

Corso di
Metodi Computazionali per l'Analisi Strutturale (MCAS)
CLM Ing. Veicoli/Meccanica

Esercitazioni introduttive guidate di
Ansys Parametric Design Language (APDL/ Ansys Classic)

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
- Combinazioni di carico

Tipica sessione di lavoro Ansys

Ambiente di base (BEGIN)

/PREP7
FINISH

Pre-processor
(PREP7)

Preparazione
modello

/SOLU
FINISH

Solutore
(SOLU)

Soluzione

/POST1
FINISH

Post-processor
(POST1, POST26)

Analisi
risultati

FINE

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
- Possibilità di ritrovare la sintassi del comando dal file di registro “.log ”

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

Uso di file Script di comandi

File script di comandi: files di testo contenenti i comandi di Ansys
Possono essere scritti con un qualunque editor in grado di trattare testi in formato ASCII (Es. Notepad, Notepad++, UltraEdit)

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

Creazione modello in Ansys

Manuale/diretta



Introduzione diretta
di 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 e
successiva suddivisione in
elementi (**mesh automatica**)

- utile per geometrie complesse
- minore controllo sulla disposizione degli elementi

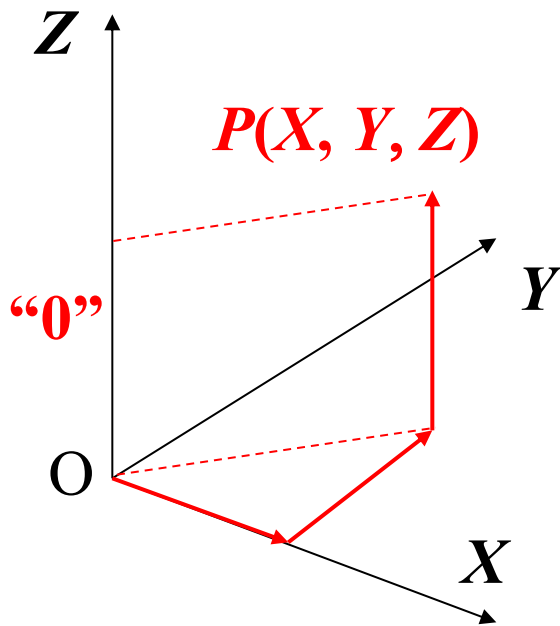
Sistemi di Riferimento in Ansys

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

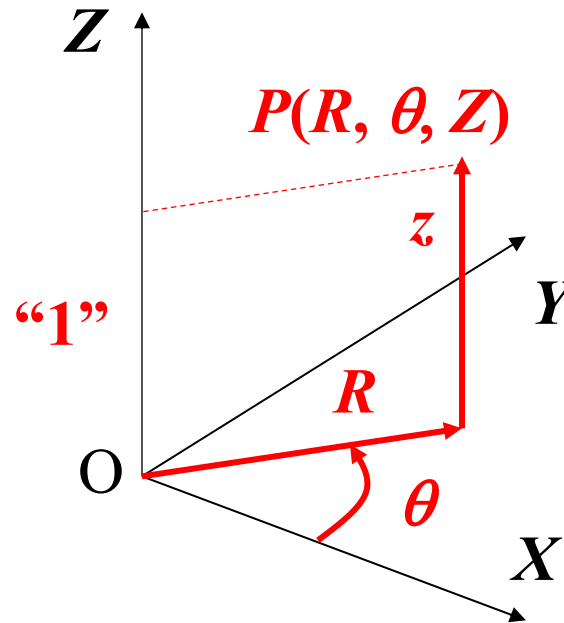
- Sistemi GLOBALI
- Sistemi LOCALI
- Sistemi NODALI
- Sistemi di ELEMENTO

Sistemi globali (Global coordinate systems)

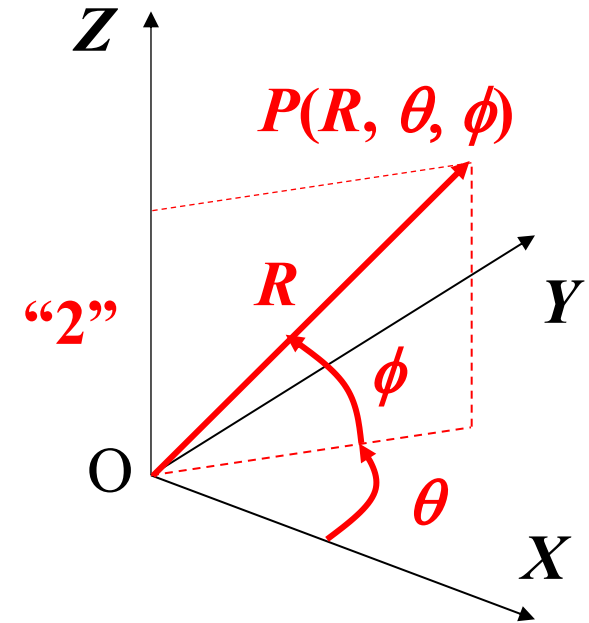
- 3 SR predefiniti aventi la stessa origine ed identificati da un numero



CARTESIANO



CILINDRICO



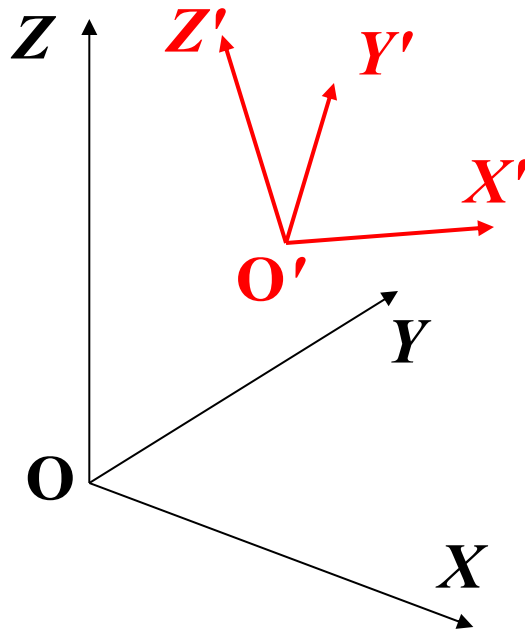
SFERICO

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

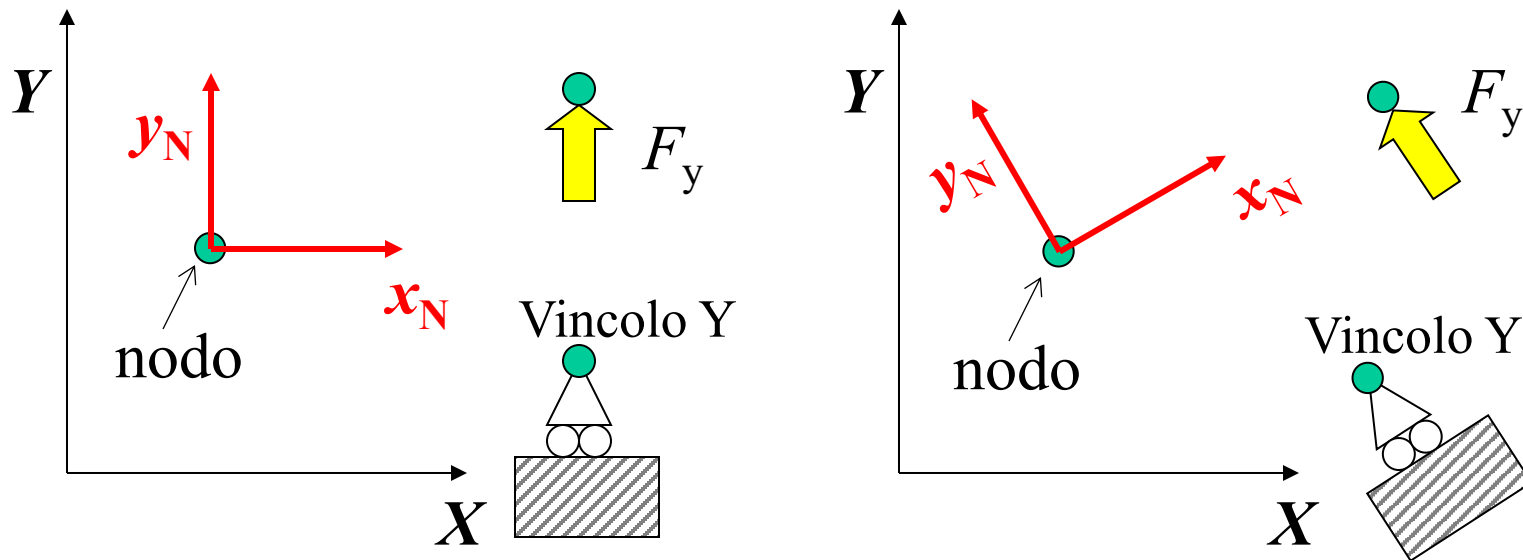


USO:

- 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

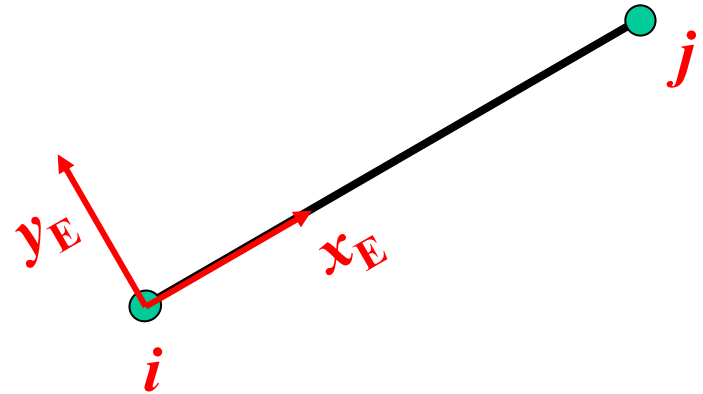
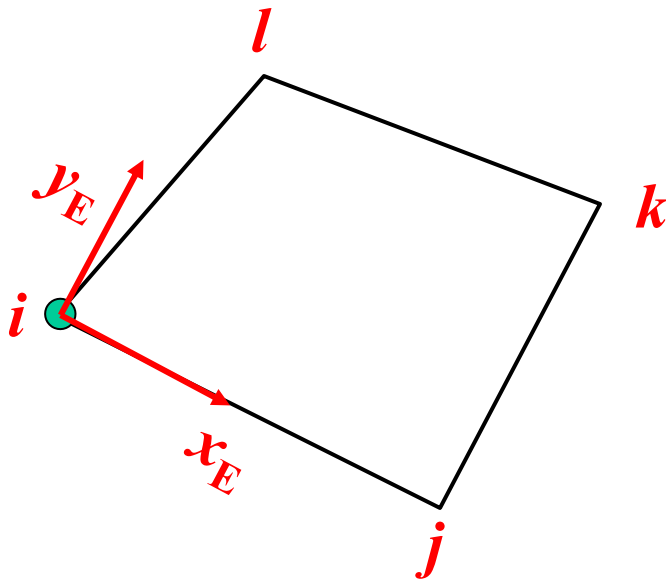


USO:

- Introduzione vincoli e carichi concentrati

Sistemi di rif. di elemento (Element coordinate systems)

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



N.B.: l'asse x_E è sempre quello che congiunge i primi due nodi: i e j , y_E è perpendicolare a x_E e si può usare un terzo nodo per definire il piano che li contiene, altrimenti segue l'orientamento più simile al globale

USO:

- Introduzione prop. materiale e carichi distribuiti

Struttura comandi Ansys

I comandi in Ansys sono una stringa alfanumerica (il comando stesso), seguita da una serie di parametri separati da virgola, di cui alcuni sono valori numerici (o espressi come variabile) mentre altri sono parole chiave del comando.

