

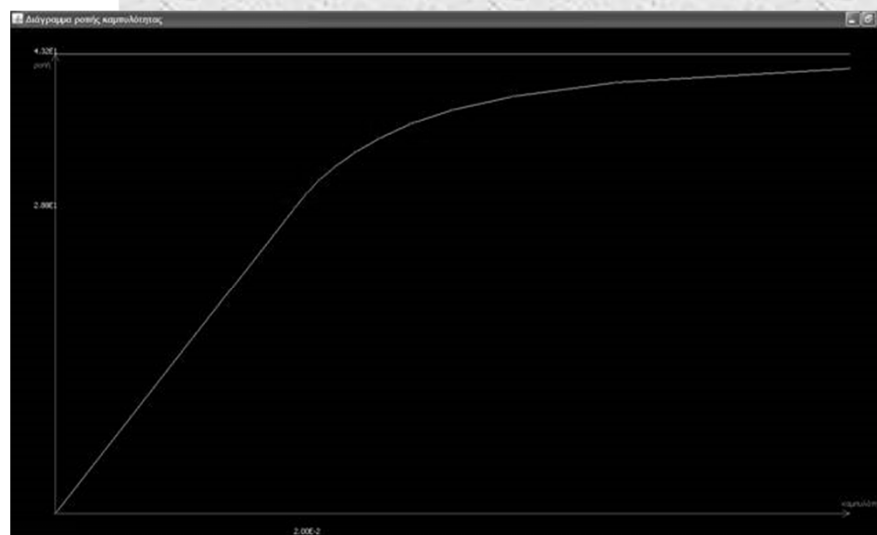
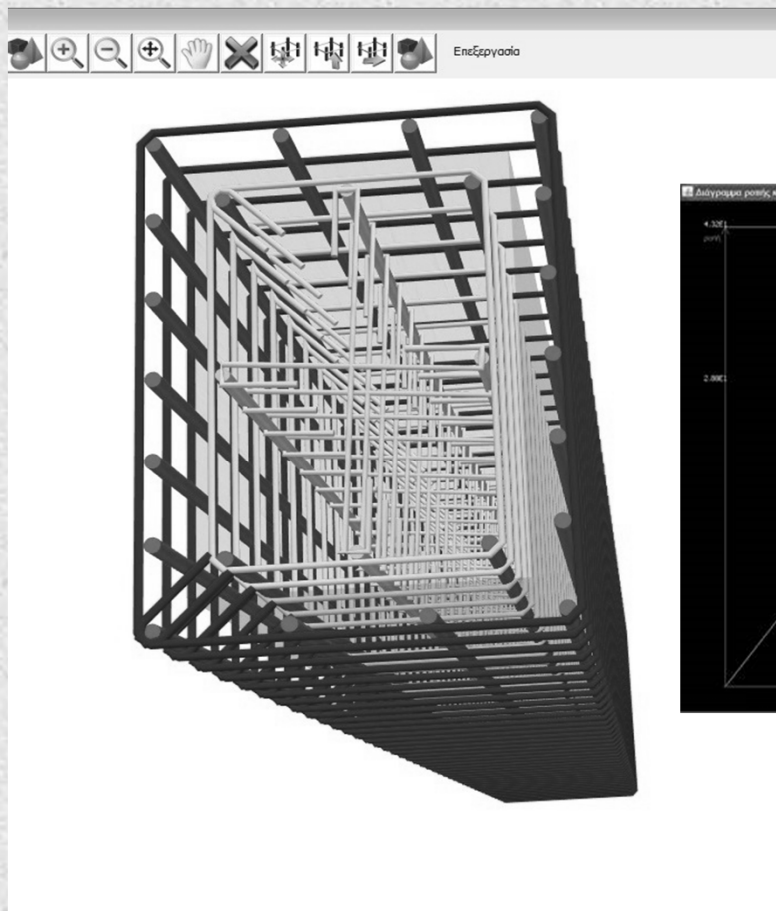
OpenSEES

Open System for Earthquake Engineering Simulation

Αναγνωστοπούλου Β., Ζέρης Χ.

