

**ESERCITAZIONI DEL CORSO DI
PROGETTAZIONE ASSISTITA DELLE STRUTTURE
MECCANICHE
REV.: 02 DEL 11/11/2002**

Organizzazione di un modello ad EF

- Definizione dei nodi
- Definizione degli elementi (tipo e connessione)
- Proprietà del materiale
- Vincoli
- Carichi

Struttura del programma ANSYS

Ambiente di base (BEGIN)

- Gestione files
- Comandi di sistema

Pre-processor (PREP7)

- Definizione “mesh”
- Prop. materiale
- Vincoli
- Carichi

Solutore (SOLU)

- Vincoli
- Carichi
- Opzioni soluzione
- Soluzione

Post-processor (POST1, POST26)

- Analisi risultati
 - grafica
 - tabulare
- Comb. carico

Tipica sessione di lavoro ANSYS

Ambiente di base (BEGIN)

/PREP7

FINISH

/SOLU

FINISH

/POST1

FINISH

FINE

Pre-processor
(PREP7)

Preparazione
modello

Solutore
(SOLU)

Soluzione

Post-processor
(POST1, POST26)

Analisi
risultati

Modalità di lavoro in ANSYS

Interattiva



Introduzione
comandi diretta
da tastiera



Selezione comandi
da ambiente a
finestre

“Batch”



Scrittura dei
comandi in un
file di testo

- esecuzione immediata comandi
- preferibile per piccoli modelli/apprendimento

- esecuzione comandi in sequenza durante la lettura del file
- preferibile per grossi modelli
- parametrizzazione

Creazione modello in ANSYS

Manuale/diretta



Introduzione diretta
nodi ed elementi

- utile per apprendimento e per interventi di correzione sul modello
- comandi che facilitano la definizione di “mesh” regolari

Modellatore solido



Definizione della geometria
del pezzo e sua suddivisione
automatica in elementi

- utile per geometrie complesse
- possibile interfaccia con programmi CAD
- minore controllo sulla disposizione degli elementi

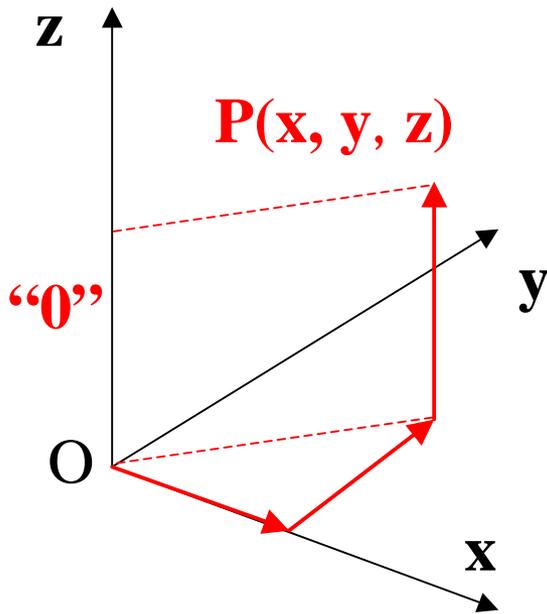
Sistemi di riferimento in ANSYS/1

Il programma utilizza diversi SR, ciascuno dei quali ha una funzione specifica. In particolare è necessario conoscere il SR secondo vengono interpretate le grandezze in Ingresso/Uscita

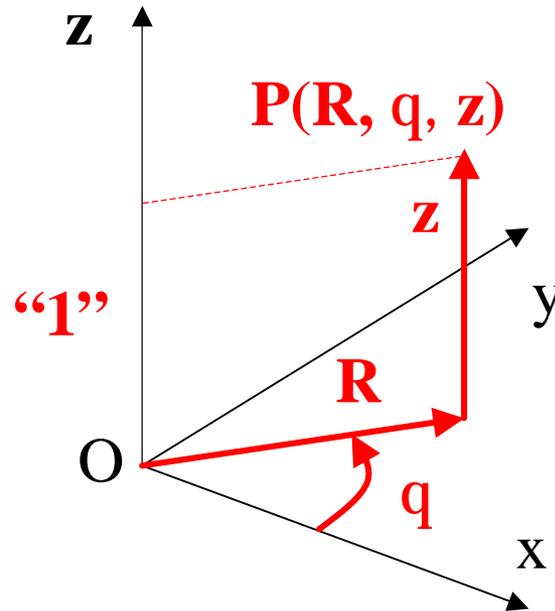
- Sistemi GLOBALI
- Sistemi LOCALI
- Sistemi NODALI
- Sistemi di ELEMENTO

SISTEMI GLOBALI (GLOBAL COORDINATE SYSTEMS)

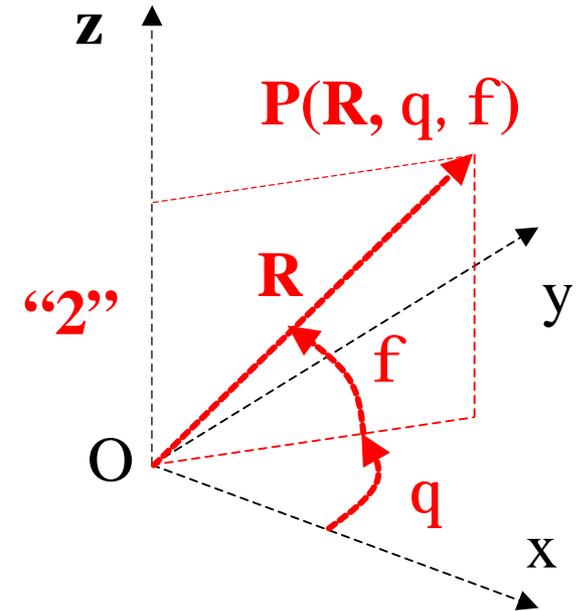
- 3 SR predefiniti aventi la stessa origine ed identificati da un numero



CARTESIANO



CILINDRICO



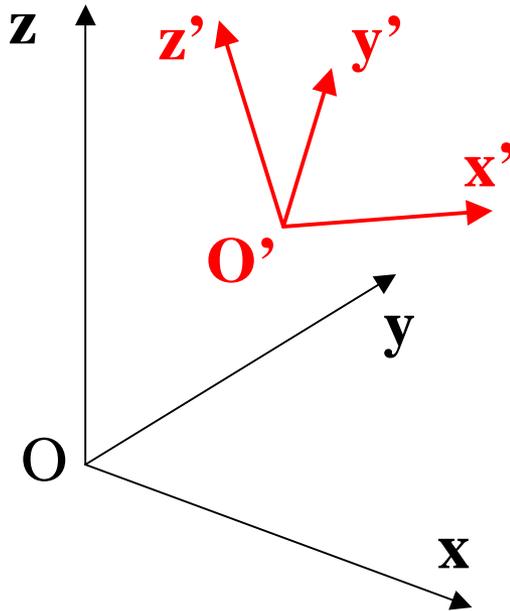
SFERICO

USO:

- Introduzione coordinate nodali e parametri geometrici

SISTEMI LOCALI (LOCAL COORDINATE SYSTEMS)

- SR definiti dall'utente, che può controllare:
 - origine
 - tipo (cartesiano, cilindrico, sferico)
 - rotazione assi rispetto ai SR globali

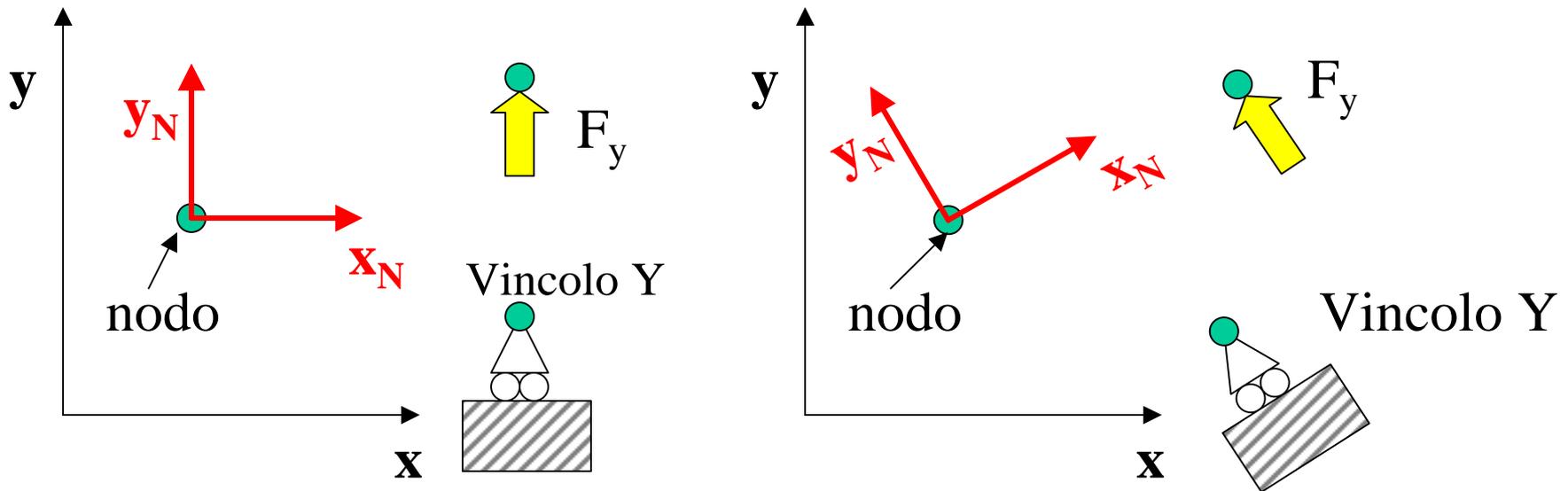


USO:

- Introduzione coordinate nodali e parametri geometrici

SISTEMI NODALI (NODAL COORDINATE SYSTEMS)

- SR cartesiani aventi origine nel nodo di appartenenza
- per “default” gli assi sono paralleli a quelli del SR cartesiano globale
- possono essere ruotati (comando NROTAT) al fine di introdurre carichi o vincoli secondo direzioni inclinate

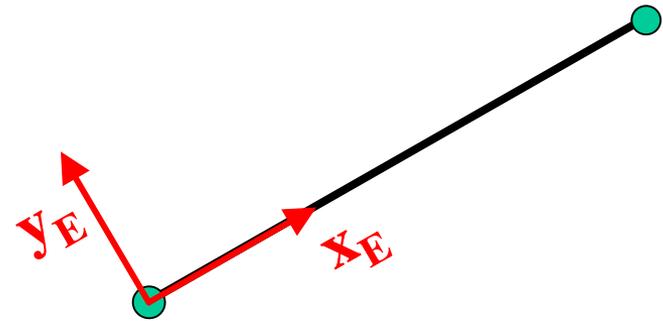
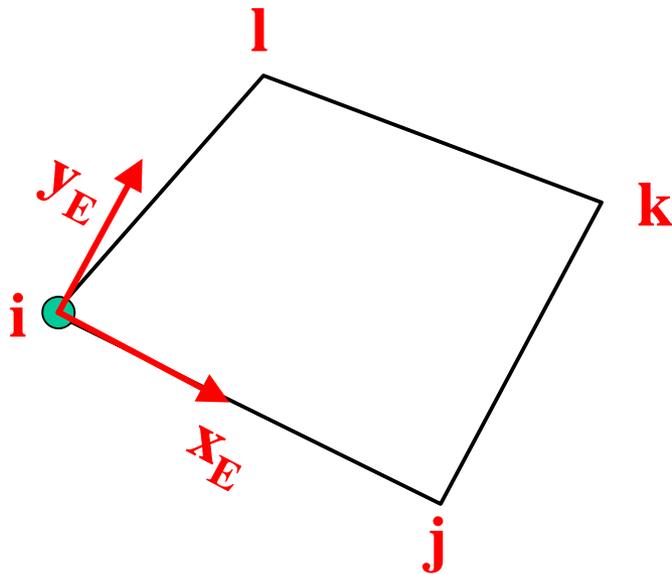


USO:

- Introduzione vincoli e carichi concentrati

SIST. DI ELEMENTO (ELEMENT COORDINATE SYSTEMS)

- SR cartesiani definiti per ogni elemento
- dipendono da:
 - tipo elemento
 - orientazione elemento
 - scelte utente



USO:

- Introduzione prop. materiale e carichi distribuiti

STRUTTURA COMANDI ANSYS

COMANDO, par. 1, par.2, par. 3, par. 4,



DENOMINAZIONE
COMANDO

COMANDI DI USO GENERALE

/PREP7

/SOLU

/POST1

/POST 26



INGRESSO NEI DIVERSI
AMBIENTI DI LAVORO

FINISH

USCITA DAGLI AMBIENTI DI
LAVORO

/TITLE, titolo in caratteri alfanumerici

ATTRIBUISCE UN TITOLO AL MODELLO

INSERIMENTO NODI/1

Inserimento nodo singolo

N, n° nodo, X, Y, Z o (R, q, Z) (R, q, f)

Esempio:

N,1,10,10

N,5,20,10

Inserimento nodi aggiuntivi tra nodi esistenti

FILL, nodo iniziale, nodo finale

Esempio:

FILL,1,5

INSERIMENTO NODI/2

Visualizzazione coordinate nodi

NLIST, nodo iniziale, nodo finale

Esempio:

NLIST,1,5

NLIST,2,4

Cancellazione nodi

NDELE, nodo iniziale, nodo finale

NDELE,ALL

Esempio:

NDELE,1,2

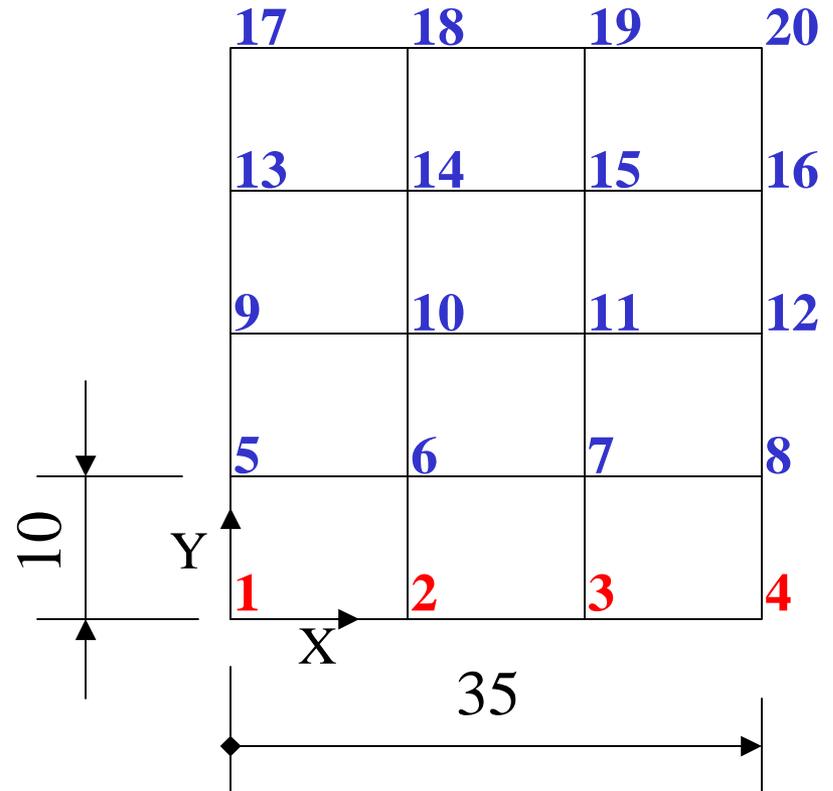
NDELE,ALL

INSERIMENTO NODI/3

Generazione insiemi di nodi :

NGEN, n° ins., incr., nodo in., nodo fin., passo, Dx, Dy, Dz, Rapp.

```
N, 1,  
N, 4, 35  
FILL,1,4  
NGEN, 5, 4, 1, 4,,0,10
```



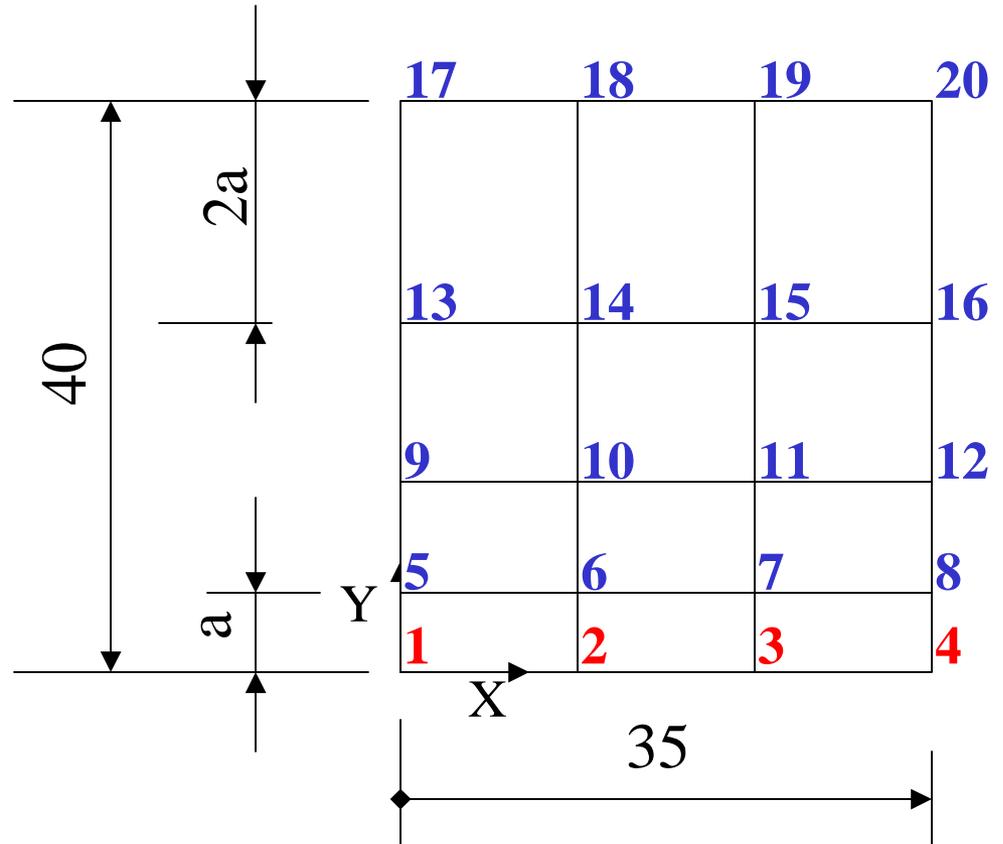
INSERIMENTO NODI/4

Generazione insiemi di nodi :

NGEN, n° ins., incr., nodo in., nodo fin., passo, Dx, Dy, Dz, Rapp.

NDELE, 5, 20

NGEN, 5, 4, 1, 4,,0,10,0,2



SISTEMI DI RIFERIMENTO/1

Cambio sistema di riferimento :

CSYS, n° SR

CSYS,1

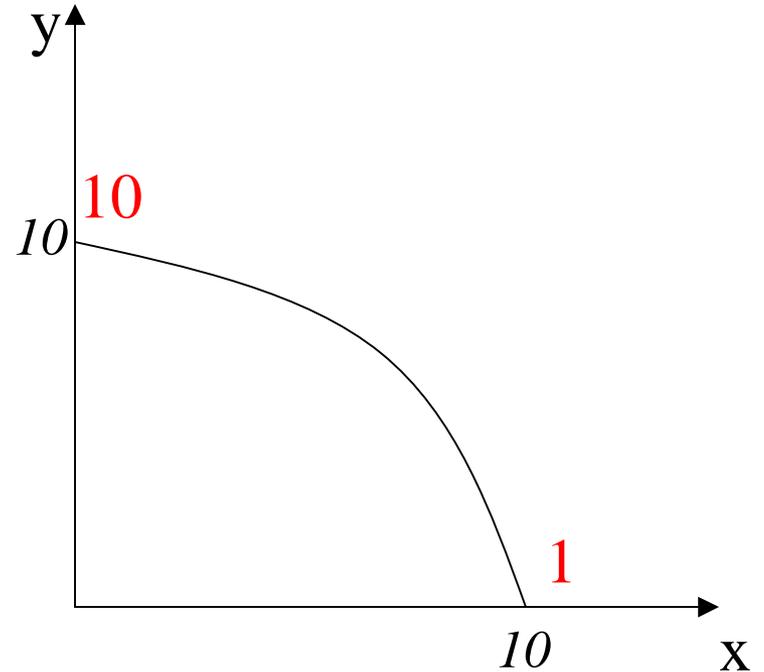
N,1,10

N,10,10, 90

FILL,1,10

CSYS,0

FILL,1,10



SISTEMI DI RIFERIMENTO/2

Creazione sistema di riferimento locale:

LOCAL, n° SR, tipo, X₀, Y₀, Z₀

N,1,0,10

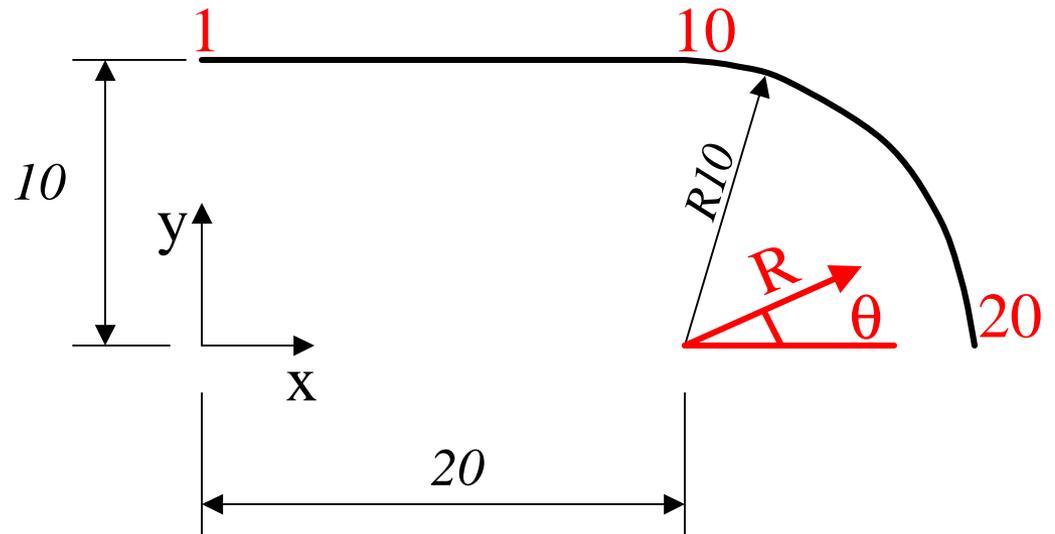
N,10,20,10

FILL,1,10

LOCAL,11,1,20,0,0

N,20,10,0

FILL,10,20



INTRODUZIONE ELEMENTI/1

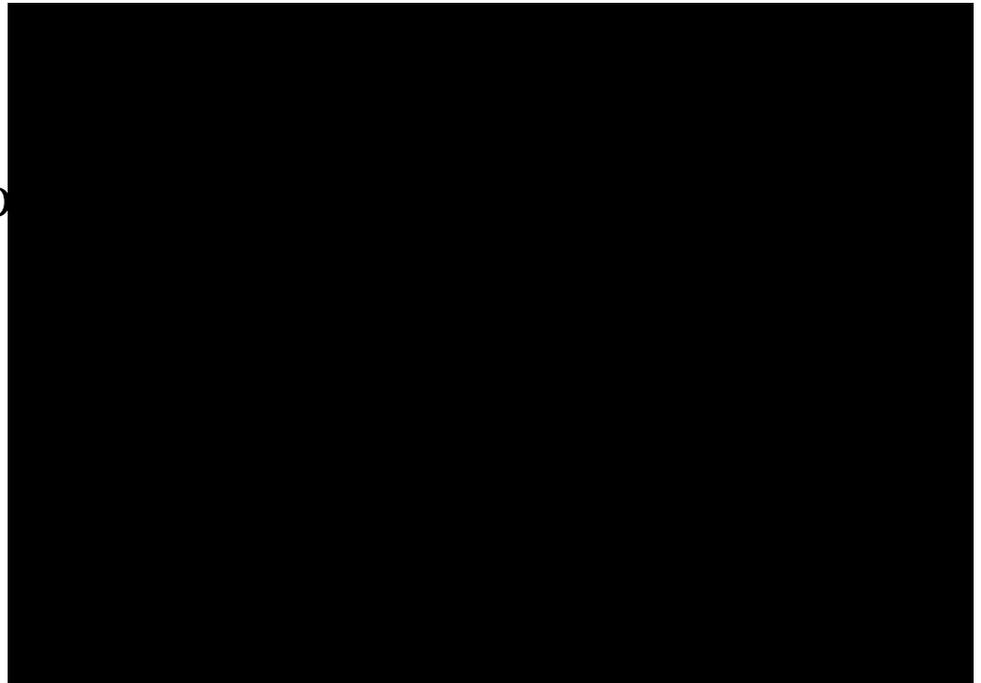
Per ogni elemento è disponibile una scheda che ne illustra le caratteristiche

Definizione tipi di elemento da usare :

ET, n° id., n° libreria, Keyopt 1, Keyopt 2,....

ET,1,42 (plane stress)

ET,1,42,,1 (assialsimmetrico)



INTRODUZIONE ELEMENTI/2

Introduzione elemento:

E, nodo I, nodo J, nodo K, nodo L,....

===

nodi

===

E,1,2,6,5

Generazione elementi:

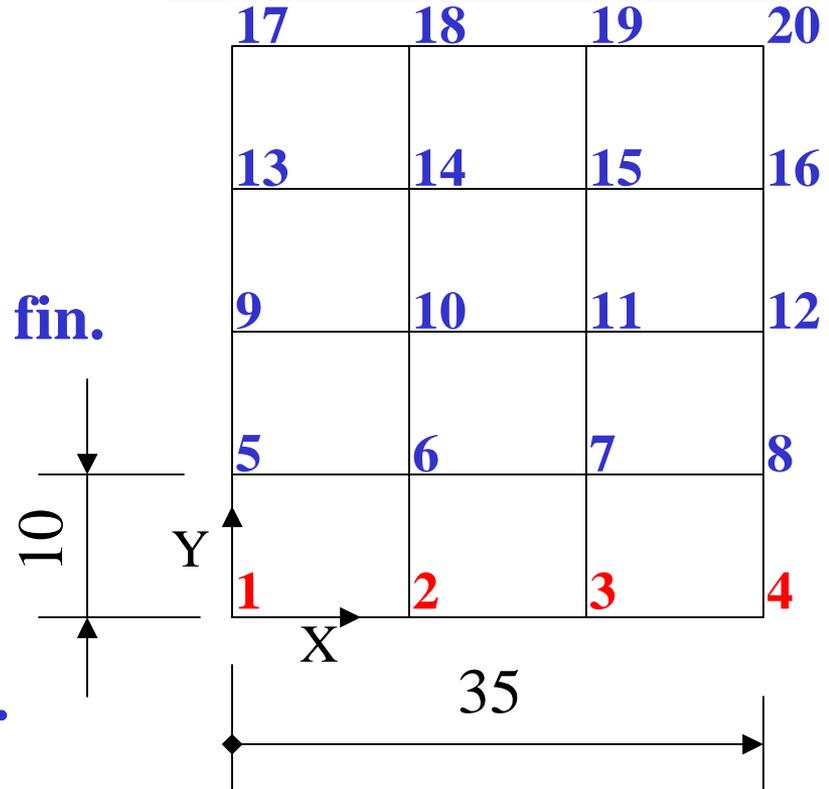
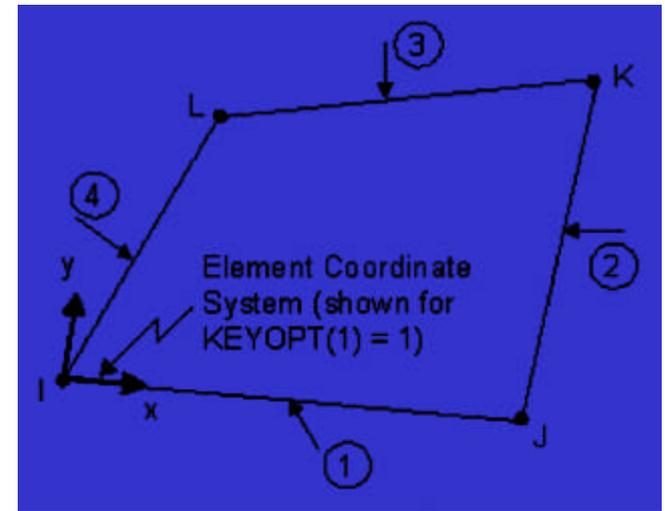
EGEN, n° ins., incr., elem. in., elem. fin.

EGEN,3,1,1

EGEN,4,4,1,3

Cancellazione(lista) elementi:

EDELE (ELIST), elem. in., elem. fin.



INTRODUZIONE ELEMENTI/3

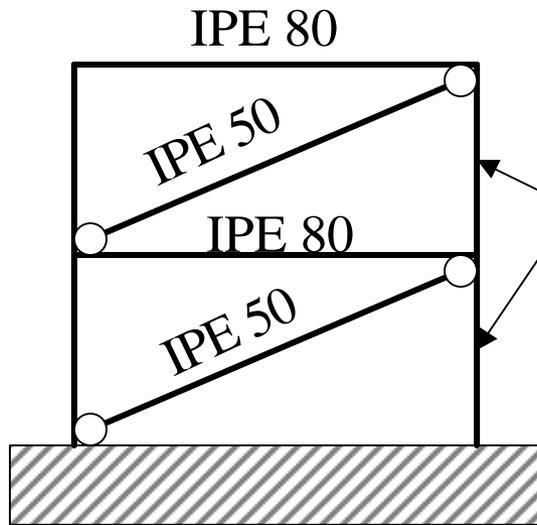
Le proprietà geometriche richieste per gli elementi (real constants) sono indicate sulla scheda (Es. sezione e momenti di inerzia per le travi).

Introduzione proprietà Geometriche (real constants)

R, n° id., valore 1, valore 2, valore 3,....

R,1,2

INTRODUZIONE ELEMENTI/4



I diversi tipi e “Real constants” devono essere attivati prima di introdurre gli elementi

ET,1,3 (trave nel piano)

ET,2,1 (asta nel piano)

R,1, Caratt. IPE 100

R,2, Caratt. IPE 80

R,3, Caratt. IPE 50

TYPE,1

REAL,1

--

E,::: (Introd. colonne vert.)

--

REAL,2

--

E,... (Introd. travi impalcato)

--

TYPE,2

REAL,3

--

E,... (Introd. aste diagonali)

PROPRIETÀ MATERIALE

Introduzione proprietà materiale

MP, proprietà, n° mat., valore 1, valore 2, valore 3,....

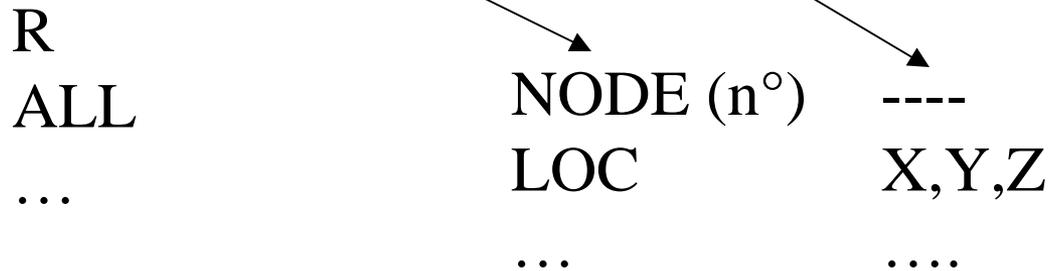
MP,EX,1,210000

SELEZIONE NODI (elementi)

E' possibile rendere attiva solo una parte del modello. I comandi con ALL si applicano alla sola parte attiva.

Selezione nodi

NSEL, tipo selez., criterio, sottocriterio, valore min., valore max.



NSEL, ,LOC,Y,-0.01,0.001

Selezione elementi

ESEL, tipo selez., criterio,

VINCOLI

Introduzione vincoli

UX, UY, UZ,
ROTX; ROTY, ROTZ,
ALL

D, n° nodo, g.d.l., valore

```
NSEL,ALL
```

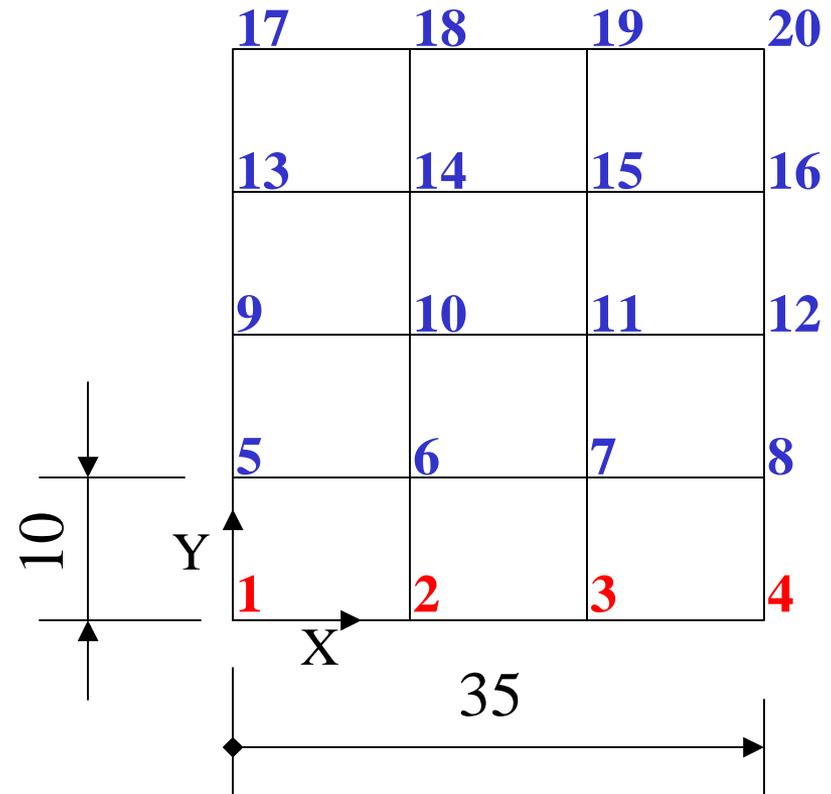
```
D,1,UX, 0
```

```
NSEL,,LOC,Y,-0.1,0.001
```

```
D,ALL,UY,0
```

Cancellazione vincoli

DDELE, n° nodo, g.d.l.



CARICHI/1

Introduzione carichi concentrati

$F_X, F_Y, F_Z,$
 $M_X, M_Y, M_Z,$

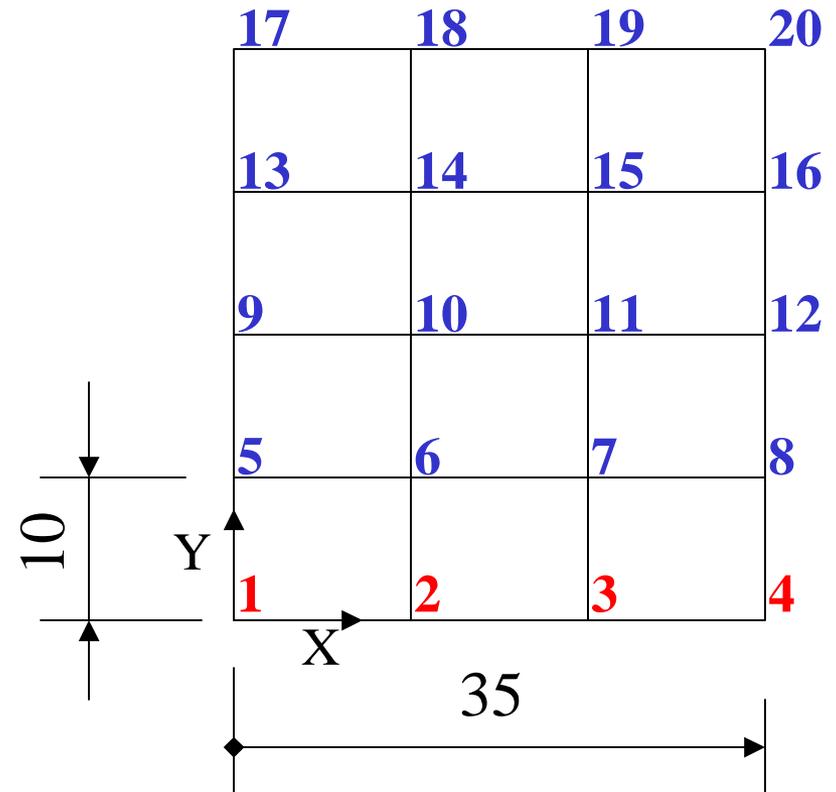
$F, n^\circ \text{ nodo, g.d.l., valore}$

$F, 18, F_Y, 10$

$F, 19, F_X, -10$

Cancellazione carichi concentrati

$FDELE, n^\circ \text{ nodo, g.d.l.}$



CARICHI/2

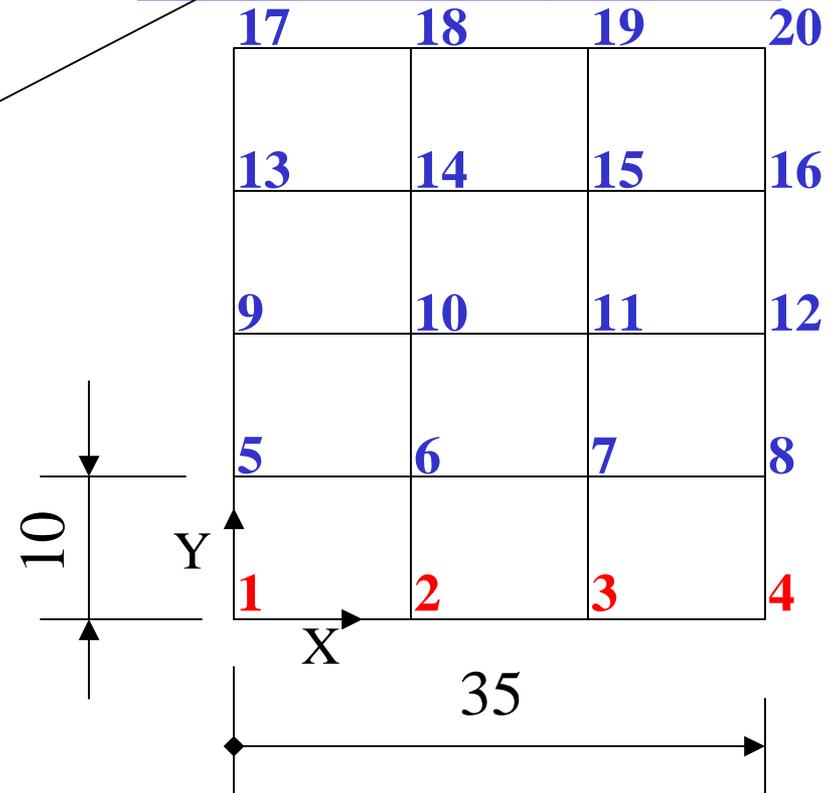
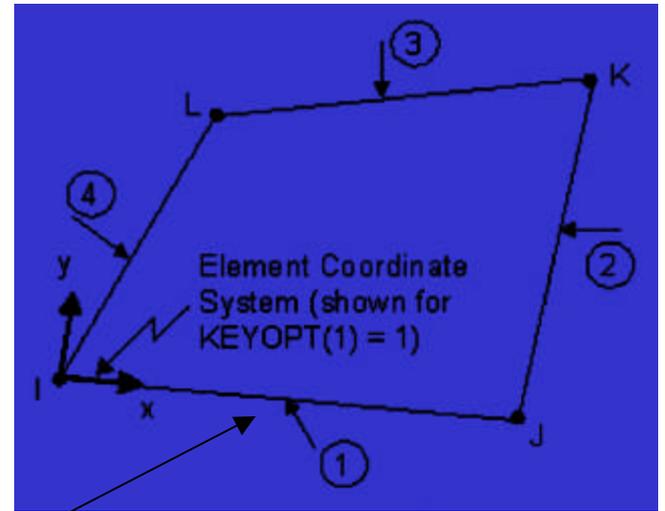
Introduzione carichi distribuiti