È fondamentale rispettare l'ordine della sequenza dei parametri.

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



DENOMINAZIONE COMANDO

*N.B.: APDL non è Case Sensitive, quindi tutti i comandi e le variabili possono essere scritti **indifferentemente** in MAIUSCOLO o in minuscolo*

N.B.: i comandi possono anche essere abbreviati purché univocamente individuabili. Es.: FINISH → FINIS → FINI

Comandi di uso generale

/PREP7

/SOLU

/POST1

/POST26



INGRESSO NEI DIVERSI
AMBIENTI DI LAVORO

FINISH

USCITA DAGLI AMBIENTI DI
LAVORO

/TITLE, titolo in caratteri alfanumerici

ATTRIBUISCE UN TITOLO AL MODELLO

Inserimento nodi

Inserimento di un singolo nodo

N, n° nodo, X, Y, Z oppure (R, θ , Z) (R, θ , ϕ)

Esempio:

N,1,10,10

N,5,20,10

Inserimento di nodi aggiuntivi tra i nodi esistenti, interpolando le coordinate che definiscono la posizione

FILL, nodo iniziale, nodo finale

Esempio:

FILL,1,5

Sistemi di riferimento

Utilizzo di un sistema di riferimento cilindrico:

CSYS, n° SR

CSYS,1

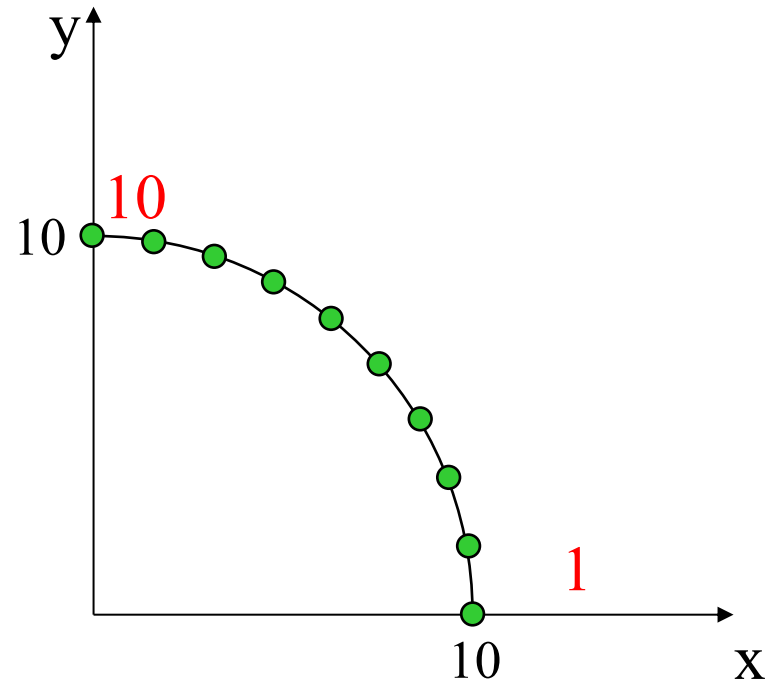
N,1,10

N,10,10,90

FILL,1,10

CSYS,0

FILL,1,10



Sistemi di riferimento

Creazione di un sistema di riferimento locale:

LOCAL, n° SR, tipo, X_0 , Y_0 , Z_0

N,1,0,10

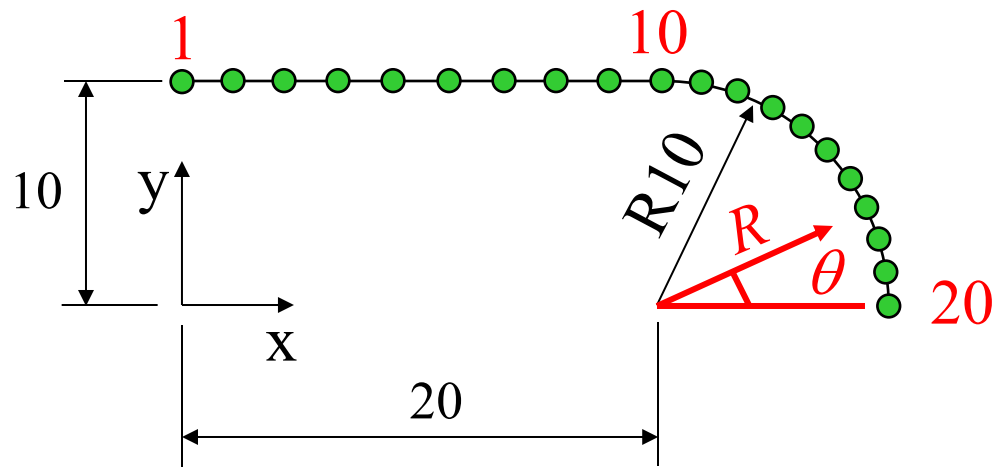
N,10,20,10

FILL,1,10

LOCAL,11,1,20,0,0

N,20,10,0

FILL,10,20



Inserimento nodi

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

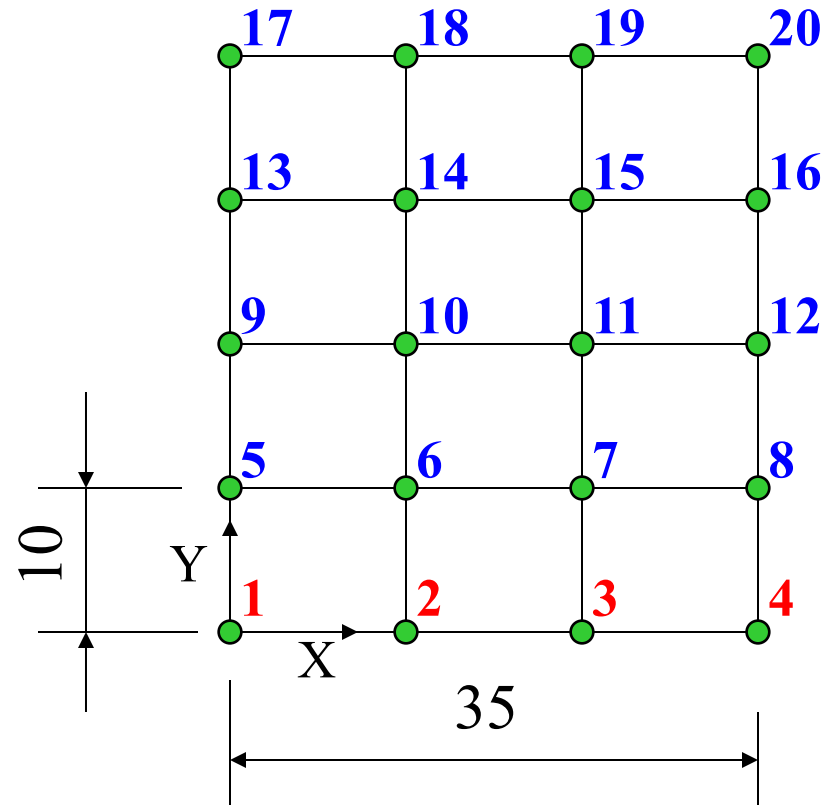
NDELE,ALL

Inserimento nodi

Generazione insiemi di nodi (con distribuzione lineare):

NGEN, n° ins., incr., nodo in., nodo fin., passo, Δx , Δy , Δz , Rapp.

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



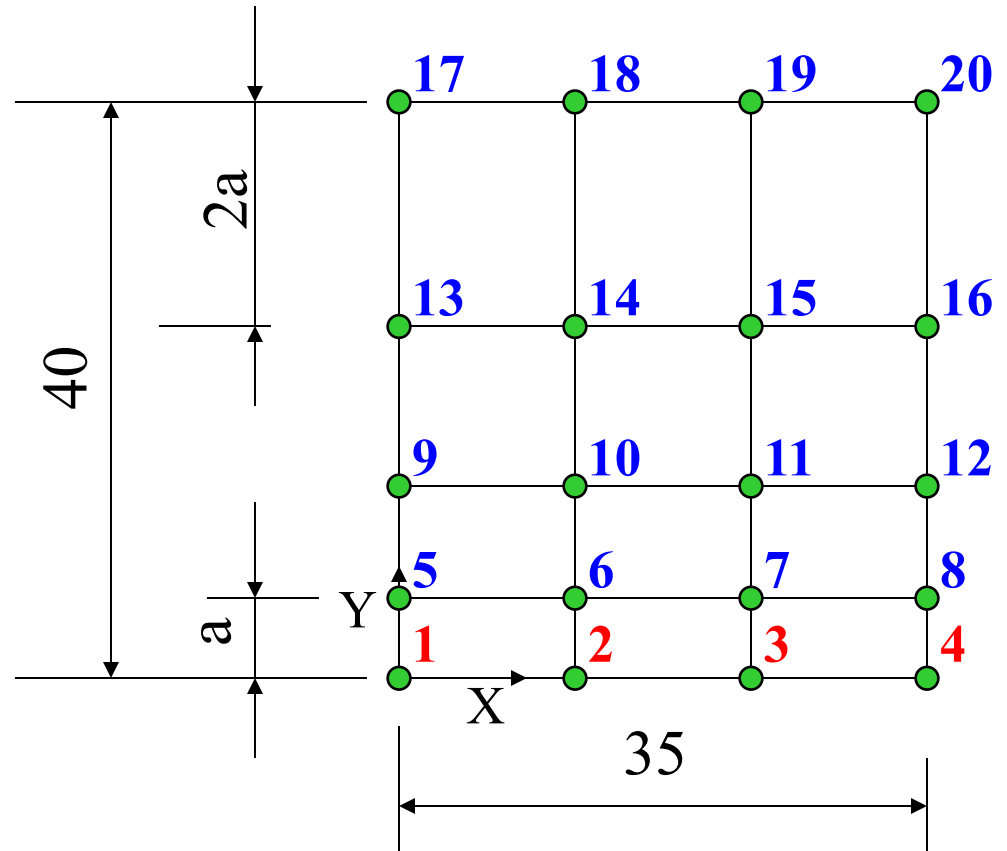
Inserimento nodi

Generazione insiemi di nodi (con distribuzione progressiva):

NGEN, n° ins., incr., nodo in., nodo fin., passo, Δx , Δy , Δz , Rapp.