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

OpenSEES – Παράδειγμα – Ανάλυση διατομής Ο.Σ. με διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων

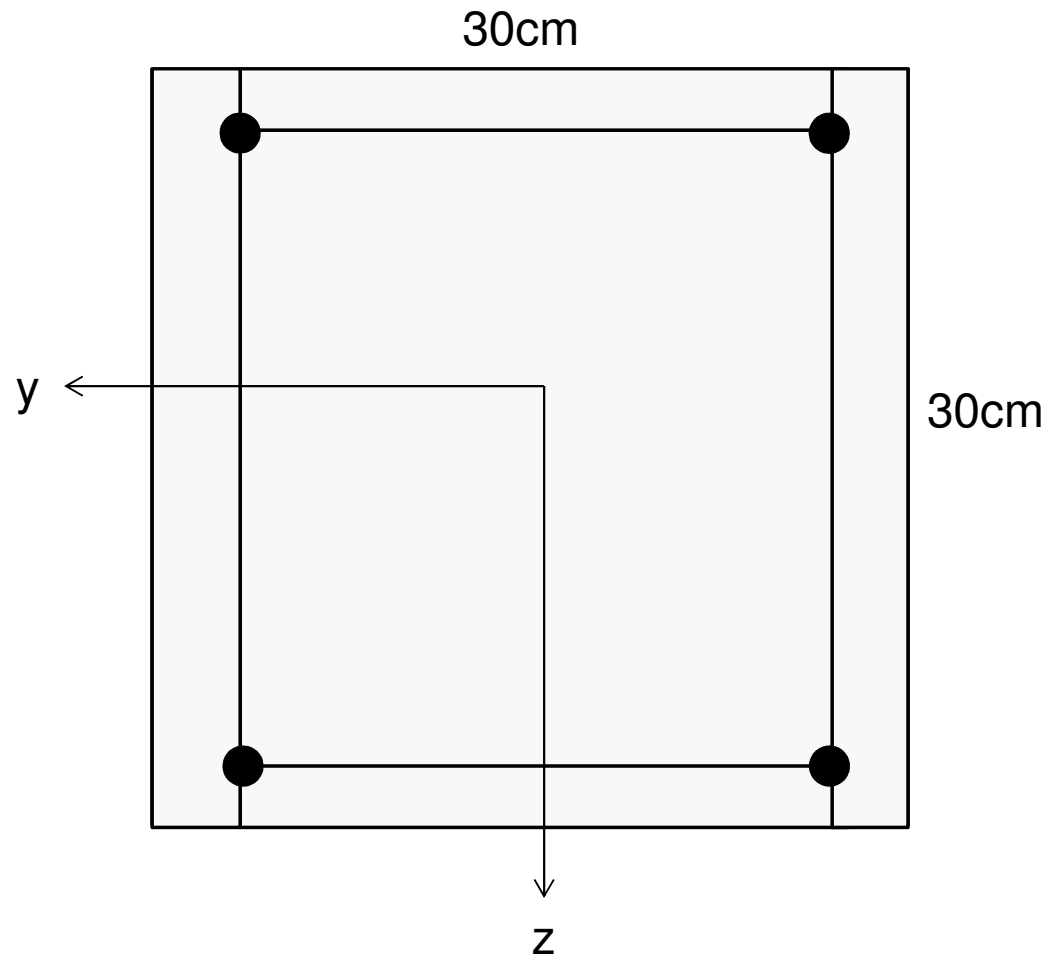


OpenSEES – Παράδειγμα – Ανάλυση διατομής Ο.Σ. με διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων

wipe

#units m, kN, sec

model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3



OpenSEES – Παράδειγμα – Ανάλυση διατομής Ο.Σ. με διάγραμμα ροπών - καμπυλότητων

DATA

set fyk 500000. ; # xarakteristiki antoxi diarrois xaluva

set fck 20000. ; # xarakteristiki thliptiki antoxi kylindrou : PROSOXI prepei na einai > 0.0

set ec0 0.002 ; # epsilon 0

set ecu_star 0.0035 ; # megisti anoigmeni paramorfws

set gammas 1.00

set gammac 1.00

set fck 20000

set fcd [expr \$fck/\$gammac]

set acc 0.85 ; # alpha concrete

#concrete#

**#uniaxialMaterial Concrete01 1 -[expr \$acc*\$fck/\$gammac] -\$ec0 -[expr
\$acc*\$fck/\$gammac+1.] -\$ecu_star**

uniaxialMaterial Concrete01 1 -[expr \$acc*20000] -0.002 -[expr \$acc*20000] -0.0035