SF, ALL, PRES, valore

```
NSEL,,LOC,Y,39.99,41
```

```
SF,ALL,PRES,-10
```

Verso positivo
dato sulla scheda
elemento



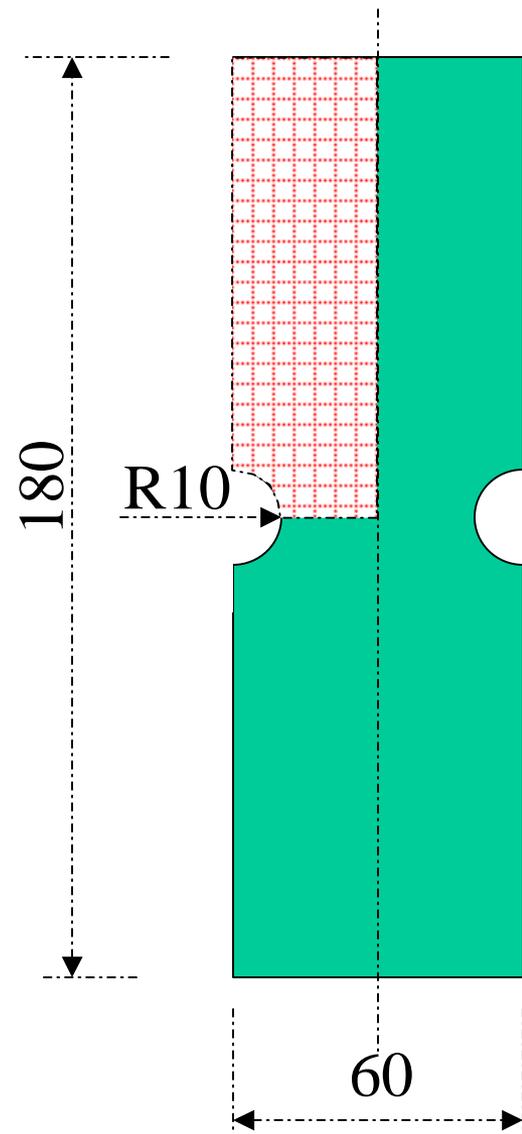
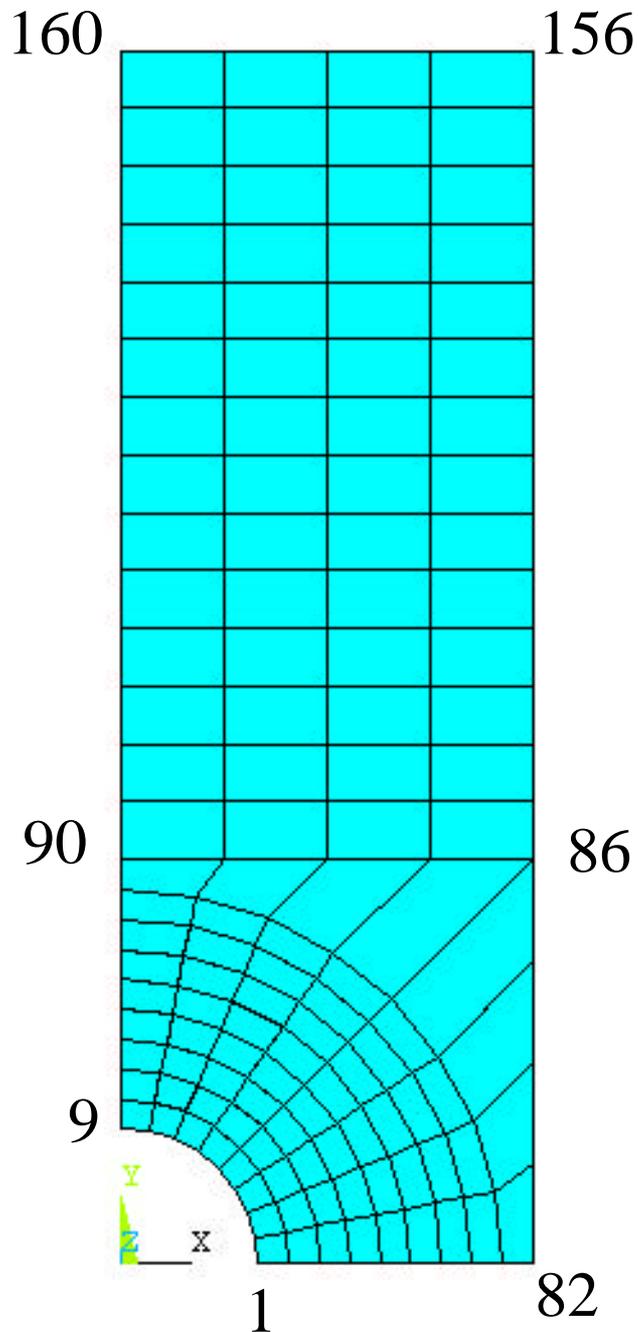
SOLUZIONE

/FINISH	Esce dal Pre-processore
/SOLU	Entra nel solutore
SOLVE	Risolve
FINISH	Esce dal solutore
/POST1	Entra nel post-processore
PLDISP,1	
PLNSOL,S,Y	

```

CSYS,1
N,1,10
N,9,10,90
FILL,1,9
NGEN,9,9,1,9,,20/9
N,82,30
CSYS,0
N,86,30,30
N,90,0,30
FILL,82,86
FILL,86,90
NGEN,15,5,86,90,,0,60/14
ET,1,42
E,1,2,11,10
EGEN,8,1,1
EGEN,9,9,1,8
E,86,87,92,91
EGEN,4,1,-1
EGEN,14,5,-4
NSEL,,LOC,Y,-1,0.001
D,ALL,UY,0
NSEL,,LOC,X,29.99,31
D,ALL,UX,0
NSEL,,LOC,Y,89.99,91
SF,ALL,PRES,-10

```



USO DI FILES DI COMANDI

Files di comandi: files di testo contenenti i comandi di ANSYS
Possono essere scritti con un qualunque editore in grado di trattare testi in formato ASCII (Es. Notepad)

VANTAGGI:

- Possibilità di intervenire sul file per correggere il modello
- Parametrizzazione: i valori numerici nei comandi possono essere sostituiti da variabili su cui è possibile operare con un linguaggio di programmazione (calcoli, operazioni logiche, cicli, subroutines, etc.); in tal modo diviene possibile usare lo stesso file per ottenere:
 - “mesh” parametriche per una geometria data
 - geometrie parametriche in grado di rappresentare intere famiglie di componenti

LINGUAGGIO PARAMETRICO/1

```
C*** RESET MODELLO
```

```
FINISH
```

```
/CLEAR
```

```
/PREP7
```

```
C*** PARAMETRI
```

```
A=35 ! LATO A
```

```
B=40 ! LATO B
```

```
C*** INTR. NODI
```

```
N,1,
```

```
N,4,A
```

```
FILL,1,4
```

```
NGEN,5,4,1,4,,0,B/4
```

```
C*** INTR. ELEMENTI
```

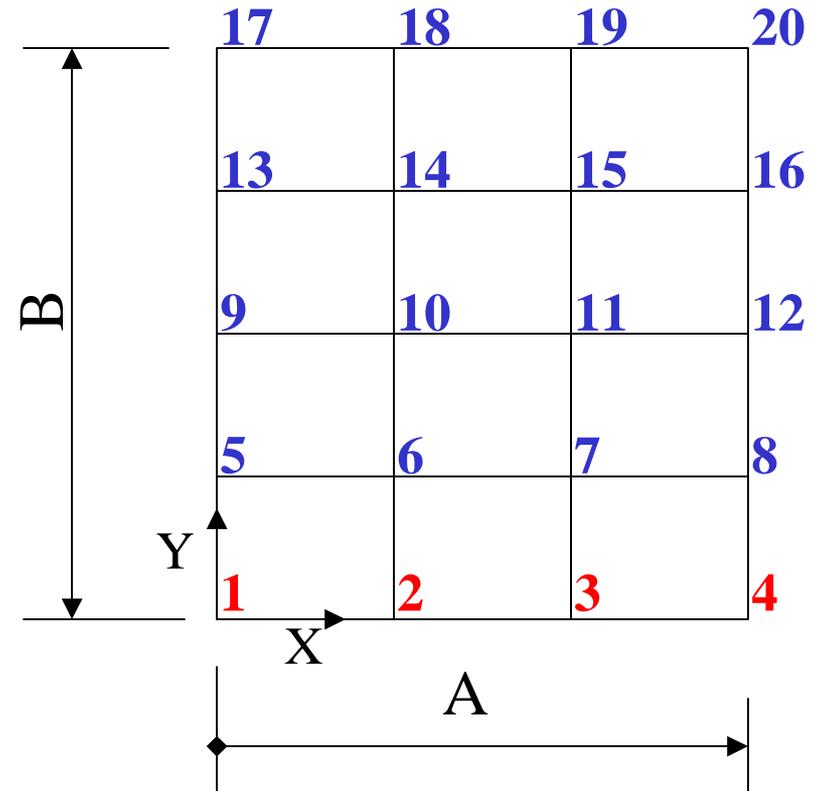
```
ET,1,42
```

```
E,1,2,6,5
```

```
EGEN,3,1,1
```

```
EGEN,4,4,-3
```

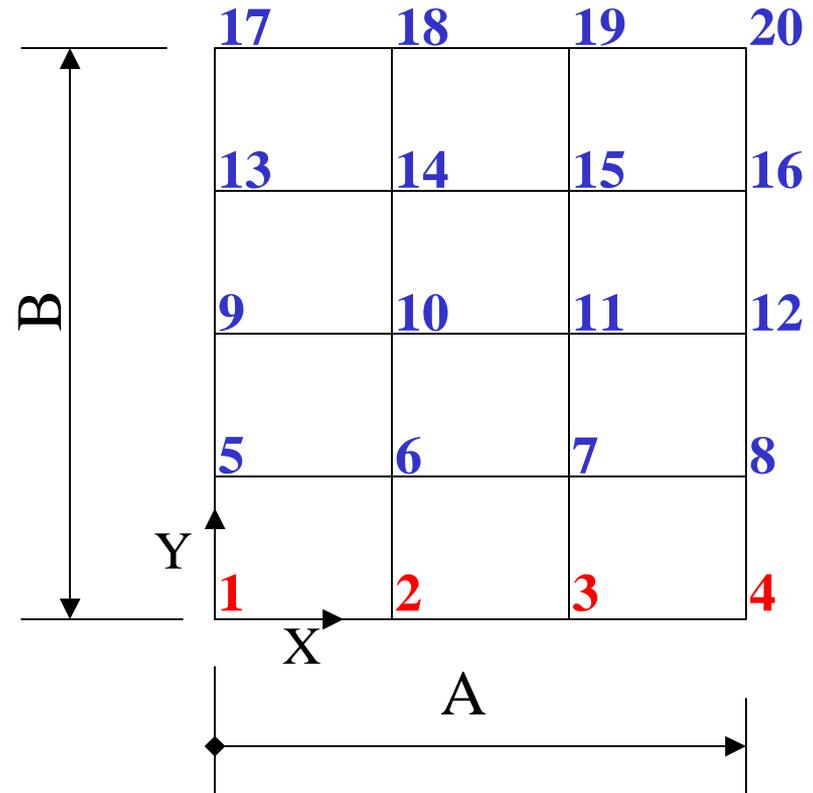
PARAMETRIZZAZIONE
DIMENSIONI



LINGUAGGIO PARAMETRICO/2

```
C*** RESET MODELLO
FINISH
/CLEAR
/PREP7
C*** PARAMETRI
A=35  !LATO A
B=40  !LATO B
NA=3  !N° ELEM. LATO A
NB=4  !N° ELEM. LATO B
C*** INTR. NODI
N,1,
N,NA+1,A
FILL,1,NA+1
NGEN,NB+1,NA+1,1,NA+1,,0,B/NB
C*** INTR. ELEMENTI
ET,1,42
E,1,2,NA+3,NA+2
EGEN,NA,1,1
EGEN,NB,NA+1,-NA
```

PARAMETRIZZAZIONE
“MESH”



LINGUAGGIO PARAMETRICO/3

Input parametri:

***ASK, Var., Messaggio, “default”**

```
C*** RESET MODELLO
FINISH
/CLEAR
/PREP7
C*** PARAMETRI
*ASK,A,LATO A,35
*ASK,B,LATO B,40
*ASK,NA,N° ELEMENTI LATO A,3
*ASK,NB,N° ELEMENTI LATO B,4
C*** INTR. NODI
N,1,
N,NA+1,A
FILL,1,NA+1
NGEN,NB+1,NA+1,1,NA+1,,0,B/NB
C*** INTR. ELEMENTI
ET,1,42
E,1,2,NA+3,NA+2
EGEN,NA,1,1
EGEN,NB,NA+1,-NA
```

LINGUAGGIO PARAMETRICO/4

Istruzioni logiche:

***IF, EXPR. 1, OPER, EXPR. 2, THEN**

=

***ELSEIF, EXPR. 3, OPER, EXPR. 4**

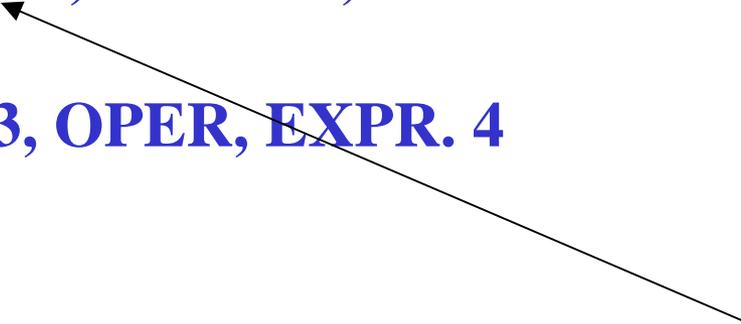
=

***ELSE**

=

***ENDIF**

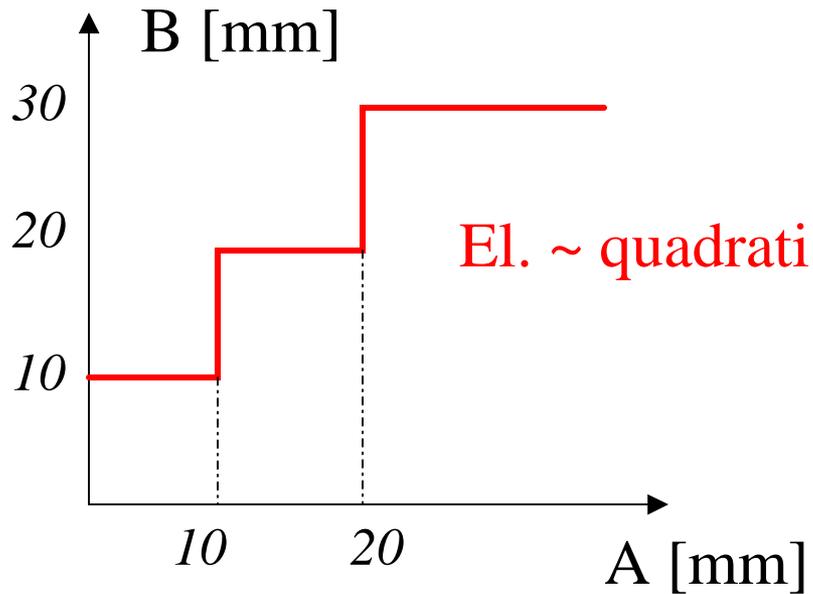
EQ, LE, GT, GE



Arresto esecuzione file di comandi:

/EOF

LINGUAGGIO PARAMETRICO/5



FINISH

/CLEAR

/PREP7

C*** PARAMETRI

*ASK,A,LATO A,35

*ASK,NA,N° ELEMENTI LATO A,3

*IF,A,LE,10,THEN

B=10

*ELSEIF,A,LE,20

B=20

*ELSE

B=30

*ENDIF

NB=NINT(NA*B/A)

C*** INTR. NODI

N,1,

===

===

LINGUAGGIO PARAMETRICO/6

Istruzioni di salto condizionato ed incondizionato:

***IF, Expr. 1, OPER, Expr. 2, Label**

oppure

***GO, Label**

=

:Label  **:ABCD...**

Esempio:

***IF,A,LE,10,:Lab1**

=

***GO,:LAB2**

:LAB1

=

:LAB2

LINGUAGGIO PARAMETRICO/7

Istruzioni di esecuzione ciclica:

***DO, VAR, VAL. IN., VAL. FIN., PASSO**

=

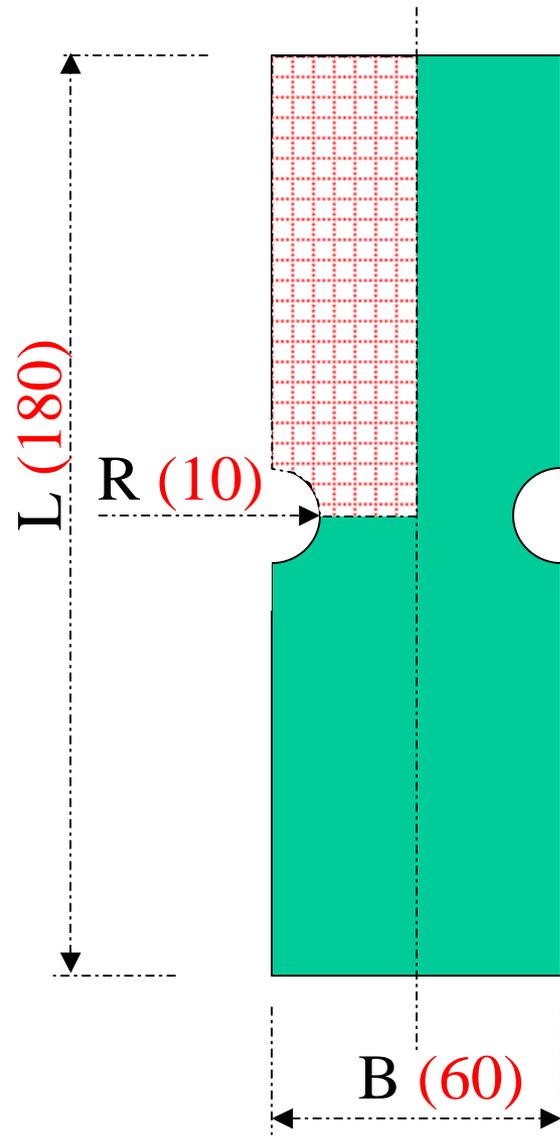
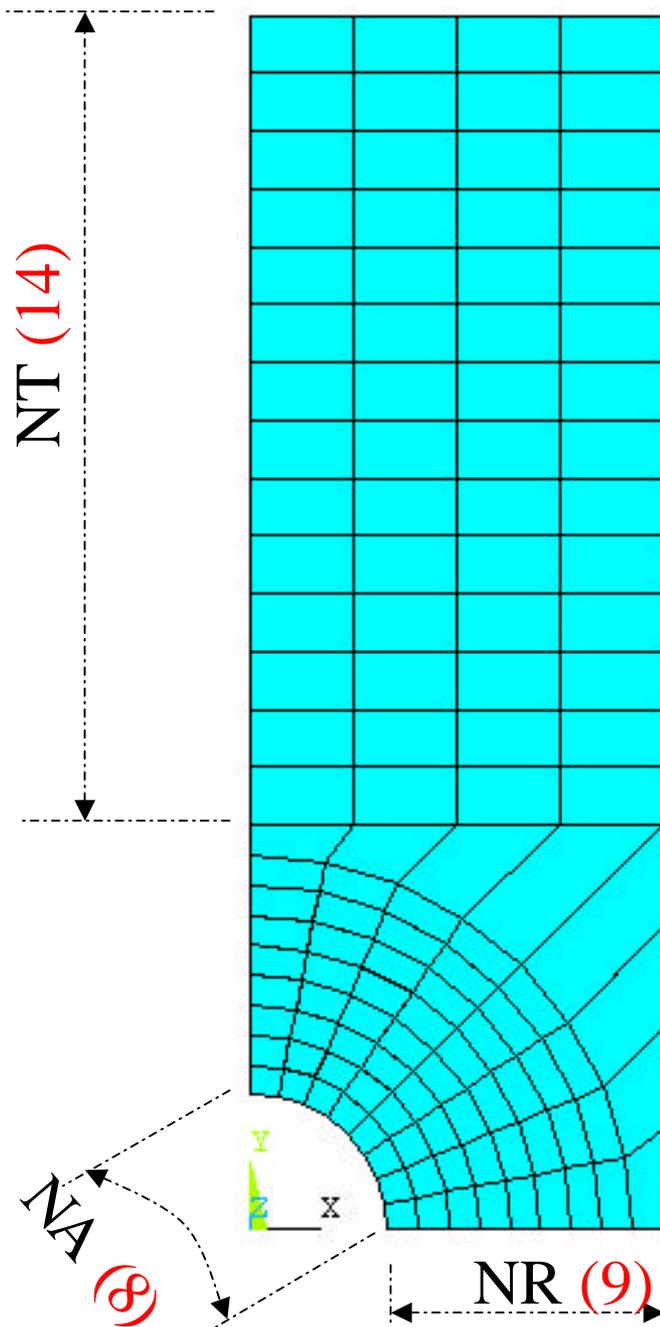
=

***ENDDO**

```

CSYS,1
N,1,10
N,9,10,90
FILL,1,9
NGEN,9,9,1,9,,20/9
N,82,30
CSYS,0
N,86,30,30
N,90,0,30
FILL,82,86
FILL,86,90
NGEN,15,5,86,90,,0,60/14
ET,1,42
E,1,2,11,10
EGEN,8,1,1
EGEN,9,9,1,8
E,86,87,92,91
EGEN,4,1,-1
EGEN,14,5,-4
NSEL,,LOC,Y,-1,0.001
D,ALL,UY,0
NSEL,,LOC,X,29.99,31
D,ALL,UX,0
NSEL,,LOC,Y,89.99,91
SF,ALL,PRES,-10

```



Istruzioni modello parametrico lastra con intaglio

```
!Lastra con Intaglio
!Modello parametrico
!
finish
/clear
/filename,Lastra_intaglio
/title,Calcolo del Kt per la lastra
!
!INTRODUZIONE DEI PARAMETRI
!
B=60      ![mm] larghezza della lastra (>2R)
L=180     ![mm] lunghezza della lastra (>B)
T=3       ![mm] spessore della lastra
R=10      ![mm] raggio di raccordo dell'intaglio
!
NR=9      ! n.ro di elem. lungo la larghezza
NT=14     ! n.ro di elem. lungo la lunghezza
NA=8      ! n.ro di elem. lungo il raccordo (pari!)
!
!CREAZIONE DEI NODI
!
/prep7
n1=1 $ n2=NA+1 $ csys,1 $ n,n1,R
n,n2,R,90 $ fill,n1,n2
ngen,NR,n2,1,n2,1,(B/2-R)/NR
n3=nR*(NA+1)+1 $ n,N3,B/2 $
csys,0 $ n4=n3+NA/2 $ n5=n4+NA/2
n,n4,B/2,B/2 $ n,n5,0,B/2 $ fill,n3,n4
fill,n4,n5 $ ngen,NT+1,NA/2+1,n4,n5,1,0,(L-B)/2/NT
```

```
!CREAZIONE DEGLI ELEMENTI
!
*if,T,eq,0,then $ et,1,42,,0
*else $ et,1,42,,,3 $ r,1,T $ *endif
mp,ex,1,210000
!
e,n1,n1+1,n2+2,n2+1
egen,NA,1,1          $ egen,NR,NA+1,1,NA
e,n4,n4+1,n5+2,n5+1
egen,NA/2,1,-1 $ egen,NT,NA/2+1,-NA/2
!
!VINCOLI
!
nset,,loc,y,0 $ d,all,uy,0
nset,,loc,x,B/2 $ d,all,ux,0
!
!CARICHI
!
nset,,loc,y,L/2 $ sf,all,pres,-10
!
allsel
/eof
```

(! = Commento
\$ = a capo)

MODELLAZIONE SOLIDA

Definizione della geometria
del pezzo



Suddivisione automatica in
elementi

DEFINIZIONE GEOMETRIA/1

ELEMENTI COSTITUTIVI DI UN MODELLO SOLIDO

- PUNTI (KEYPOINTS)
- LINEE (LINES)
- SUPERFICI (AREAS)
- VOLUMI (VOLUMES)

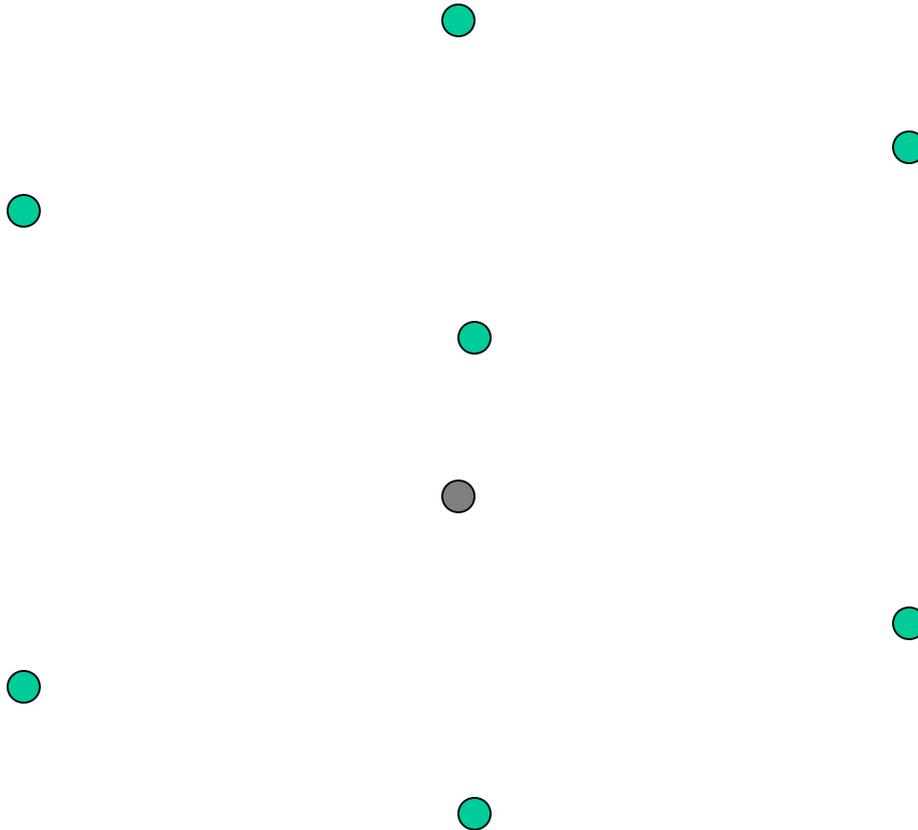
PROCEDURE POSSIBILI:

- BOTTOM-UP
- TOP-DOWN

DEFINIZIONE GEOMETRIA/2

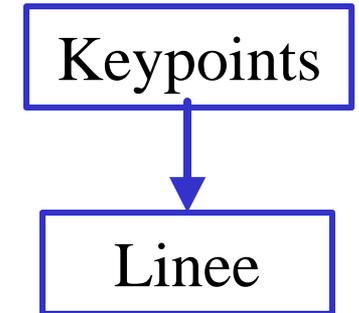
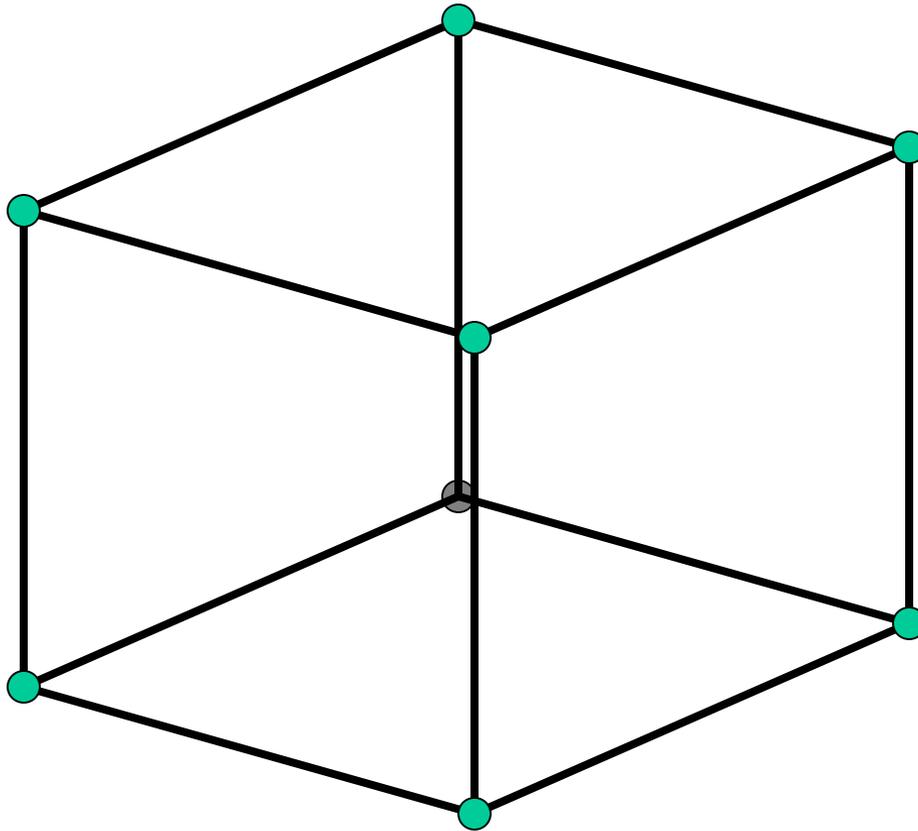
BOTTOM – UP: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità

Keypoints



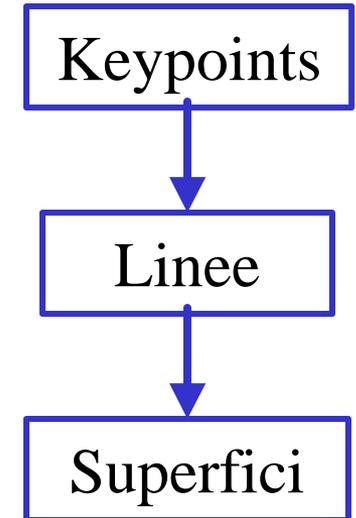
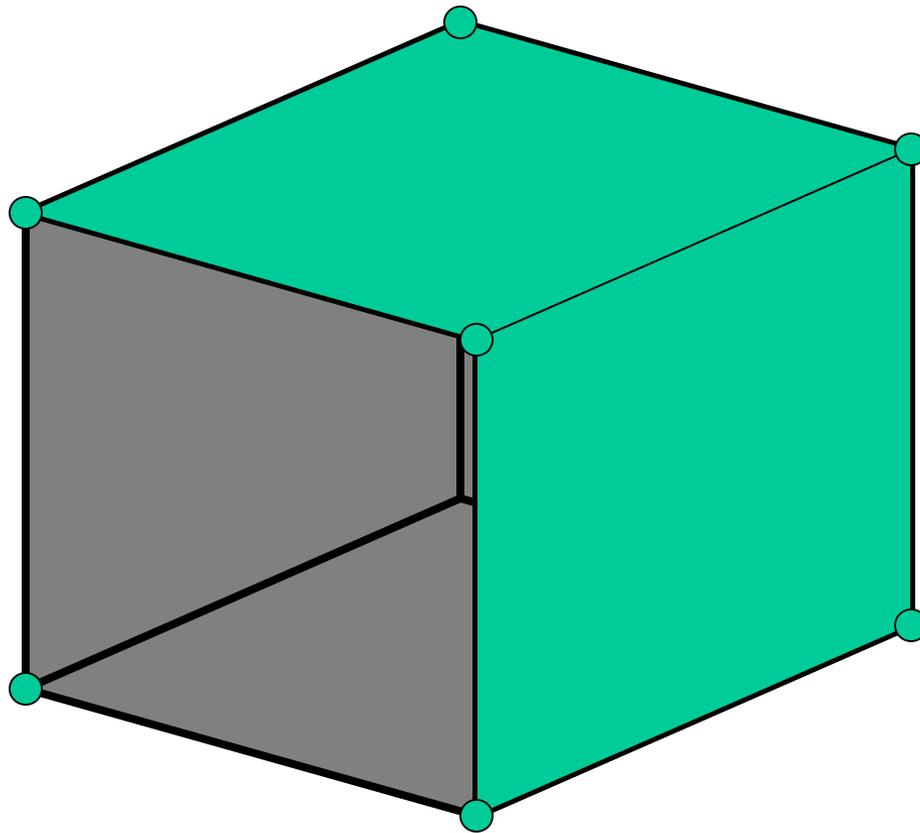
DEFINIZIONE GEOMETRIA/2

BOTTOM – UP: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità



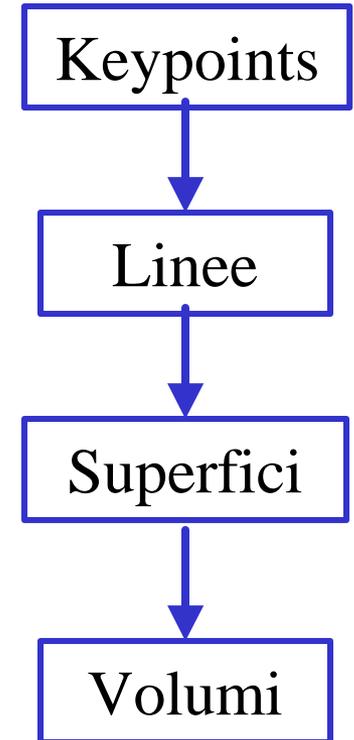
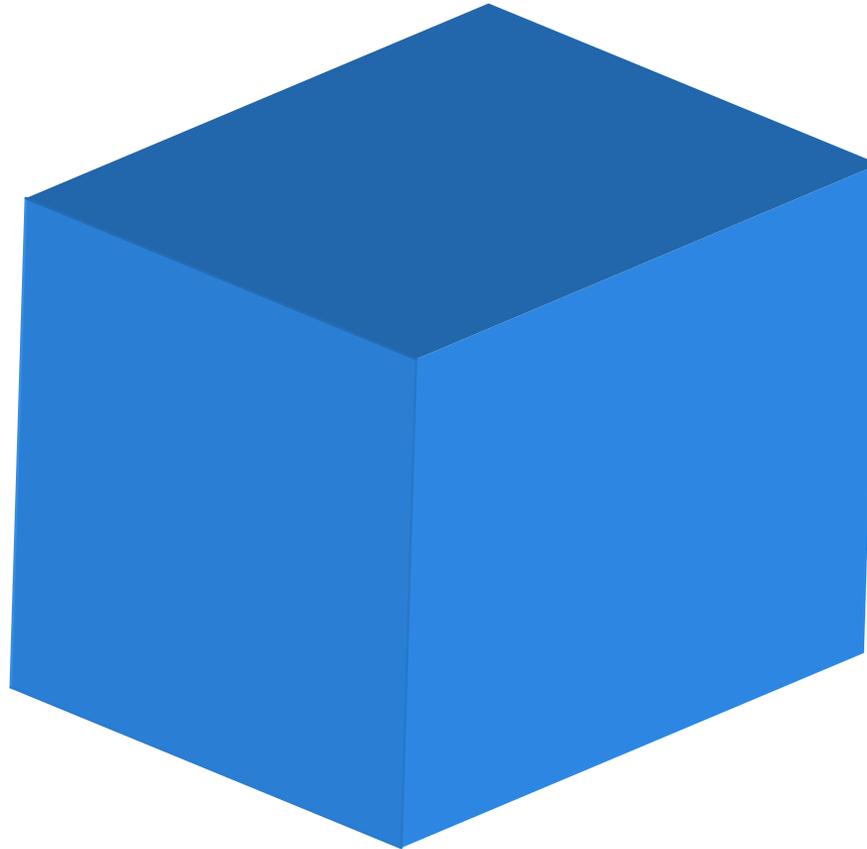
DEFINIZIONE GEOMETRIA/2

BOTTOM – UP: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità



DEFINIZIONE GEOMETRIA/2

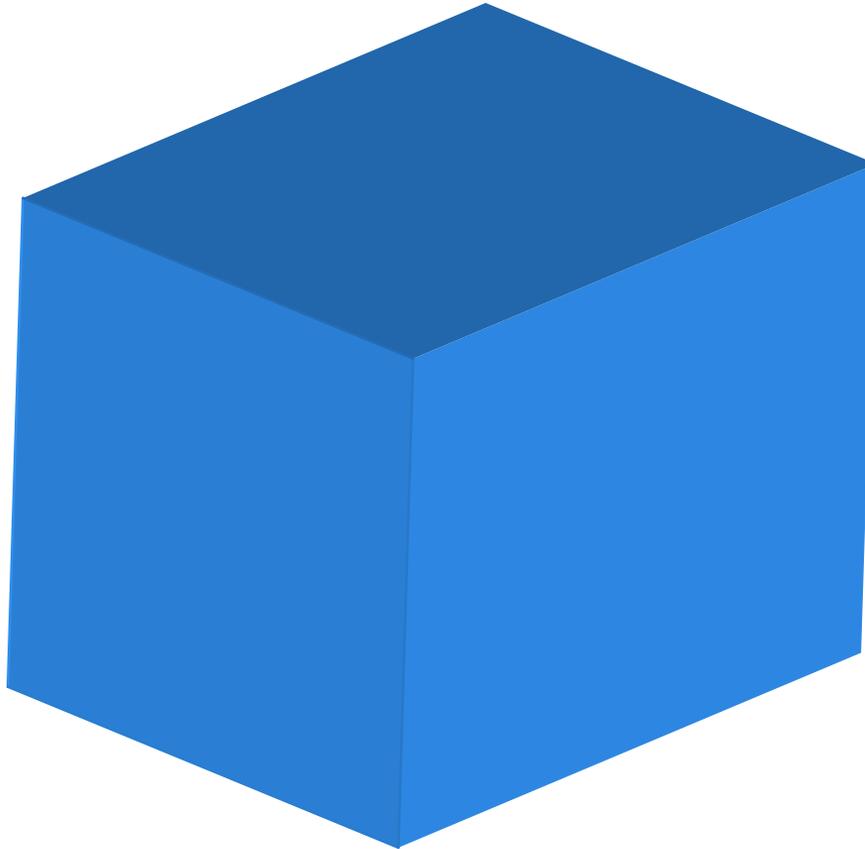
BOTTOM – UP: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità



Adatto per ogni tipo di geometria. Può risultare più laborioso dell'altro per geometrie semplici.

DEFINIZIONE GEOMETRIA/3

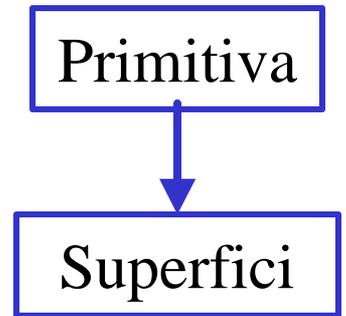
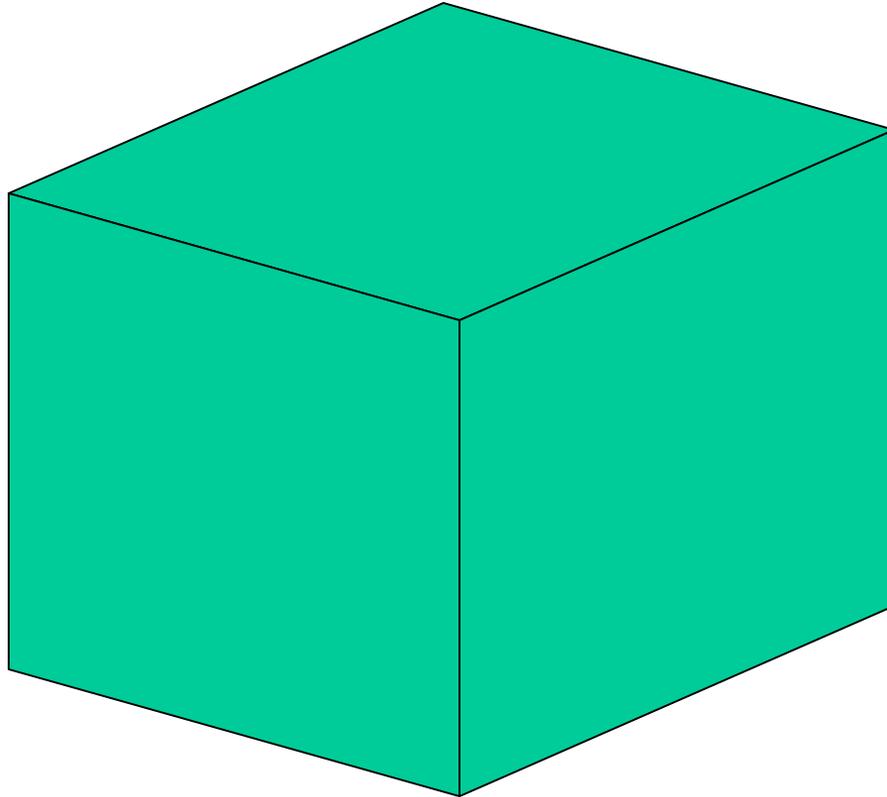
TOP-DOWN: il modello si basa su “primitive” (forme geometriche semplici) di superficie e volume



Primitiva

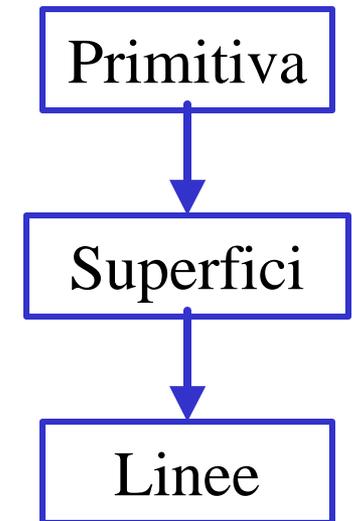
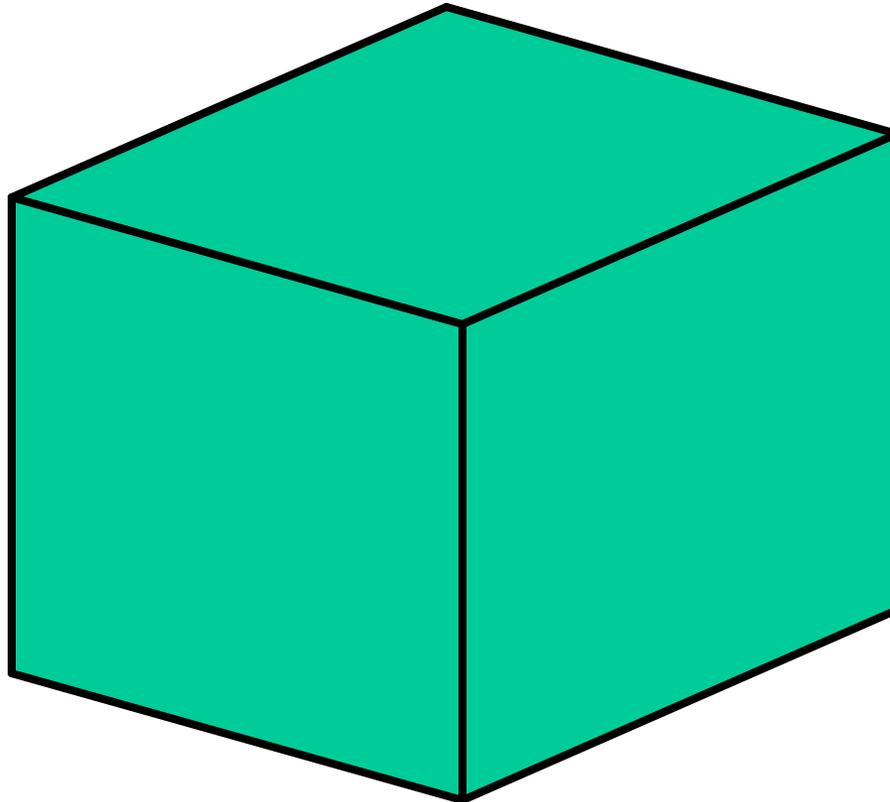
DEFINIZIONE GEOMETRIA/3

TOP-DOWN: il modello si basa su “primitive” (forme geometriche semplici) di superficie e volume



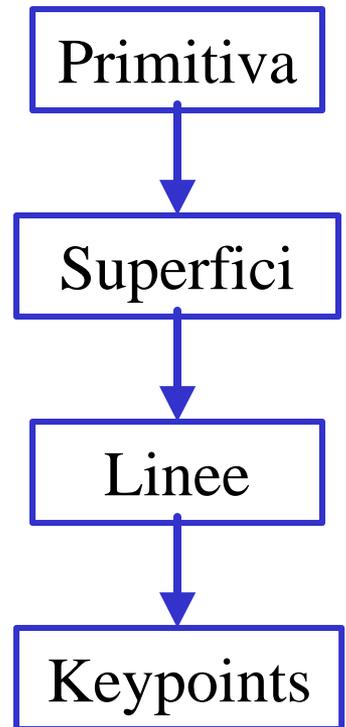
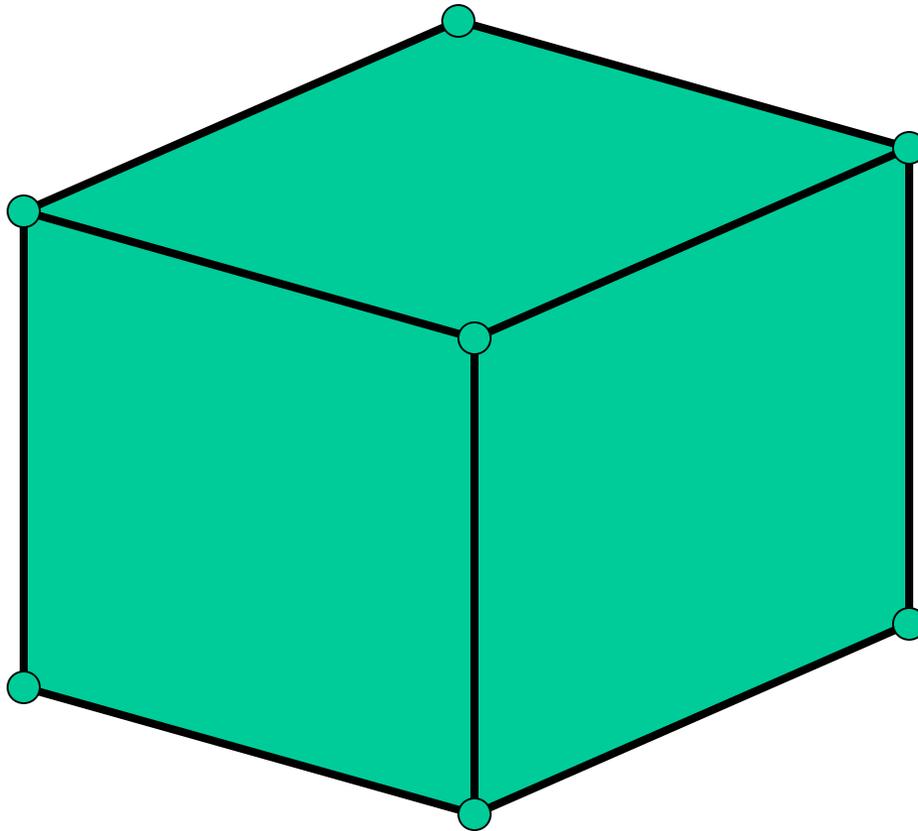
DEFINIZIONE GEOMETRIA/3

TOP-DOWN: il modello si basa su “primitive” (forme geometriche semplici) di superficie e volume



DEFINIZIONE GEOMETRIA/3

TOP-DOWN: il modello si basa su “primitive” (forme geometriche semplici) di superficie e volume



Adatto soprattutto per geometrie semplici, in cui è possibile individuare facilmente le primitive costituenti. Nella pratica è comunque frequente il ricorso ad approcci misti

GESTIONE ELEMENTI MODELLO

Agli elementi del modello solido si applicano comandi simili a quelli impiegabili per nodi ed elementi

KDELE, LDELE, ADELE, VDELE

Cancellazione keypoints (KPs), linee, aree e volumi

KLIST, LLIST, ALIST, VLIST

Elenco KPs, linee, aree e volumi

KSEL, LSEL, ASEL, VSEL

Selezione KPs, linee, aree e volumi

METODO BOTTOM-UP

Introduzione Keypoints

K, n° Keypoint, X, Y, Z

valgono tutte le istruzioni dei nodi (KGEN, KDELE, KLIST, etc.)