NDELE,5,20

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



Introduzione degli elementi

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, Keyopt 3,....

Libreria locale

Libreria Ansys

KEYOPT(3)

Element behavior:

0 --

Plane stress

1 --

Axisymmetric

2 --

Plane strain (Z strain = 0.0)

3 --

Plane stress with thickness input

5 --

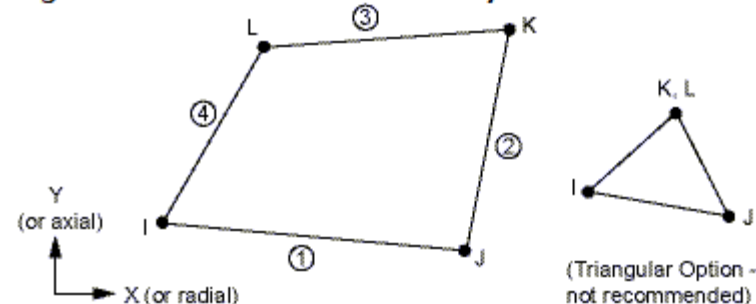
Generalized plane strain

PLANE182 Element Description

PLANE182 is used for 2-D modeling of solid structures. The element can handle stiffening, large deflection, and large strain capabilities. It also has mixed formulation.

See [PLANE182](#) in the [Mechanical APDL Theory Reference](#) for more details

Figure 182.1 PLANE182 Geometry



ET,1,182 (plane stress)

ET,1,182,,,1 (assialsimmetrico)

Introduzione degli elementi

Introduzione elemento:

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

===

nodi

===

E,1,2,6,5

Generazione elementi:

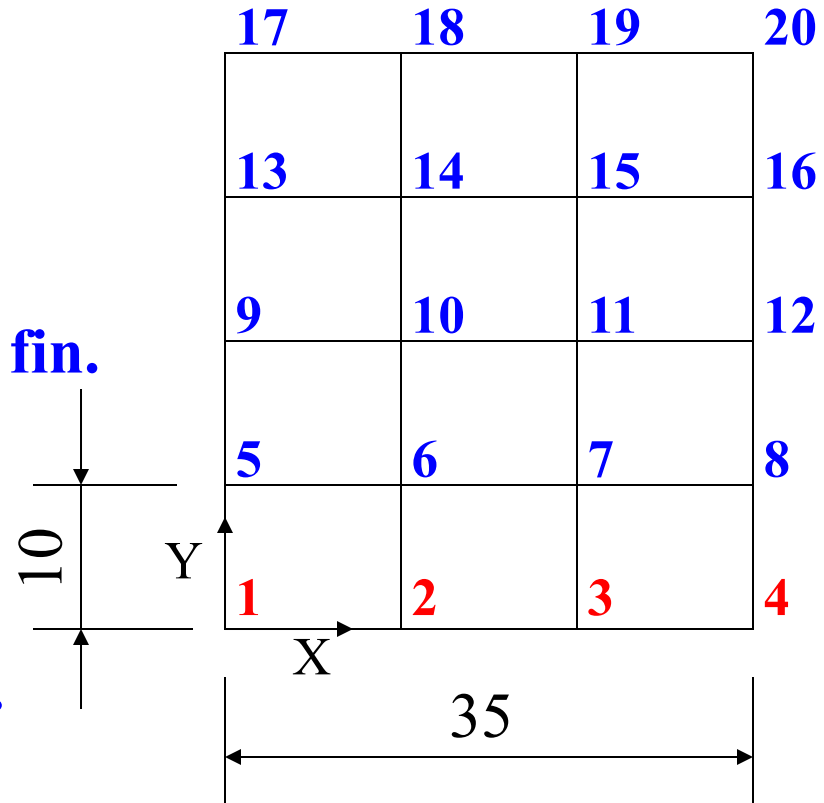
**EGEN, n° ins., incr. (num. nodo),
elem. in., elem. fin.**

EGEN,3,1,1

EGEN,4,4,1,3

Cancellazione (lista) elementi:

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



Selezione di nodi (elementi)

È 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.

S (def)		
R	NODE (n°)	----
A	LOC	X,Y,Z
U		
ALL
INVE		

NSEL,,LOC,Y,-0.01,0.001

Similmente per la selezione elementi

ESEL, tipo selez., criterio, ...

Vincoli

Introduzione vincoli

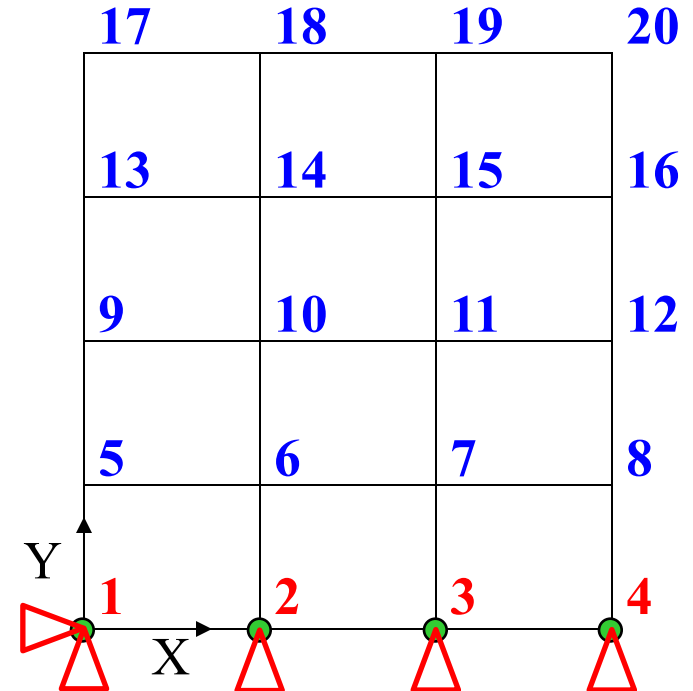
UX, UY, UZ,
ROTX, ROTY, ROTZ,
ALL

D, n° nodo, g.d.l., valore (valore non necessariamente = 0)

```
D,1,UX, 0  
NSEL,,LOC,Y,-0.1,0.001  
D,ALL,UY,0  
NSEL,ALL
```

Cancellazione vincoli

DDELE, n° nodo, g.d.l.



Carichi

Introduzione carichi concentrati

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

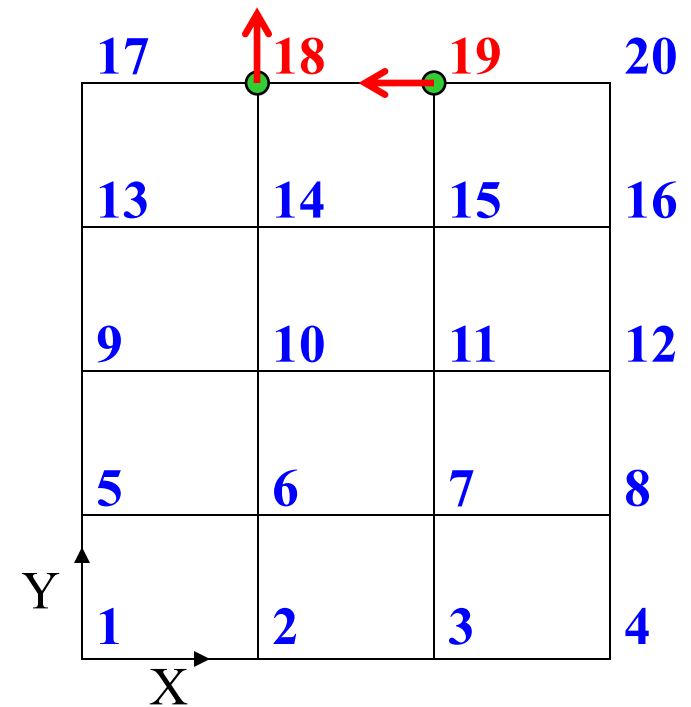
$F, n^\circ \text{ nodo, g.d.l., valore}$

$F, 18, F_Y, 10$

$F, 19, F_X, -10$

Cancellazione carichi concentrati

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



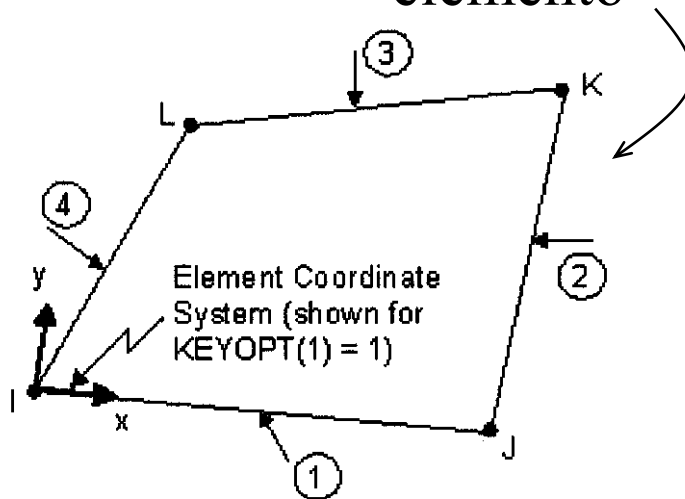
Carichi

Introduzione carichi distribuiti

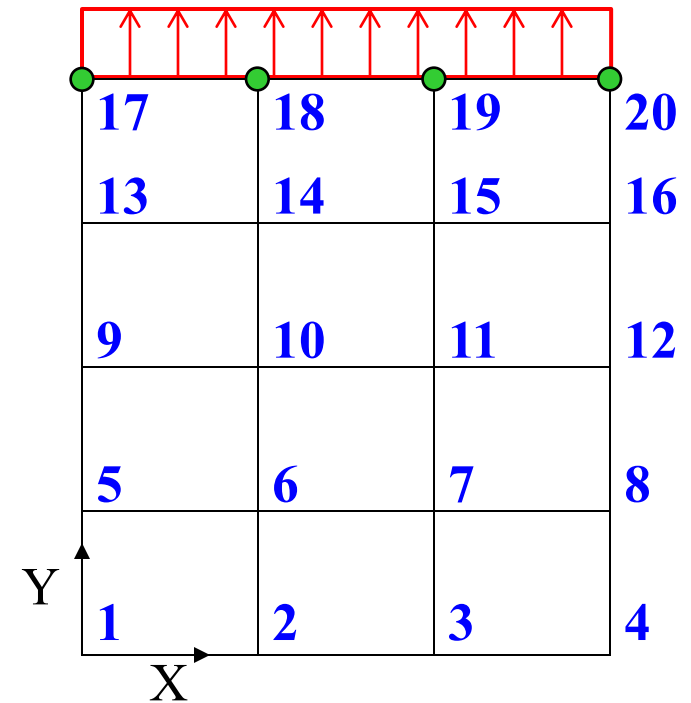
SF, ALL, PRES, valore

```
NSEL,,LOC,Y,39.99,41  
SF,ALL,PRES,-10
```

Verso positivo
dato sulla scheda
elemento



Applicazione della pressione alle facce
(linee) i cui nodi sono selezionati



Proprietà di materiale

Introduzione proprietà materiale

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



Libreria locale

MP,EX,1,205000

MP,PRXY,1,0.3

Materiale elastico lineare: in generale definito ortotropo (EX, EY, EZ, ...) tuttavia inserendo solo il primo modulo di Young e il primo rapporto di Poisson si ottiene il modello isotropo

N.B.: in APDL non sono implementate le unità di misura. L'utente deve prestabilire un sistema di unità e rimanere coerente quando introduce grandezze fisiche derivate.