#steel#

#uniaxialMaterial Steel01 2 [expr \$fyk/\$gammas] 2000000000.0 0.0

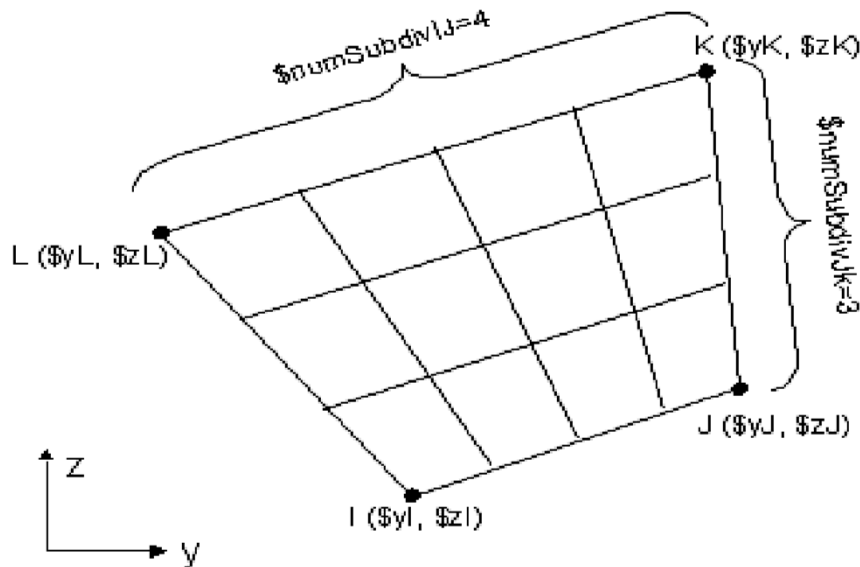
uniaxialMaterial Steel01 2 500000.0 2000000000.0 0.0

OpenSEES

Section Command

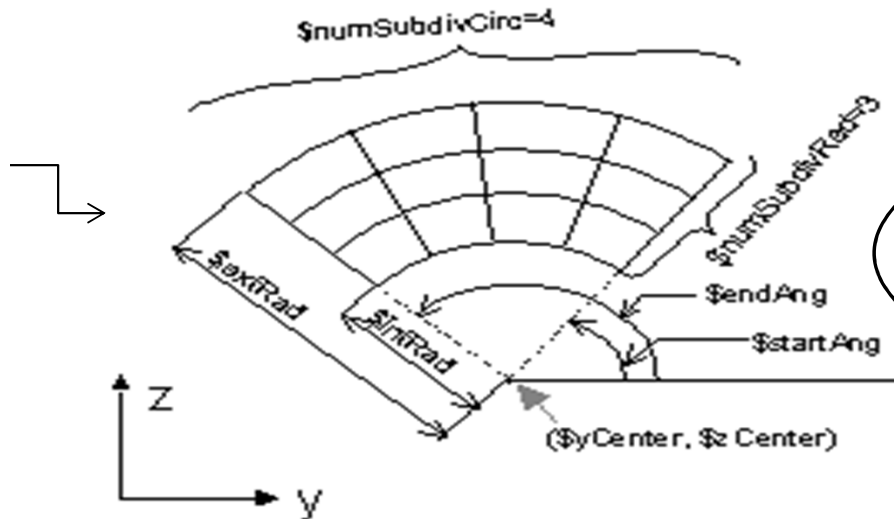
- **Elastic Section** – γραμμική ελαστική σχέση ροπών-καμπυλοτήτων
- **Uniaxial Section** - σχέση ροπών-καμπυλοτήτων καθορισμένη από τον χρήστη
- **Fiber Section** - ορισμός γεωμετρίας και υλικών διατομής από τον χρήστη, μέσω της διακριτοποίησης σε επιμέρους στοιχεία ινών

section Fiber \$secTag {fiber <fiber arguments> patch <patch arguments> layer <layer arguments>}