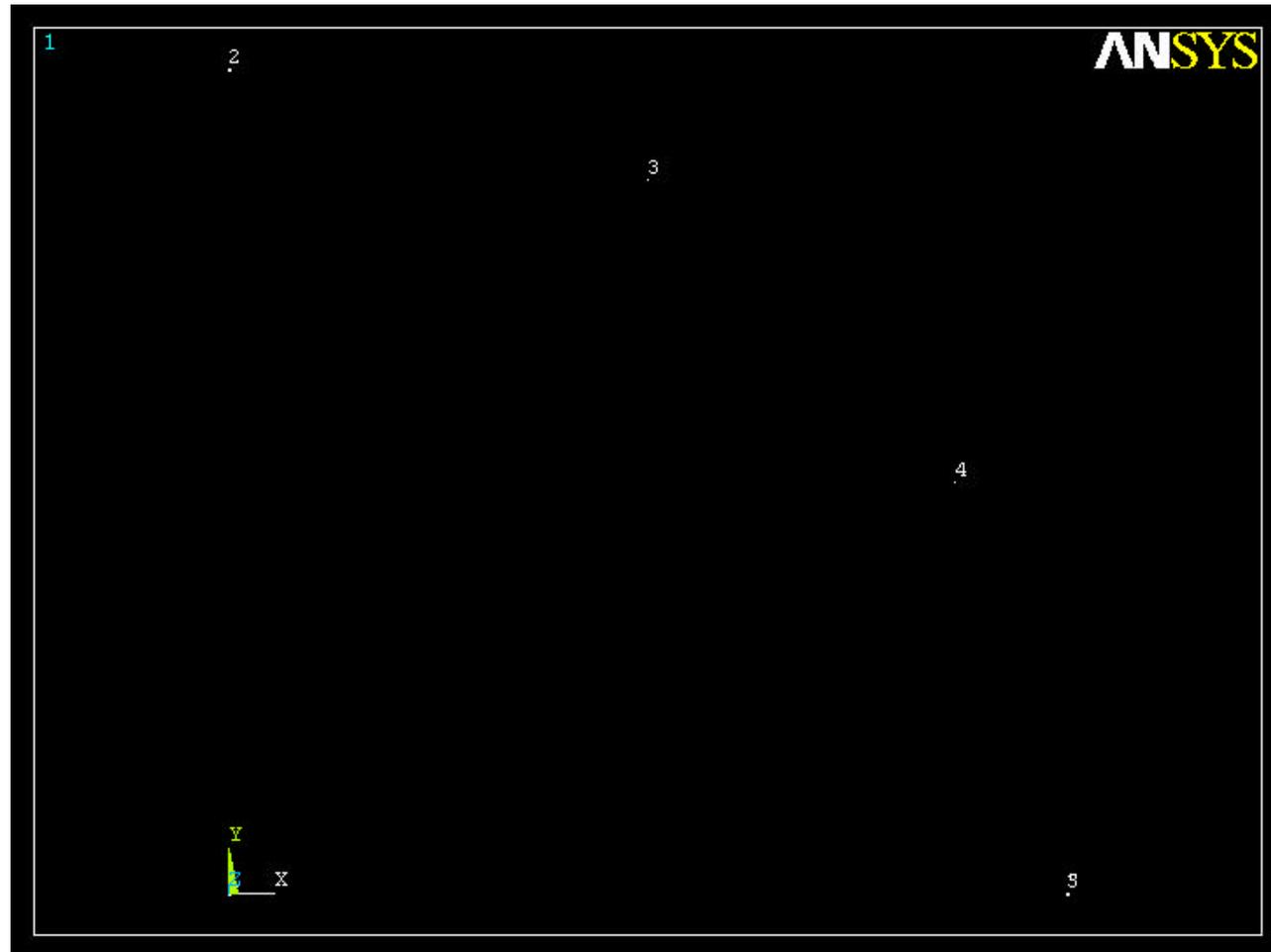
K,1

K,2,0,10

K,5,10,0

CSYS,1

KFILL,2,5



Introduzione Linee

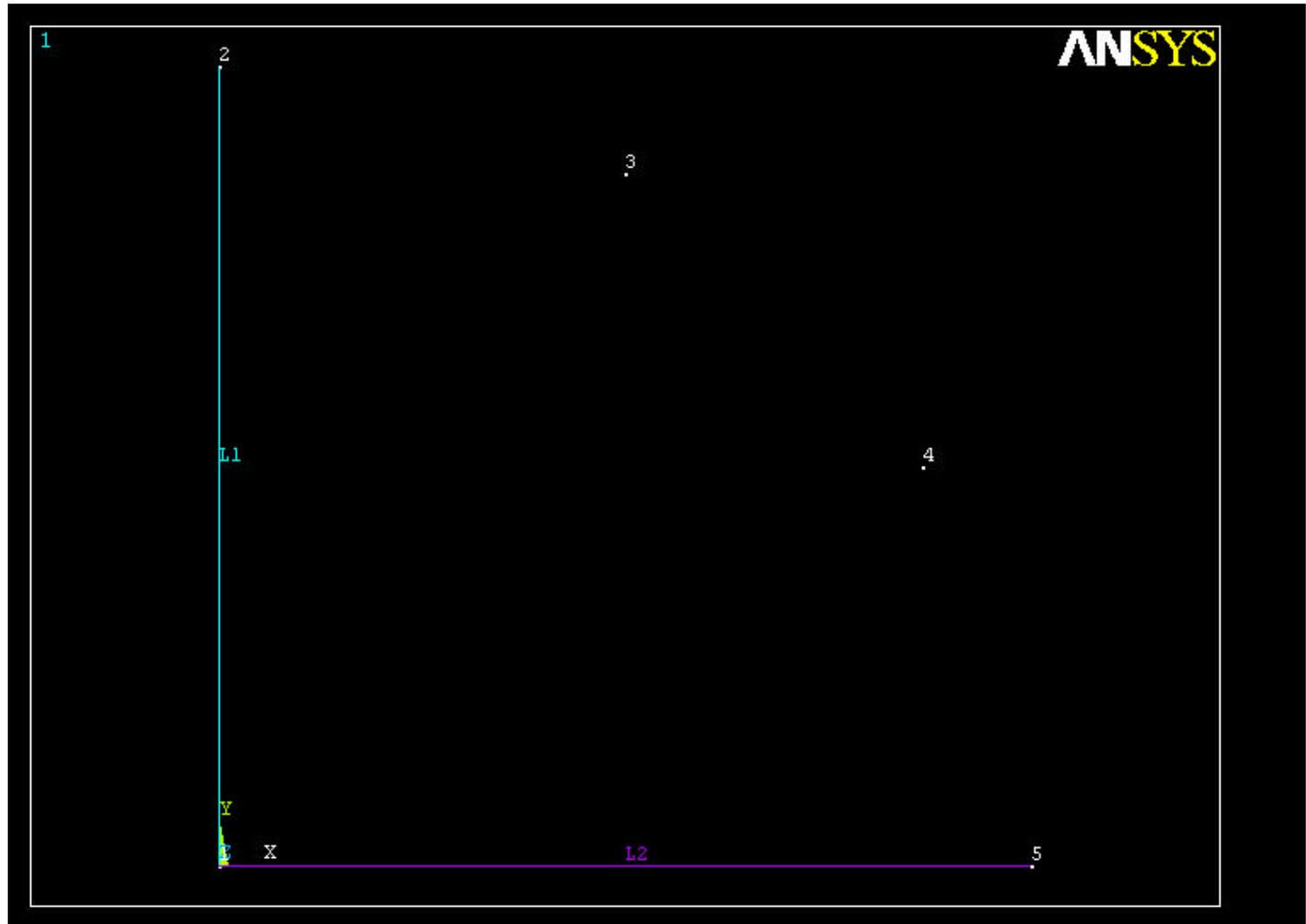
L, P1, P2, ...

Tra keypoints

(Usa i KPs
precedenti)

L,1,2

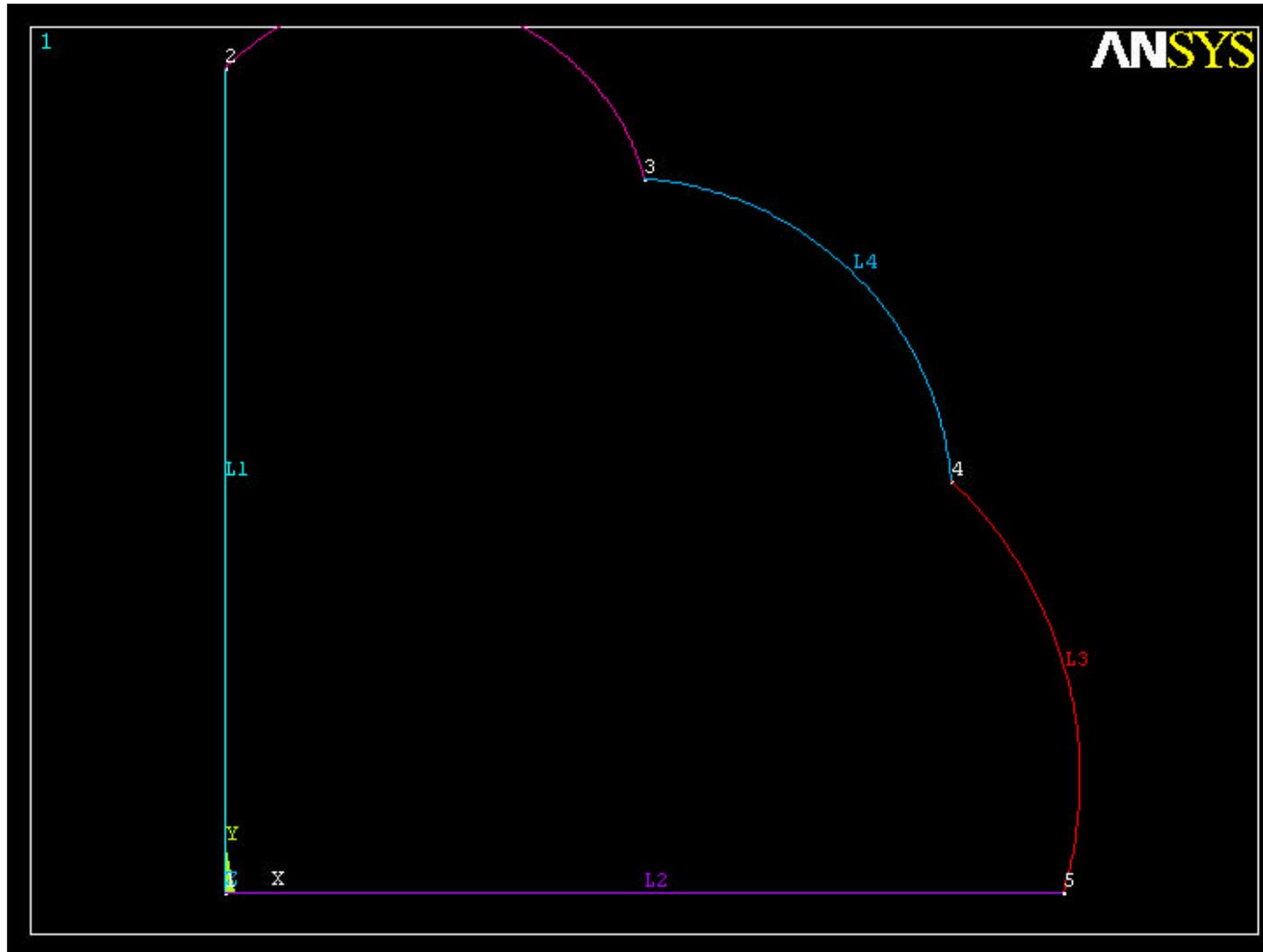
L,1,5



Introduzione Linee

LARC,P1,P2,PC,RAD

Arco di circonferenza



(Usa i KPs
precedenti)

LARC,4,5,1,5

LARC,3,4,1,4

LARC,2,3,1,3

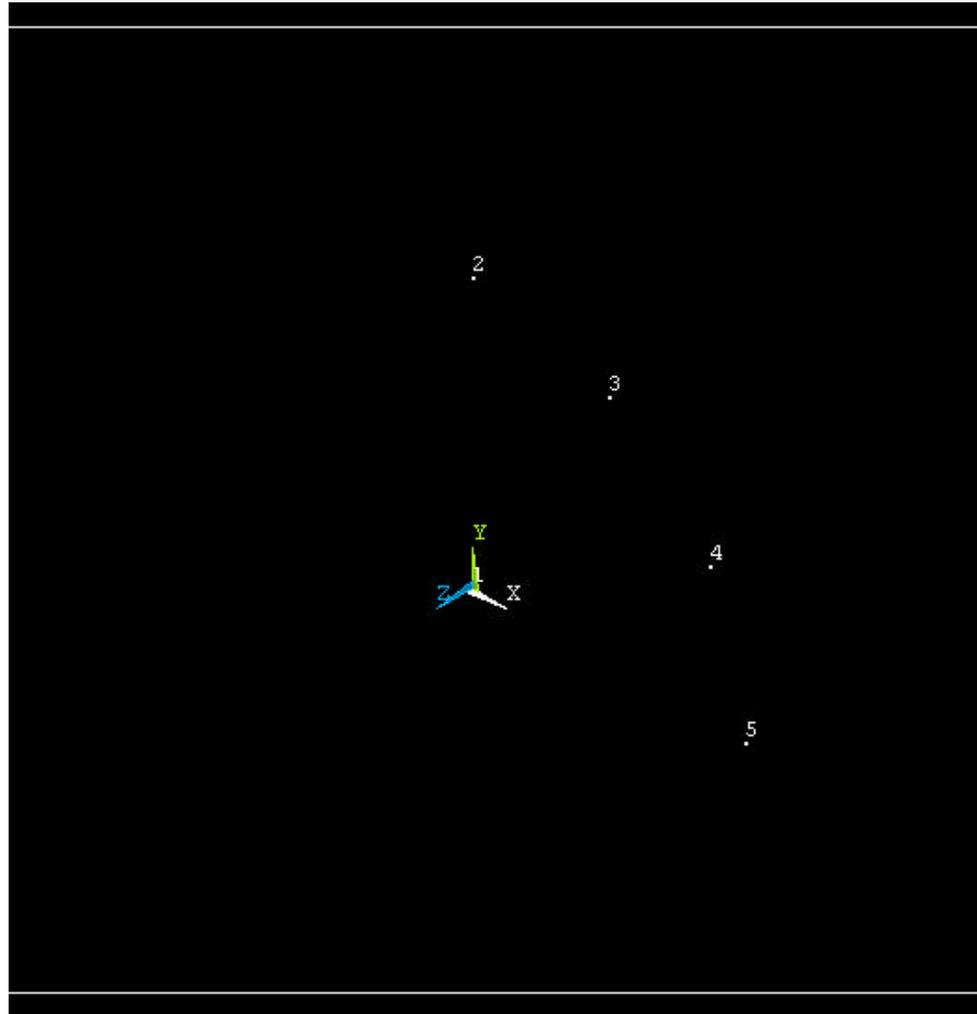
Introduzione Linee

CIRCLE,PCENT,RAD,PAX,PZERO,ARC

Arco di circonferenza

Semicirconferenza
(Usa i KPs precedenti)

LDELE,ALL
CIRCLE,1,15,2,5,180



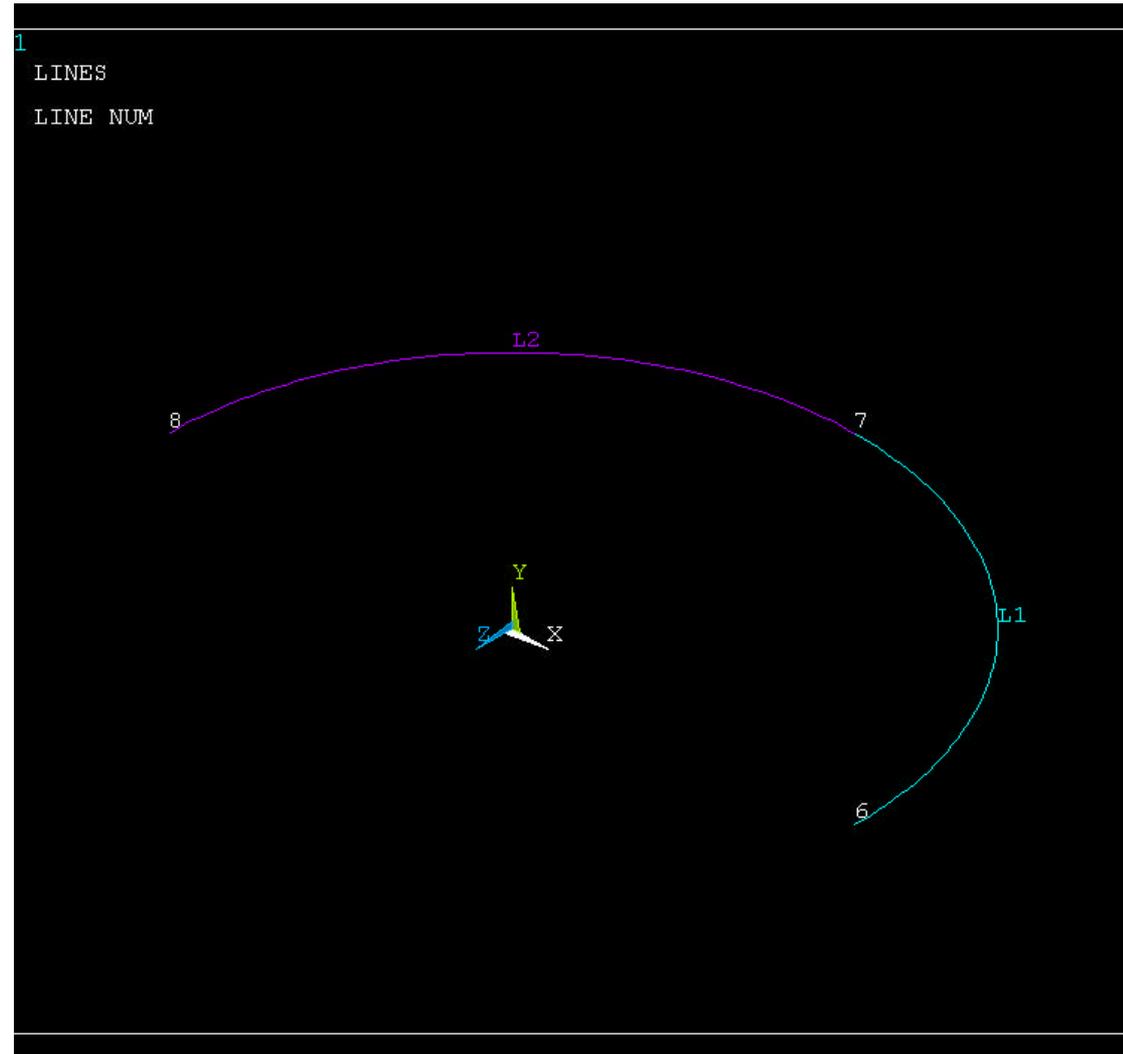
Introduzione Linee

CIRCLE,PCENT,RAD,PAX,PZERO,ARC

Arco di circonferenza

Semicirconferenza
(Usa i KPs precedenti)

LDELE,ALL
CIRCLE,1,15,2,5,180



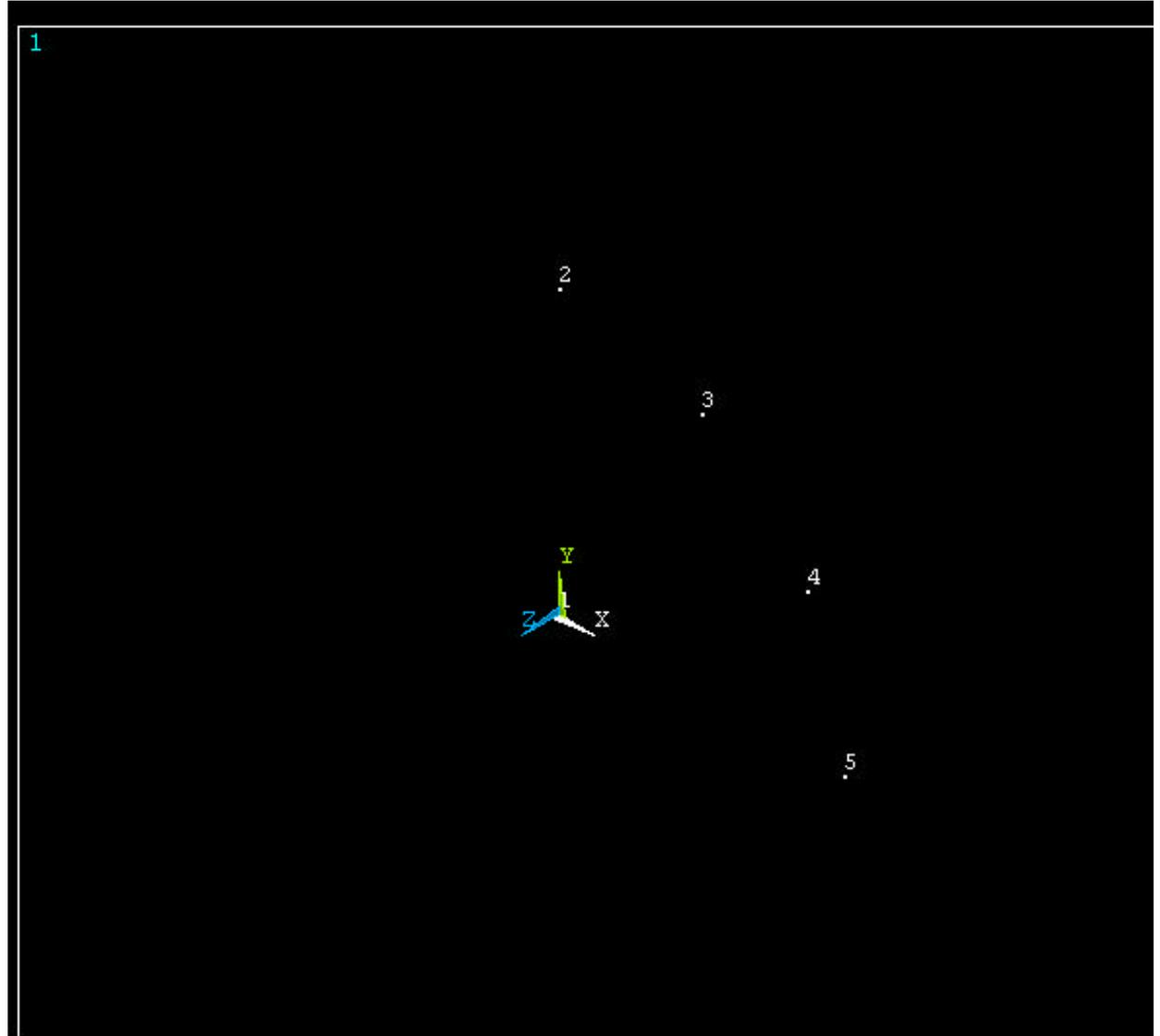
Introduzione Linee

LROTAT,KP1,KP2,...,KP6,AX1,AX2,ARC

Rotazione KPs attorno ad un asse

(Usa i KPs
precedenti)

```
LDELE,ALL  
KDELE,6,999  
LROTAT,3,4,5,,,1,2,270
```



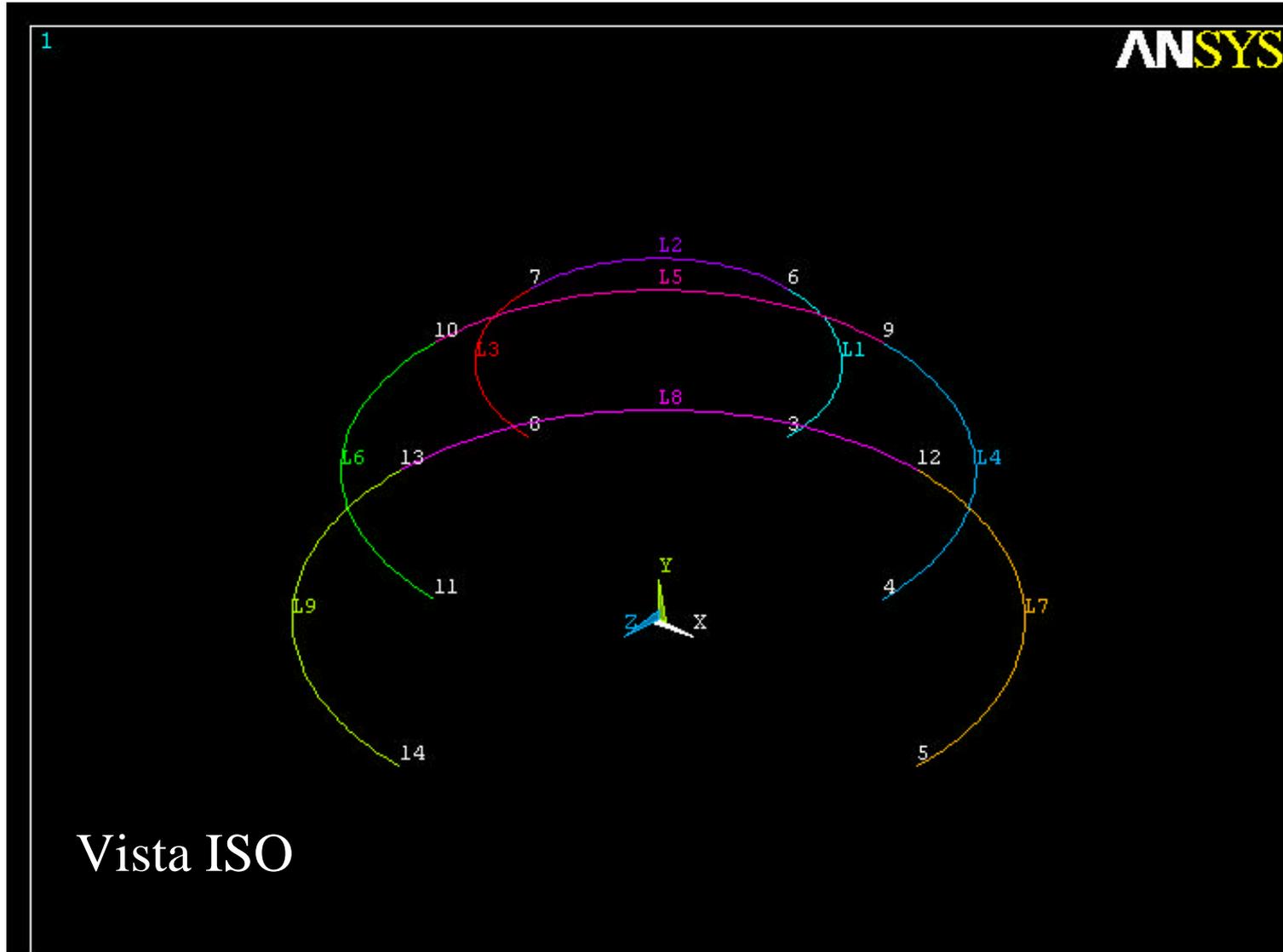
Introduzione Linee

LROTAT,KP1,KP2,...,KP6,AX1,AX2,ARC

Rotazione KPs attorno ad un asse

(Usa i KPs precedenti)

```
LDELE,ALL  
KDELE,6,999  
LROTAT,3,4,5,,,,1,2,270
```



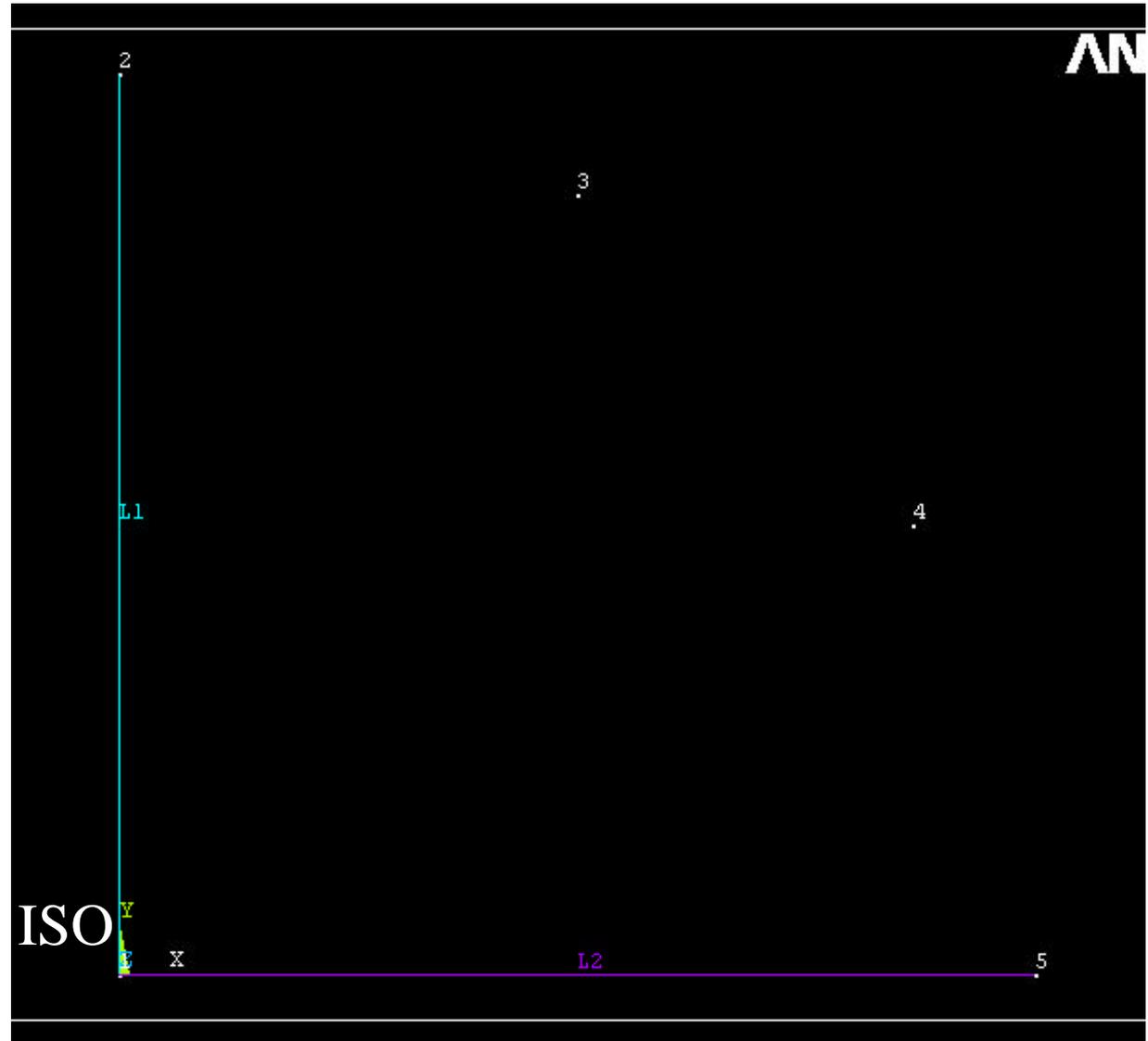
Introduzione Linee

LFILLT,L1,L2,RAD,..

Raccordo tra due linee con un estremo in comune

(Usa i KPs
precedenti)

```
LDELE,ALL  
KDELE,6,999  
L,1,2,  
L,1,5  
LFILLT,1,2,4
```



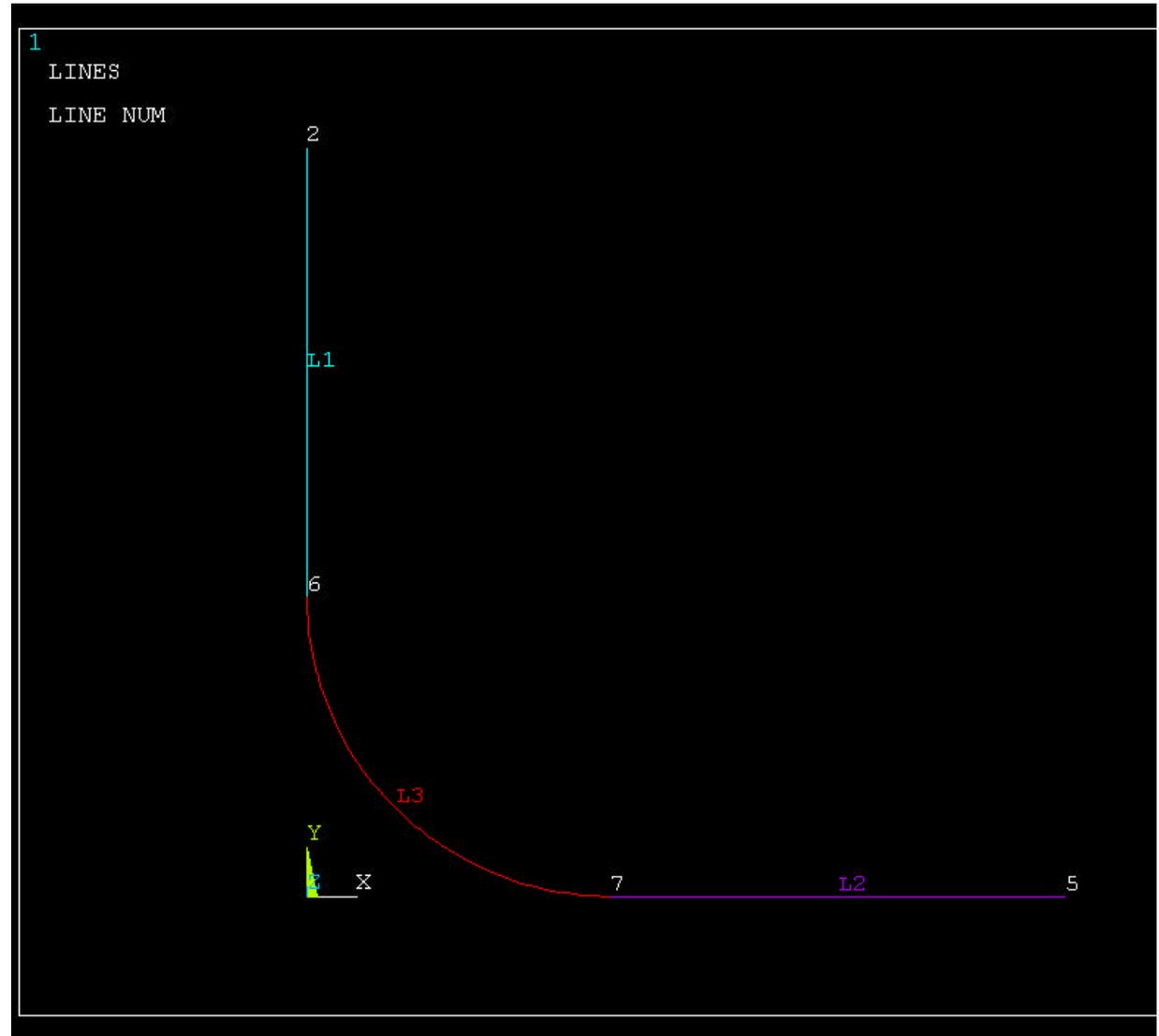
Introduzione Linee

LFILLT,L1,L2,RAD,..