Es. lunghezze in [mm], forze in [N] → tensioni [MPa]

Soluzione

...

FINISH Conclude qualunque operazione precedente

/SOLU Entra nel solutore

SOLVE Risolve

FINISH

/POST1 Entra nel post-processor

PLDISP,1

PLNSOL,S,Y

Definizione tipi di elemento

Il riferimento alla libreria e le opzioni di funzionamento si indicano nel comando:

ET, n° id., n° libreria, K1, K2, K3,

N° identificativo nel modello (libreria interna)

ET,1,182

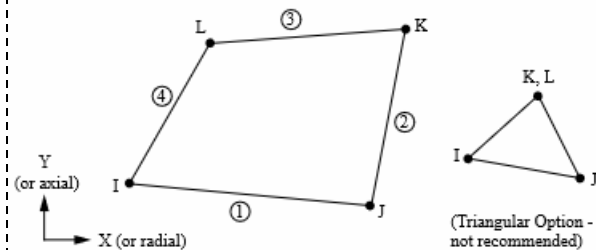
ET,2,183

PLANE182 Element Description

PLANE182 is used to model 2-D solid structures. It can be used to model axisymmetric structures. The element is defined by four nodes with two degrees of freedom at each node: translations in the nodal x and y directions. It has a mixed-formulation capability for simulating deformations.

See [PLANE182](#) for more details about this element.

Figure 182.1: PLANE182 Geometry



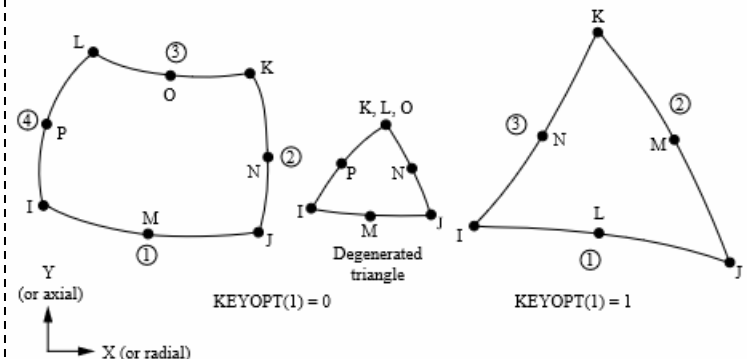
PLANE183 Element Description

PLANE183 is a higher order 2-D, 8-node or 6-node element. It can be used to model axisymmetric structures. The element is defined by eight nodes or six nodes. It can be used to model axisymmetric structures. The element has two degrees of freedom at each node: translations in the nodal x and y directions and rotation in the nodal y direction.

This element is defined by eight nodes or six nodes. It can be used to model axisymmetric structures. The element has two degrees of freedom at each node: translations in the nodal x and y directions and rotation in the nodal y direction.

The element has plasticity, hyperelasticity, creep, stress stiffening materials, and fully incompressible hyperelastic materials. Initial stress is supported.

Figure 183.1: PLANE183 Geometry



Definizione tipi di elemento

Nel modello, si passa da un tipo di elemento all'altro tramite il comando:

TYPE, n° id.

che attiva, dal momento in cui viene introdotto e fino al prossimo comando TYPE, l'impiego degli elementi definiti in una precedente scheda ET, recante lo stesso n° identificativo

N° identificativo
nel modello



ET, n° id., n° libreria, K1, K2, K3,

Definizione costanti reali

Le proprietà geometriche richieste per gli elementi sono indicate sulla scheda. Esistono due diverse tipologie di introduzione/gestione, a seconda dell'elemento:

1) Introduzione proprietà Geometriche tramite **Real Constants**:

BEAM4 Input Summary

Nodes

I, J, K (K orientation node is optional)

Degrees of Freedom

UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ

Real Constants

AREA, IZZ, IYY, TKZ, TKY, THETA

ISTRN, IXX, SHEARZ, SHEARY, SPIN, ADDMAS

Archive Documentation

R, n° id., val 1, val 2, val 3, ...

N° identificativo nel modello (scollegato dall'identificativo dell'elemento!)

Parametri richiesti nella scheda, inseriti nell'ordine indicato nella scheda stessa (val1=Area, val2=momento inerzia asse z-z, etc.)

Definizione costanti reali

Nel modello, si passa da un “set” di Real Constants all’altro tramite il comando:

REAL, n° id.

che attiva, dal momento in cui viene introdotto e fino al prossimo comando REAL, l’impiego delle caratteristiche geometriche definite in una precedente scheda R, recante lo stesso n° identificativo

N° identificativo
nel modello

R, n° id., Val1, Val2, Val3,

Definizione proprietà di materiale

Introduzione proprietà materiale:

N° id.

MP, proprietà, n° mat., C0, C1, C2,

- EX Modulo di Young in direzione «x» (EY, EZ)
- PRXY Fattore di Poisson «x-y» (PRXZ, PRZY)
- GXY Modulo di taglio «x-y» (GXZ, GZY)
- ALPX Coefficiente di dilatazione termica (ALPY, ALPZ)
- DENS Densità
-

Termini che rappresentano in forma polinomiale la legge di variazione della proprietà con la temperatura:

$$C0 + C1 \cdot (T - T_{\text{rif}}) + C2 \cdot (T - T_{\text{rif}})^2 + C3 \cdot (T - T_{\text{rif}})^3 + \dots$$

Dichiarando soltanto C0 si imposta costante la dipendenza dalla temperatura

Es.:

MP,EX,1,205000

MP,PRXY,1,0.3

N.B.: inserendo un solo EX e PRXY automaticamente gli altri sono imposti uguali e quindi si ottiene un materiale ISOTROPO

Definizione proprietà di materiale

Nel modello, si passa da un materiale all'altro tramite il comando:

MAT, n° id.

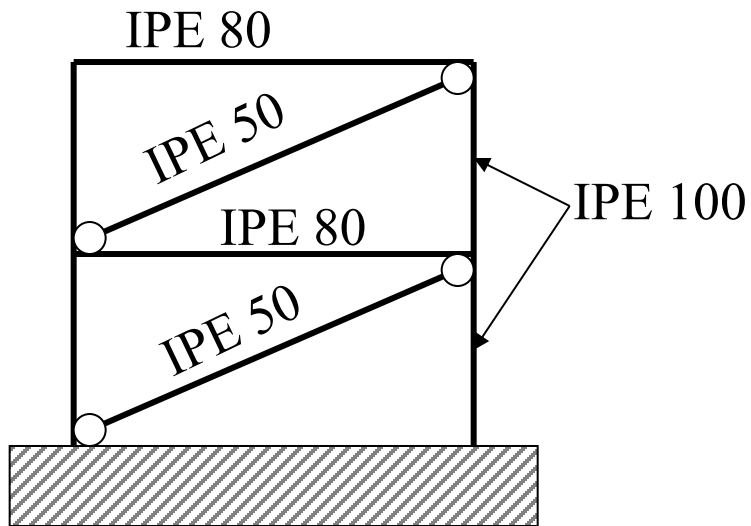
che attiva, dal momento in cui viene introdotto e fino al prossimo comando MAT, l'impiego del materiale definito in una precedente scheda MP, recante lo stesso n° identificativo

N° identificativo
nel modello

MP, proprietà, n° mat., Val1, Val2, Val3,

N.B.: i numeri identificativi di Materiale, tipo di Elemento, Real constant e Sectype sono tutti indipendenti fra loro

Esempio: gestione di elementi, materiali e costanti reali



IPE 80 e 100 in acciaio, IPE 50
in alluminio

Il tipo, le proprietà geometriche ed il materiale devono essere attivati prima di introdurre gli elementi.

Comandi preliminari di definizione:

ET,1,4 (tipo di elemento trave)

ET,2,180 (tipo di elemento asta)

MP,EX,1,205000 (acciaio)

MP,PRXY,1,0.3 (acciaio)

MP,EX,2,72000 (alluminio)

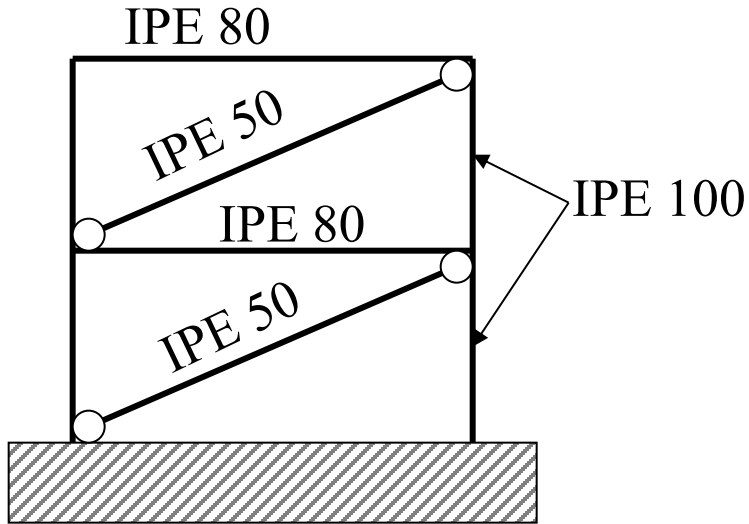
MP,PRXY,2,0.33 (alluminio)

R,1, Caratt. IPE 100

R,2, Caratt. IPE 80

R,3, Caratt. IPE 50

Esempio: gestione di elementi, materiali e costanti reali



IPE 80 e 100 in acciaio, IPE 50 in alluminio:

ET,1,4 (tipo di elemento trave)
ET,2,180 (tipo di elemento asta)

MP,EX,1,205000 (acciaio)
MP,PRXY,1,0.3
MP,EX,2,72000 (alluminio)
MP,PRXY,2,0.33

R,1, Caratt. IPE 100
R,2, Caratt. IPE 80
R,3, Caratt. IPE 50

TYPE,1
REAL,1
MAT,1

Inizializzare ad 1 è in realtà inutile perché default

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

-- ...

