controlati de lungimea de arc. Metoda Crisfield [1].</p>		
11	<p>Curs 12 - <u>Aplicarea conceptului de analiza statica neliniara avansata (advanced analysis) la proiectarea structurilor in cadre.</u> Stabilirea relatiilor intre conceptiile actuale de proiectare structurala si analiza statica neliniara avansata a structurilor. Comparatii intre metodele de proiectare clasice si metoda de analiza avansata (advanced analysis method) [1,2].</p>		
12	<p>Curs 13 – <u>Aplicarea analizei de tip push-over la evaluarea performantelor seismice a structurilor in cadre plane si spatiale din beton-armat.</u> Determinarea deplasarii tinta. Influenta distributiei si a caracterului invariabil sau variabil in timp a fortelor seismice laterale pe inaltimea structurii asupra evaluarii performantelor seismice ale structurii. Influenta spectrelor seismice de raspuns, spectre elastic, spectre inelastice. Considerarea efectelor modurilor superioare de vibratie in contextual comportarii neliniare a structurilor. Evaluarea performantelor analizei statice neliniare de tip push-over comparativ cu analizele dinamice</p>		

	complexe de tip "time-history". Integrarea analizei <i>push-over</i> in contextul aplicarii conceptului de proiectare seismica bazat pe performanta pentru structurile in cadre spatiale metalice si din beton armat [1].		
13	Curs 14 - Aplicatii software comerciale in analiza dinamica si statica neliniara . Facilitati generale; Pre-procesarea datelor; Post-procesare. Aplicatiile ABAQUS, GFAS, NEFCAD, ASEP [1,11,12,13,14].		
8.2. Aplicatii (lucrari)		Metode de predare	Observatii
1	Lucrarea 1-3- <u>Analiza sectiunilor in domeniul elasto-plastic</u> . Crearea modelului numeric pentru trasarea curbelor de interactiune plastica a sectiunilor din beton armat, din otel sau compozite otel beton (Aplicatia ASEP): <ul style="list-style-type: none"> - Influenta tensiunilor reziduale asupra raspunsului elasto-plastic a sectiunilor metalice - Trasarea curbelor de interactiune plastica pentru o sectiune de beton armat asimetrica - Trasarea curbelor de interactiune plastica pentru o sectiune de beton armat inelara - Trasarea curbelor de interactiune pentru o sectiune mixta otel (profil I)-beton 	Expunere, aplicatii	Lucrarile vor consta in crearea si rularea unor modele numerice asociate problemelor intilnite in practica curenta de proiectare. Vor fi utilizate aplicatiile software : 1. NEFCAD/ASEP(www.osminchiorean.com); 2. ABAQUS/NONLI NEAR- (www.simulia.com) 3. Perform 3D (Computers and Structures). 4. GFAS www.geostru.com
2	Lucrarea 4-10: Analiza avansata neliniara a structurilor in cadre (elemente de tip bara, elemente de tip shell, elemente de tip brick). Crearea unor modele avansate si determinarea raspunsului neliniar a principalelor structuri de calibrare propuse in literatura de specialitate pentru structuri din otel si compozite otel-beton armat.		
4	Lucrarea 10-14- <u>Evaluarea performantelor seismice a unei structuri in cadre spatiale din beton armat</u> . Vor fi comparate rezultatele analizei push-over cu rezultatele analizei dinamice neliniare „time-history”. Aplicatii NEFCAD; GFAS; ABAQUS, PERFORM 3D.		
Bibliografie			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Chiorean, C.G., Computerised interaction diagrams and moment capacity contours for composite cross sections of arbitrary shapes, Elsevier Science Publisher, Oxford, UK, 2010. 2. Chiorean, C.G., Computer methods for nonlinear inelastic analysis of 3D semi-rigid steel frameworks, Engineering Structures, 31(12), pp. 3016-3033, Elsevier Science Publisher, 2009. 3. CHIOREAN, C.G., Aplicatii software pentru analiza neliniara a structurilor in cadre, Ed. UTPRES, 2006. 4. Chiorean, C.G., Bârsan, G.M., Large deflection distributed plasticity analysis of 3D steel frameworks, Computers & Structures, 83 (19-20), 1555-1571, 2005. 5. Alfano, G., Marmo, F., Rosati, L., <i>An unconditionally convergent algorithm for the evaluation of the ultimate limit state of RC sections subject to axial force and biaxial bending, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 72(6), 924-963, 2007.</i> 6. Rosati, L., Marmo, F., Seroieri, R., <i>Enhanced solution strategies for the ultimate strength analysis of composite steel-concrete sections subject to axial force and biaxial bending, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 197(9-12), 1033-1055, 2008.</i> 7. Avram, C, s.al., <i>Structuri din beton armat-metoda elementelor finite, teoria echivalentelor</i>, Ed. Academiei Romane, 1984. 8. Barsan, G.M., <i>Dinamica si stabilitatea constructiilor</i>, Ed. Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1979. 9. Li, G.Q., Li, J.J., <i>Advanced analysis and design of steel frames</i>, John Wiley & Sons, 2007 10. COOK, R.D., MALKUS, D.S., PLESHA, M.E., <i>Concepts and applications of finite element analysis</i>, John Wiley&Sons, 1996. 11. CHIOREAN, C.G., http://bavaria.utcluj.ro/~ccosmin: Metoda elementului finit. Note de curs online. 2009. 12. CHIOREAN, C.G., http://bavaria.utcluj.ro/~ccosmin GFAS, NEFCAD, ASEP- Manuale de utilizare, 2009. 			

13. GFAS, Geostru software, www.geostru.com
14. ABAQUS, Dessault Systems, www.simulia.com
15. PERFEORM 3D, Computers and Structures, 2007.
16. Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance, January, 2003, European Committee for Standardization, 2003.
17. FEMA 356 — Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, 2000.

Reviste:

[International Journal of Computers and Structures](#)

[International Journal of Engineering Structures](#)

[International journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering.](#)

[Journal of Structural Engineering.](#)

9. Coroborarea continuturilor disciplinei cu asteptarile reprezentantilor comunitatii epistemice, asociatiilor, profesionale si angajatori din domeniul aferent programului

Competentele achizitionate vor fi necesare absolventilor care-si vor desfasoara activitatea in cadrul firmelor de proiectare, in ciclurile de studiu superioare (masterat ani superiori si doctorat)

10. Evaluare

Tip activitate	10.1	Criterii de evaluare	10.2	Metode de evaluare	10.3	Ponderea din nota finala
Curs		Prezentarea teoretica a doua probleme (subiecte) din lista de subiecte discutate pe durata cursului.		Proba orala–durata evaluarii 5 ore		70%
Aplicatii		Rezolvarea problemelor primite cadrul orelor de laborator		Proba orala durata 1 ora		30%
10.4 Standard minim de performanta						
Obtinerea notei 5 pentru fiecare subiect (teorie si aplicatii)						

Data completarii
aprilie 2012

Titularul de Disciplina
prof dr ing Cosmin G Chiorean

Responsabil de curs
prof dr ing Cosmin G Chiorean

Data avizarii in departament
.....

Director departament
.....