Raccordo tra due linee con un estremo in comune

(Usa i KPs
precedenti)

```
LDELE,ALL
KDELE,6,999
L,1,2,
L,1,5
LFILLT,1,2,4
```



Introduzione Linee

SPLINE,KP1,KP2,...,KP6,XV1,YV1,ZV1,XV2,YV2,ZV2

“Spline” cubica tra KPs

Percorso elicoidale

LDELE,ALL

KDELE,ALL

CSYS,1

K,1,50

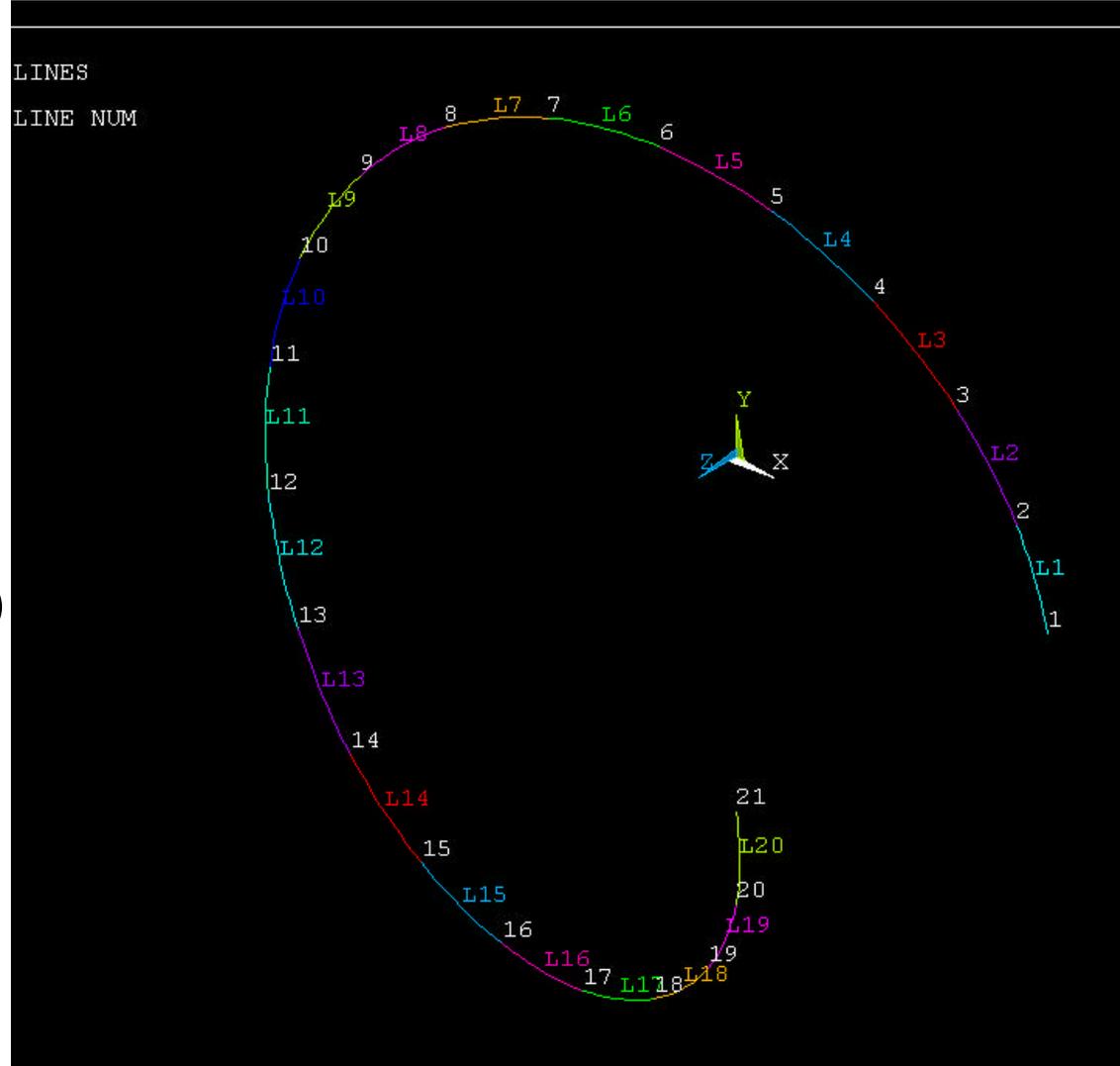
KGEN,21,1, , ,0,360/20,50/20

SPLINE,1,2,3,4,5,6

SPLINE,6,7,8,9,10,11

SPLINE,11,12,13,14,15,16

SPLINE,16,17,18,19,20,21



Introduzione Linee

BSPLIN

genera una cubica di “best fit” su dei KPs

LTAN

genera una linea tangente ad una data

LANG

genera una linea ad un angolo dato con una esistente

LDRAG

genera linee facendo scorrere dei KPs lungo un percorso

LCOMB

unisce due linee

LXTEND

prolunga una linea

Introduzione Aree

A,P1,P2,...,P18

genera un'area attraverso i vertici (lati rettilinei, anche non complanare)

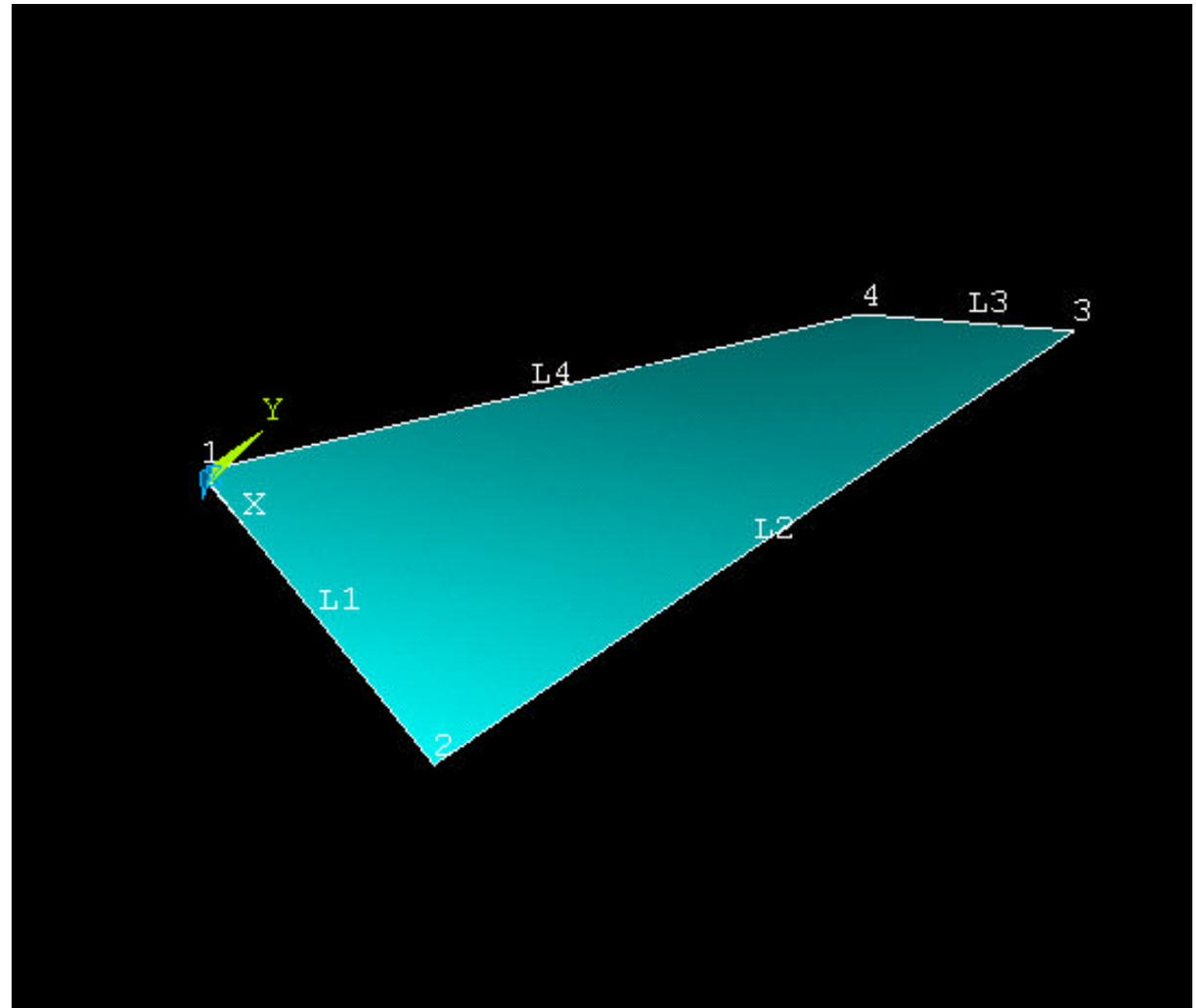
K,1

K,2,10

K,3,10,20

K,4,0,20,20

A,1,2,3,4



Introduzione Aree

A,P1,P2,...,P18

genera un'area attraverso i vertici (lati rettilinei, anche non complanare)

K,1

K,2,10

K,3,10,20

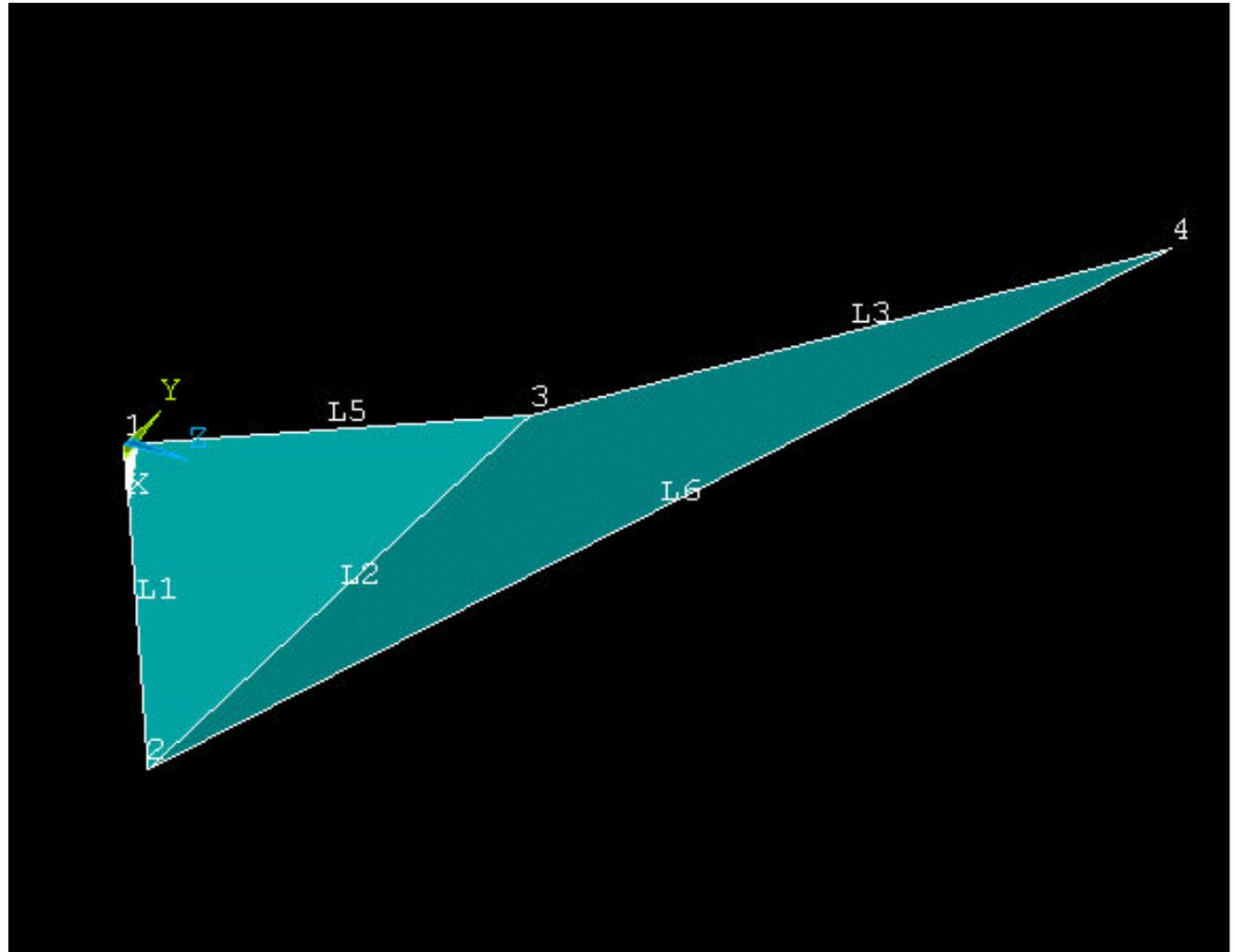
K,4,0,20,20

A,1,2,3,4

ADELE,1

A,1,2,3

A,2,3,4



Introduzione Aree

AL,L1,L2,...,L10

genera un'area attraverso i lati

ADELE,ALL

LDELE,ALL

L,1,2

L,1,3

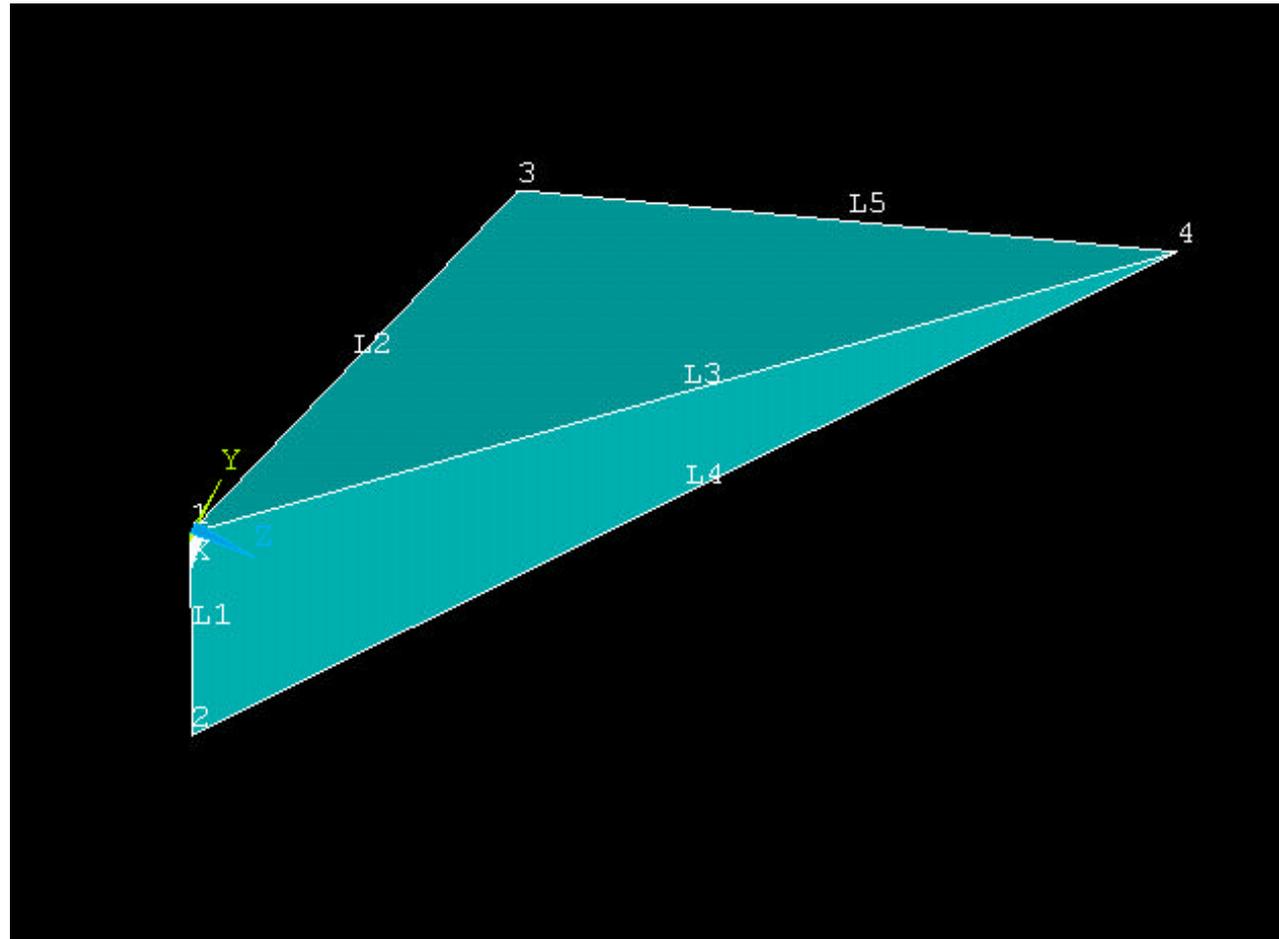
L,1,4

L,2,4

L,3,4

AL,1,3,4

AL,2,3,5



Introduzione Aree

AL,L1,L2,...,L10

genera un'area attraverso i lati

ADELE,ALL

LDELE,ALL

L,1,2

L,1,3

L,1,4

L,2,4

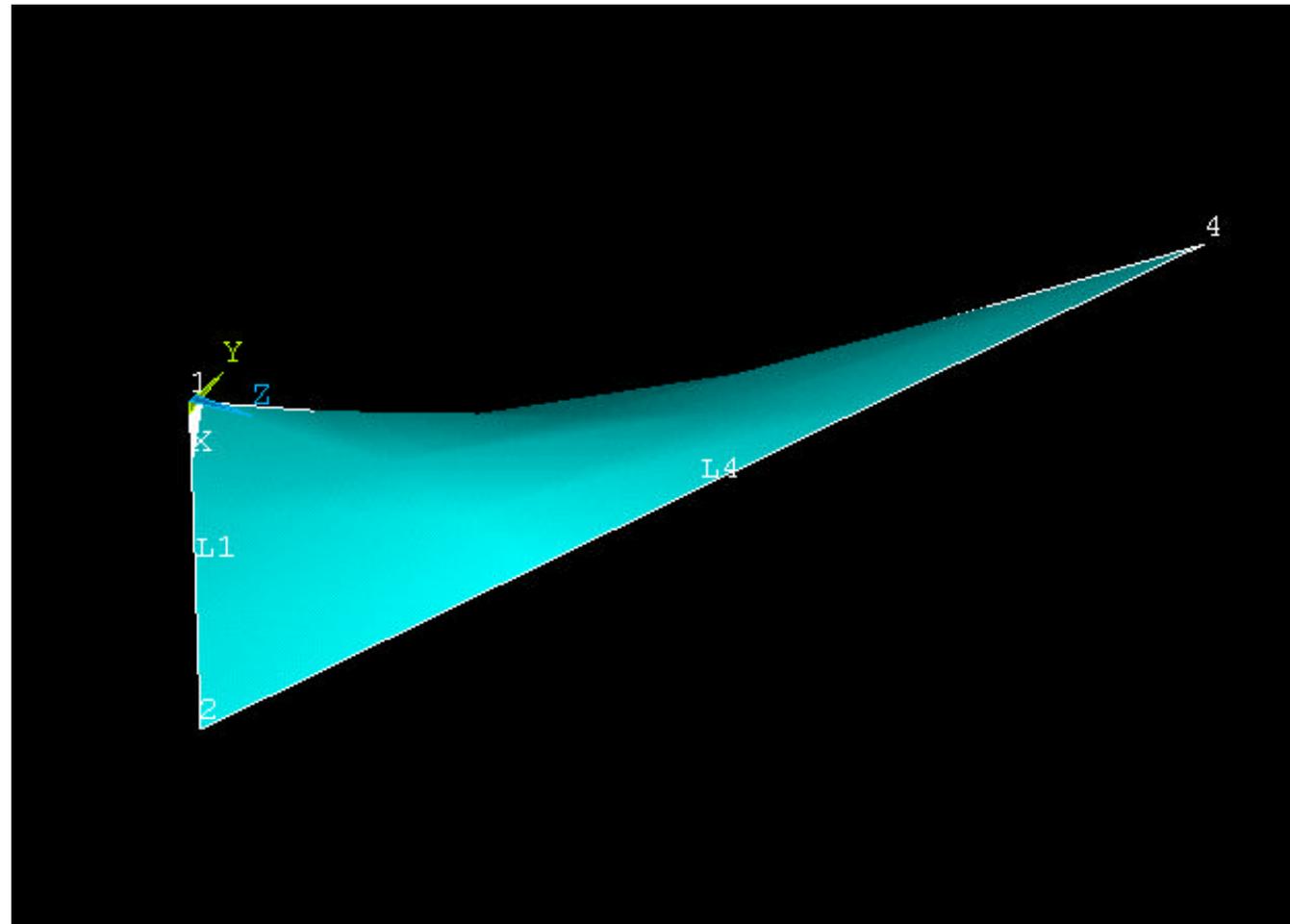
L,3,4

AL,1,3,4

AL,2,3,5

ADELE,ALL

AL,1,2,4,5



Introduzione Aree

ADRAG,L1,L2,...,L6,LP1,LP2,...LP6

genera aree facendo scorrere linee su un percorso

Filetto trapezio

K,1,50

CSYS,1

KGEN,6,1, , ,0,360/5,50/5

SPLINE,1,2,3,4,5,6,

K,7,50,0,10

K,8,35,0,15

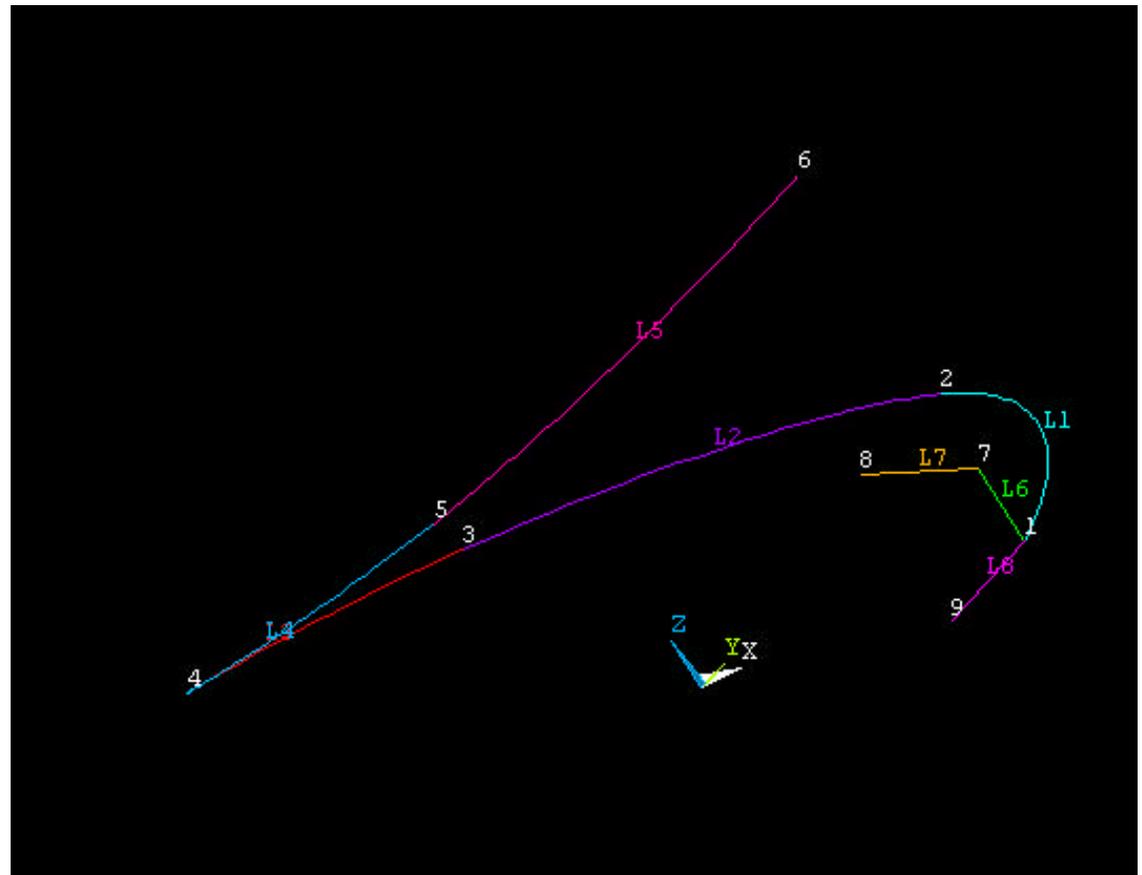
K,9,35,0,-5

L,1,7

L,7,8

L,1,9

ADRAG,6,7,8, , , ,1,2,3,4,5



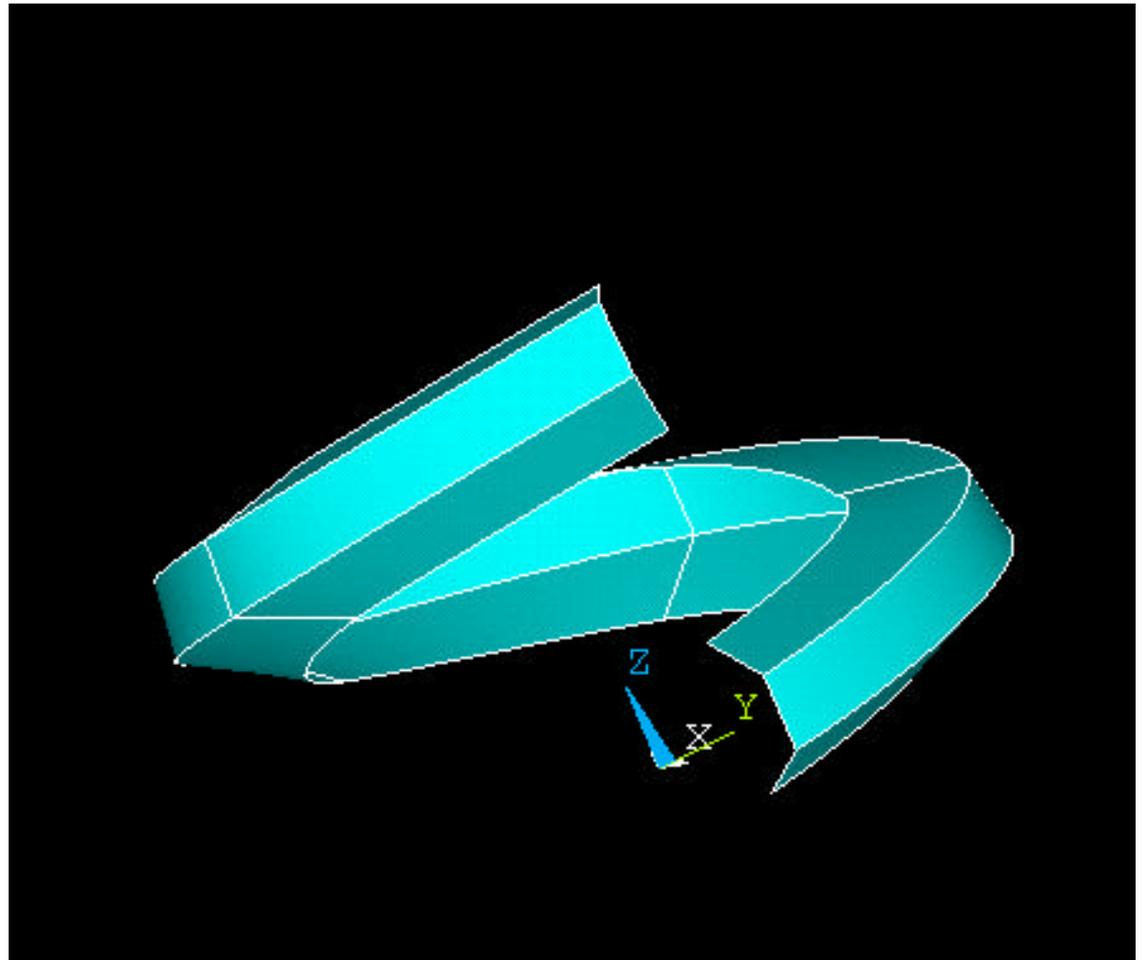
Introduzione Aree

ADRAG,L1,L2,...,L6,LP1,LP2,...LP6

genera aree facendo scorrere linee su un percorso

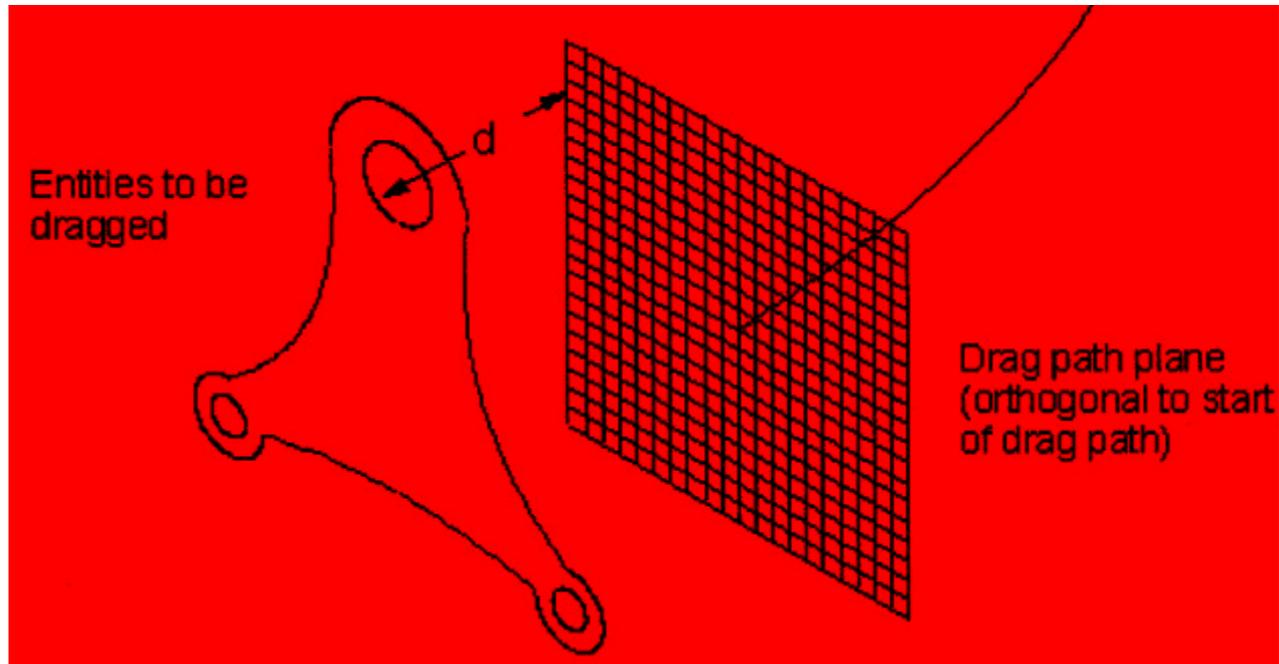
Filetto trapezio

```
K,1,50  
CSYS,1  
KGEN,6,1, , ,0,360/5,50/5  
SPLINE,1,2,3,4,5,6,  
K,7,50,0,10  
K,8,35,0,15  
K,9,35,0,-5  
L,1,7  
L,7,8  
L,1,9  
ADRAG,6,7,8, , , ,1,2,3,4,5
```



Introduzione Aree

Osservazione: per una buona riuscita dell'operazione di “drag” è opportuno che gli oggetti da far scorrere giacciono sul piano ortogonale alla linea di scorrimento, tracciato nel suo punto iniziale; a tal fine è possibile controllare le pendenze iniziale e finale della linea stessa.



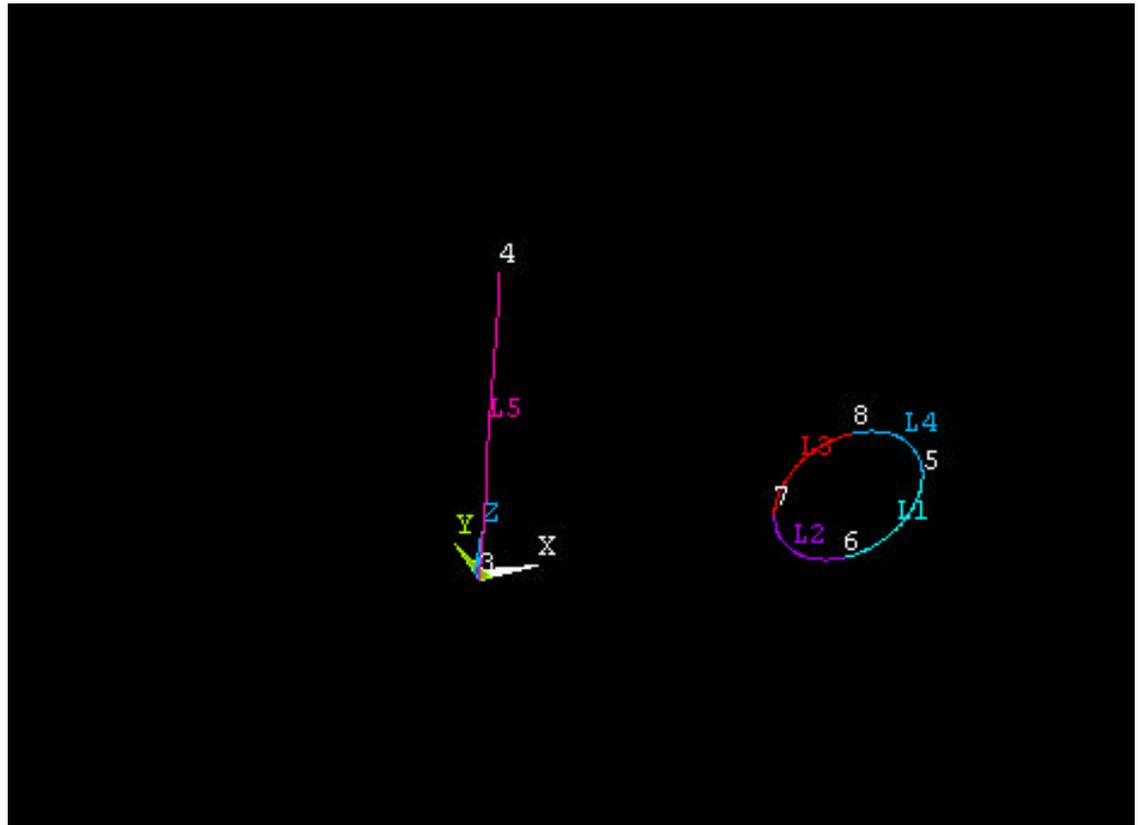
Introduzione Aree

AROTAT,L1,L2,...,L6,PAX1,PAX2,ANG

genera aree facendo ruotare linee attorno ad un asse

Anello a sezione circolare

```
CSYS,0  
K,1,50  
K,2,50,10  
K,3,  
K,4,,,50  
CIRCLE,1,10,2,,360  
AROTAT,1,2,3,4,,,3,4,360
```



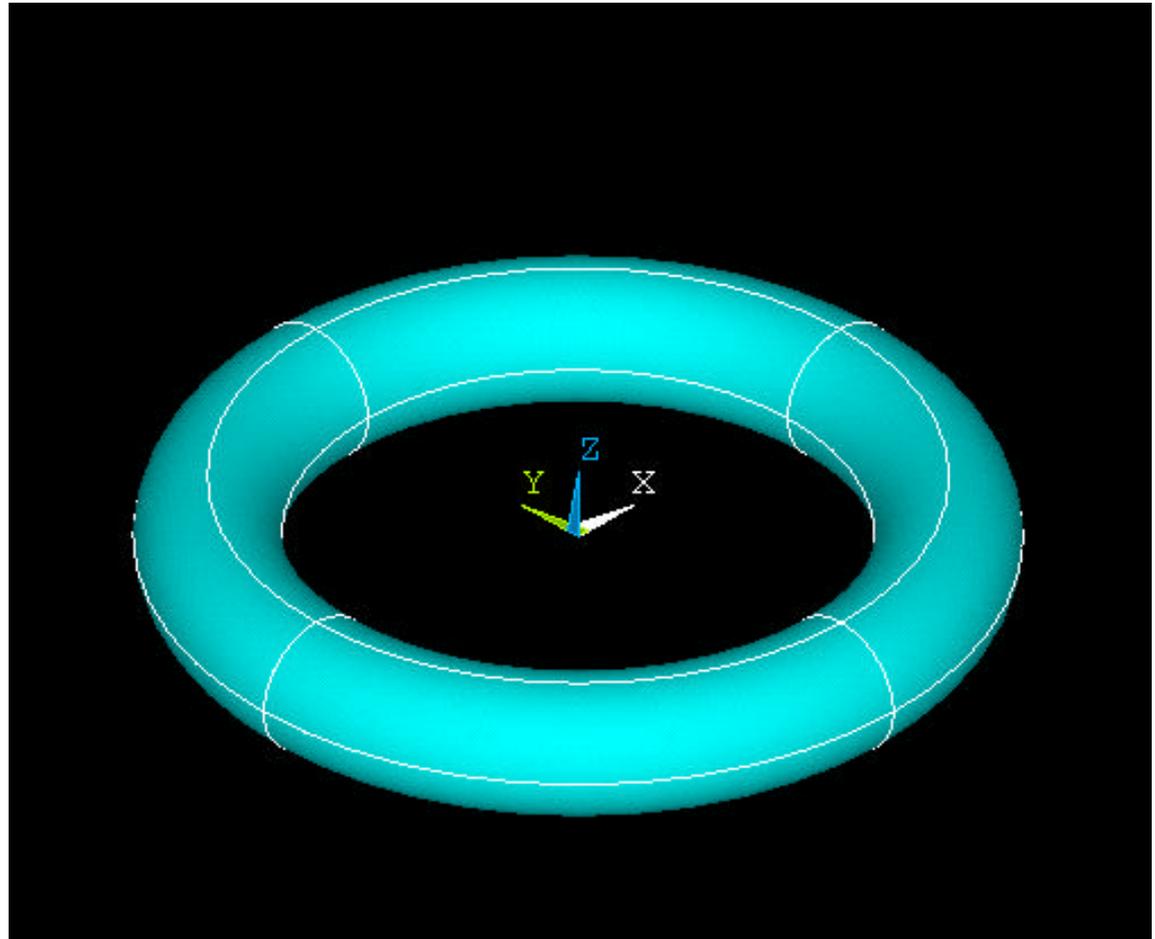
Introduzione Aree

AROTAT,L1,L2,...,L6,PAX1,PAX2,ANG

genera aree facendo ruotare linee attorno ad un asse

Anello a sezione circolare

```
CSYS,0  
K,1,50  
K,2,50,10  
K,3,  
K,4,,,50  
CIRCLE,1,10,2,,360  
AROTAT,1,2,3,4,,,3,4,360
```

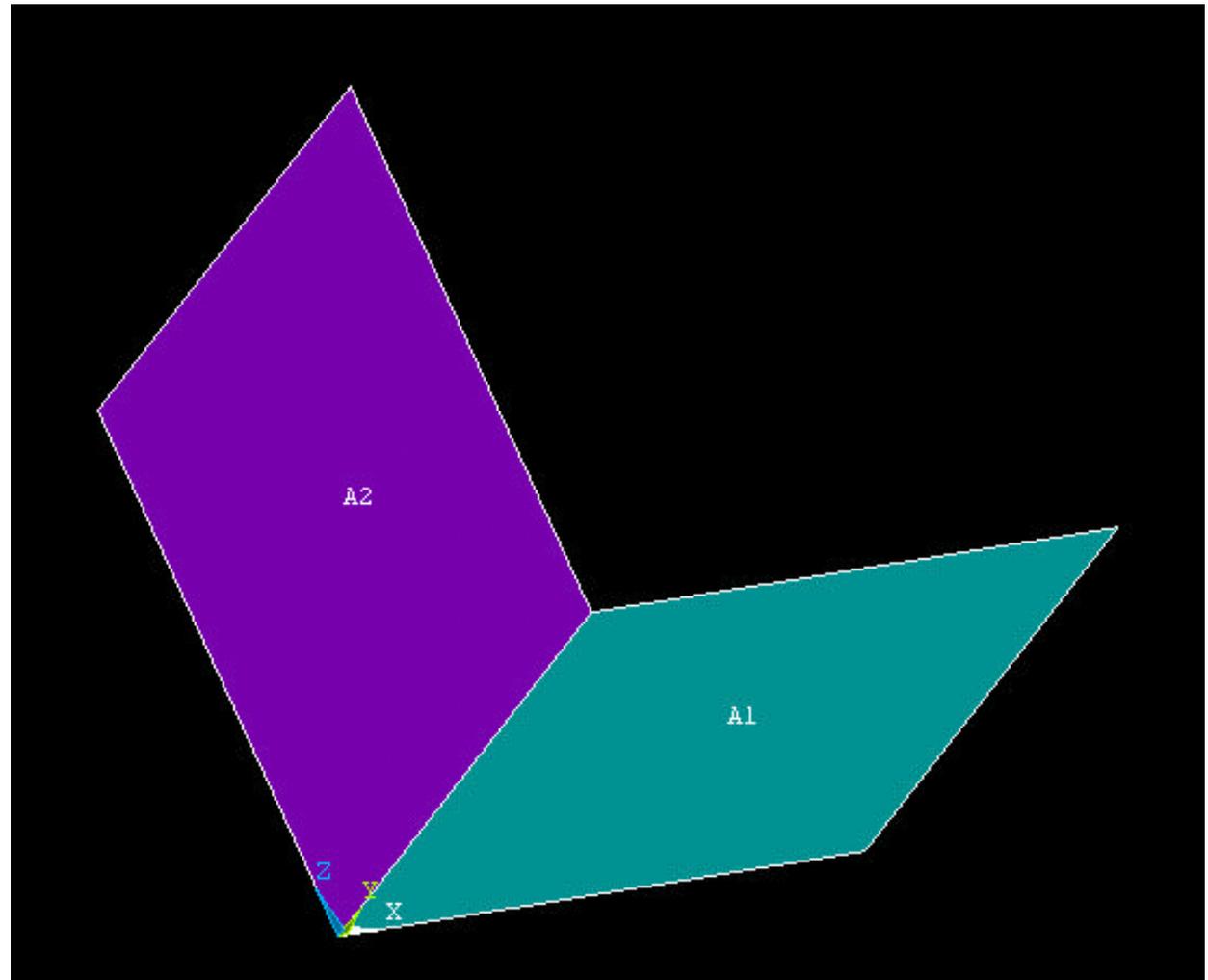


Introduzione Aree

AFILLT,A1,A2,RAD

genera un raccordo tra due aree

```
CSYS,0  
K,1,  
K,2,50  
K,3,50,50  
K,4,0,50  
K,5,,50  
K,6,,50,50  
A,1,2,3,4  
A,1,4,6,5  
AFILLT,1,2,20
```