REAL,2

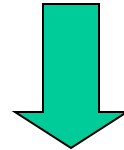
--
E,... (Introd. travi impalcato)

--
TYPE,2
REAL,3
MAT,2

--
E,... (Introd. aste diagonali)

Modellazione solida

Definizione della geometria
del componente da modellare



“Mesh”

Suddivisione automatica in
nodi ed elementi

Definizione della geometria

ENTITÀ GEOMETRICHE DI UN MODELLO SOLIDO

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

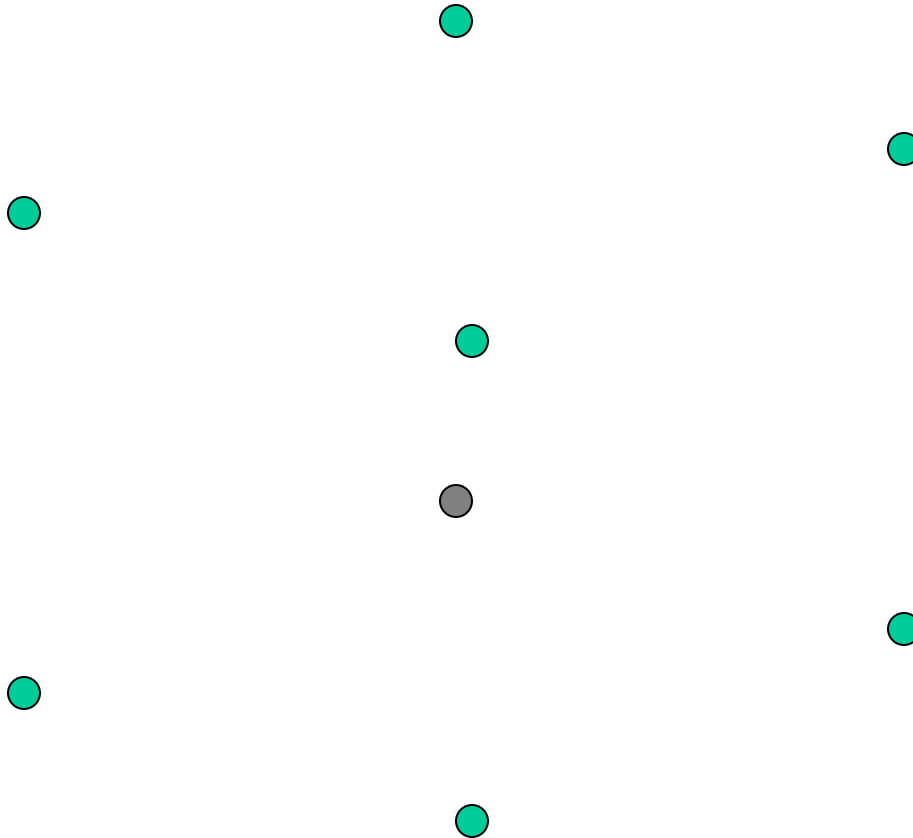
PROCEDURE POSSIBILI:

- BOTTOM-UP
- TOP-DOWN

Definizione della geometria

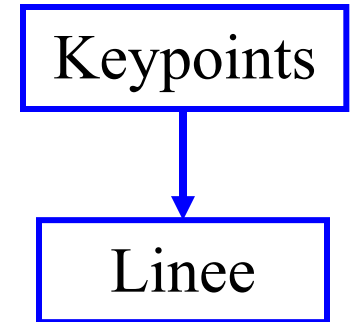
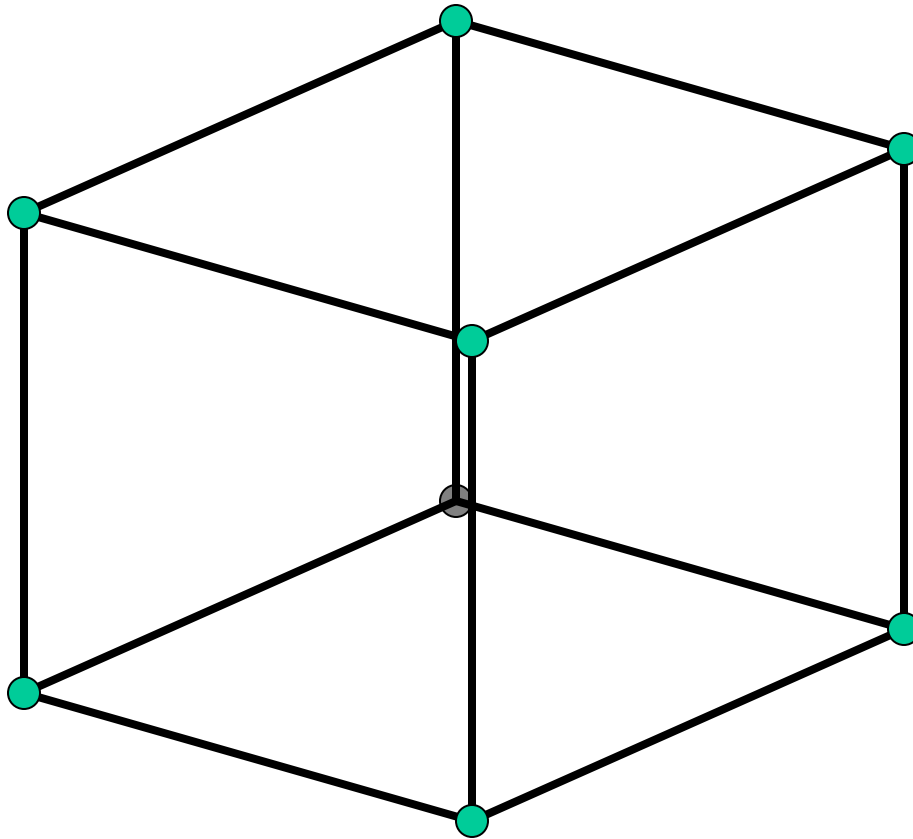
Bottom-Up: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità

Keypoints



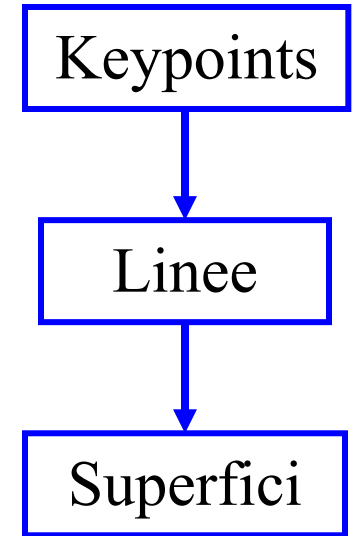
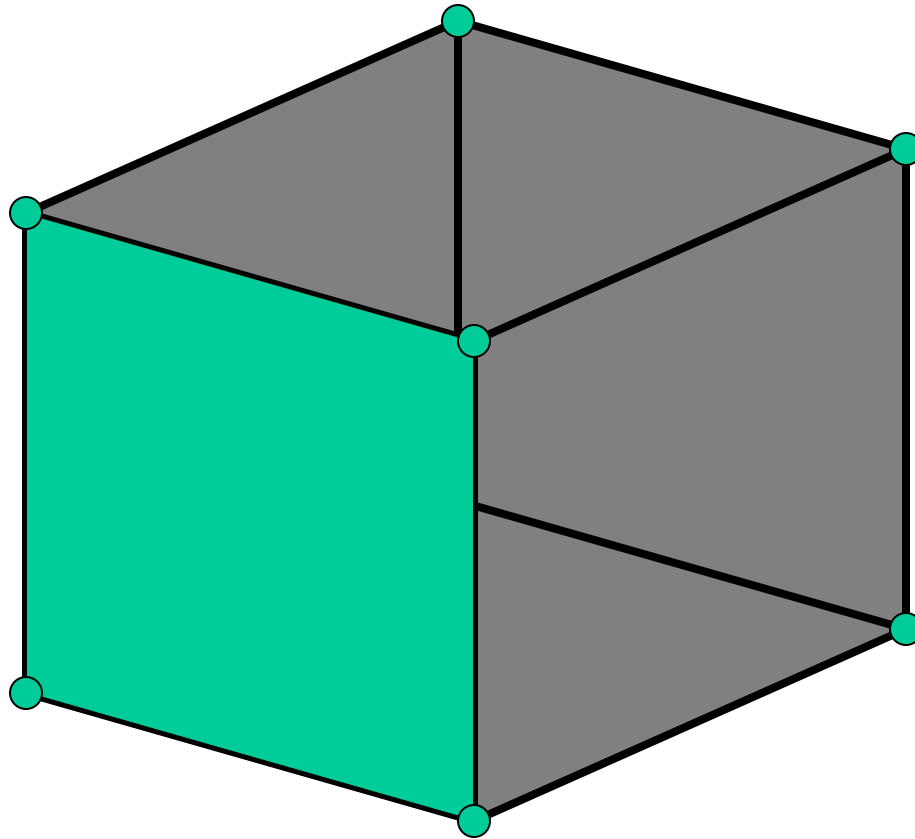
Definizione della geometria