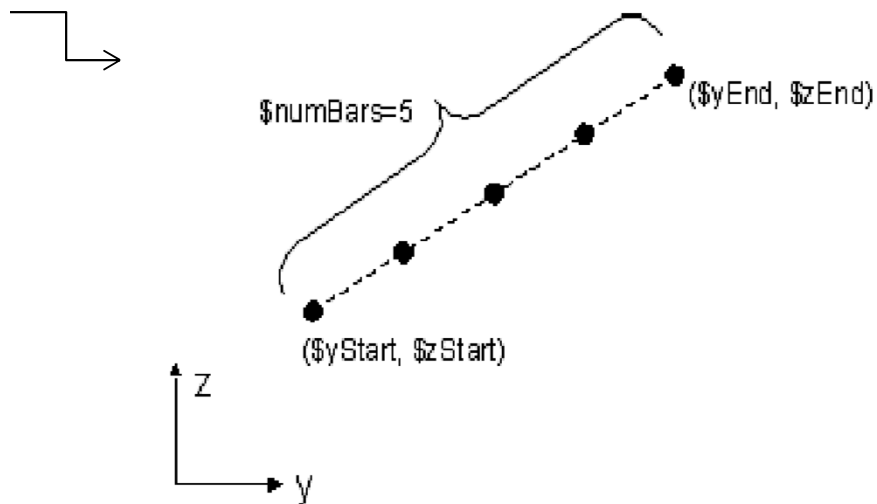


patch quad \$matTag
\$numSubdivIJ \$numSubdivJK \$yI
\$zI \$yJ \$zJ \$yK \$zK \$yL \$zL

OpenSEES Section Command fiber section



patch circ \$matTag \$numSubdivCirc
\$numSubdivRad \$yCenter \$zCenter
\$intRad \$extRad <\$startAng
\$endAng>



layer straight \$matTag \$numBars
\$areaBar \$yStart \$zStart \$yEnd
\$zEnd

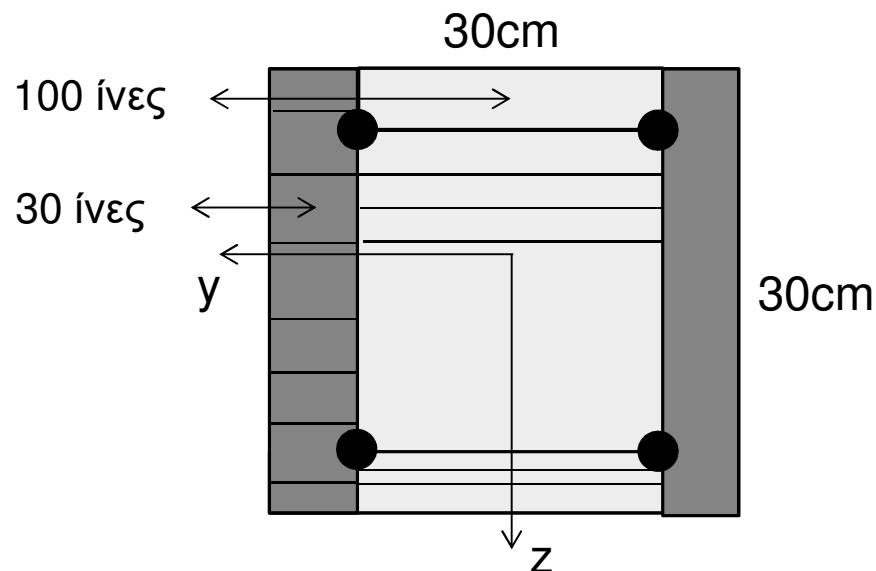
OpenSEES – Παράδειγμα – Ανάλυση διατομής Ο.Σ. με διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων

```
#geometria diatomis#  
set width 0.30  
set depth 0.30
```

```
#orismos diatomis#  
set sectag 1  
section Fiber 1 {
```

```
patch quad 1 1 30 -0.15 0.15 -0.15 -0.15 -0.12 -0.15 -0.12 0.15  
patch quad 1 1 30 0.12 0.15 0.12 -0.15 0.15 -0.15 0.15 0.15  
patch quad 1 1 100 -0.12 0.15 -0.12 0.12 0.12 0.12 0.12 0.15  
patch quad 1 1 100 -0.12 -0.12 -0.12 -0.15 0.12 -0.15 0.12 -0.12  
patch quad 1 1 100 -0.12 0.12 -0.12 -0.12 0.12 -0.12 0.12 0.12  
layer straight 2 1 0.00045 0.12 -0.12 0.12 0.12  
layer straight 2 1 0.00045 0.12 0.12 -0.12 0.12  
layer straight 2 1 0.00045 -0.12 -0.12 -0.12 0.12  
layer straight 2 1 0.00045 0.12 -0.12 -0.12 -0.12
```

```
}
```