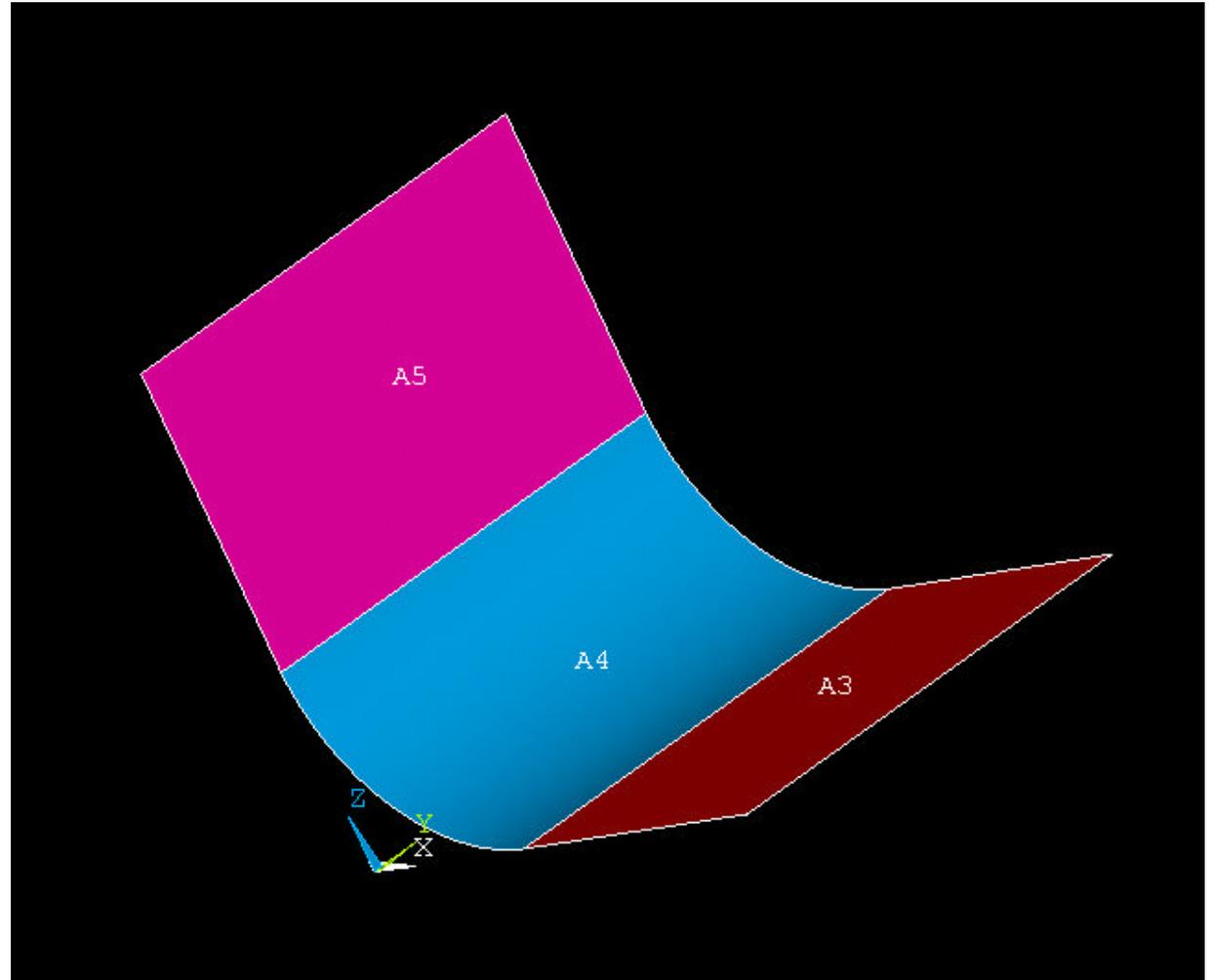


Introduzione Aree

AFILLT,A1,A2,RAD

genera un raccordo tra due aree

```
CSYS,0  
K,1,  
K,2,50  
K,3,50,50  
K,4,0,50  
K,5,,,50  
K,6,,50,50  
A,1,2,3,4  
A,1,4,6,5  
AFILLT,1,2,20
```

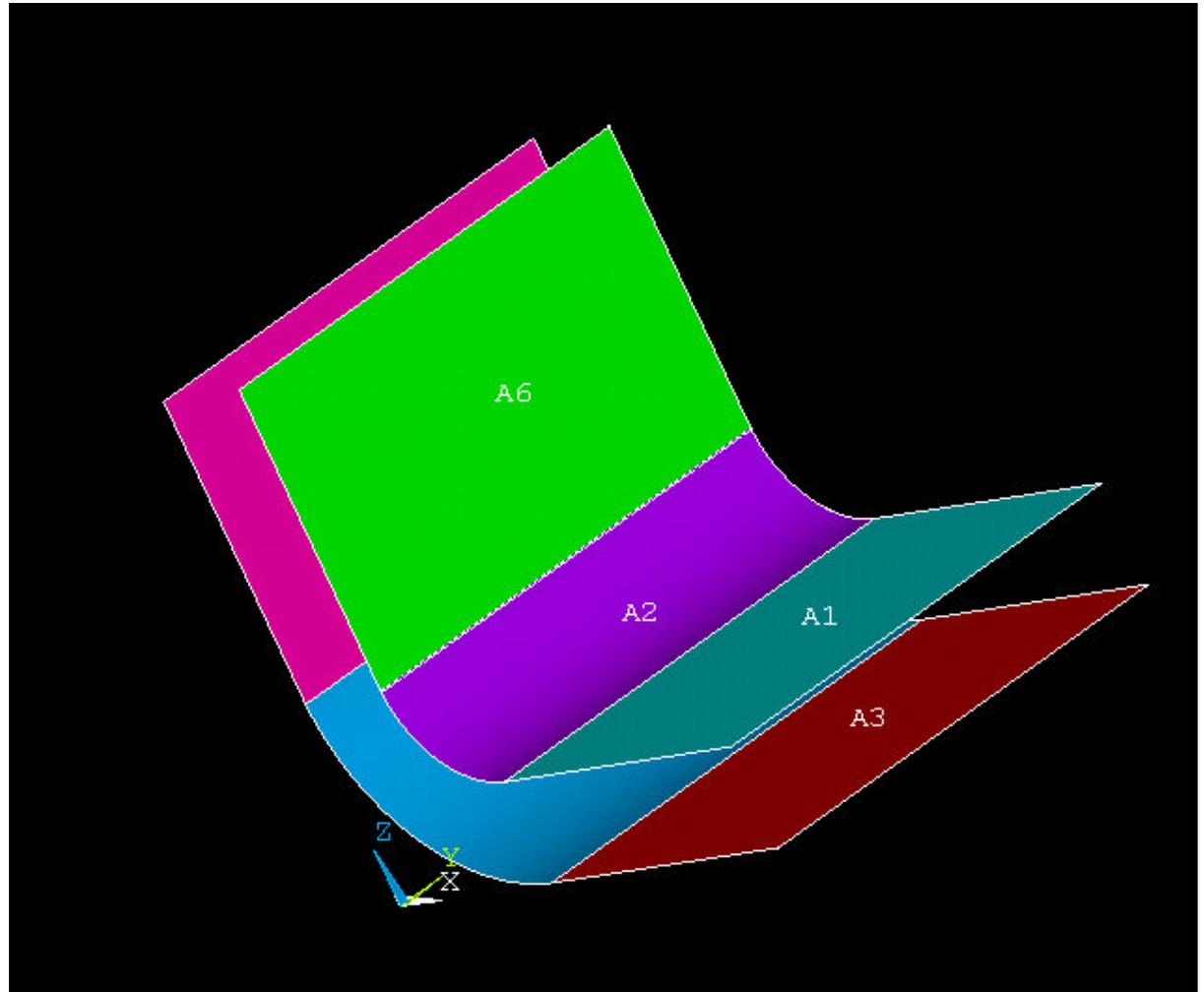


Introduzione Aree

AOFFST,A1,DIST,...

genera una nuova area traslata lungo la normale all'area corrente

AOFFST,ALL,10



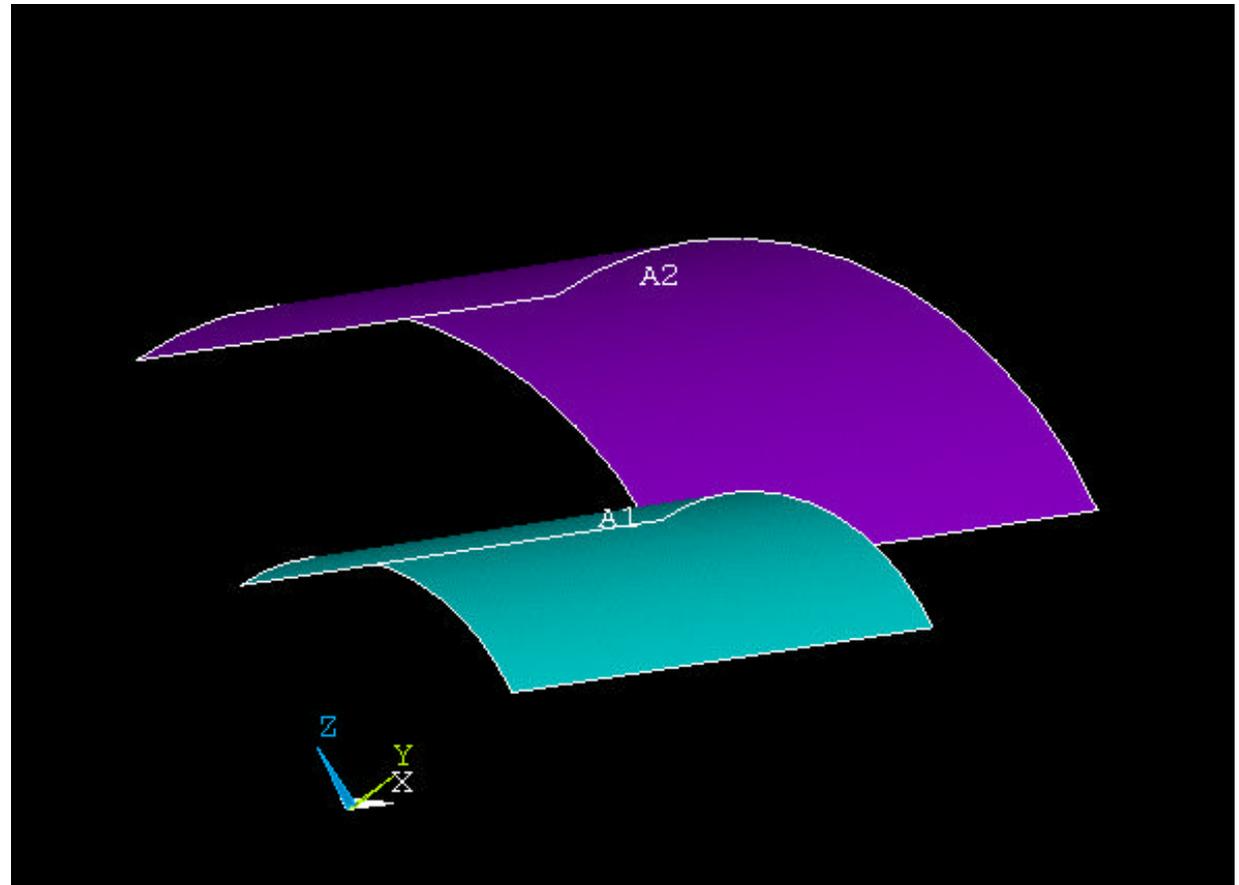
Introduzione Aree

AOFFST,A1,DIST,...

genera una nuova area traslata lungo la normale all'area corrente

```
AOFFST,ALL,10
```

```
K,1,  
K,2,50  
K,3,,50  
K,4,0,0,50  
LARC,3,4,1,50  
L,1,2  
ADRAG,1,,,,,2  
AOFFST,1,20
```

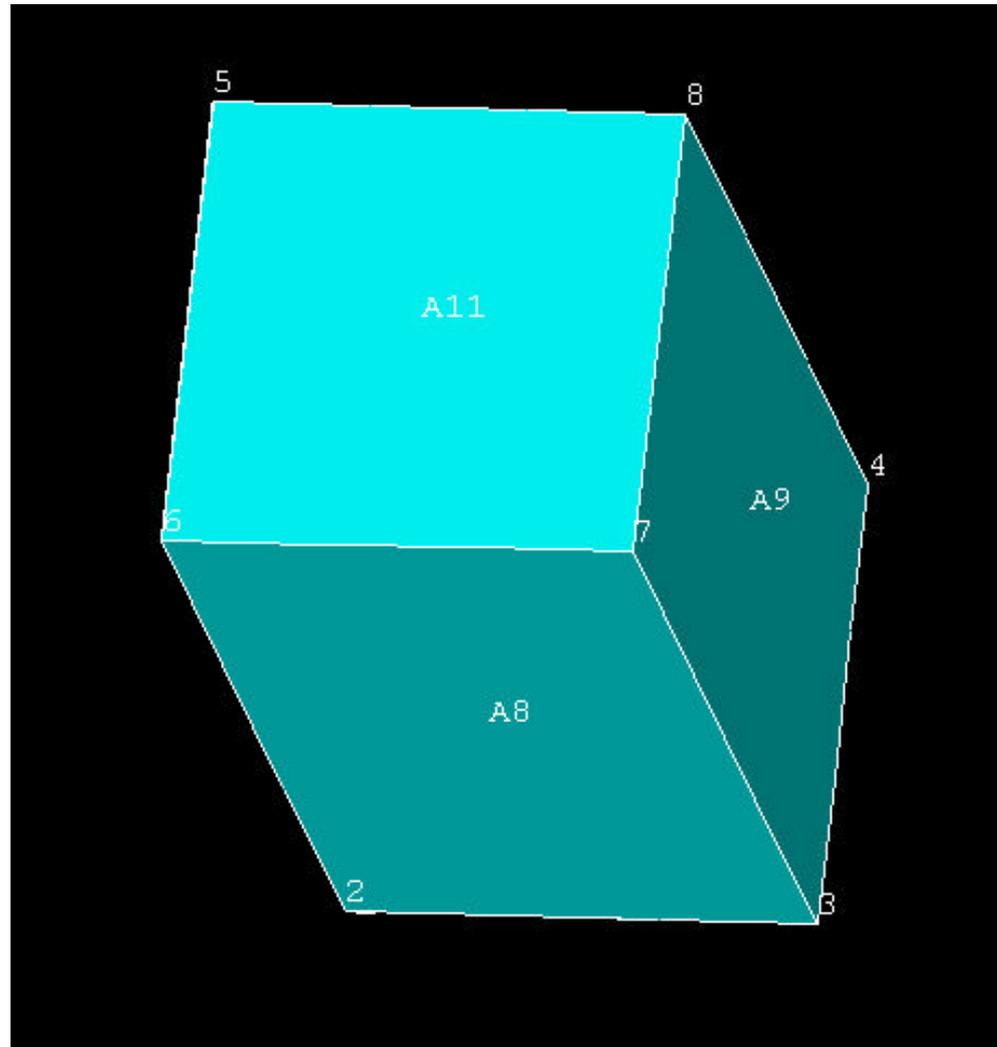


Introduzione Volumi

V,P1,P2,...,P8

genera un volume tramite i vertici

```
K,1,  
K,2,50  
K,3,50,50  
K,4,0,50  
KGEN,2,1,4,,0,0,100  
V,1,2,3,4,5,6,7,8
```



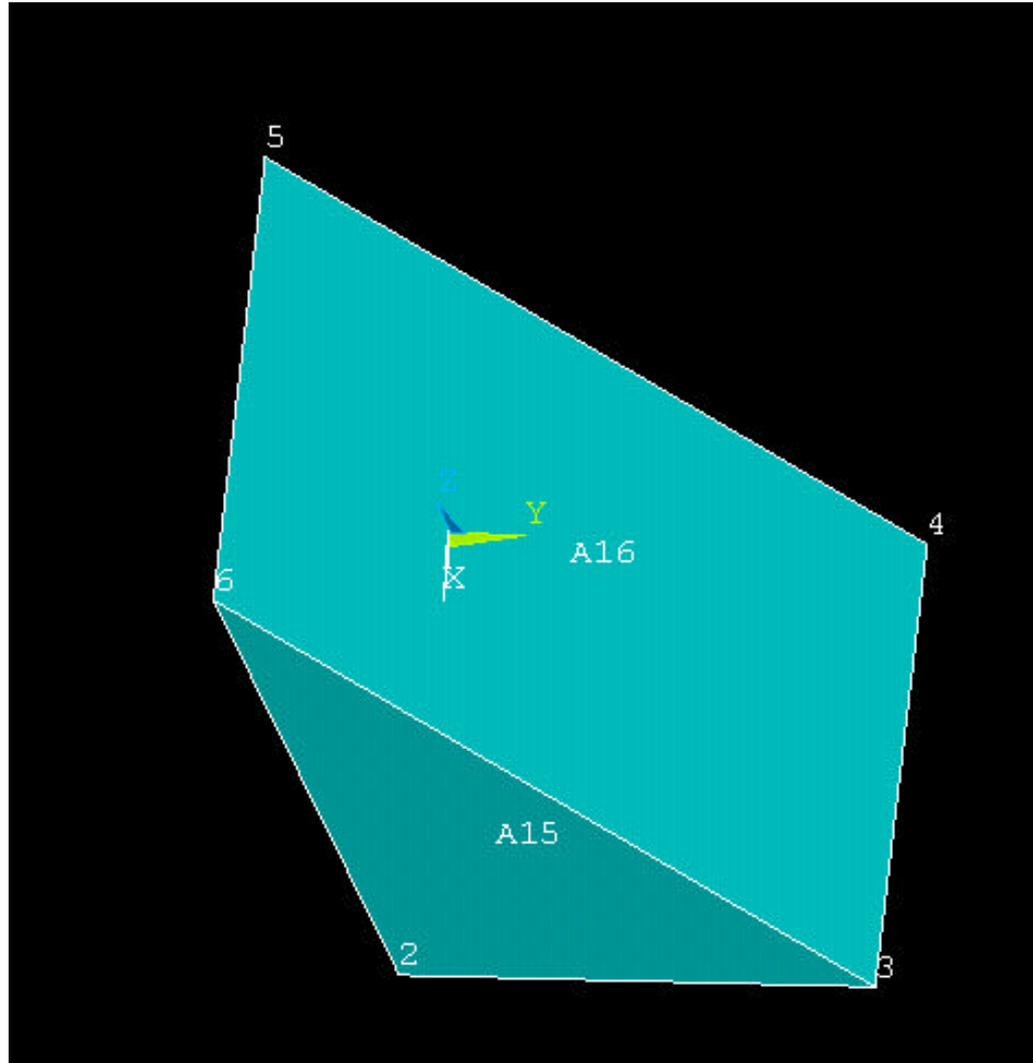
Introduzione Volumi

V,P1,P2,...,P8

genera un volume tramite i vertici

VDELE,1

V,1,2,3,4,5,6,6,5



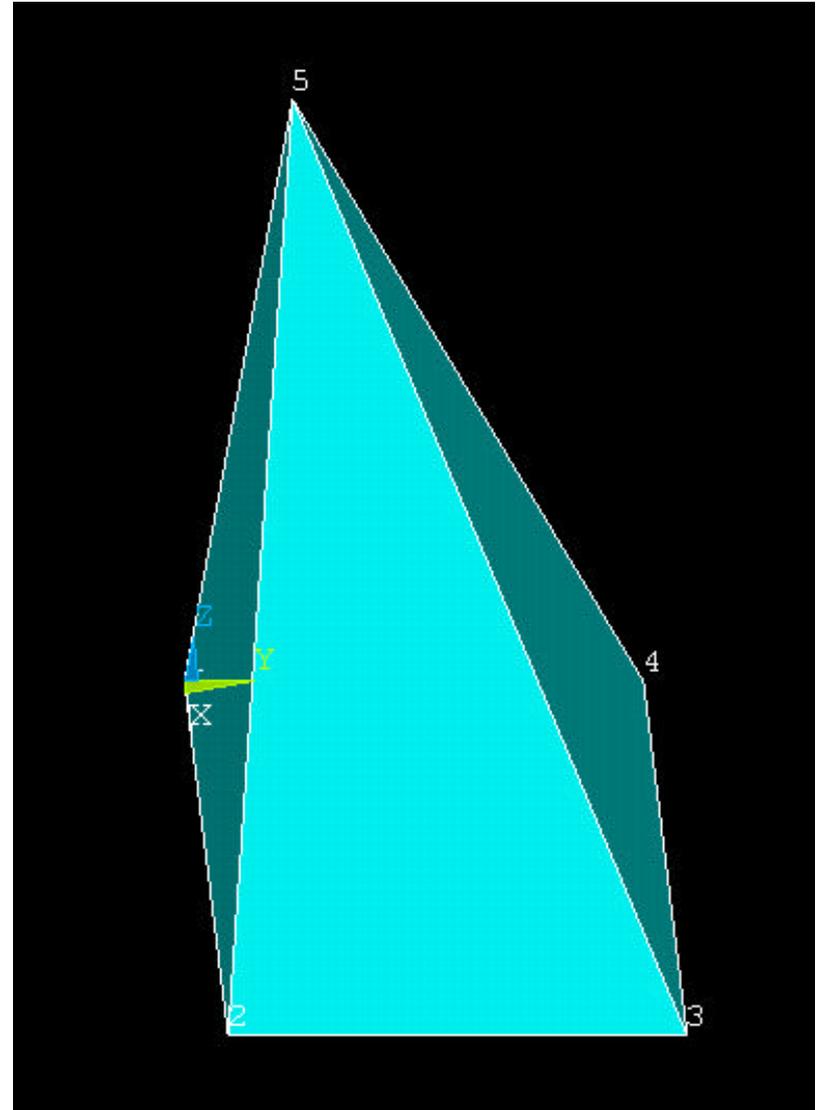
Introduzione Volumi

V,P1,P2,...,P8

genera un volume tramite i vertici

VDELE,1

V,1,2,3,4,5,5,5,5



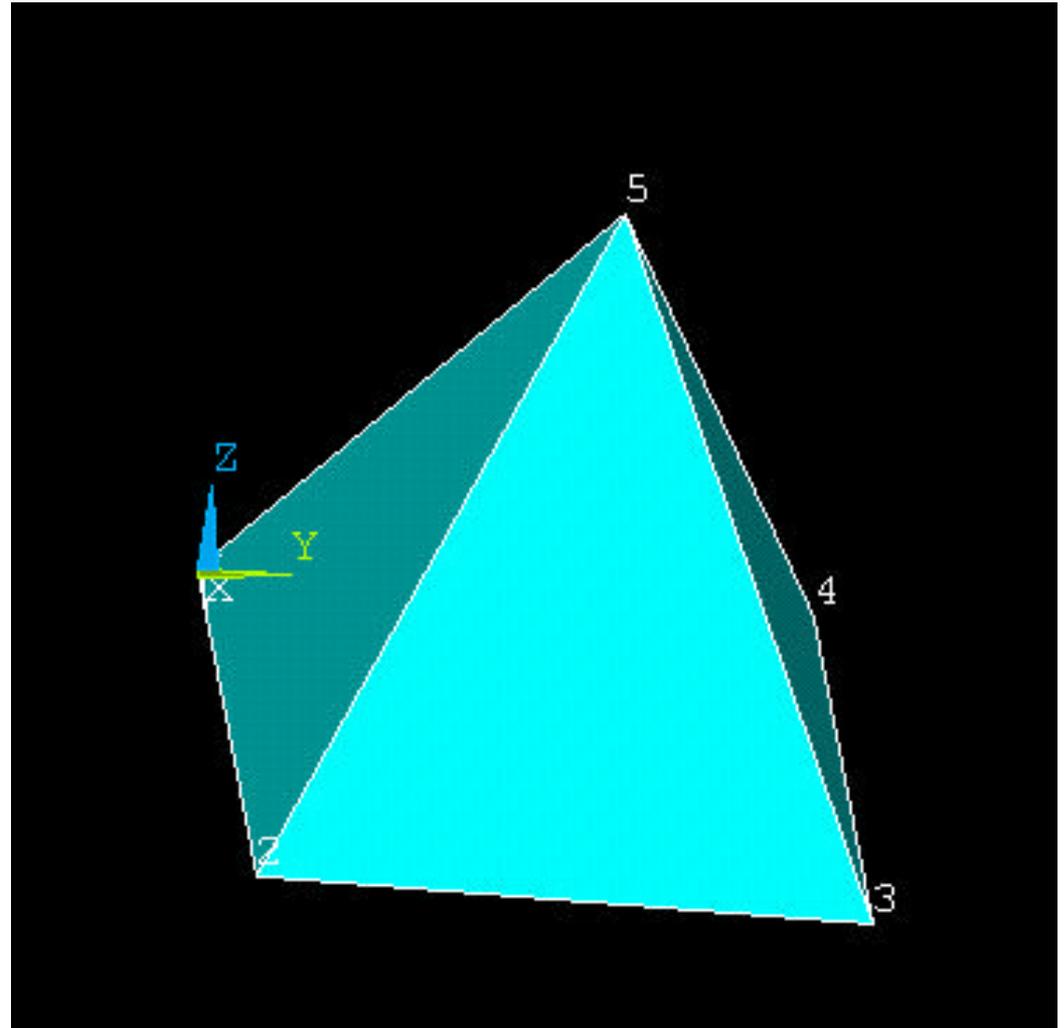
Introduzione Volumi

$VA, A1, A2, \dots, A10$

genera un volume tramite le superfici laterali

Piramide a base quadrata

K,1,
K,2,50
K,3,50,50
K,4,0,50
K,5,25,25,50
A,1,2,3,4
A,1,2,5
A,2,3,5
A,3,4,5
A,4,1,5
VA,1,2,3,4,5



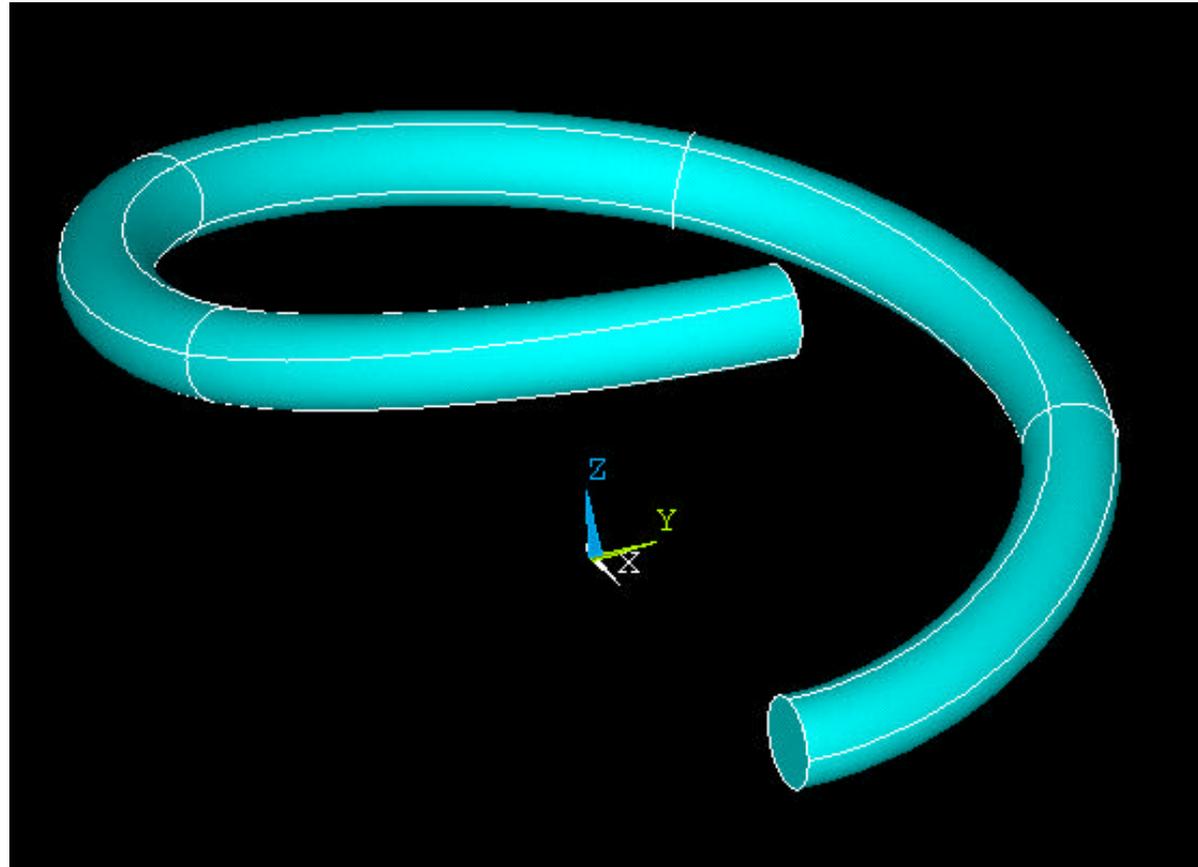
Introduzione Volumi

VDRAG,A1,A2,...,A6,L1,L2,...,L6

genera un volume facendo scorrere superfici su un percorso

Spira di molla

```
K,1,50  
CSYS,1  
KGEN,6,1,1,,0,360/5,50/5  
SPLINE,1,2,3,4,5,6,  
0,-1,0,0,1,0  
CSYS,0  
K,7,50,10  
CIRCLE,1,5,7  
AL,6,7,8,9  
VDRAG,1,,,,,1,2,3,4,5
```

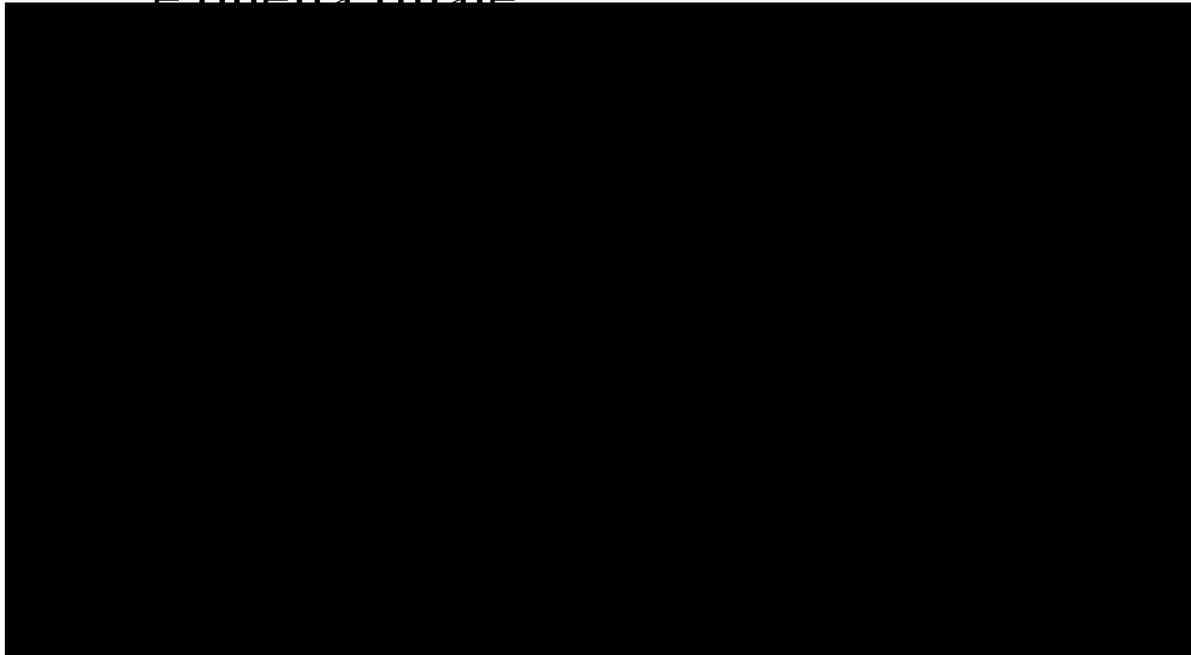


Introduzione Volumi

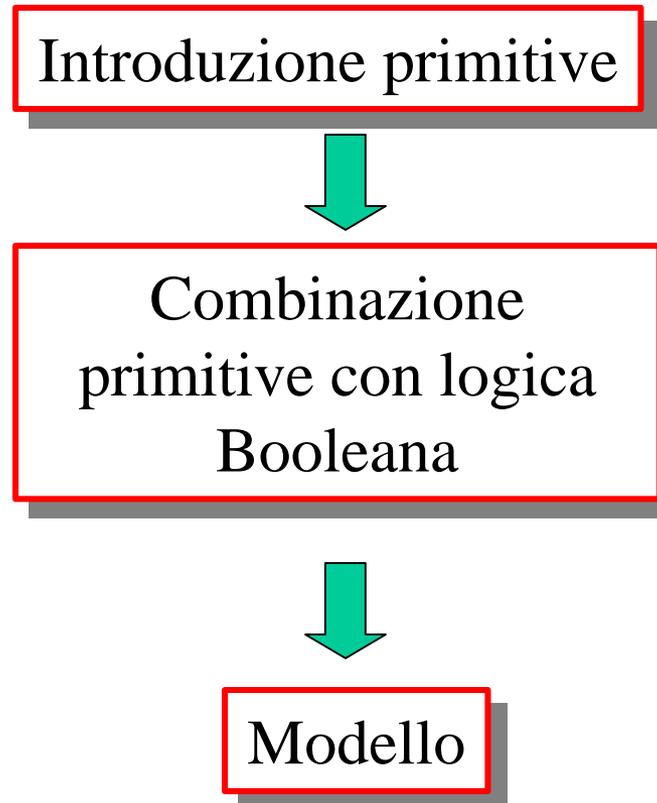
VROTAT genera un volume ruotando superfici attorno a un asse

VOFFST genera un volume traslando aree lungo la loro normale (estrusione)

VEXT genera un volume traslando e scalando aree lungo un vettore definito tramite componenti (estrusione con espansione); interpola linearmente tra la forma iniziale e quella finale



METODO TOP-DOWN



Vantaggioso per corpi di forma semplice, in cui è facile riconoscere le primitive

Working planes

Le primitive sono definite con riferimento al “working plane” corrente. Inizialmente il WP coincide col piano “xy” del SR cartesiano globale. E’ possibile creare nuovi WP personalizzati.

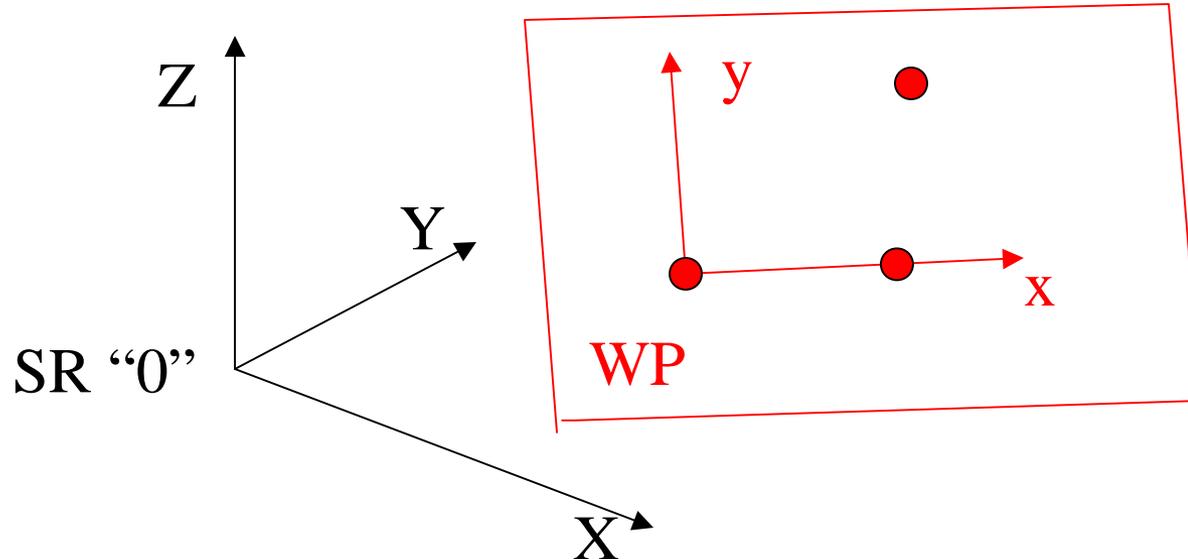
WPLANE, WN, XOR, YOR, ZOR, XAX, YAX, ZAX, XPL, YPL, ZPL

genera un
WP per 3
punti

Origine

Punto su
asse “x”

3° punto sul
WP



Primitive di area

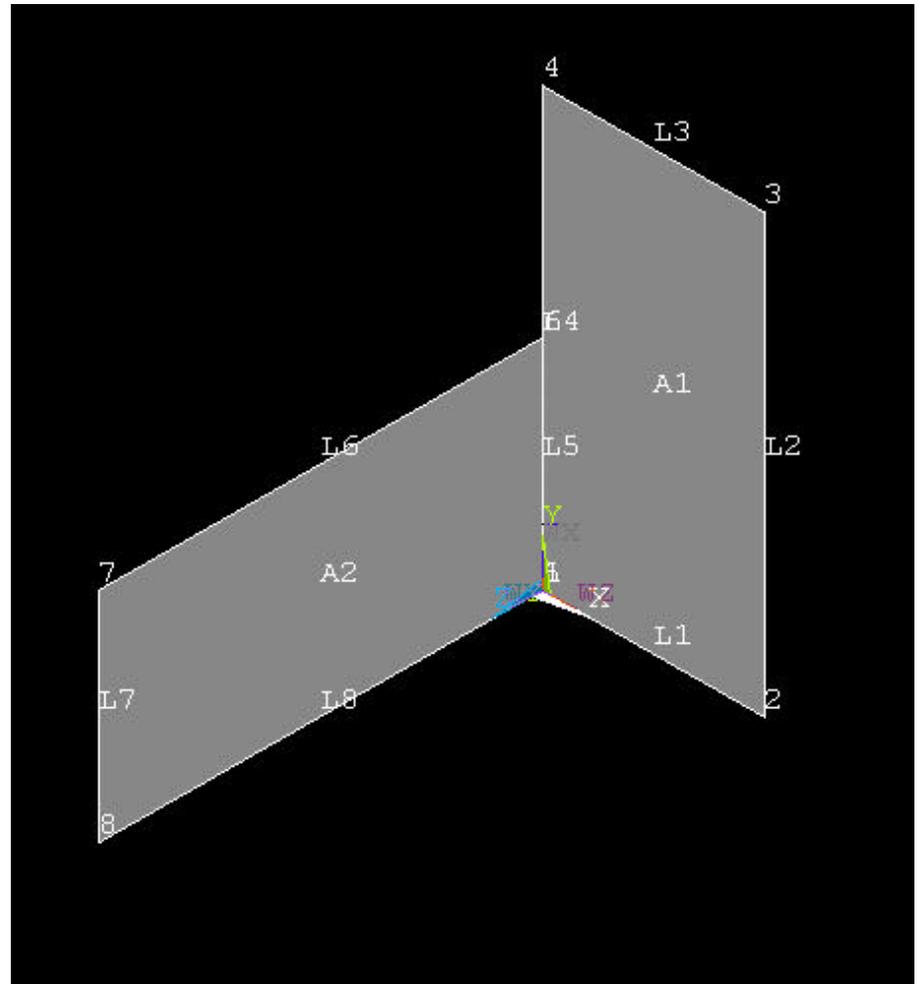
RECTNG,X1,X2,Y1,Y2

genera un rettangolo sul WP

```
RECTNG,0,10,0,20
```

```
WPLANE,,0,0,0,0,1,0,0,0,1
```

```
RECTNG,0,10,0,20
```

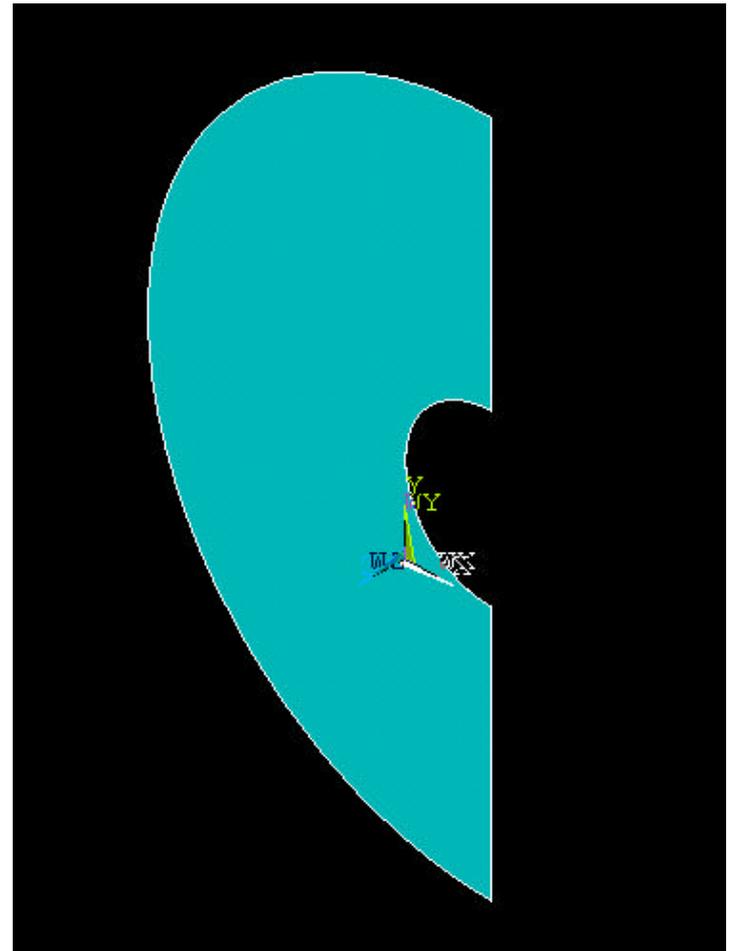


Primitive di area

CYL4,XC,YC,RAD1,ANG1,RAD2,ANG2, (PROF)

genera un settore circolare (cilindro) sul WP

CYL4,5,5,15,90,5,270

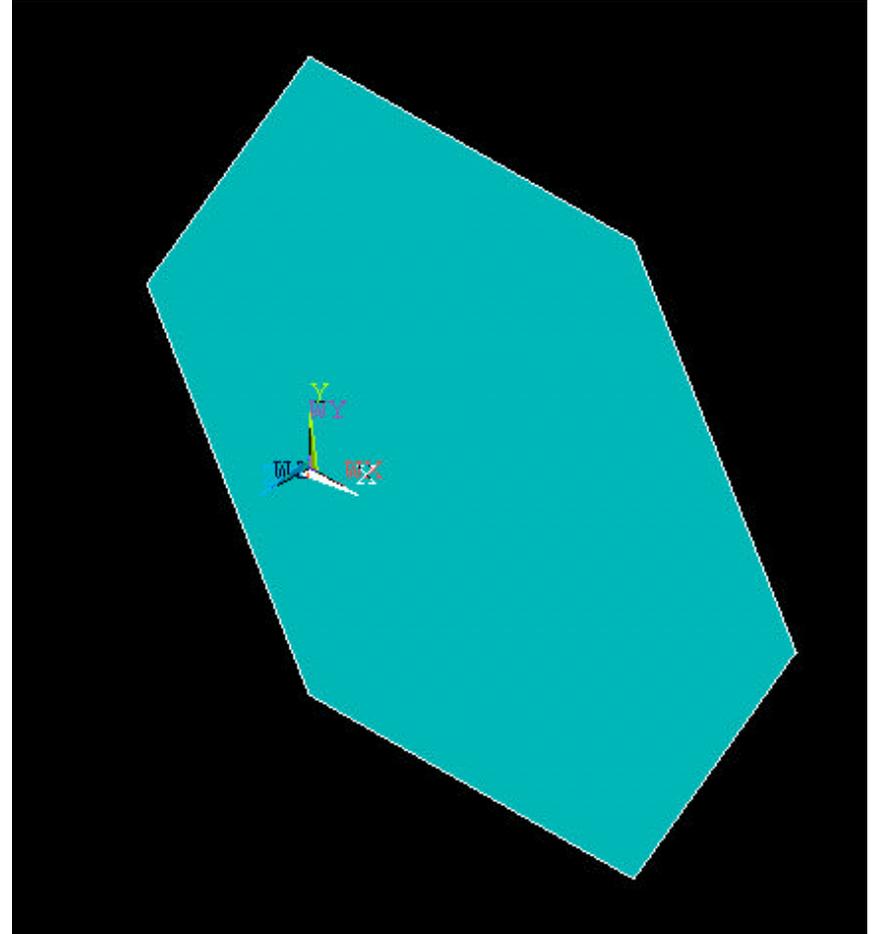


Primitive di area

RPR4,NSIDES,XC,YC,RAD,ANG,(PROF)

genera un poligono regolare (prisma) sul WP

RPR4,6,10,5,20



Esempio di uso dei WP: spira di molla corretta

Spira di molla:

```
*AFUN,DEG
```

```
A=50 !RAGGIO DELL'ELICA
```

```
R=10 !RAGGIO DELLA SEZIONE
```

```
H=30 !PASSO
```

```
!
```

```
K,1,A
```

```
CSYS,1
```

```
TETA=ATAN(H/(2*3.1415*A))
```