Bottom-Up: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità



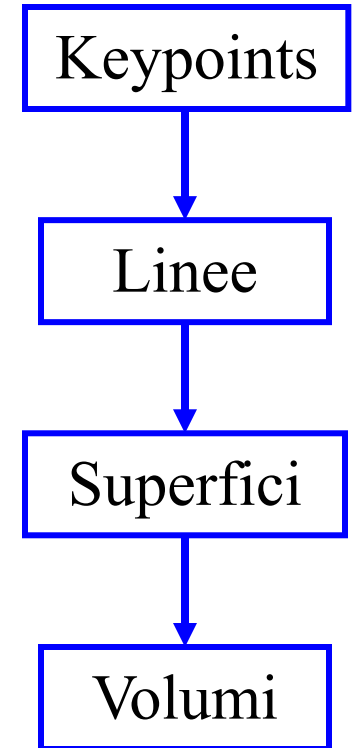
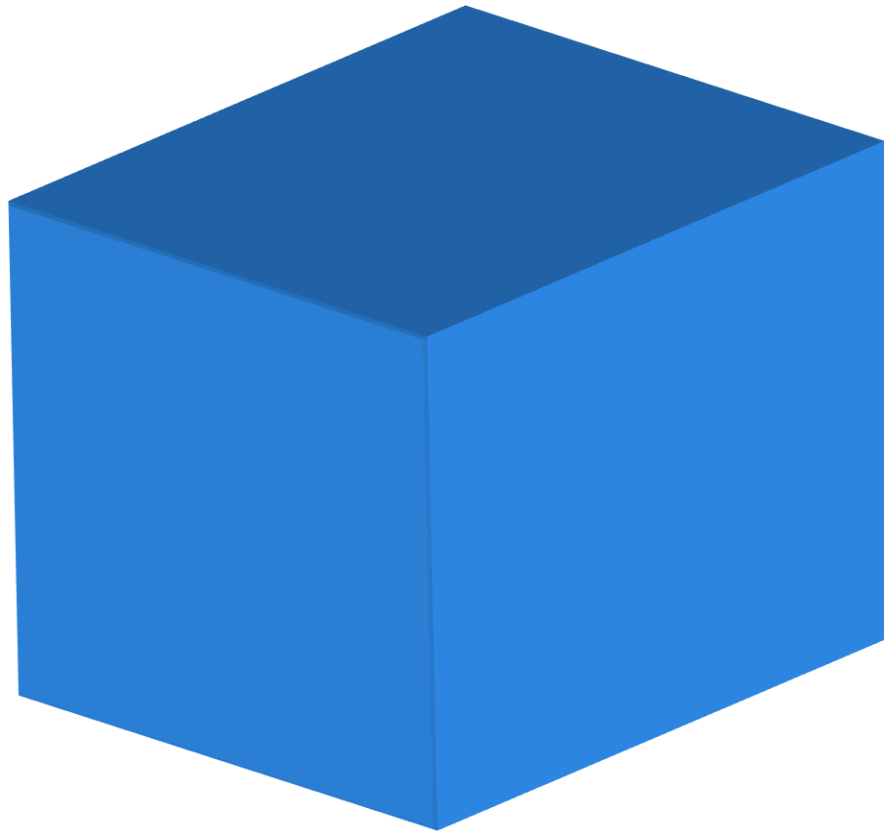
Definizione della geometria

Bottom-Up: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità



Definizione della geometria

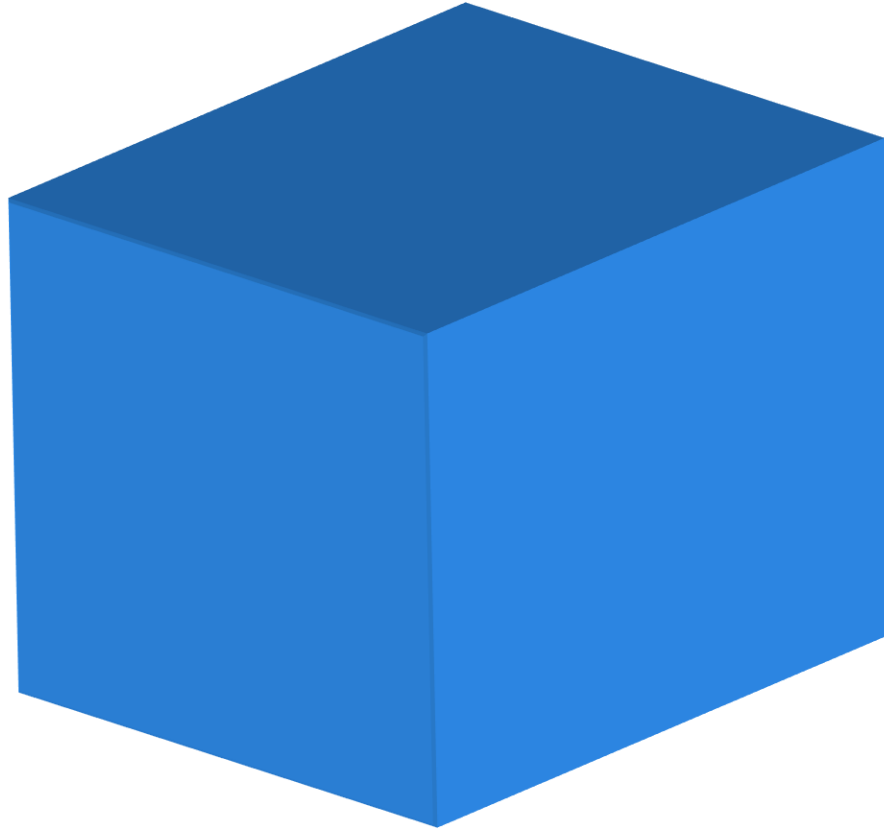
Bottom-Up: il modello si basa su costituenti elementari che vengono introdotti in ordine di complessità



Adatto per ogni tipo di geometria, può risultare più laborioso dell'altro per geometrie semplici

Definizione della geometria

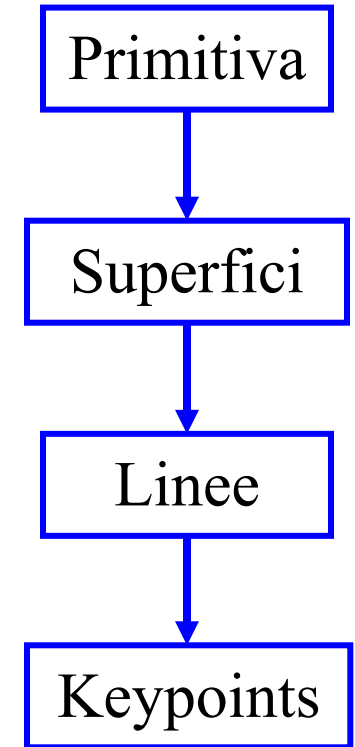
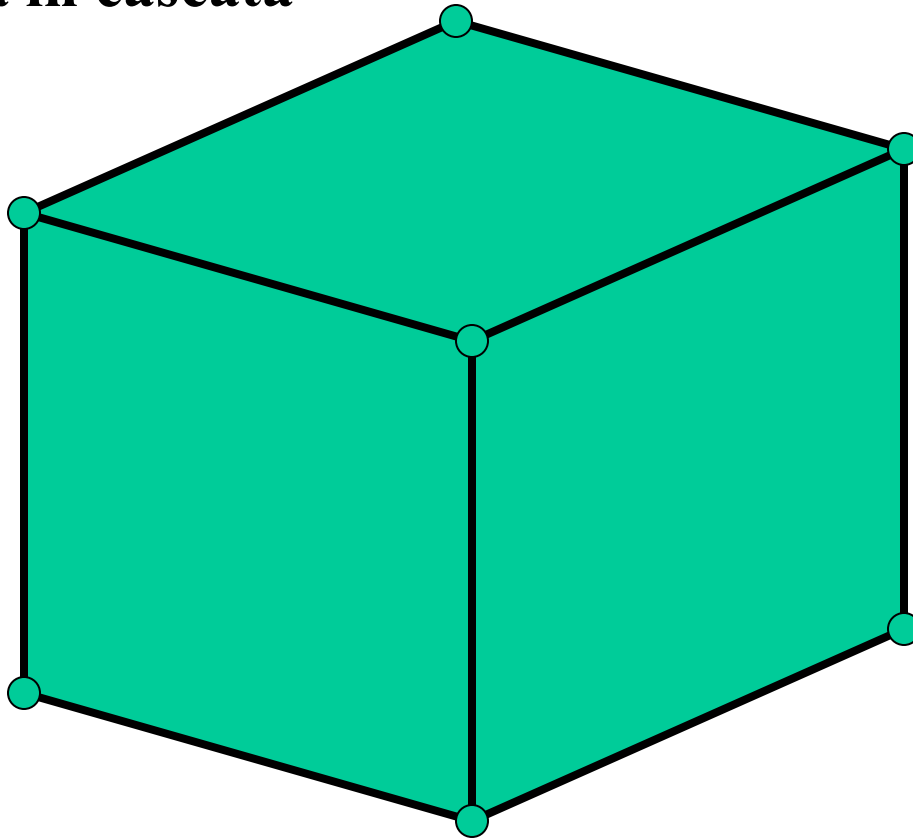
Top-Down: il modello si basa su “primitive” (forme geometriche semplici) di superficie o di volume che generano automaticamente le altre entità in cascata



Primitiva

Definizione della geometria

Top-Down: il modello si basa su “primitive” (forme geometriche semplici) di superficie o di volume che generano automaticamente le altre entità in cascata