OpenSEES – Παράδειγμα – Ανάλυση διατομής Ο.Σ. με διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων

```
source MomentCurvature.tcl  
set Nd 300  
#ypologismos ropwn-kampulotitwn MomentCurvature.tcl#  
set P -$Nd  
puts " Analysi gia aksoniko $Nd kN"  
set maxK 0.09  
set numIncr 100  
#procMomentCurvature  
MomentCurvature $sectag $P $maxK $numIncr  
puts "finish section analysis"
```


OpenSEES – Παράδειγμα – Διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων

```
#analysi diatomis#
```

```
#segTag
```

```
#axialLoad -- to axoniko fortio pou efarmozetai stin diatomi ( (-) einai i thlipsi)
```

```
#maxK -- i megisth kampulotita kata tin diarkeia tis analisis
```

```
#numIncr -- arithmos epanalipsewn gia tin epiteuksi tou megistou K (default 100)
```

```
#section$secTag.out ... i ropi katagrafetai stin stili 1, i kampulotita stin stili 2
```

```
proc MomentCurvature {secTag axialLoad maxK numIncr}
```

```
# orise duo komvous sto (0,0)
```

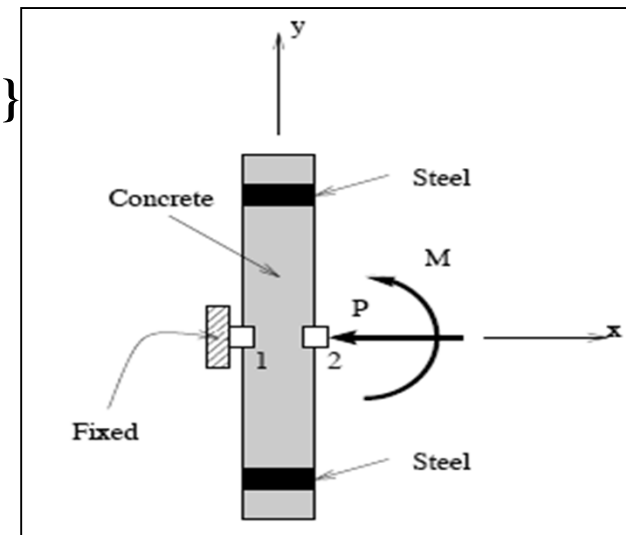
```
node 1 0.0 0.0
```

```
node 2 0.0 0.0
```

```
#desmeyse olous tous vathmous eleutherias ston komvo 1 kai ton vathmo eleutherias kata y  
ston komvo 2
```

```
fix 1 1 1 1
```

```
fix 2 0 1 0
```



OpenSEES – Παράδειγμα – Διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων

orismos stoxeiwn

ndI ndJ secTag
element zeroLengthSection 1 1 2 \$secTag

#

recorders

recorder Node -file section\$secTag.out -time -node 2 -dof 3 disp ; # lf kai istoria 1/r

recorder Element -file sectionf\$secTag.out -time -ele 1 force ; # lf kai istoria N,V,M
(node 1), N,V,M (node 2)

recorder Element -file sectionfiber\$secTag.out -time -ele 1 deformations ; # lf kai
istoria epsilon(0,0)

orismos aksonikou fortiou

pattern Plain 1 Constant {
 load 2 \$axialLoad 0.0 0.0
}

OpenSEES

Element Command

Elements :

- 
- Truss Element
 - Corotational Truss Element
 - **Elastic Beam Column Element.....→**
 - **NonLinear Beam-Column Elements→**
 - Beam With Hinges Element
 - Displacement-Based Beam-Column Element
 - Zero-Length Elements
 - Quadrilateral Elements
 - Brick Elements
 - FourNodeQuadUP Element
 - BeamColumnJoint Element