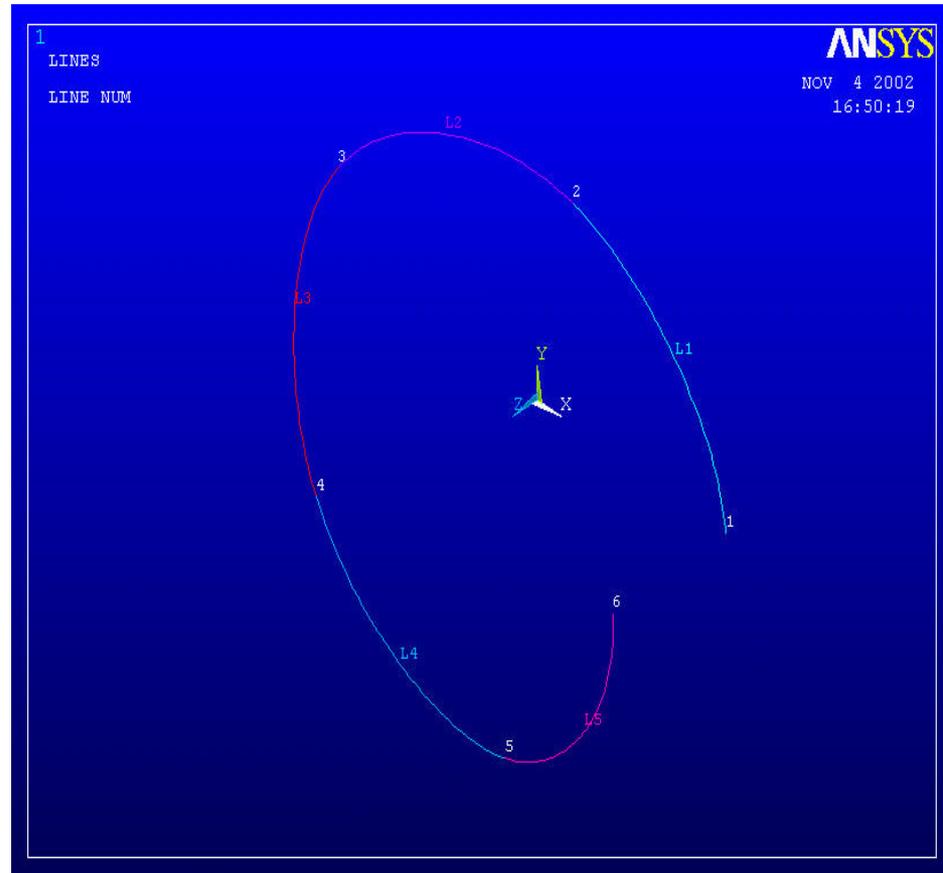
```
KGEN,6,1,1,,0,360/5,H/5
```

```
CSYS,0
```

```
SPLINE,1,2,3,4,5,6,
```

```
0,-COS(TETA),-SIN(TETA),
```

```
0,COS(TETA),SIN(TETA)
```



Esempio di uso dei WP: spira di molla corretta

Spira di molla:

```
*AFUN,DEG
```

```
A=50 !RAGGIO DELL'ELICA
```

```
R=10 !RAGGIO DELLA SEZIONE
```

```
H=30 !PASSO
```

```
!
```

```
K,1,A
```

```
CSYS,1
```

```
TETA=ATAN(H/(2*3.1415*A))
```

```
KGEN,6,1,1,,0,360/5,H/5
```

```
CSYS,0
```

```
SPLINE,1,2,3,4,5,6,
```

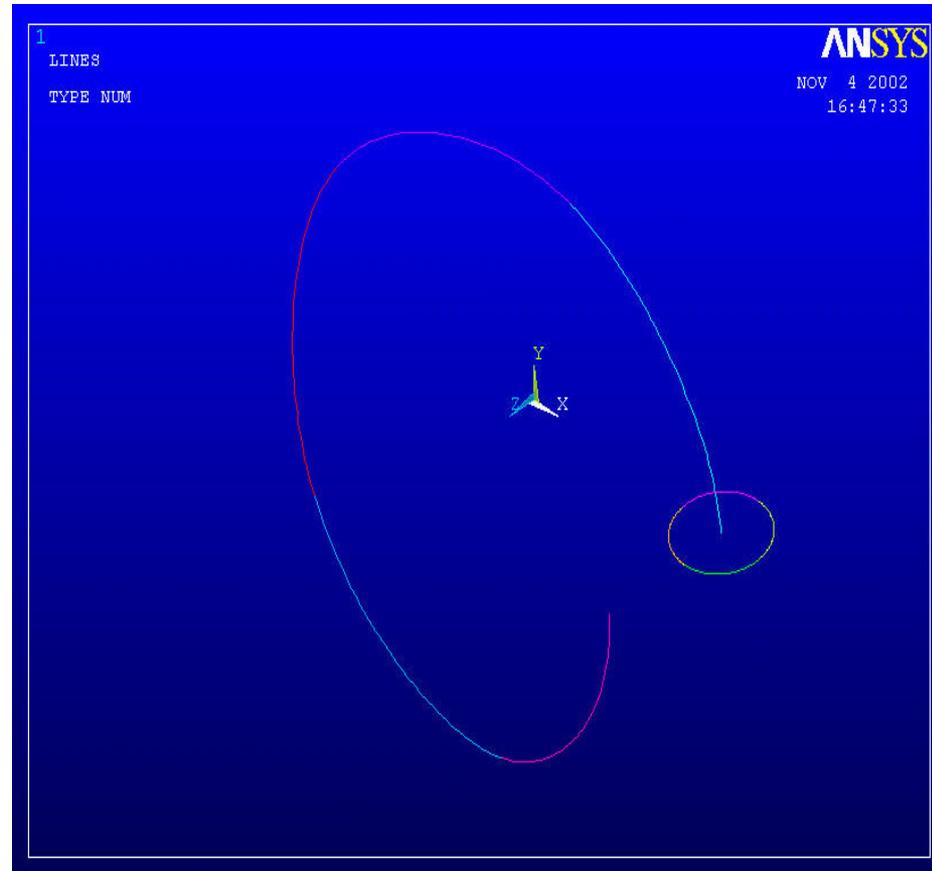
```
0,-COS(TETA),-SIN(TETA),
```

```
0,COS(TETA),SIN(TETA)
```

```
WPOFFS,A
```

```
WPROTAT,,90+TETA
```

```
CYL4,0,0,R
```



Esempio di uso dei WP: spira di molla corretta

Spira di molla:

```
*AFUN,DEG
```

```
A=50 !RAGGIO DELL'ELICA
```

```
R=10 !RAGGIO DELLA SEZIONE
```

```
H=30 !PASSO
```

```
!
```

```
K,1,A
```

```
CSYS,1
```

```
TETA=ATAN(H/(2*3.1415*A))
```

```
KGEM,6,1,1,,0,360/5,H/5
```

```
CSYS,0
```

```
SPLINE,1,2,3,4,5,6,
```

```
0,-COS(TETA),-SIN(TETA),
```

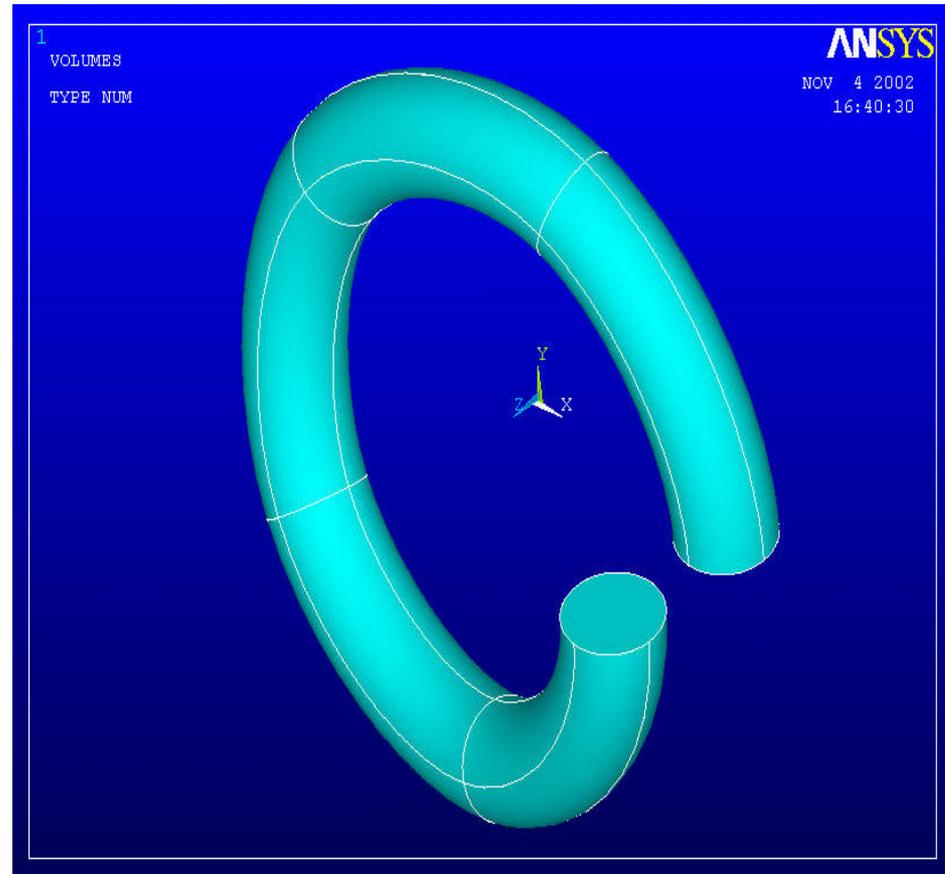
```
0,COS(TETA),SIN(TETA)
```

```
WPOFFS,A
```

```
WPROTAT,,90+TETA
```

```
CYL4,0,0,R
```

```
VDRAG,1,,,,,1,2,3,4,5
```

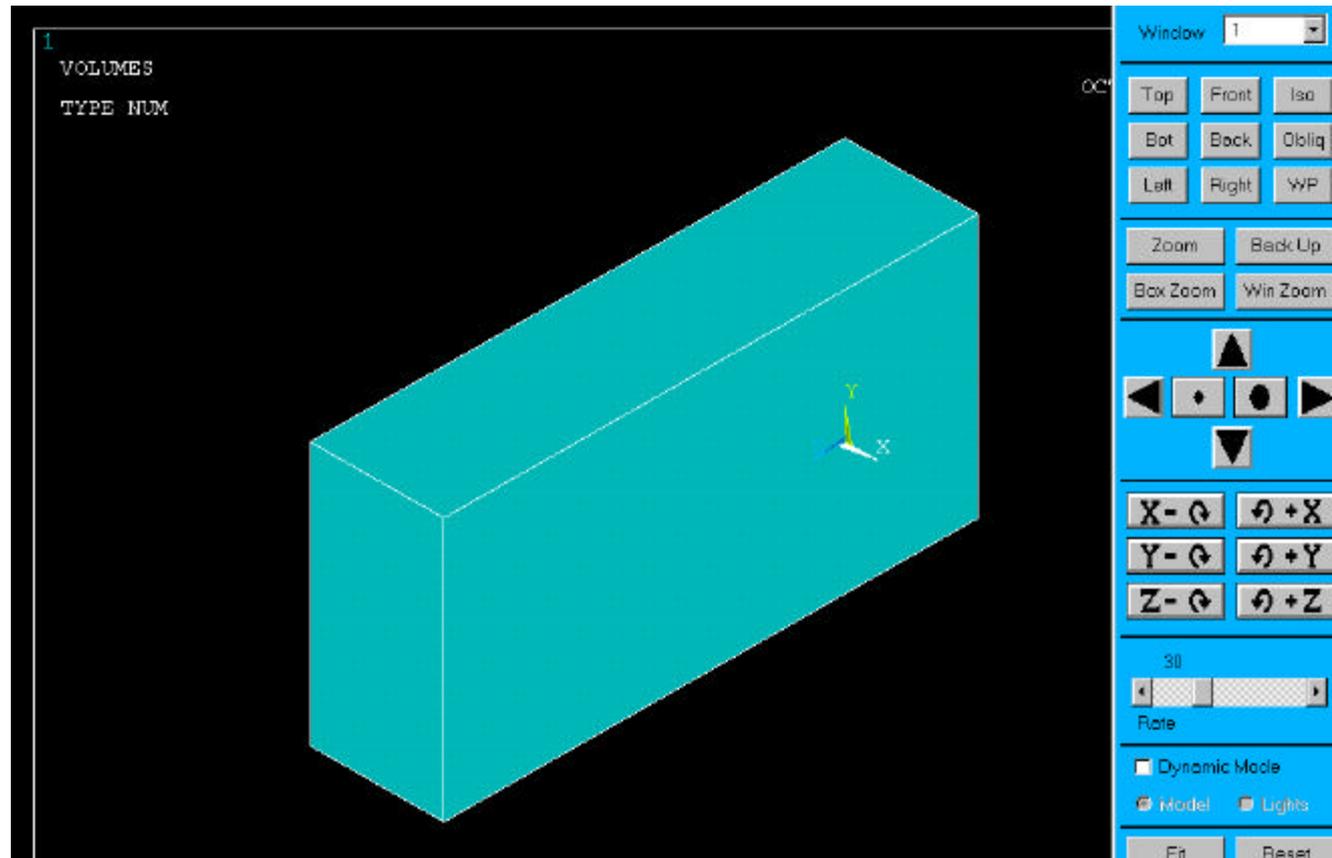


Primitive di volume

BLOCK, X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2

genera un parallelepipedo sul WP

BLOCK,0,12.5,0,25,0,50

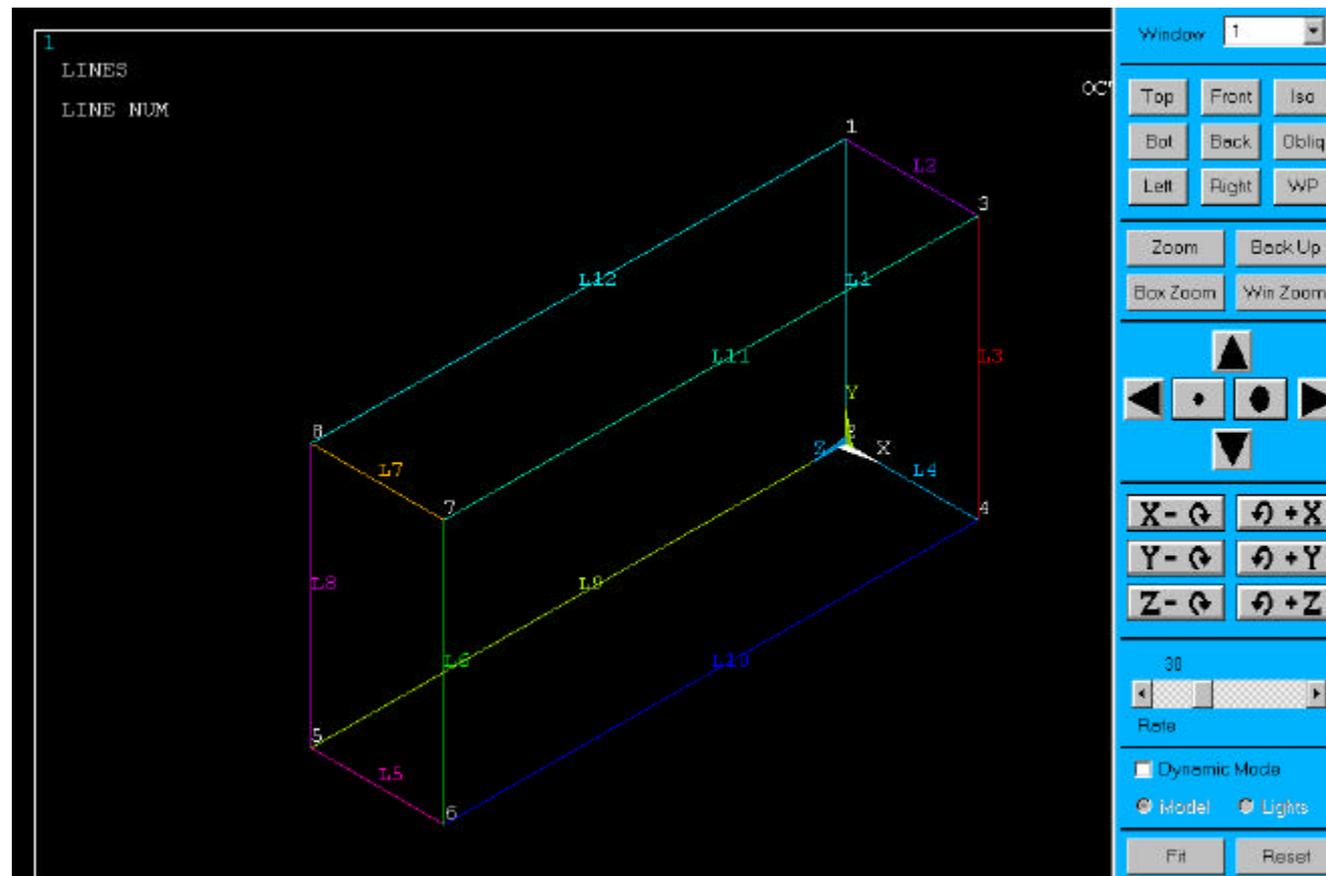


Primitive di volume

BLOCK, X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2

genera un parallelepipedo sul WP

BLOCK,0,12.5,0,25,0,50

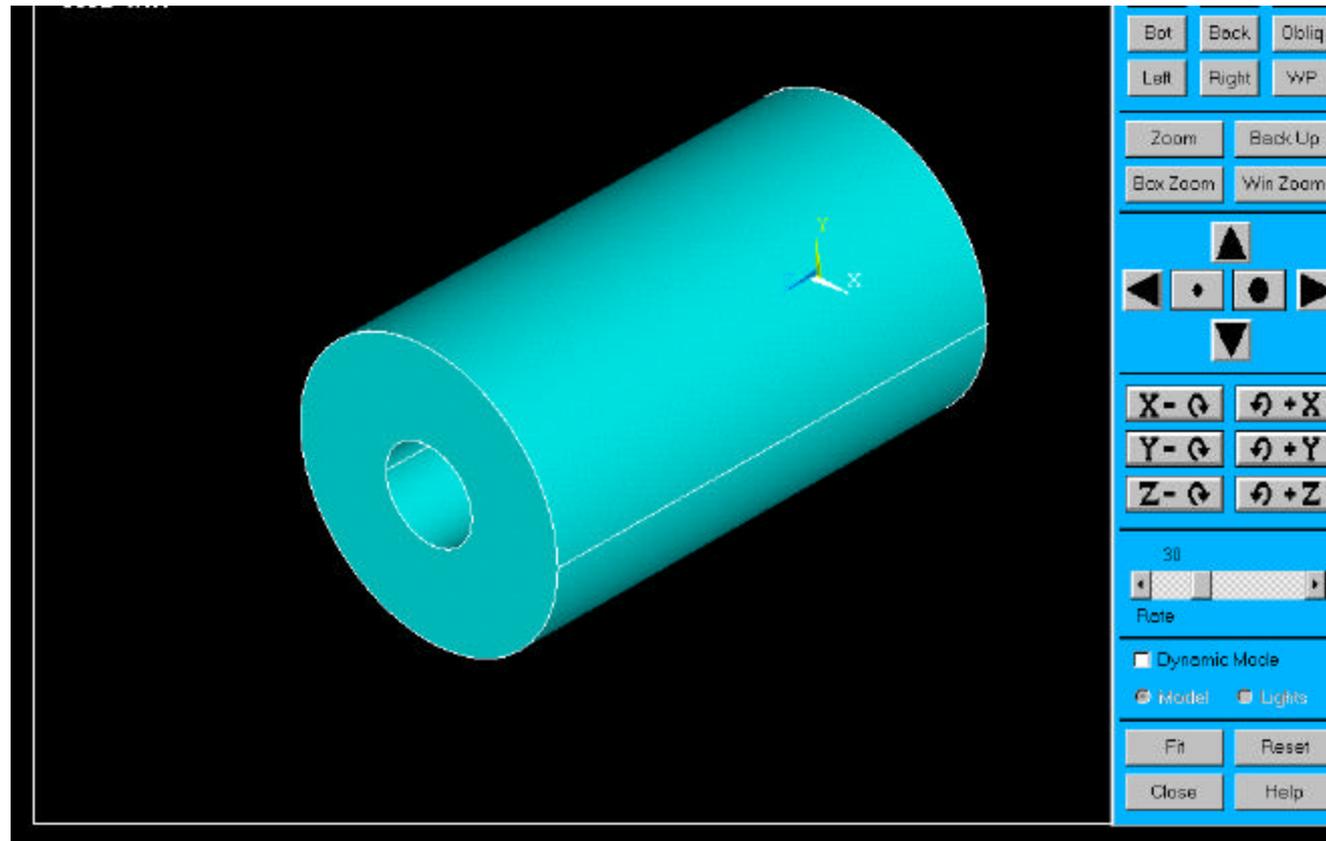


Primitive di volume

CYL4,XC,YC,RAD1,ANG1,RAD2,ANG2, PROF

genera un settore cilindrico sul WP

CYL4,5,5,15,0,5,360,50

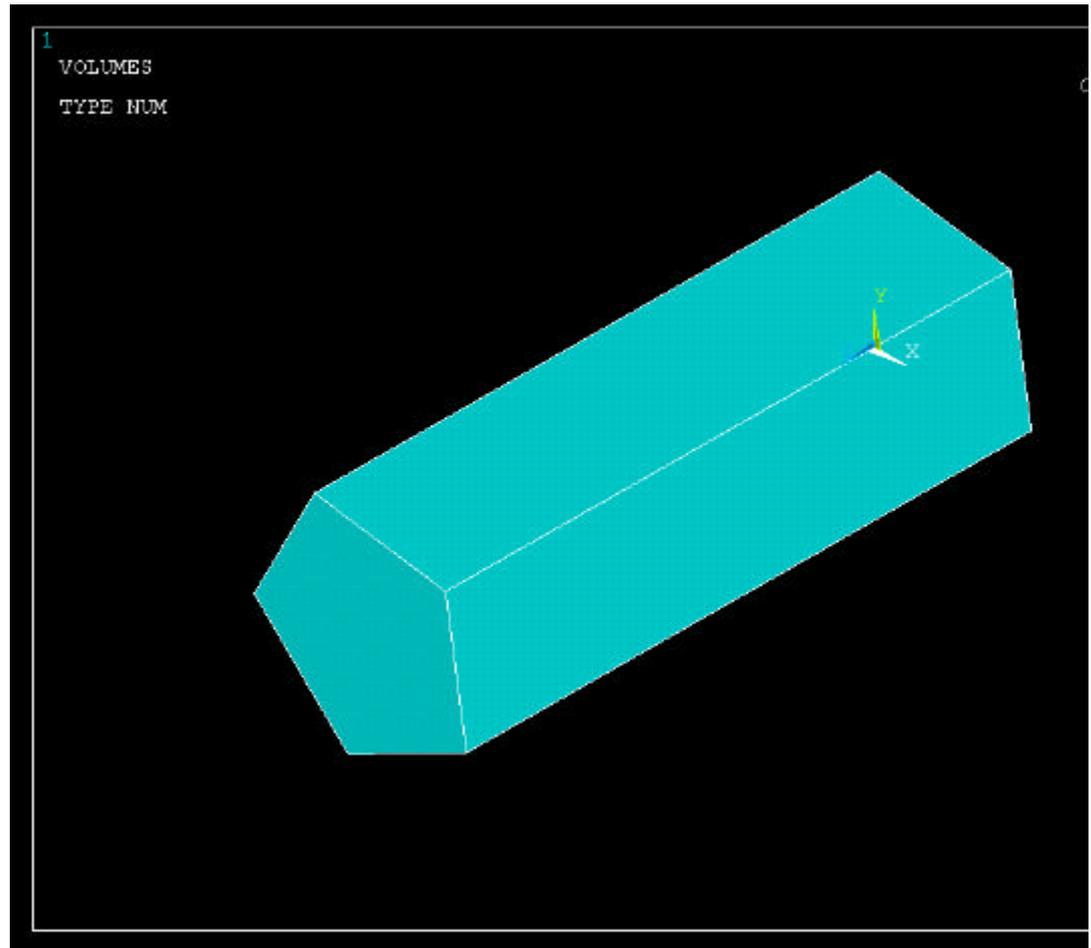


Primitive di volume

RPR4,NSIDES,XC,YC,RAD,ANG,(PROF)

genera un prisma regolare sul WP

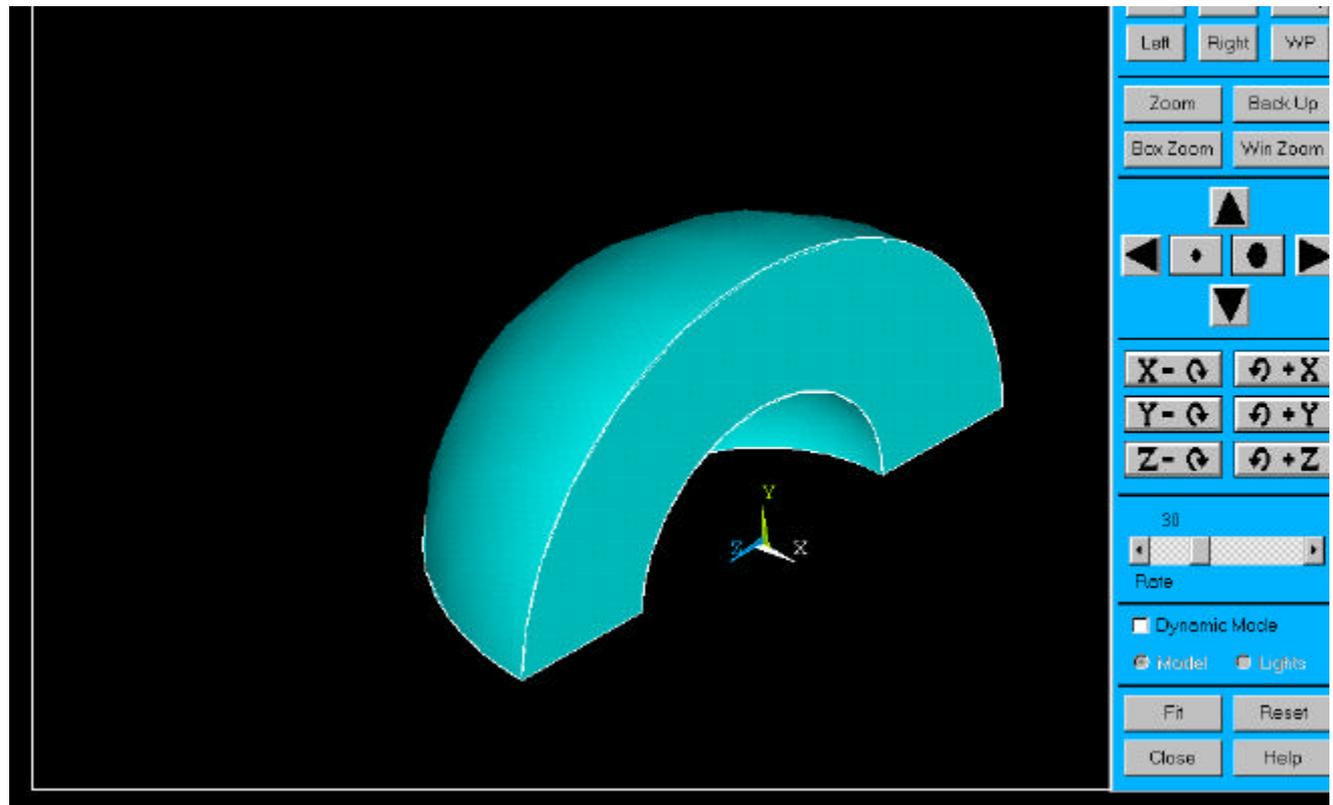
RPR4,5,10,10,20,45,100



Primitive di volume

SPHERE

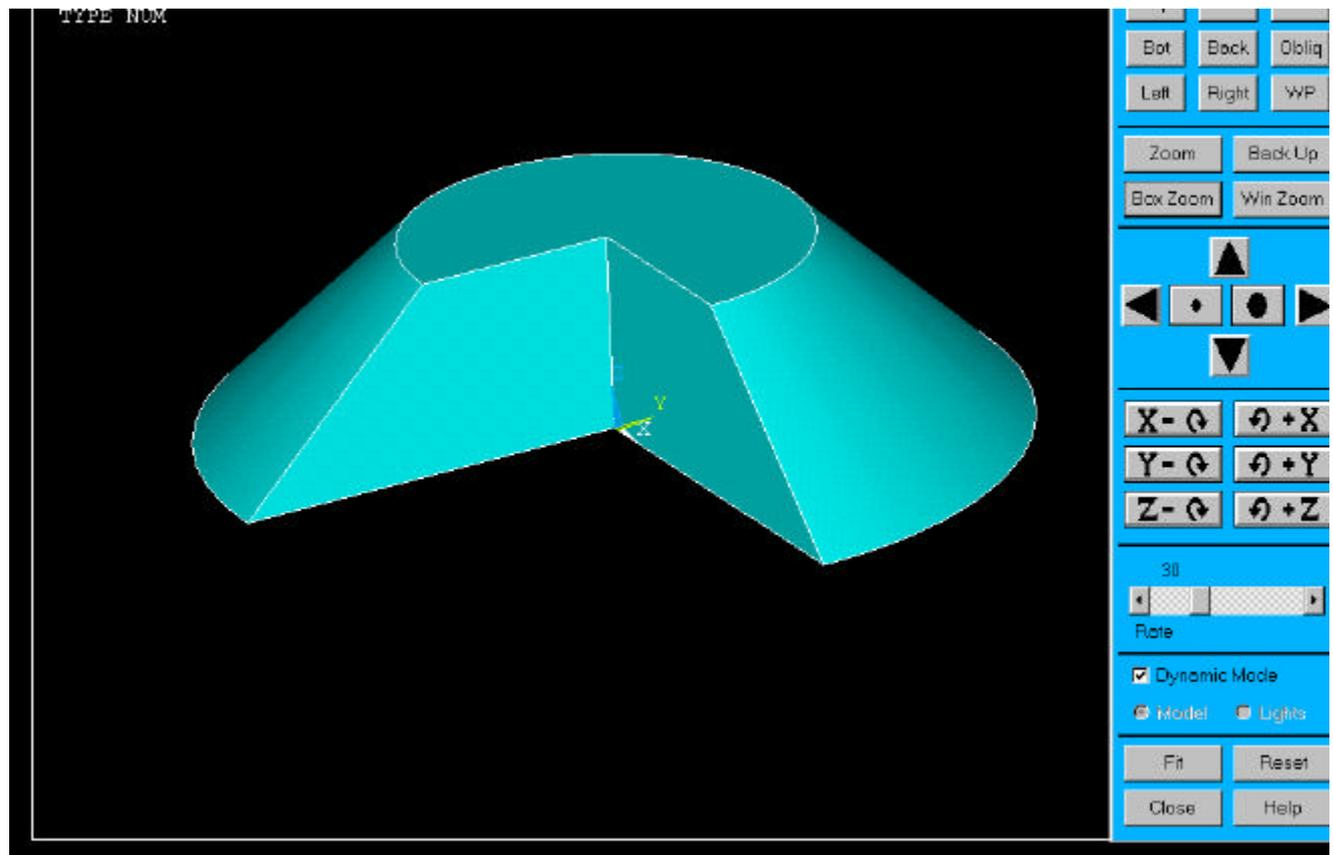
genera una sfera o un settore sferico



Primitive di volume

CONE

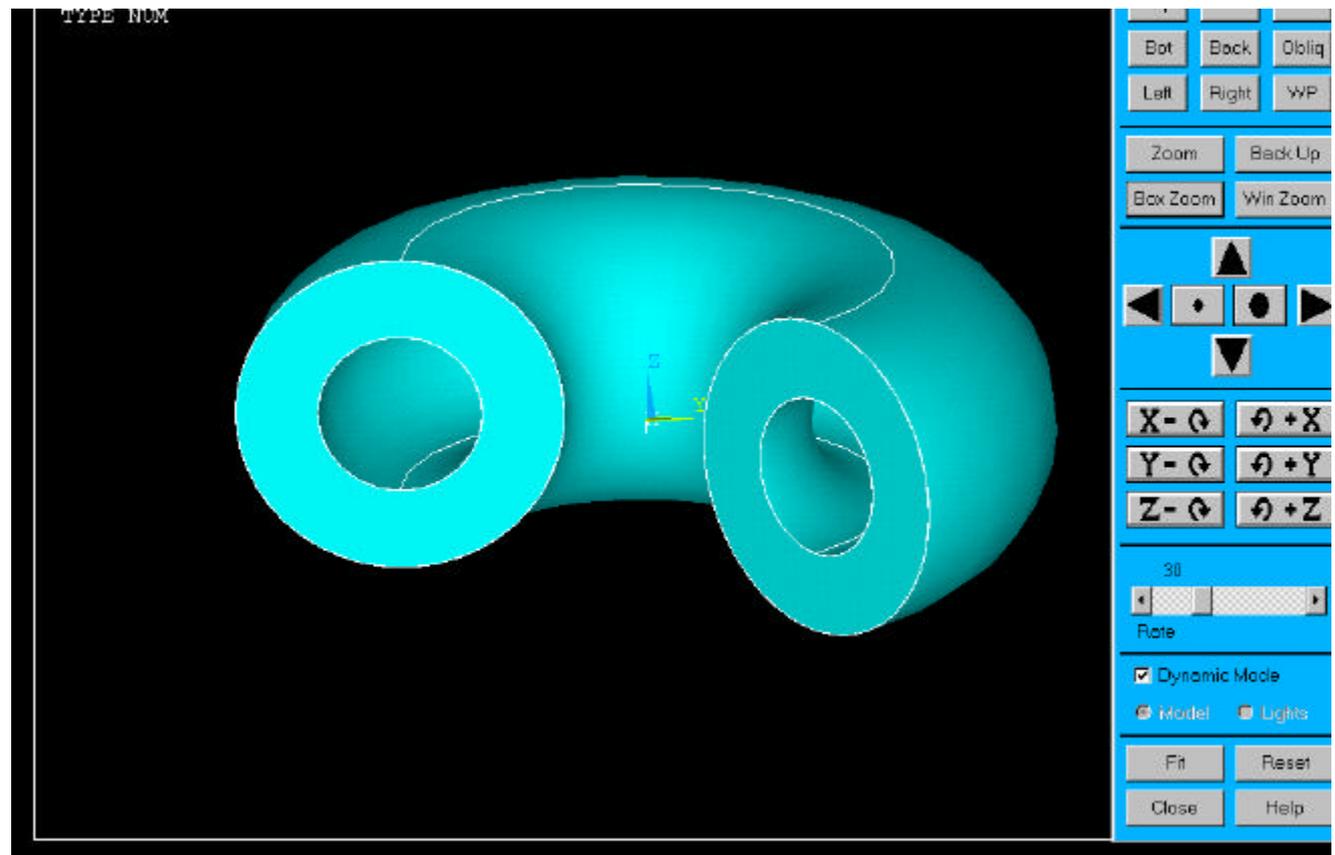
genera un cono o un tronco di cono



Primitive di volume

TORUS

genera un toro o un settore torico



Operazioni Booleane

BOPTN,KEEP,YES(NO)

Mantiene o no le entità originali,
accanto a quelle risultato
dell'operazione

Operazioni Booleane : intersezione

Creano una nuova entità che rappresenta la parte comune di due entità esistenti. Le entità possono essere dello stesso livello o di livelli diversi

LINL, LINA, LINV

linea con linea, area o volume

AINA, AINV

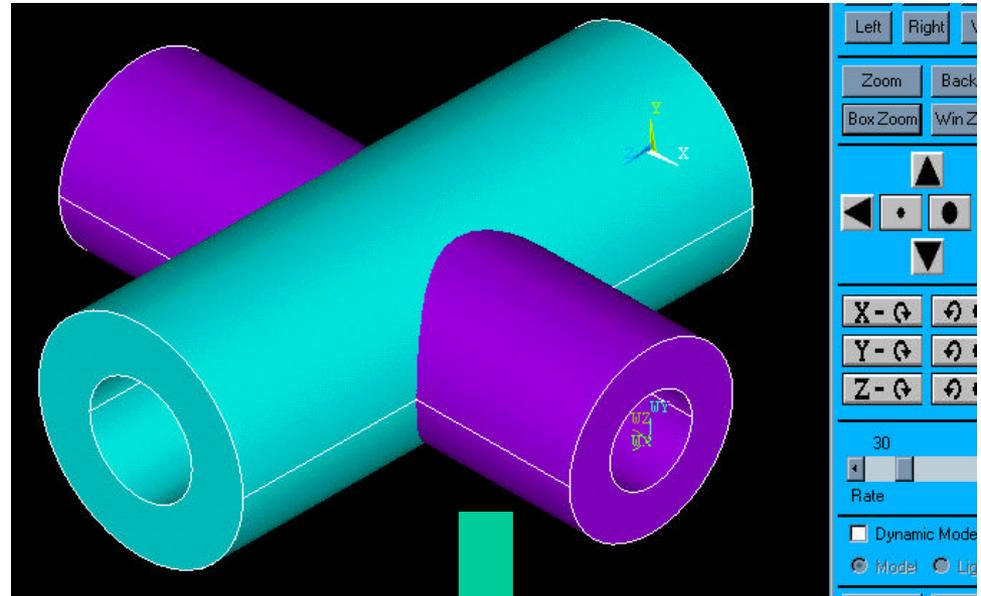
area con area o volume

VINV

volume con volume

Operazioni Booleane : intersezione

Creano una nuova entità che rappresenta la parte comune di due entità esistenti. Le entità possono essere dello stesso livello o di livelli diversi



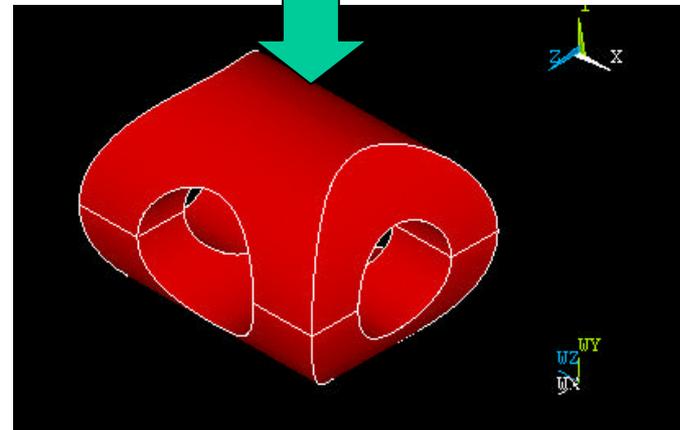
Intersezione di pari livello

```
CYL4,,10,,5,,50
```

```
WPLANE,,25,0,25,25,0,50,  
25,25,25
```

```
CYL4,,8,,4,,50
```

```
VINV,1,2
```



Operazioni Booleane : intersezione

Creano una nuova entità che rappresenta la parte comune di due entità esistenti. Le entità possono essere dello stesso livello o di livelli diversi