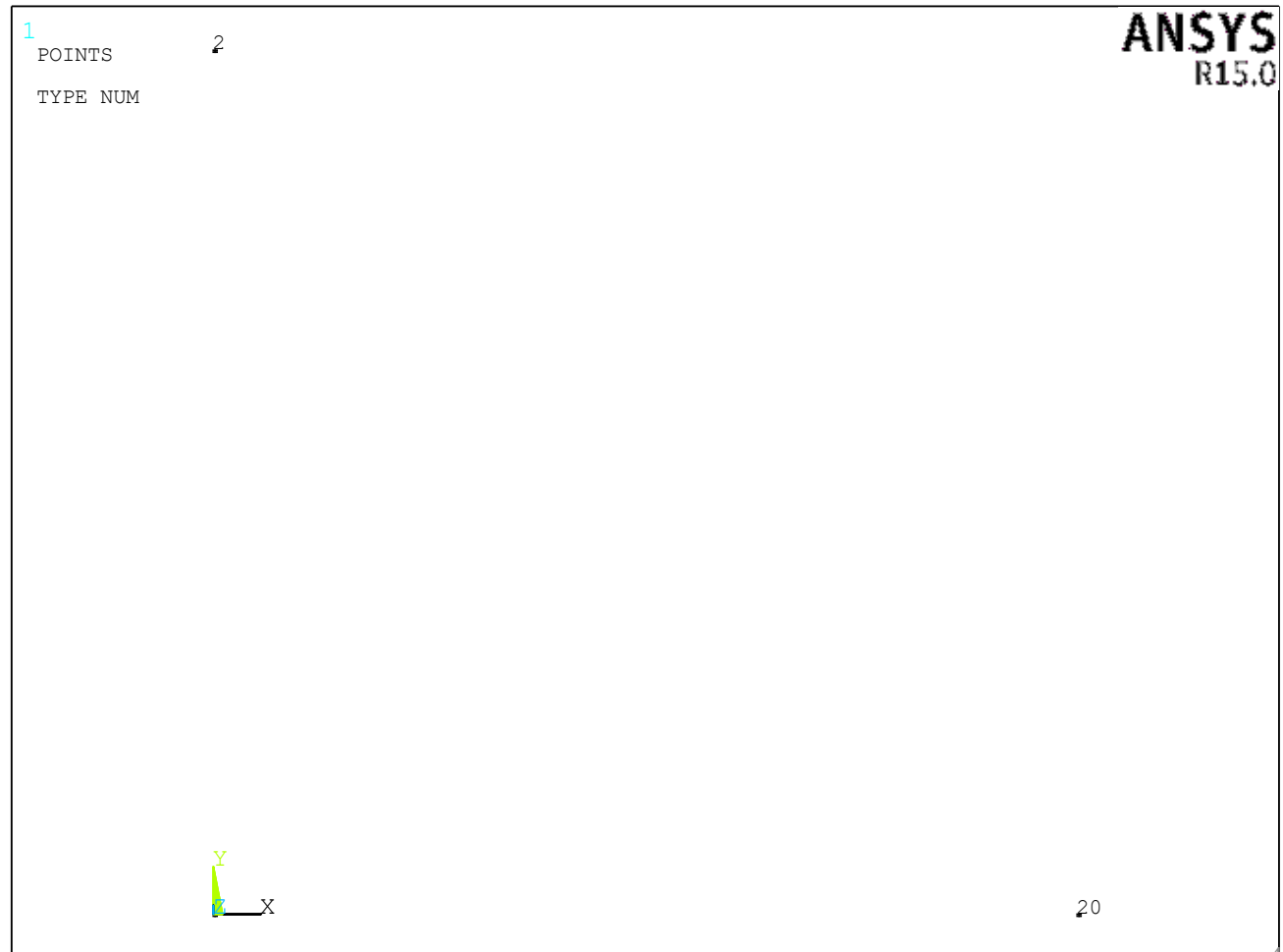
Adatto soprattutto per geometrie semplici, in cui è possibile individuare facilmente le primitive costituenti. Nella pratica è comunque frequente il ricorso ad approcci misti

Metodo Bottom-Up

Introduzione Keypoints

K, n° Keypoint, X, Y, Z

K,1
K,2,0,10
K,20,10,0



Inserimento automatico KPs

Visualizzazione coordinate Keypoints

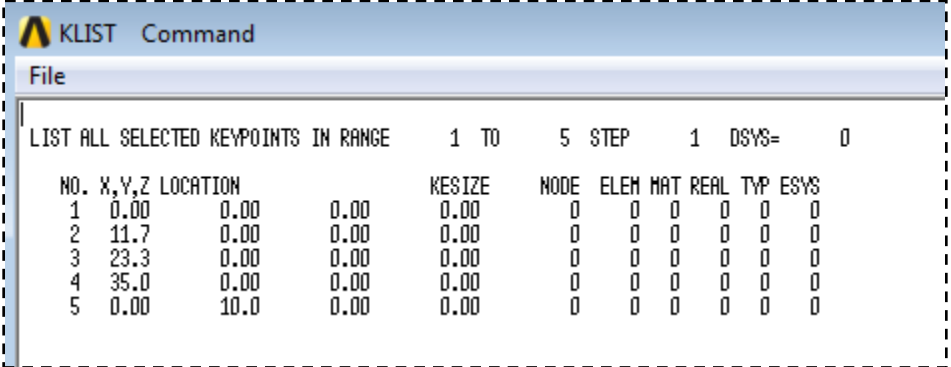
KLIST, keypoint iniziale, keypoint finale

Esempio:

KLIST,1,5

KLIST,2,4

KLIST



The screenshot shows a dialog box titled "KLIST Command" with a "File" menu. The main area contains the following text:

```
LIST ALL SELECTED KEYPOINTS IN RANGE      1 TO      5 STEP      1 DSYS=      0
```

NO.	X,Y,Z LOCATION	KESIZE	NODE	ELEM	MAT	REAL	TYP	ESYS
1	0.00 0.00 0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
2	11.7 0.00 0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
3	23.3 0.00 0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
4	35.0 0.00 0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
5	0.00 10.0 0.00	0.00	0	0	0	0	0	0

Cancellazione Keypoints

KDELE, nodo iniziale, nodo finale

KDELE, ALL

Esempio:

KDELE,1,2

KDELE,ALL

Introduzione Linee

L, P1, P2, ...