OpenSEES

Element Command

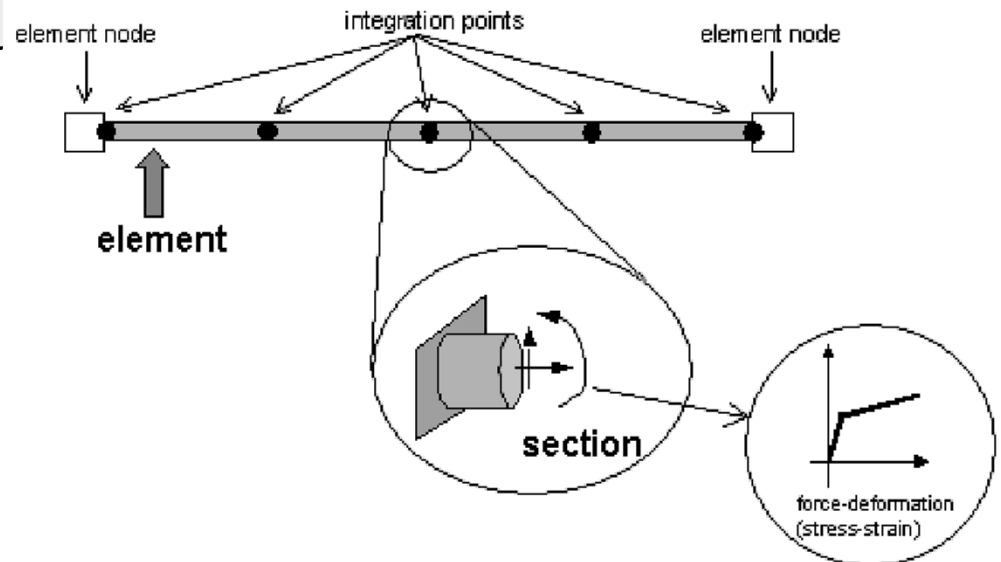
Elastic Beam Column Element :

- $2D$: `element elasticBeamColumn $eleTag $iNode $jNode $A $E $Iz $transfTag`
- $3D$: `element elasticBeamColumn $eleTag $iNode $jNode $A $E $G $J $Iy $Iz $transfTag`

Nonlinear Beam Column Element: *στοιχείο κατανεμημένης βλάβης*

`element nonlinearBeamColumn $eleTag $iNode $jNode $numIntgrPts $secTag $transfTag`

————→ $\$numIntgrPts$:
*αριθμός σημείων ολοκλήρωσης
στοιχείου (Gauss Points)*



OpenSEES

Pattern Command

Επιβολή φορτίων στον φορέα

```
pattern Plain $patternTag (TimeSeriesType arguments) {  
  load (load-command arguments)  
  sp (sp-command arguments) (single-point constraint )  
  eleLoad (eleLoad-command arguments)  
}
```

```
load $nodeTag (ndf $LoadValues)
```

```
sp $nodeTag $DOFtag $DOFvalue
```

π.χ.

```
pattern Plain 1 Linear {  
  load 3 0.0 -$Pdl 0.0 0.0 0.0 -$Mdl  
  load 4 0.0 -$Pdl 0.0 0.0 0.0 +$Mdl  
  sp 1 2 -0.001  
}
```

OpenSEES

Pattern Command

- Uniformly-distributed load:

eleLoad -ele \$eleTag1 <\$eleTag2> -type -beamUniform \$Wy \$Wz <\$Wx>

- Point load:

eleLoad -ele \$eleTag1 <\$eleTag2> -type -beamPoint \$Py \$Pz \$xL <\$Px>

Π.χ.

```
pattern Plain 1 Linear {  
  sp 1 2 -0.001  
  eleLoad -ele 3 -type -beamUniform [expr - $Weight/$LBeam]  
}
```

OpenSEES

Recorder Command

Recorder types:

Node:

- Node

recorder Node -file nodeD.out -node 2 -dof 1 2 3 disp
- EnvelopeNode : *δίνει αποτελέσματα για την min, max και την |max| ποσότητα μιας απόκρισης κόμβου. (ίδια σύνταξη με recorder Node)*

Element/section/fiber:

- Element

recorder Element -file ele.out -ele 1 2 forces
- EnvelopeElement : *καταγράφει αποτελέσματα για την απόκριση ενός συνόλου στοιχείων σε κάθε βήμα σύγκλισης. (ίδια σύνταξη με recorder Element)*