Intersezione di livello diverso

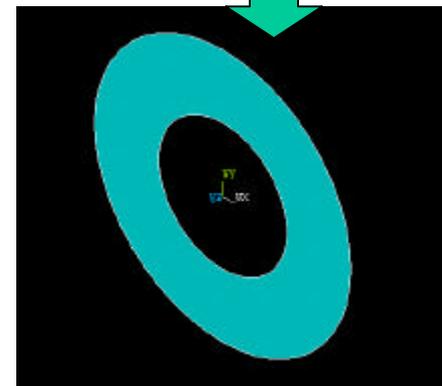
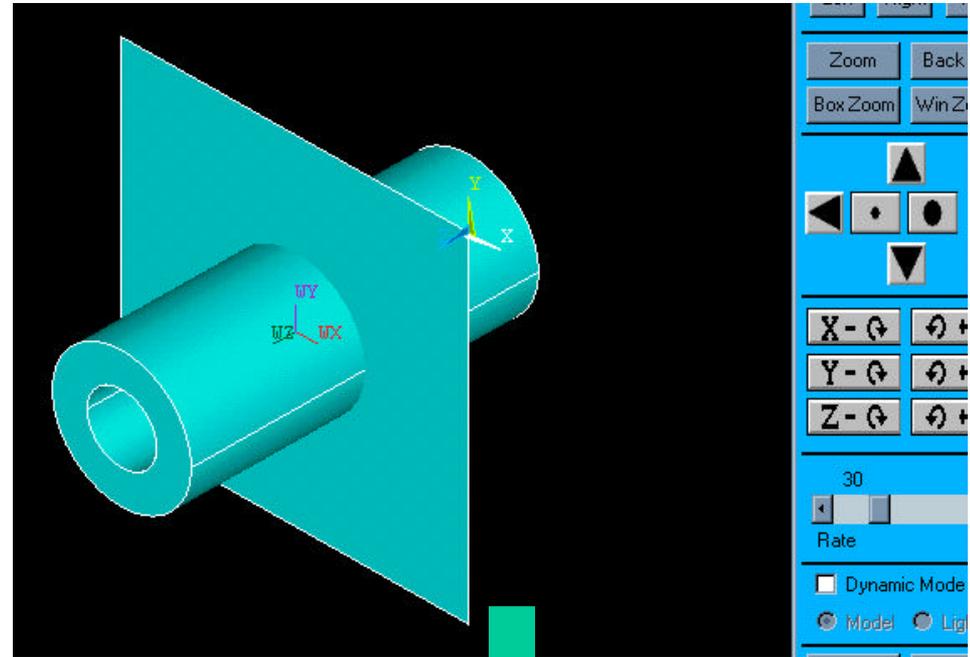
```
CYL4,,,10,,5,,50
```

```
WPLANE,,0,0,25,25,0,25,  
0,25,25
```

```
RECTNG,-25,25,-25,25
```

```
BOPTN,KEEP,NO
```

```
AINV,7,1
```



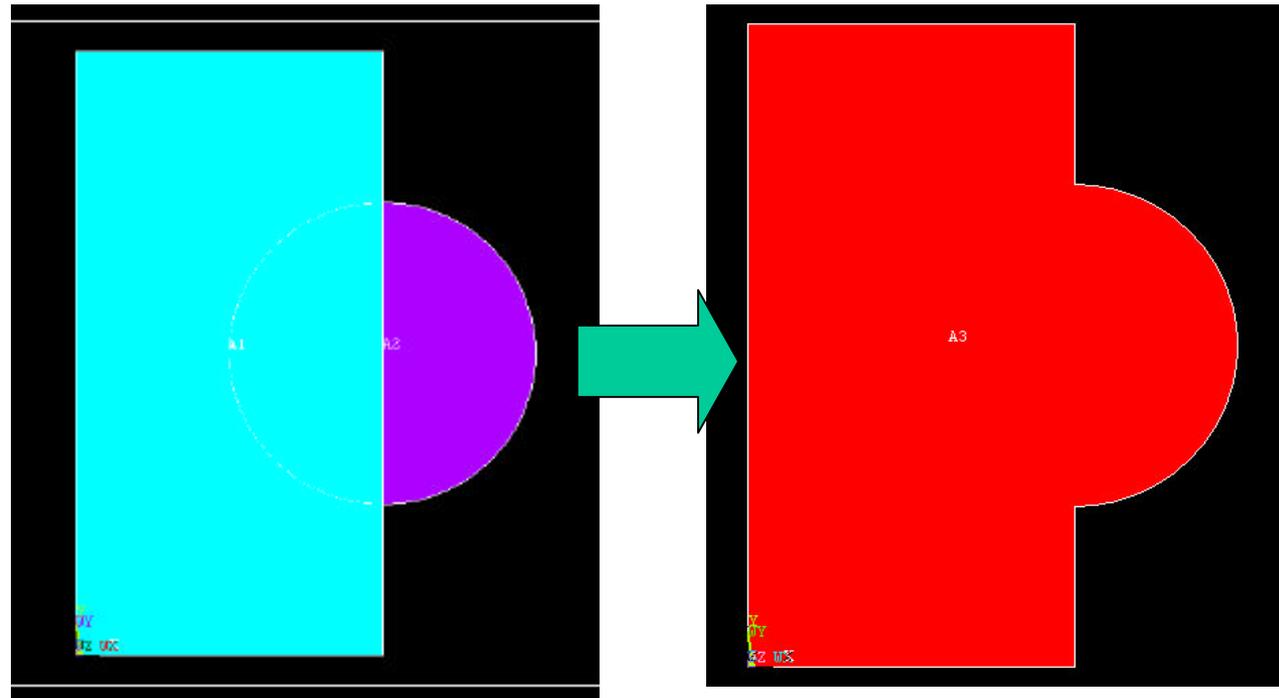
Operazioni Booleane : somma

Creano una nuova entità che rappresenta l'unione di due entità esistenti. Le entità devono essere dello stesso livello

AADD somma aree

VADD somma volumi

```
RECTNG,0,10,0,20  
CYL4,10,10,5  
AADD,1,2
```



Operazioni Booleane : somma

Creano una nuova entità che rappresenta l'unione di due entità esistenti. Le entità devono essere dello stesso livello

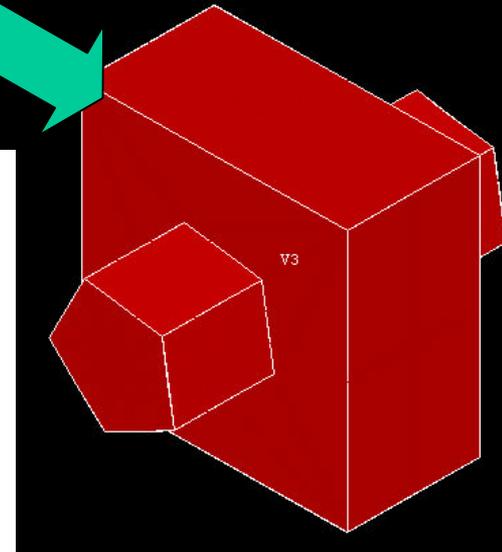
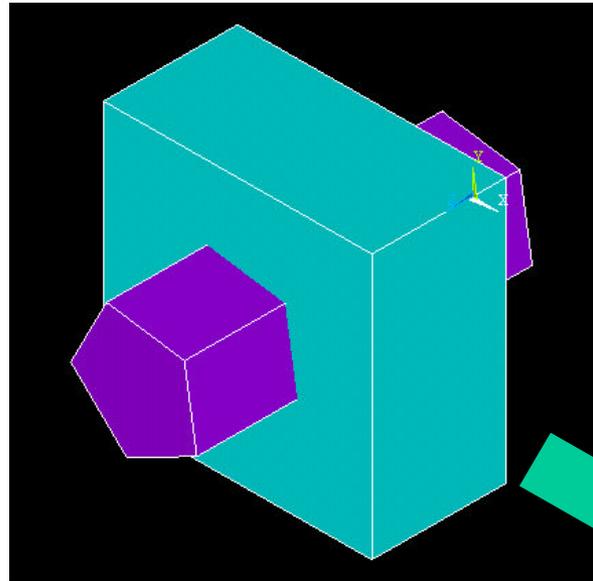
AADD **somma aree**

VADD **somma volumi**

```
BLOCK,-20,20,-20,20,15,35
```

```
RPR4,5,0,0,10,45,50
```

```
VADD,1,2
```



Operazioni Booleane : overlap

Crea nuove entità di forma semplice che coprono l'intero spazio occupato da due entità esistenti.

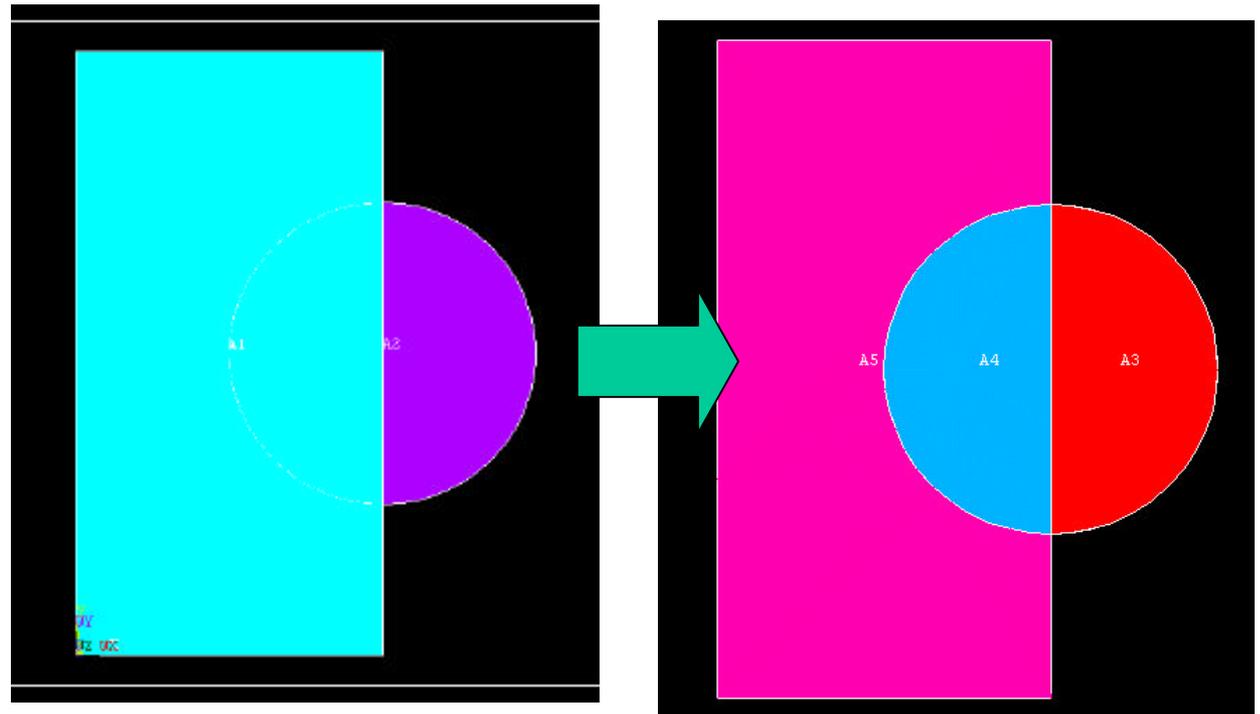
LOVLAP **overlap linee**

AOVLAP **overlap linee**

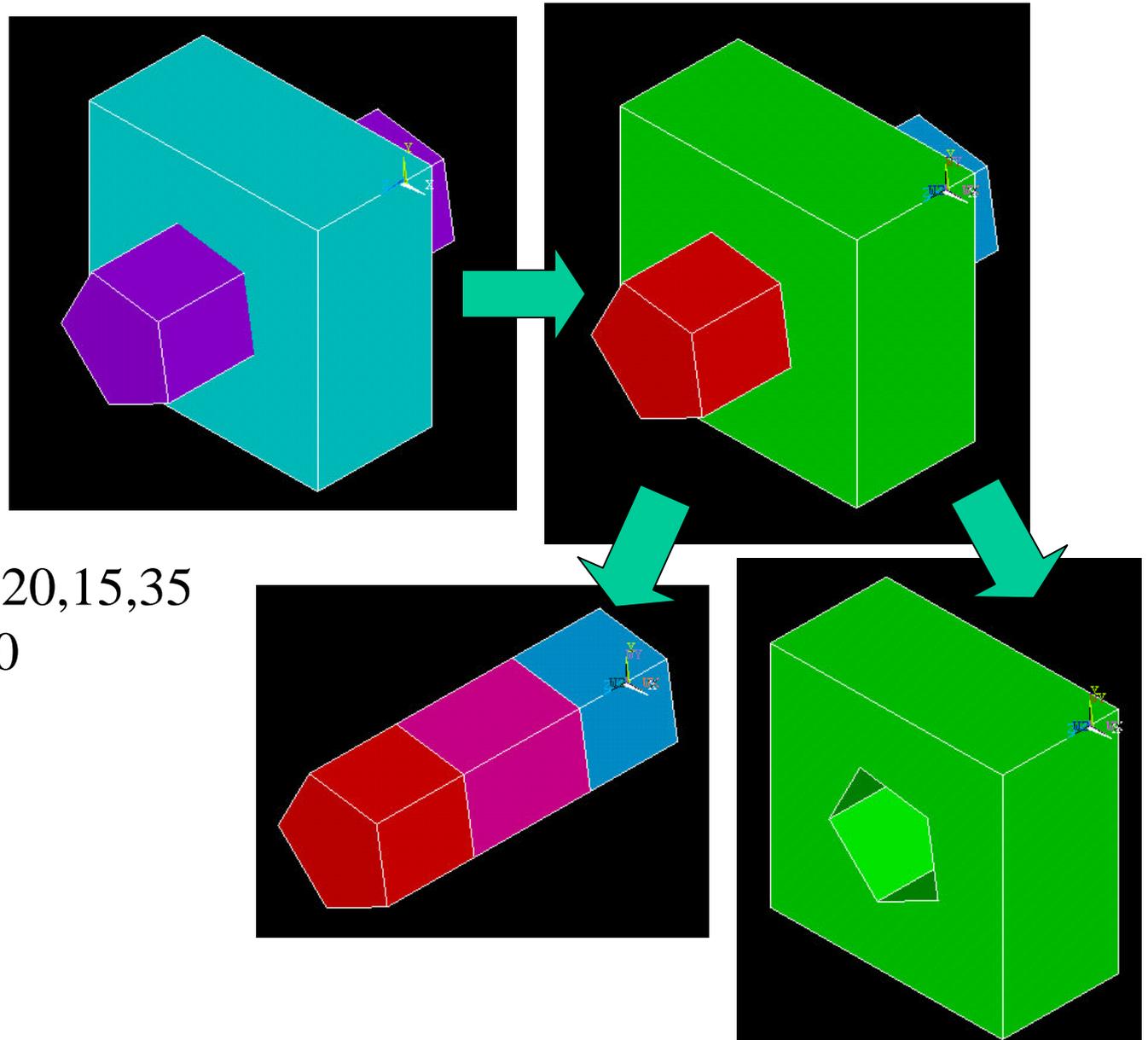
VOVLAP **overlap linee**

Operazioni Booleane : overlap

RECTNG,0,10,0,20
CYL4,10,10,5
AOVLAP,1,2



Operazioni Booleane : overlap



BLOCK,-20,20,-20,20,15,35
RPR4,5,0,0,10,45,50
VOVLAP,1,2

Operazioni Booleane : sottrazione

Creano una nuova entità sottraendo da un'entità data la parte comune con un'altra entità. Le entità possono essere dello stesso livello o di livelli diversi

LSBL, LSBA, LSBV

linea, area o volume da linea

ASBA, ASBL, ASBV

area, linea o volume da area

VSBL, VSBA

volume o area da volume

Operazioni Booleane : sottrazione

Creano una nuova entità sottraendo da un'entità data la parte comune con un'altra entità. Le entità possono essere dello stesso livello o di livelli diversi

LSBL, LSBA, LSBV

linea, area o volume da linea

ASBA, ASBL, ASBV

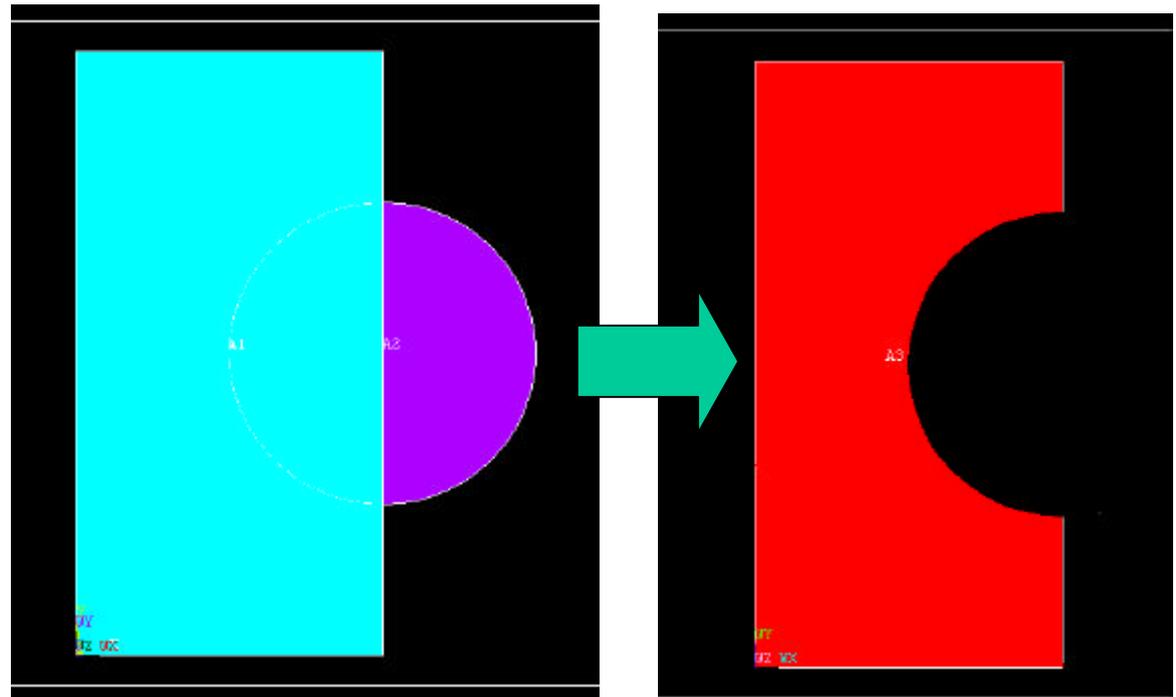
area, linea o volume da area

VSBV, VSBA

RECTNG,0,10,0,20

CYL4,10,10,5

ASBA,1,2



Operazioni Booleane : sottrazione

Creano una nuova entità sottraendo da un'entità data la parte comune con un'altra entità. Le entità possono essere dello stesso livello o di livelli diversi

LSBL, LSBA, LSBV

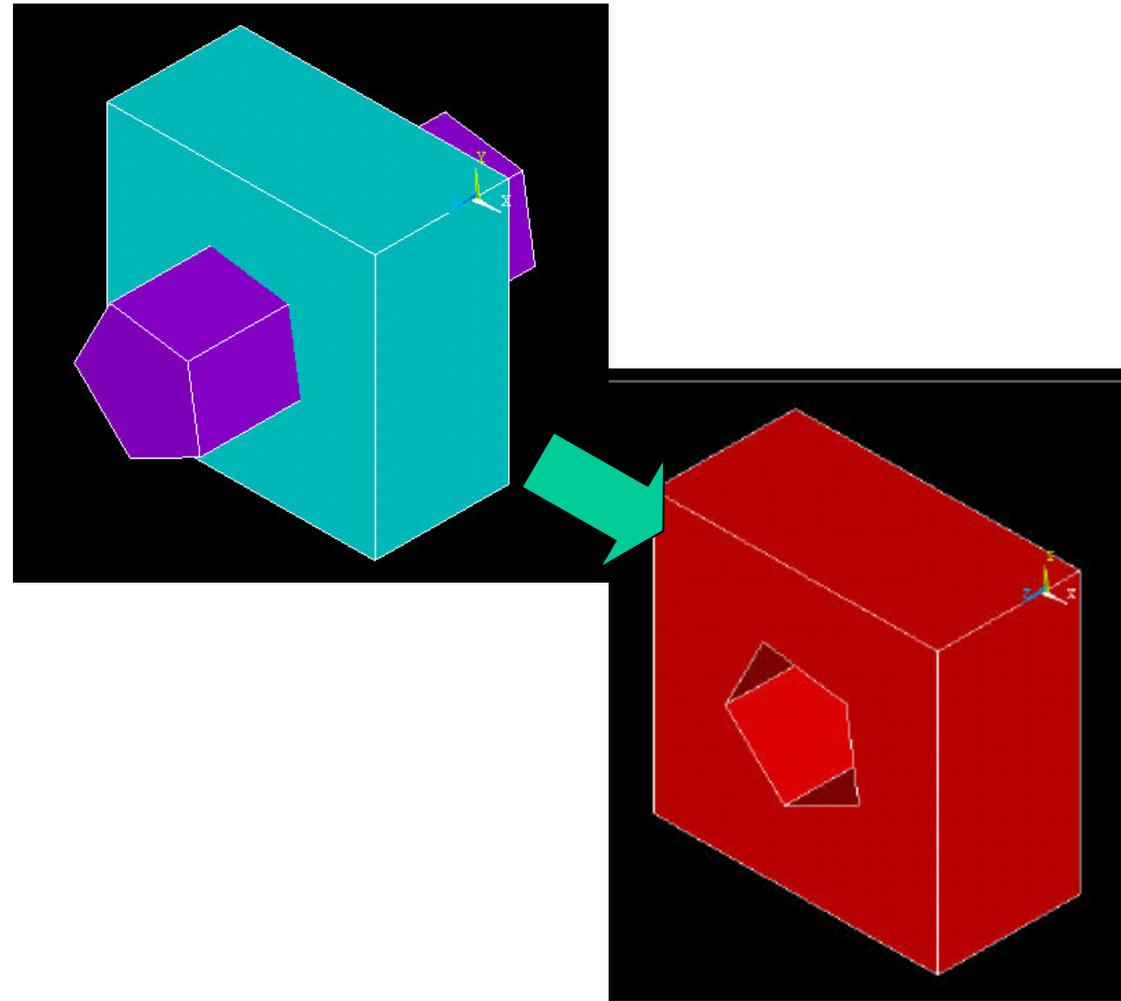
ASBA, ASBL, ASBV

VSBV, VSBA

BLOCK,-20,20,-20,20,15,35

RPR4,5,0,0,10,45,50

VSBV,1,2



Operazioni Booleane : sottrazione

Creano una nuova entità sottraendo da un'entità data la parte comune con un'altra entità. Le entità possono essere dello stesso livello o di livelli diversi

LSBL, LSBA, LSBV

ASBA, ASBL, ASBV

VSBV, VSBA

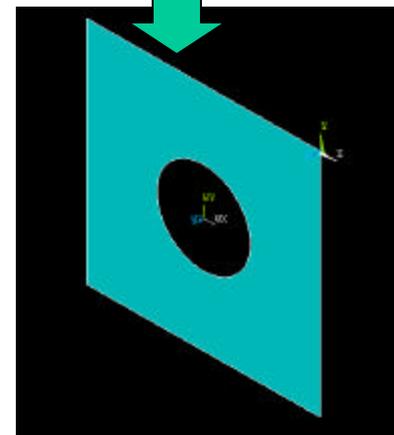
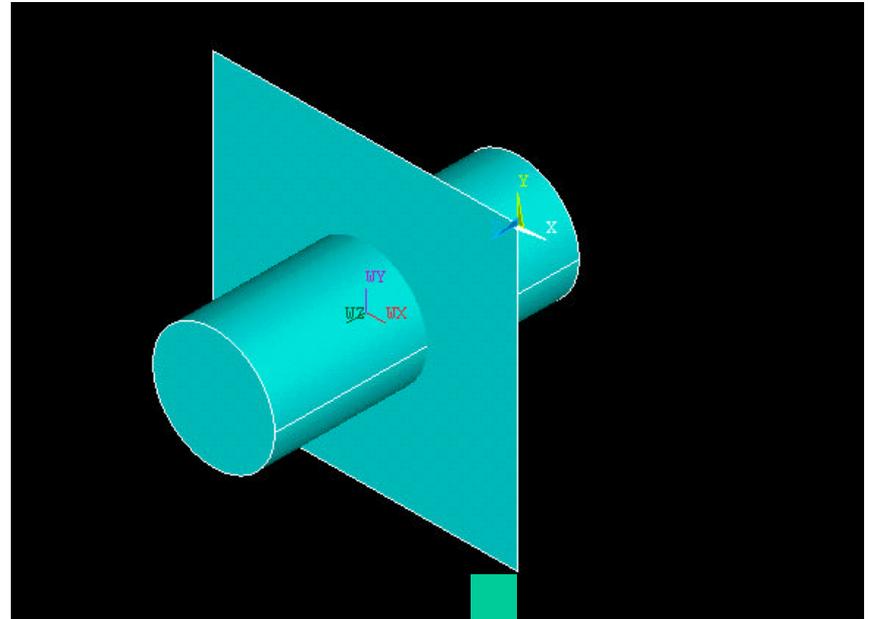
Sottrazione di livello diverso

```
CYL4,,,10,,,,50
```

```
WPLANE,,0,0,25,25,0,25,  
0,25,25
```

```
RECTNG,-25,25,-25,25
```

```
ASBV,5,1
```



Operazioni Booleane : Glue (incollaggio)

Mette in comune la zona di contatto tra due entità che si toccano (superfici tra volumi, linee tra superfici).

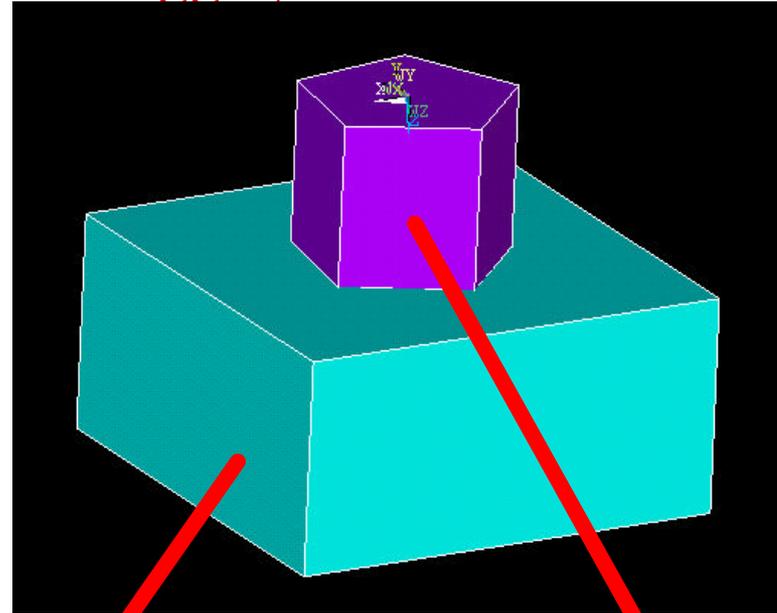
LGLUE **linee**

AGLUE **aree**

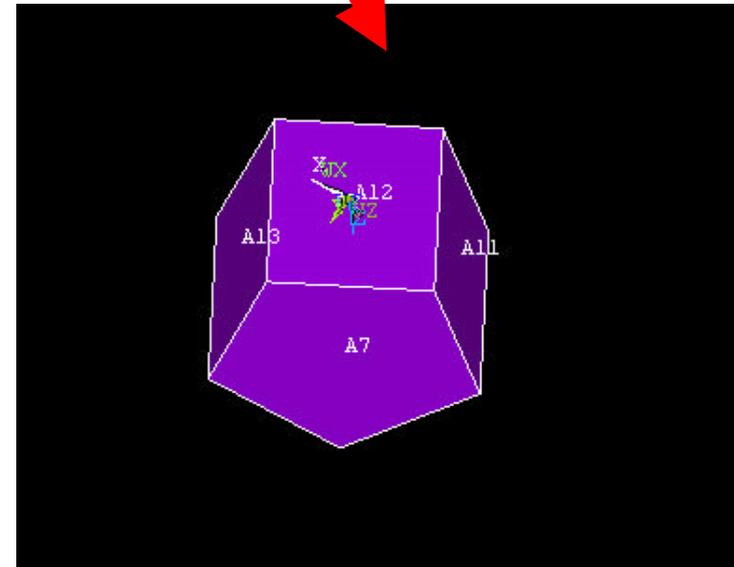
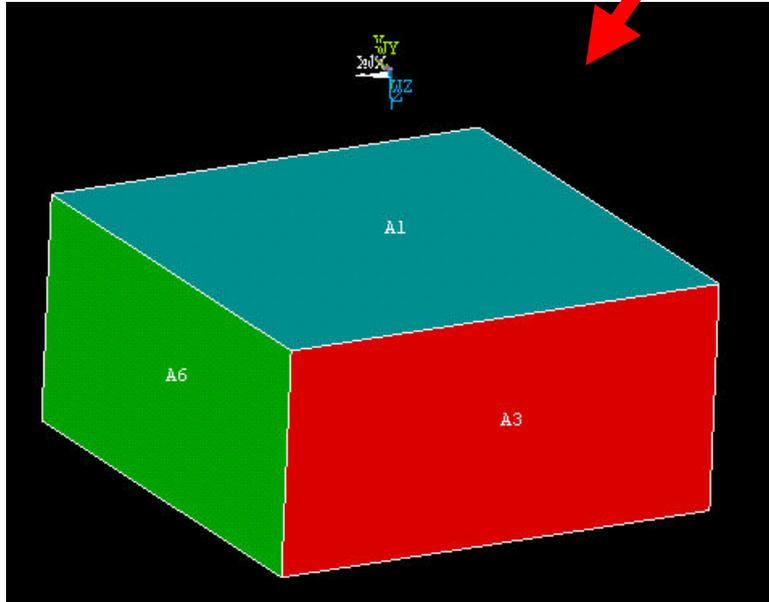
VGLUE **volumi**

Operazioni Booleane : Glue (incollaggio)

BLOCK,-20,20,-20,20,15,35
RPR4,5,0,0,10,45,15
VGLUE,1,2



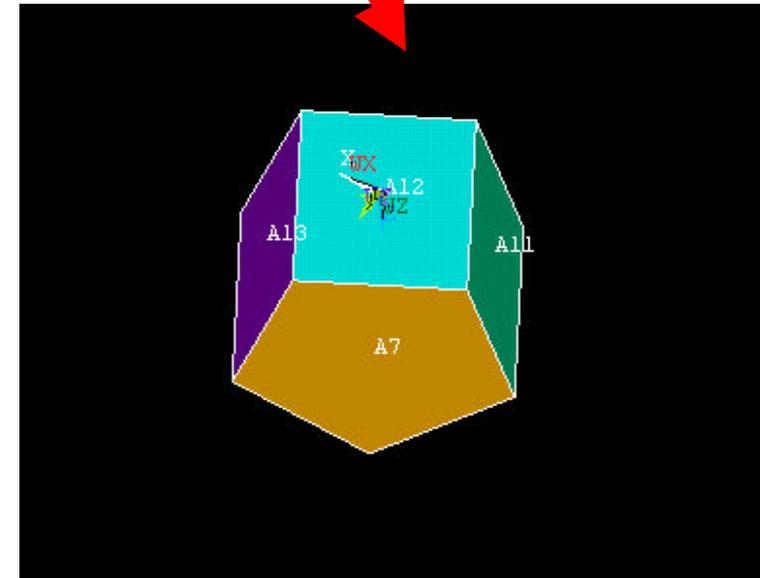
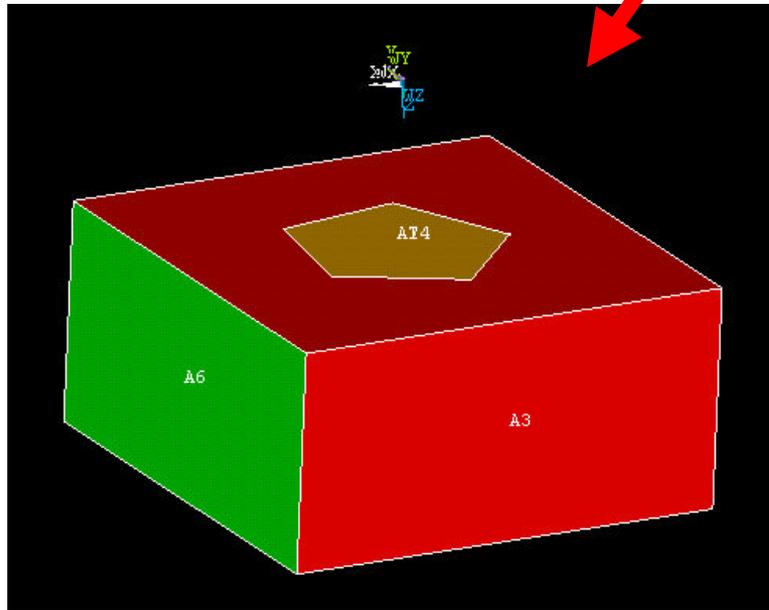
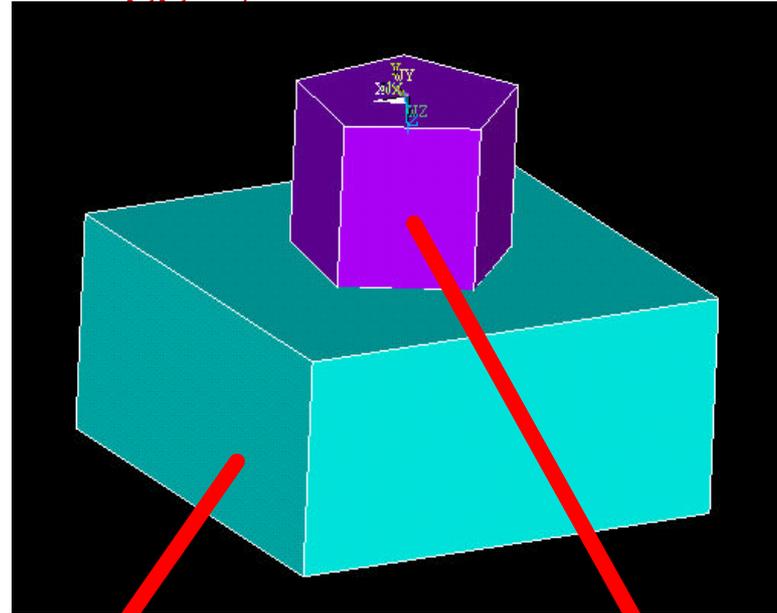
Prima dell'operazione di "glue" i
due volumi non hanno superfici
comuni



Operazioni Booleane : Glue (incollaggio)

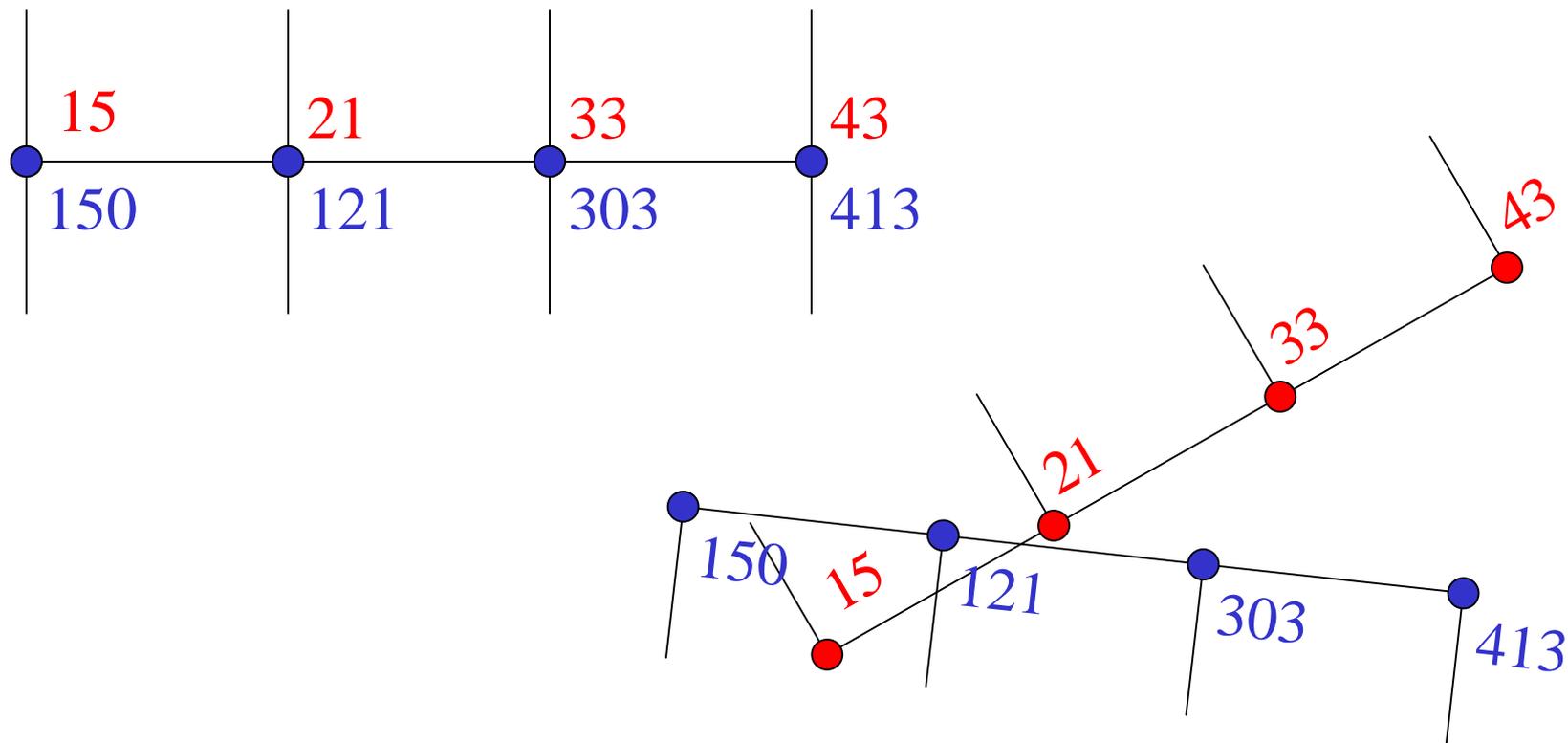
BLOCK,-20,20,-20,20,15,35
RPR4,5,0,0,10,45,15
VGLUE,1,2

Dopo l'operazione di "glue" i
due volumi hanno una nuova
superficie comune



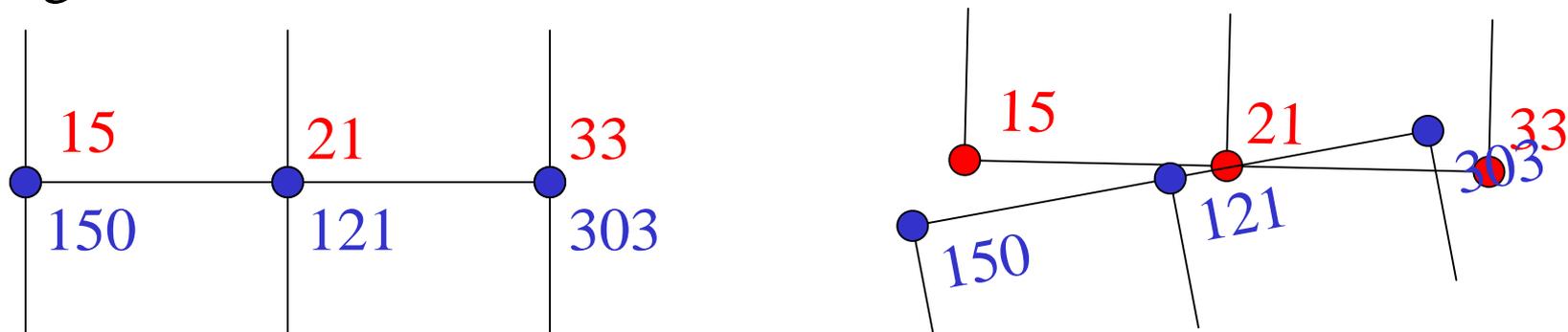
Zone comuni di regioni diverse del modello

Se nel modello ci sono coppie di nodi distinti (numero diverso) che hanno le stesse coordinate, gli elementi collegati a tali nodi sono trattati come disgiunti tra loro (come se nel modello ci fosse una frattura o una soluzione di continuità).

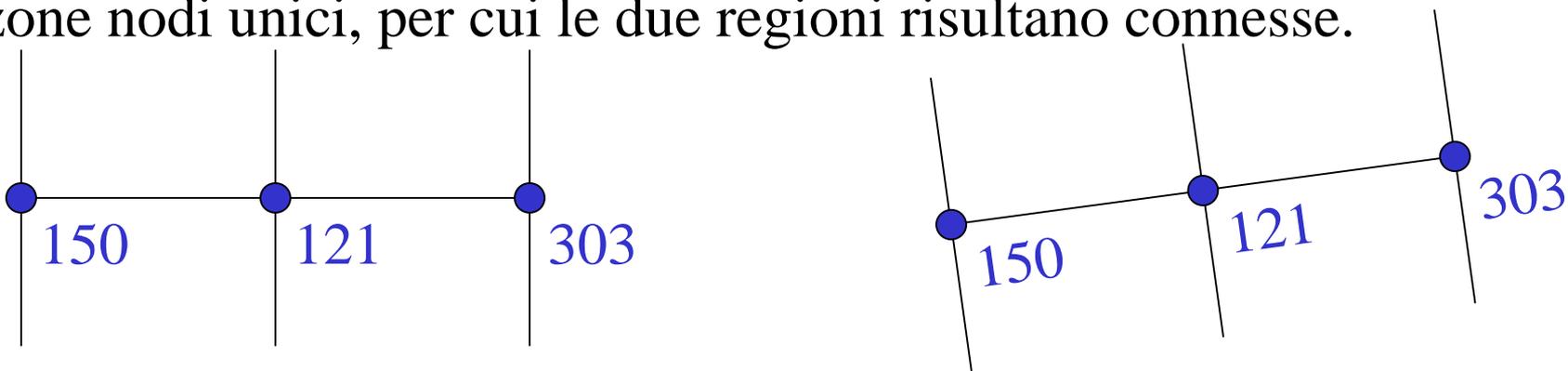


Zone comuni di regioni diverse del modello/2

Se nel modello solido ci sono due regioni che si toccano, ma con elementi di confine distinti (come prima del “glue”), durante il “meshing” vengono creati in tali zone nodi distinti, per cui le due regioni risultano strutturalmente disconnesse.