OpenSEES – Παράδειγμα – Διάγραμμα ροπών - καμπυλοτήτων

#analysis

integrator LoadControl 0.01

system BandGeneral

test NormDispIncr 1.0e-3 200 1

numberer RCM

constraints Plain

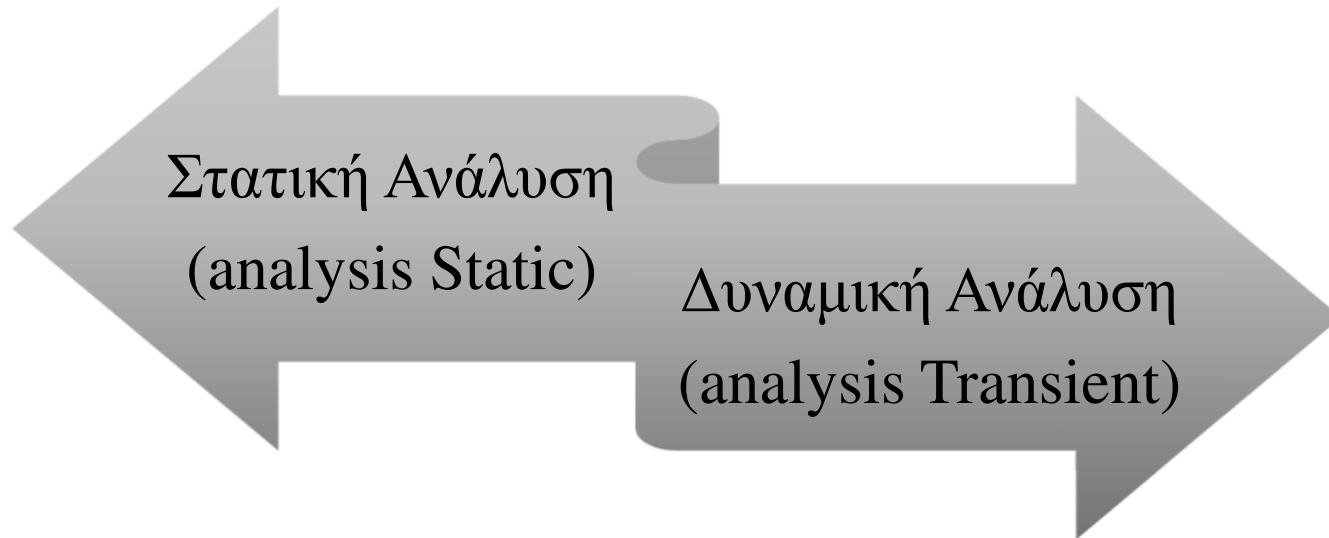
algorithm Newton

analysis Static

analyze 100

OpenSEES

Ανάλυση (Analysis)



constraints type? args...

numberer type? args...

algorithm type? args...