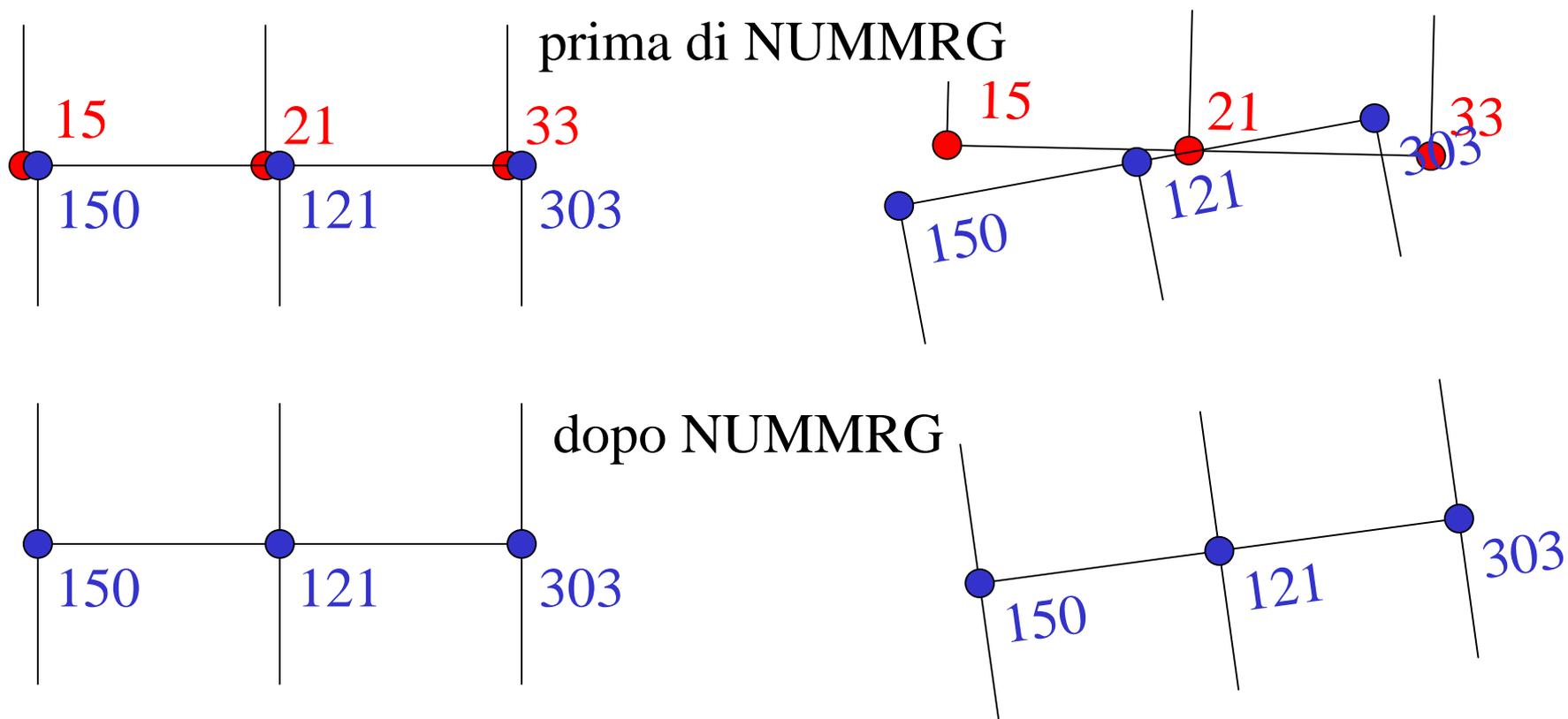


Se invece le due regioni hanno gli elementi di confine in comune (come dopo il “glue”), durante il “meshing” vengono creati in tali zone nodi unici, per cui le due regioni risultano connesse.



Zone comuni di regioni diverse del modello/3

Se nel modello si sono create zone con coppie di nodi distinti, ma geometricamente coincidenti o molto vicini, è possibile farli collassare in un solo nodo, unendo così i relativi elementi, con il comando **NUMMRG**.



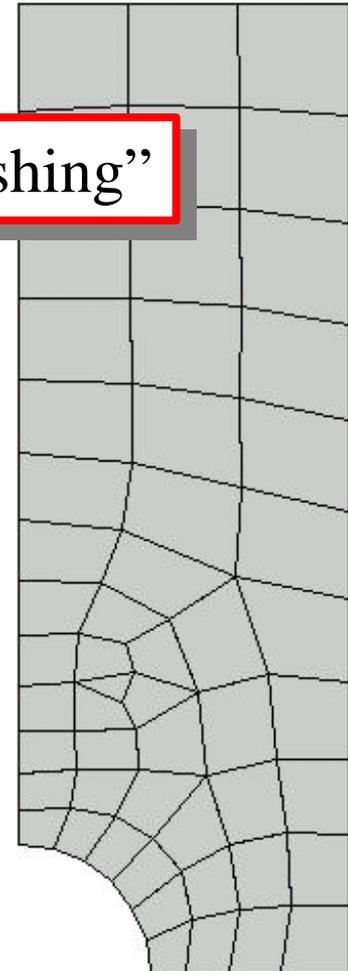
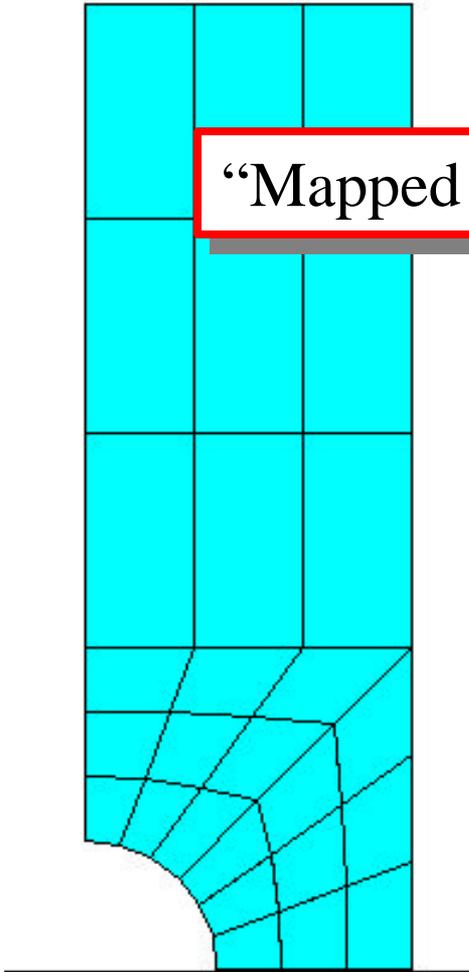
SUDDIVISIONE IN ELEMENTI (Mesh)

Preliminarmente è necessario specificare i tipi di elementi desiderati ed attivarli insieme alle proprietà materiali, real constants, etc.

TIPI DI SUDDIVISIONE

“Mapped meshing”

“Free meshing”



Controlli sul processo di suddivisione (1)

MSHKEY, PAR

PAR = 0 Free

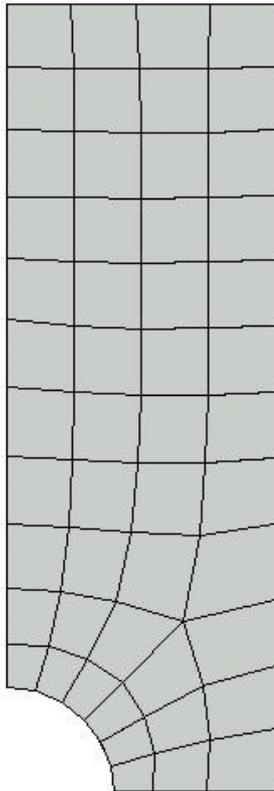
= 1 Mapped

= 2 Mapped se possibile, altrimenti Free

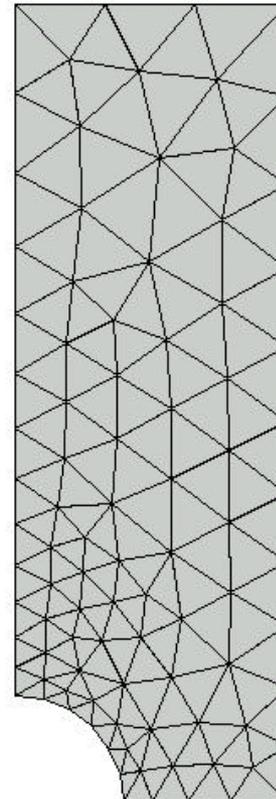
MSHAPE, PAR

PAR = 0 quadrilateri (2D) o esaedri (3D)

= 1 triangoli (2D) o tetraedri (3D)



MSHAPE,0



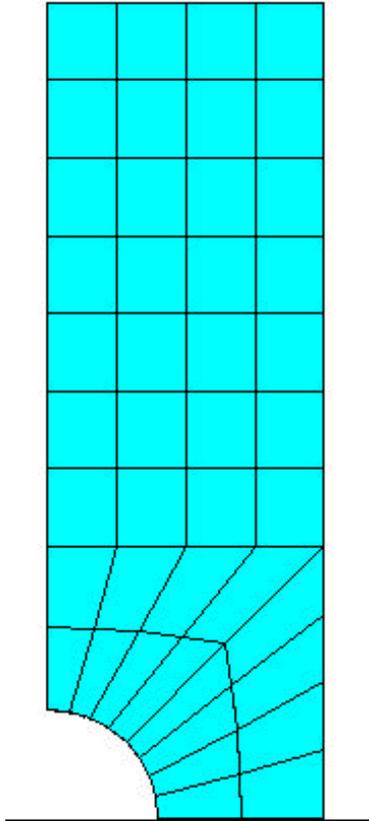
MSHAPE,1

Controlli sul processo di suddivisione (2)

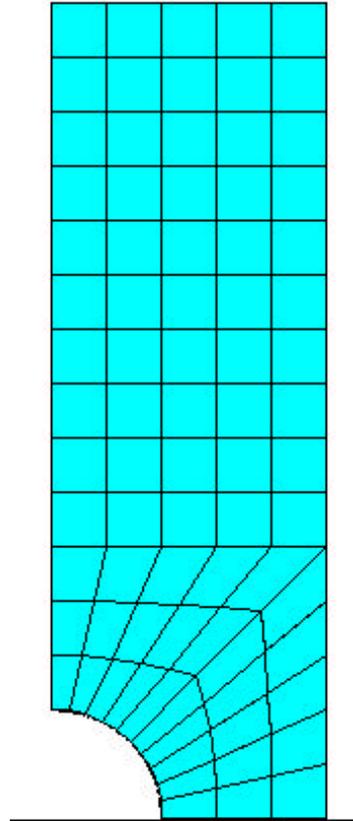
ESIZE, SIZE,NDIV

Specifica la grandezza (nelle unità di misura in uso) del lato dell'elemento sulle linee di confine di aree e volumi (**SIZE**) o il numero di suddivisioni di tali linee (**NDIV**)

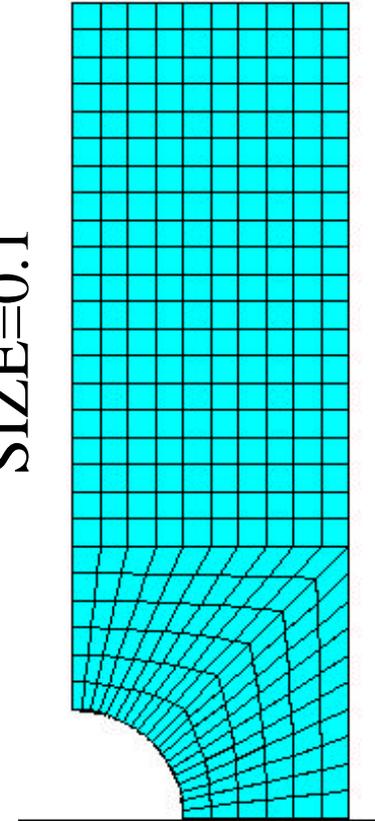
SIZE=0.3



SIZE=0.2



SIZE=0.1



Controlli sul processo di suddivisione (3)

Sono possibili controlli locali del “mesh” attraverso comandi come **LESIZE** che consente di specificare la dimensione dei lati su singole linee.

LESIZE, NL1, SIZE, ANGSIZ, NDIV, SPACE, KFORC, ...

NUMERO DI LINEA

DIM. DIVISIONI
DELLA LINEA

N.RO DI DIVISIONI,
RAPPORTO FRA DIV.

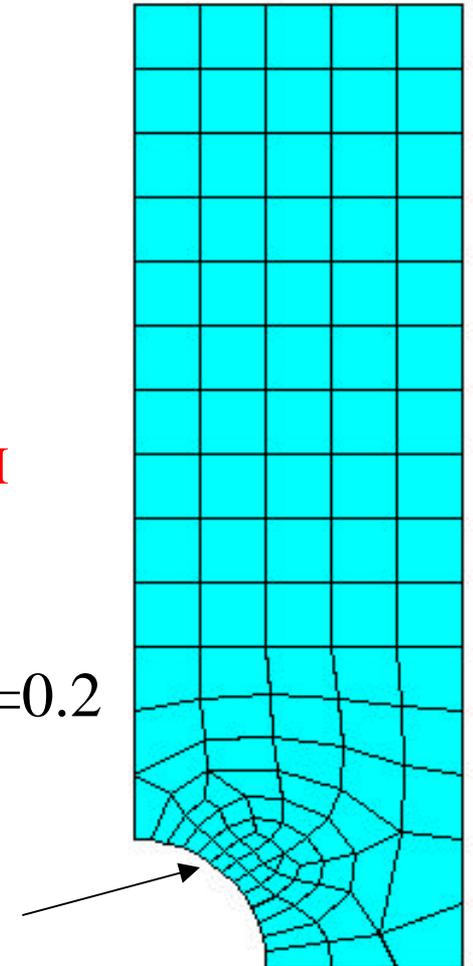
MODALITA' DI
DIVISIONE

LESIZE,NL1,,,-1,,1

(CANCELLAZIONE DI
OGNI DIVISIONE
SULLA LINEA NL1)

Dimensioni generali =0.2
(ESIZE=0.2)

Dimensioni su
questa linea = 0.05



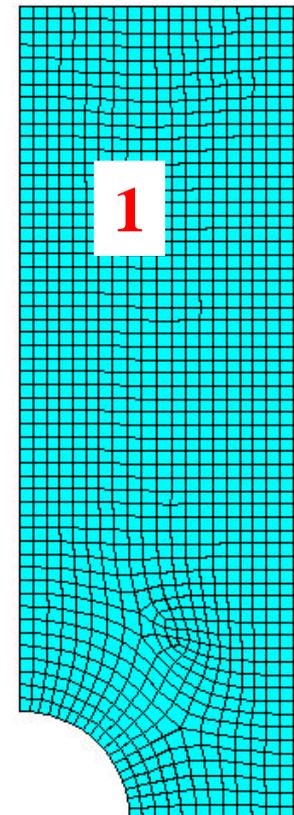
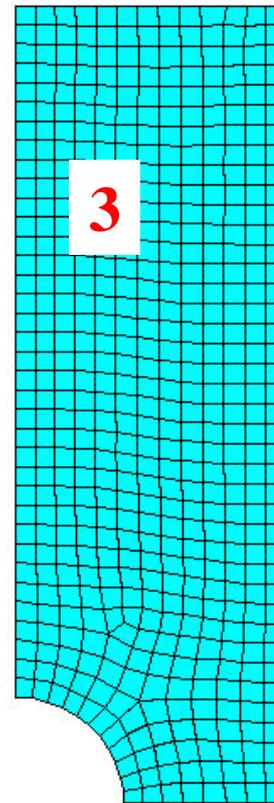
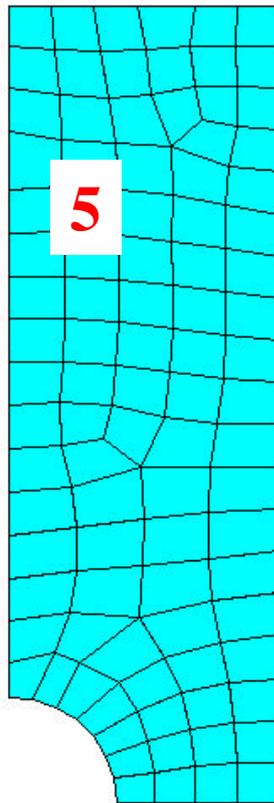
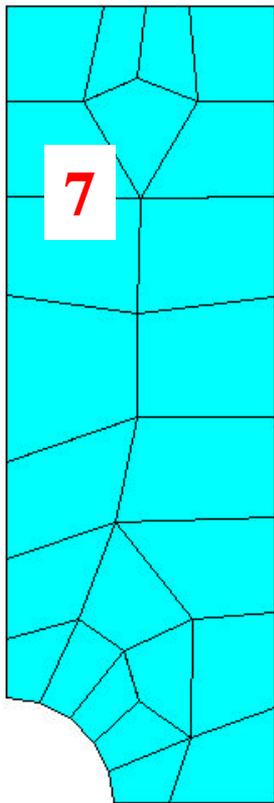
Controlli sul processo di suddivisione (4): Free mesher avanzato (Smart size)

E' possibile richiamare un meshatore free di tipo avanzato con il comando:

SMRTSIZE, SIZLVL,

Numerosi altri parametri di controllo

Da 1 (mesh fine) a 10 (mesh grossolano)



Controlli sul processo di suddivisione (5): rifiniture locali

E' possibile raffinare la mesh localmente tramite i comandi:

NREFINE, Nin, Nfin, Npasso, livello, ...

(costruisce nei dintorni dei nodi interessati una nuova mesh più fine della precedente)

EREFINE, Ein, Efin, Epasso, livello, ...

(costruisce nei dintorni degli elementi interessati una nuova mesh più fine della precedente)

(le rifiniture vanno effettuati prima di applicare al modello le condizioni iniziali e/o al contorno)

Generazione del “mesh”

Una volta fissate le opzioni, è possibile ottenere la suddivisione in elementi con i comandi:

AMESH, Ain, Afin, Apasso

Suddivisione di aree

VMESH, Vin, Vfin, Vpasso

Suddivisione di volumi

(quando la geometria del volume è particolarmente complessa, può risultare comodo prima operare le divisioni sulle linee, poi meshare le aree, e solo successivamente meshare nel volume)

Gli enti geometrici si “puliscono” dagli elementi con i comandi:

LCLEAR, Lin, Lfin, Lpasso

Pulitura delle linee

ACLEAR, Ain, Afin, Apasso

Pulitura delle aree

VCLEAR, Vin, Vfin, Vpasso

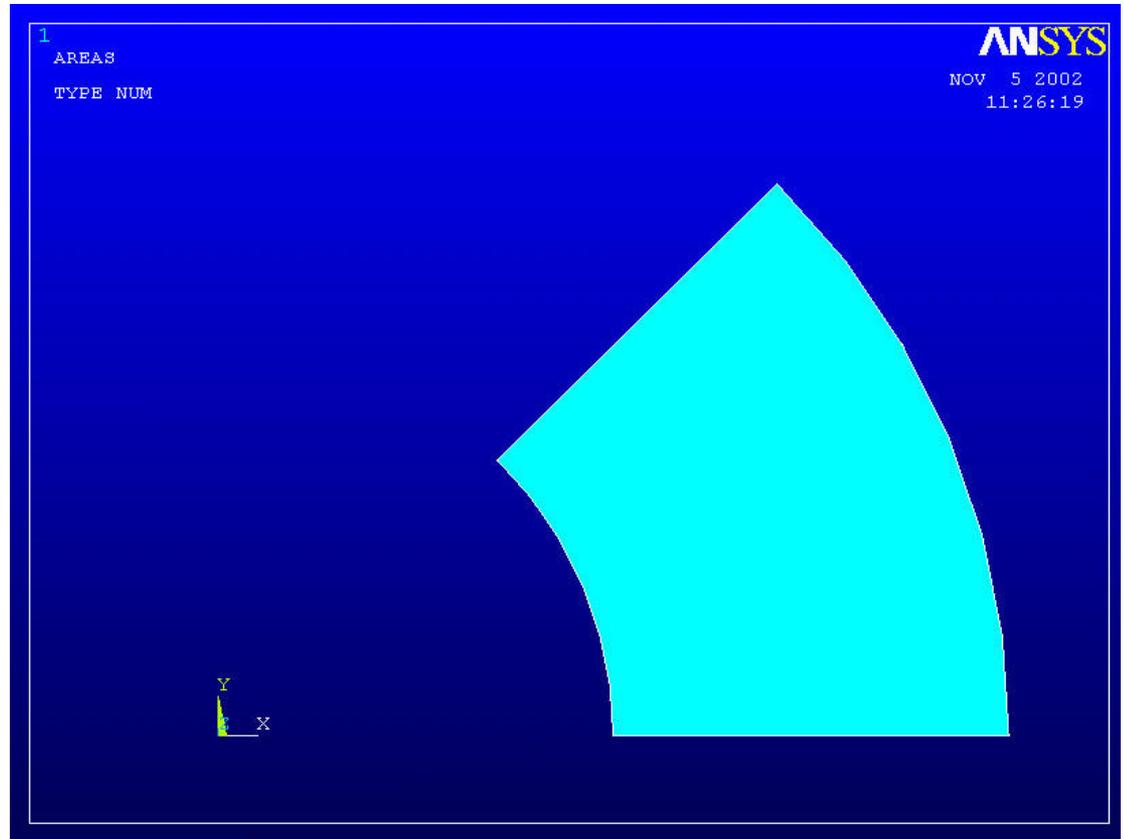
Pulitura dei volumi

Esempi di “mesh” di semplici solidi piani (free e mapped)

```
/PREP7
```

```
CYL4,0,0,10,0,20,45
```

```
ET,1,42
```



Esempi di “mesh” di semplici solidi piani (free e mapped)

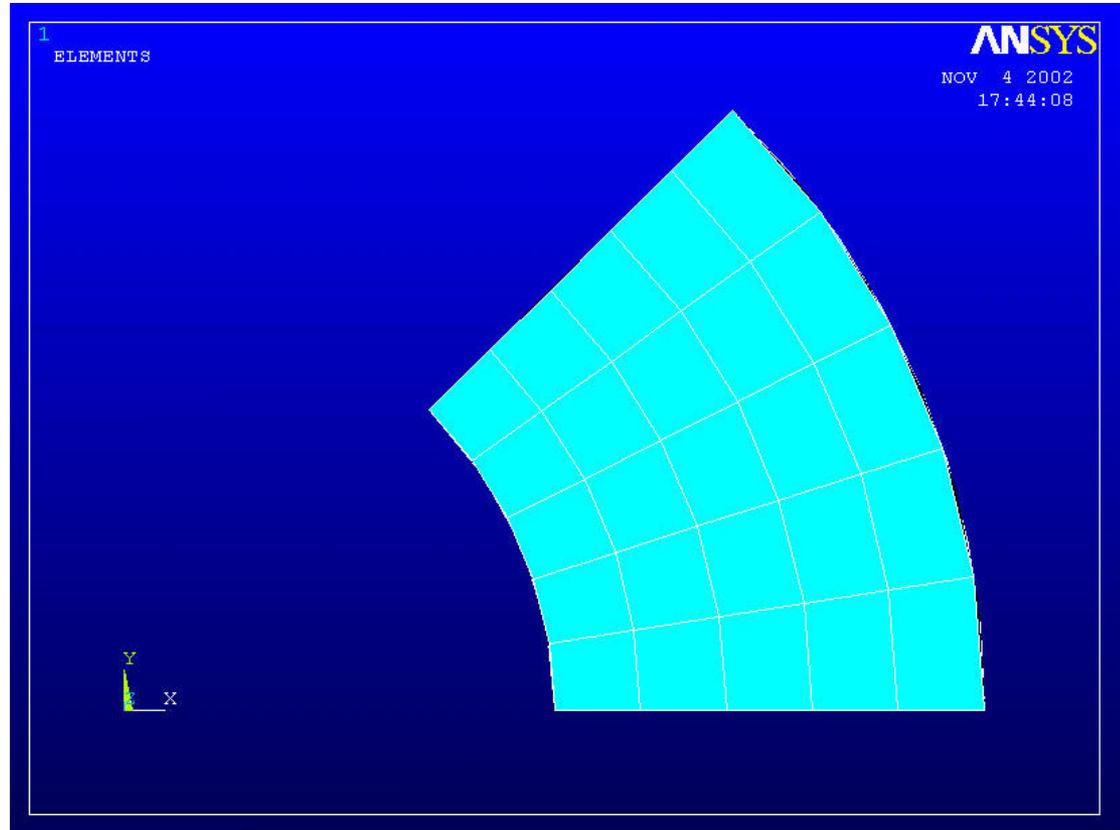
(A) Mesh mapped, quadrilateri, 5
su ogni bordo:

```
ESIZE,,5
```

```
MSHAPE,0
```

```
MSHKEY,1
```

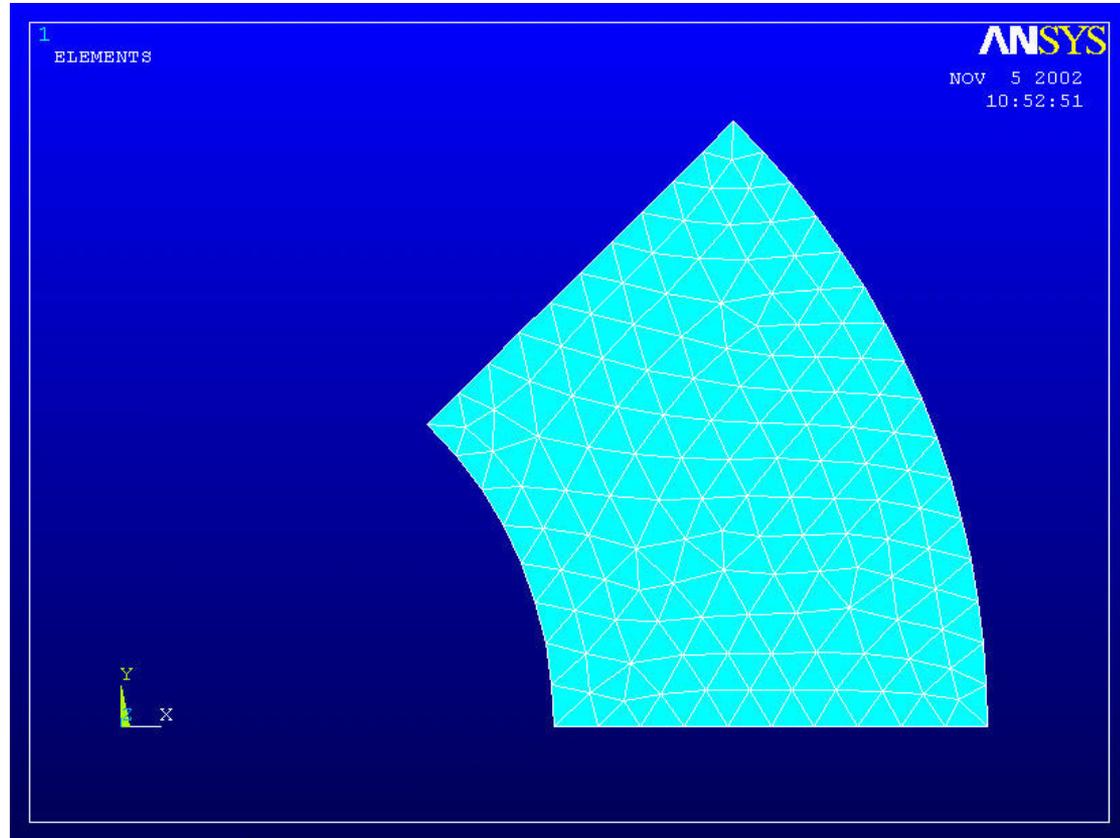
```
AMESH,1
```



Esempi di “mesh” di semplici solidi piani (free e mapped)

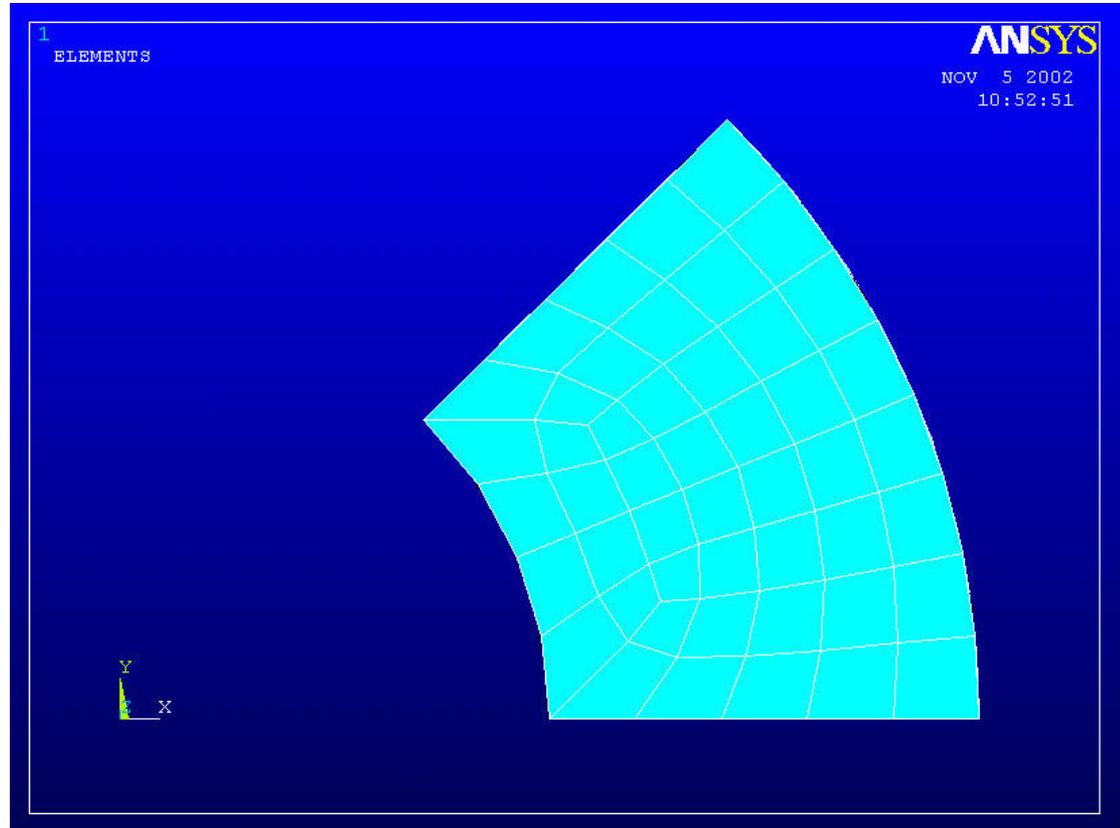
(B) Mesh free, triangoli di dim. 1
su ogni bordo:

```
ESIZE,1  
MSHAPE,1  
MSHKEY,0  
AMESH,1
```



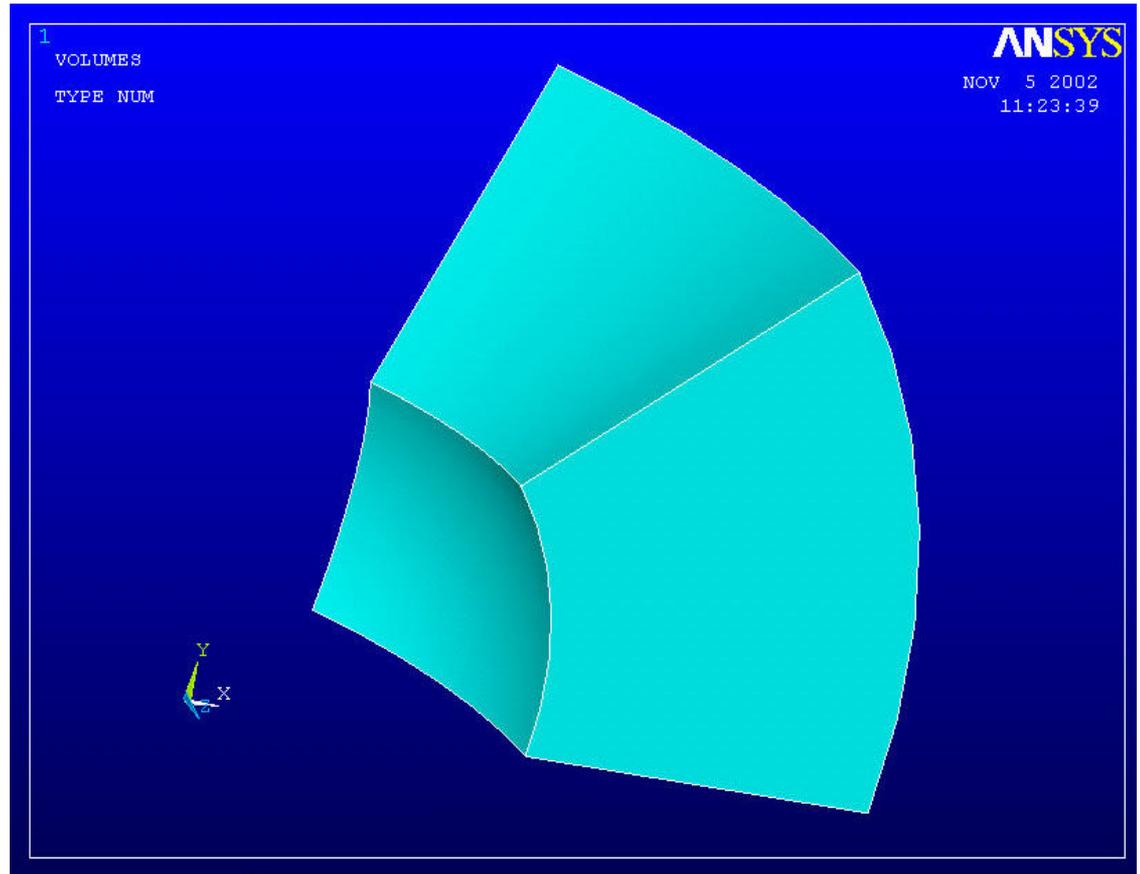
Esempi di “mesh” di semplici solidi piani (free e mapped)

(C) Mesh free, quadrilateri di dim.
2 su ogni bordo:
ESIZE,2
MSHAPE,0
MSHKEY,0
AMESH,1



Esempi di “mesh” di semplici solidi 3D (free e mapped)

```
/PREP7  
CYL4,0,0,10,0,20,45  
K,,0,0 $ K,,0,10  
VROTAT,1,,,,,,5,6,45  
ET,1,45
```



Esempi di “mesh” di semplici solidi 3D (free e mapped)

(A) Mesh free, tetraedri, di dim. 2

su ogni bordo:

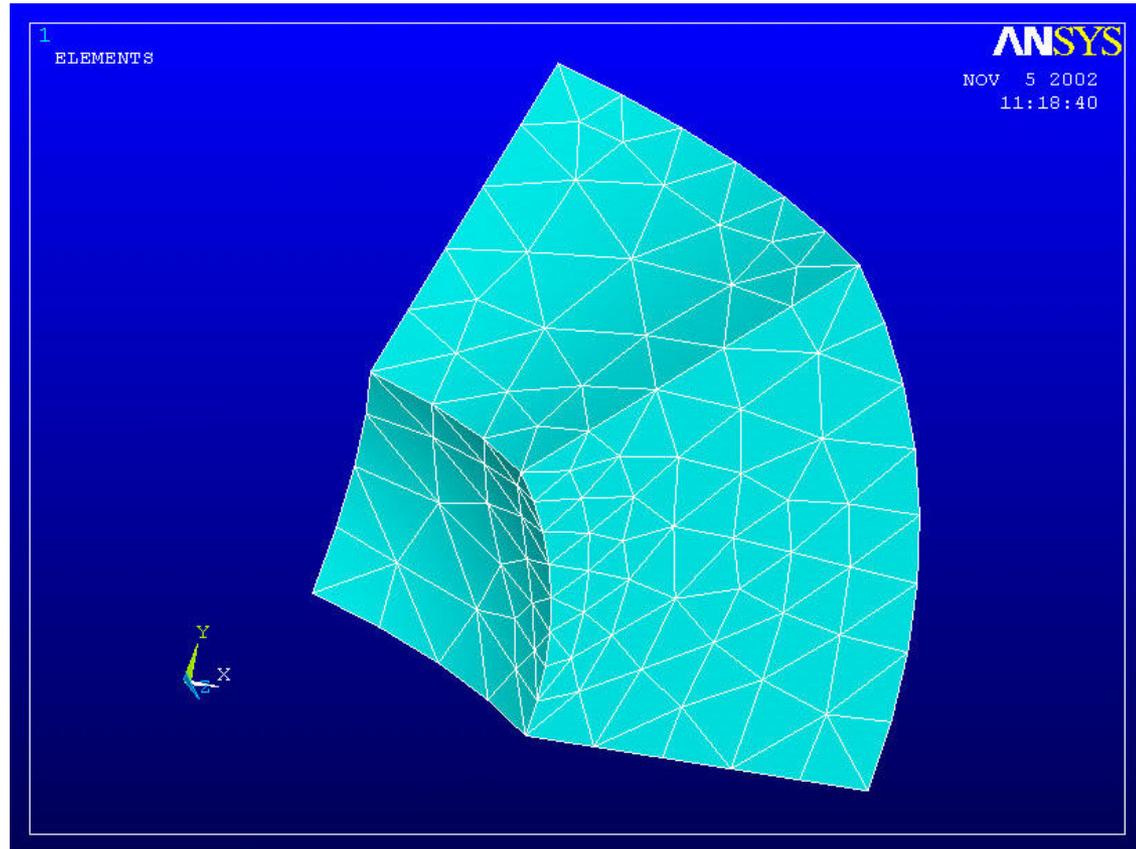
```
ESIZE,2
```

```
MSHAPE,1
```

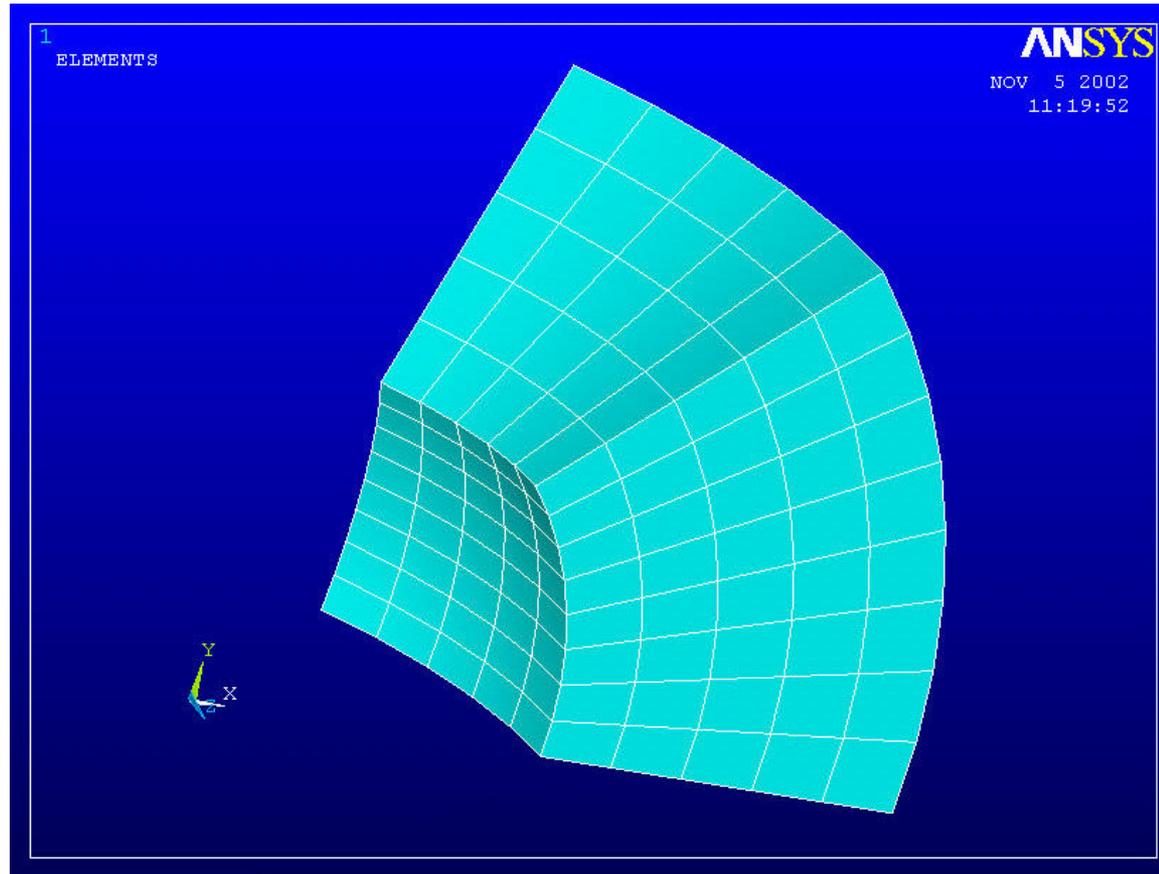
```
MSHKEY,0
```

```
LESIZE,3,1
```

```
VMESH,1
```



Esempi di “mesh” di semplici solidi 3D (free e mapped)



(B) Mesh mapped, esaedri, 5 su ogni bordo:

```
ESIZE,,5  
MSHAPE,0  
MSHKEY,1  
VMESH,1
```

Vincoli

I vincoli possono essere applicati al modello solido e trasferiti al modello EF.

DK, P1, LABEL, VAL, ...

vincolo su un KP

DL, L1, A1, LABEL, VAL, ...

vincolo su una linea

DA, L1, A1, LABEL, VAL, ...

vincolo su una superficie

DTRAN

Trasferisce i vincoli dal modello solido al modello EF

Carichi concentrati e distribuiti

I carichi concentrati possono essere applicati al modello solido nei KPs, quelli distribuiti su linee e superfici

FK, P1, LABEL, VAL, ...

carico su un KP

FTRAN

Trasferisce i carichi concentrati dal modello solido al modello EF

SFL, ...

carico distribuito su una linea

SFA, ...

carico distribuito su una superficie

SFTRAN

trasferisce i carichi distribuiti dal modello solido al modello EF