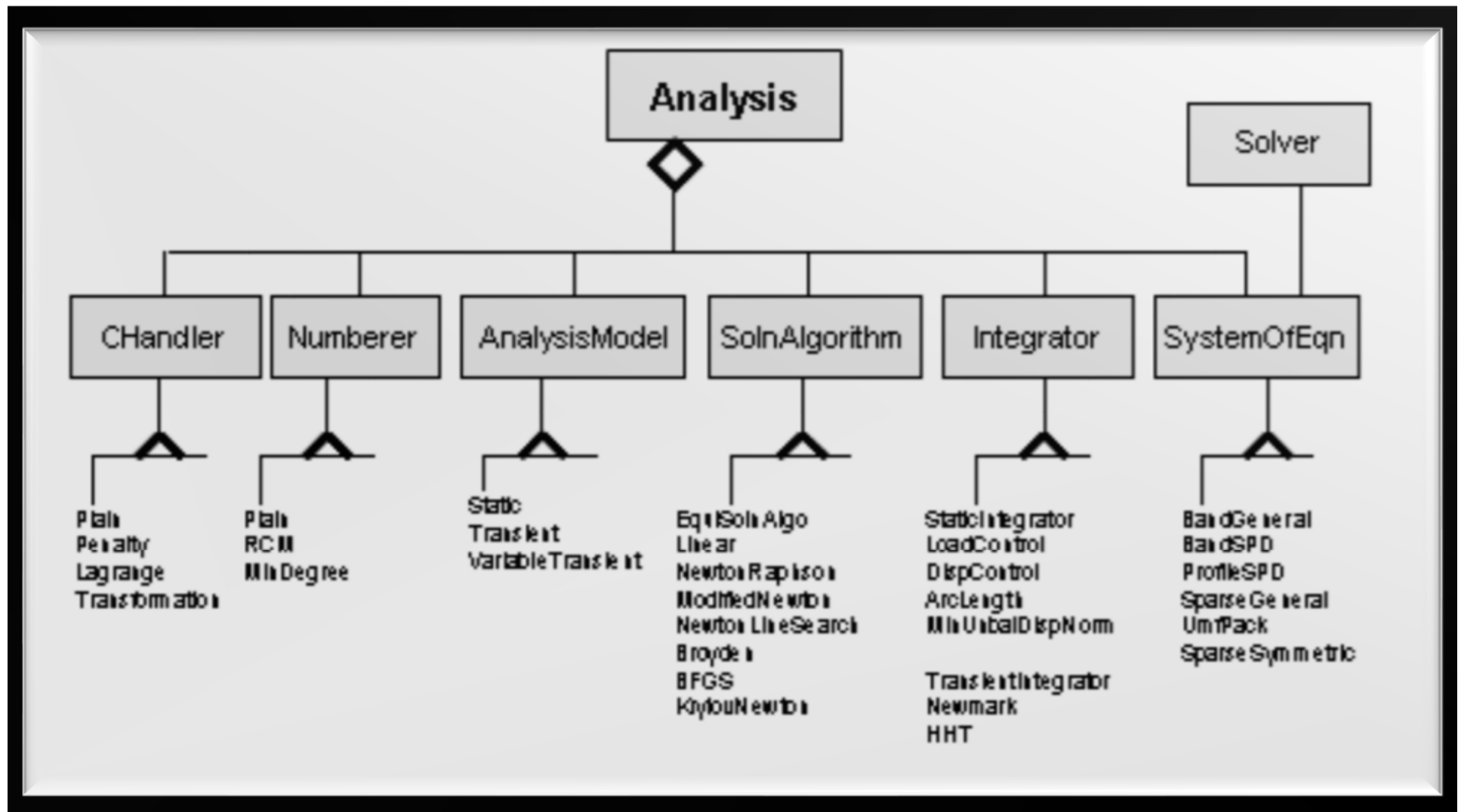
integrator type? args...

system type? args...

analysis type? args...

analyze args ...

OpenSEES



OpenSEES

Ανάλυση (Analysis)

Παράδειγματα

- **Static Nonlinear Analysis with LoadControl**

constraints Transformation
numberer RCM
system BandGeneral
test NormDispIncr 1.0e-6 10 2
algorithm Newton
integrator LoadControl 0.1
analysis Static
analyze 10

- **Transient Nonlinear Analysis with Newmark**

constraints Transformation
numberer RCM
system BandGeneral
test NormDispIncr 1.0e-6 10 2
algorithm Newton
integrator Newmark 0.5 0.25
analysis Transient
analyze 2000 0.01

OpenSEES – Παράδειγμα – Διάγραμμα ροπών - καμπυλότητων

#orismos ropis

```
pattern Plain 2 Linear {  
  load 2 0.0 0.0 1.0  
}
```

#ypologise to pososto auxisis tis kampulotitas

```
set dK [expr $maxK/$numIncr]
```

#xrisimopoiise ton elegxo metatopisewn ston komvo 2 kai ston vathmo eleutherias 3 gia thn
analysis tis diatomis

```
#           $node $dof $incr
```

```
integrator DisplacementControl 2 3 $dK
```

#analusi

```
analyze $numIncr  
}
```

OpenSEES

Αποτελέσματα (Output Specifications)

puts command : *εκτυπώνει δεδομένα στην οθόνη ή σε συγκεκριμένο αρχείο*

puts <\$fileID> \$string

- puts "periods of the frame are: \$T"
- set filoutput "Output.txt" [open \$filoutput w]
- puts \$filoutput "model BasicBuilder -ndm 3 -ndf 6" }

print command : *εκτυπώνει όλες τις πληροφορίες σχετικά με ένα πεδίο*

print < -file \$fileName > < -node \$nd1 \$nd2... > < -ele \$ele1 \$ele2... >

print -node 3

recorder command

recorder \$type \$arg1 \$arg→