Linee rette tra keypoints

! Crea KPs

K,1

CSYS,1

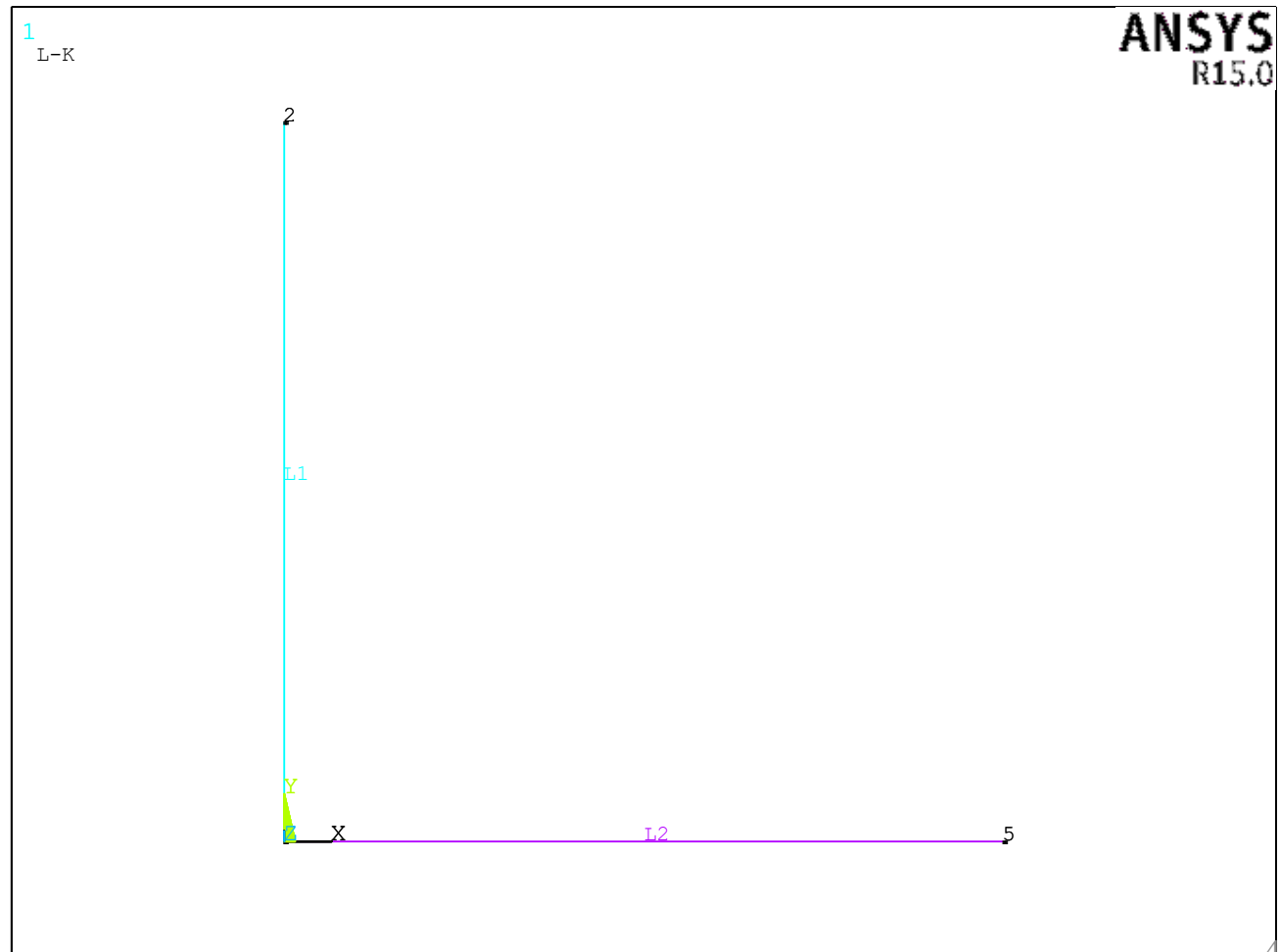
K,2,10,90

K,5,10,0

! Crea linee

L,1,2

L,1,5



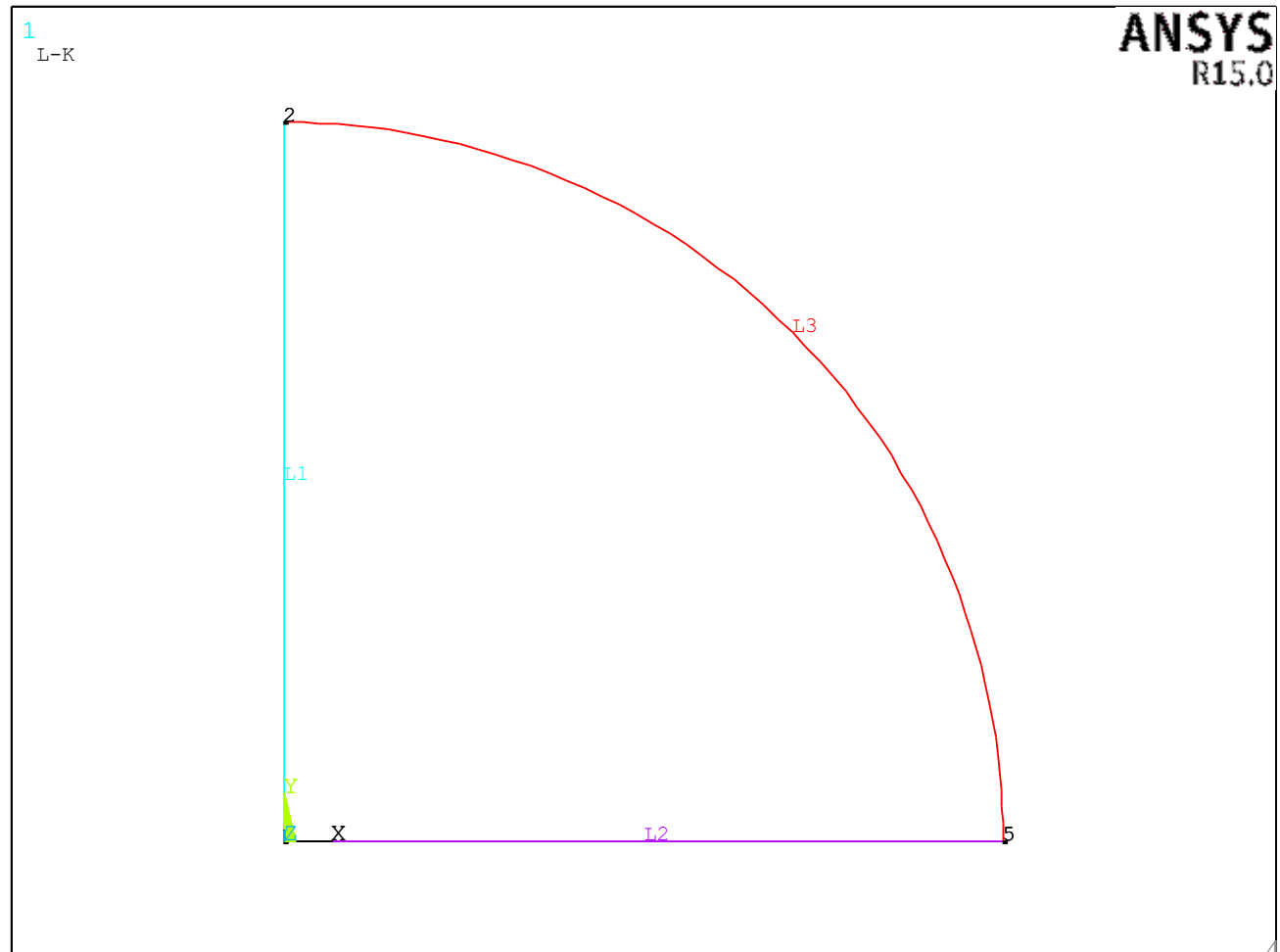
Introduzione Linee

LARC, P1, P2, PC, RAD

Arco di circonferenza

K,1
CSYS,1
K,2,10,90
K,5,10,0

L,1,2
L,1,5
LARC,2,5,1,10



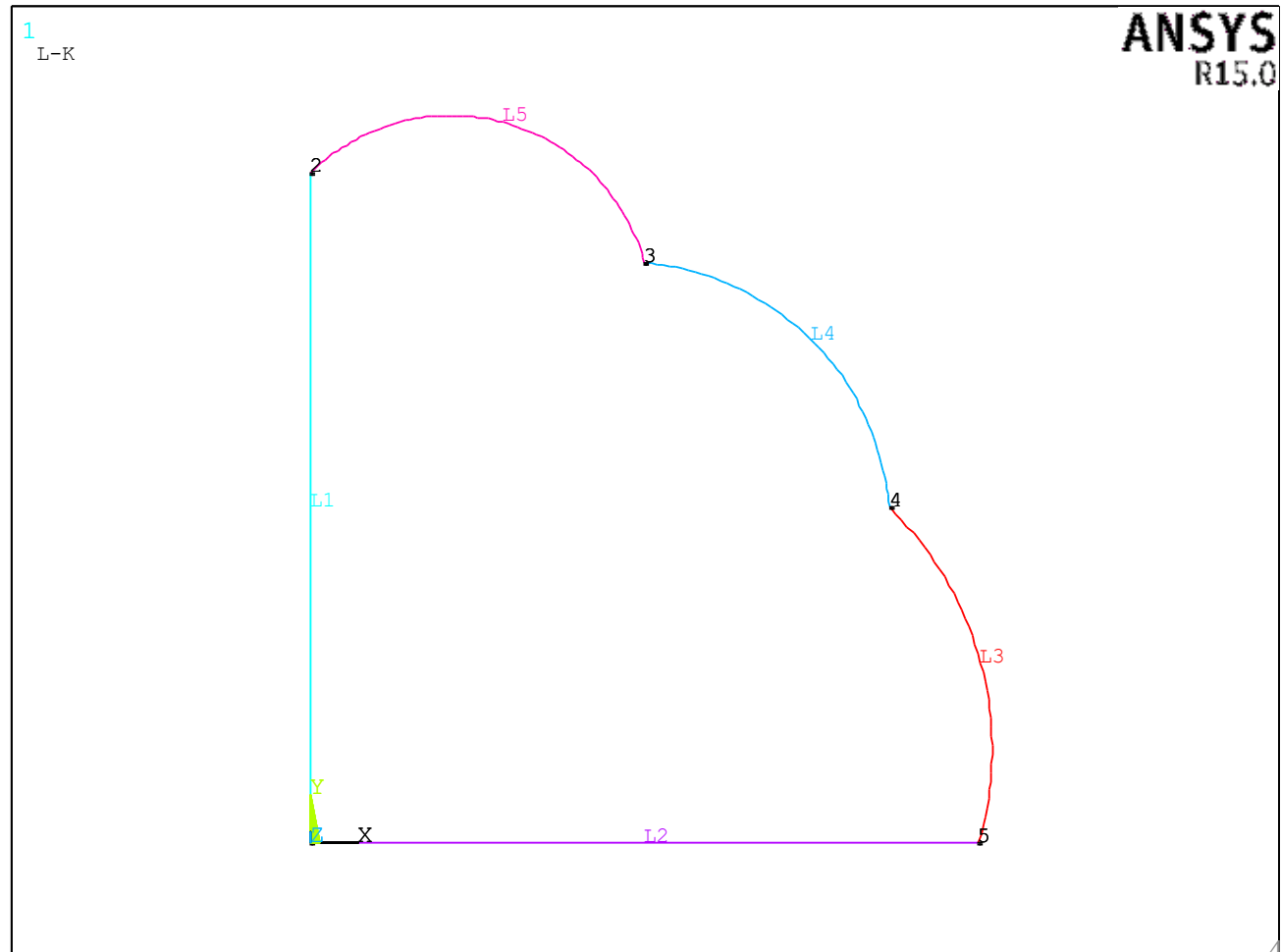
Introduzione Linee

LARC, P1, P2, PC, RAD

Arco di circonferenza: il terzo KP non necessariamente coincide con il centro, definisce il piano dell'arco e la posizione del centro rispetto alla linea degli altri due KP

```
K,1
CSYS,1
K,2,10,90
K,3,10,60
K,4,10,30
K,5,10,0

L,1,2
L,1,5
LARC,4,5,1,5
LARC,3,4,1,4
LARC,2,3,1,3
```



Introduzione Linee

LFILLT, L1, L2, RAD, ...

Raccordo tra due linee con un estremo in comune

K,1

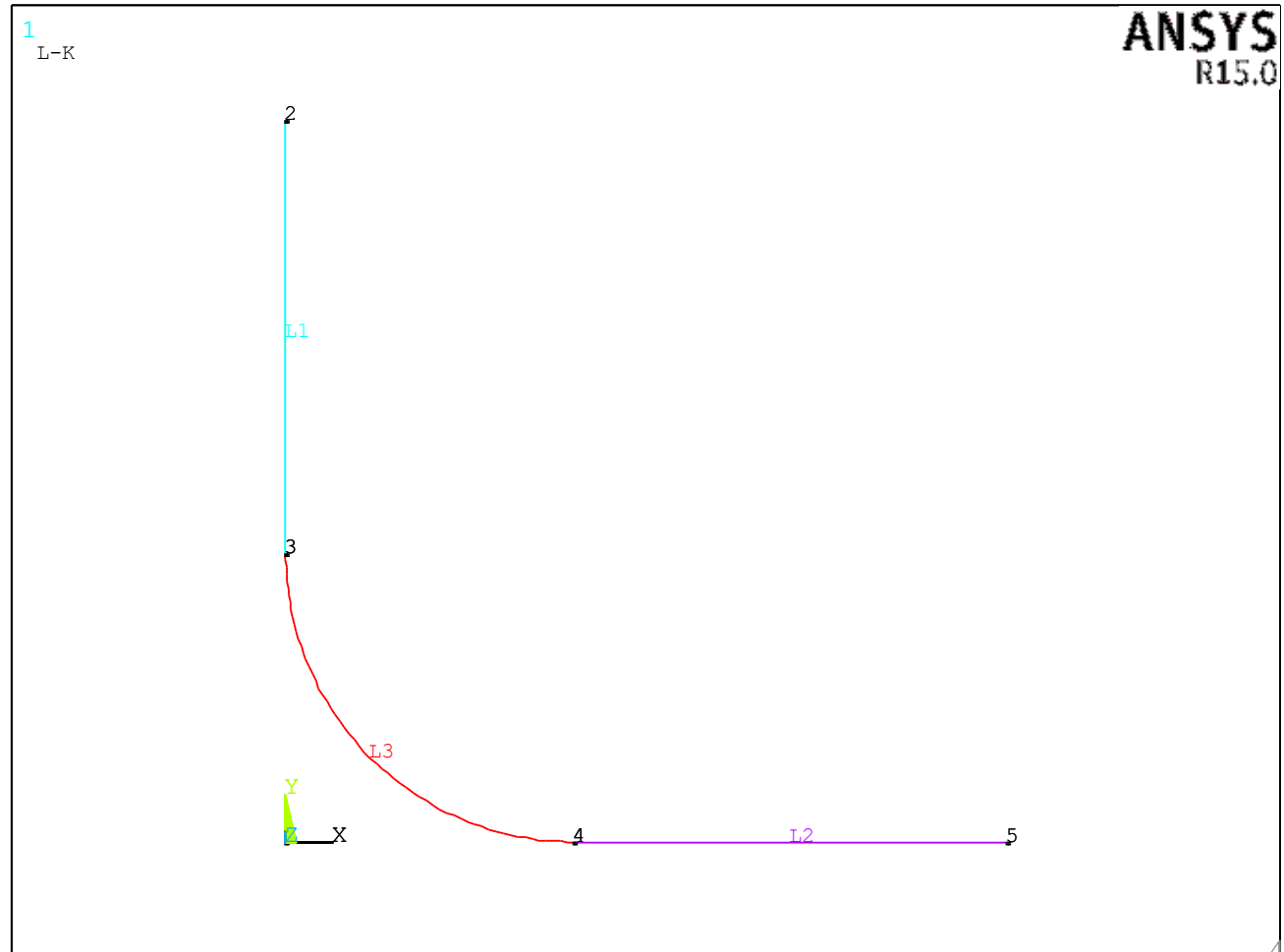
K,2,0,10

K,5,10,0

L,1,2,

L,1,5

LFILLT,1,2,4



Introduzione Linee, altri comandi

SPLINE

genera una spline passante per 6 KPs

BSPLIN

genera una spline di “best fit” su dei KPs

LTAN

genera una linea (curva) tangente ad una data

LANG

genera una linea (retta) con un angolo dato rispetto ad una esistente

LDRAG

genera linee facendo scorrere dei KPs lungo un percorso

LCOMB

unisce due linee

LEXTND

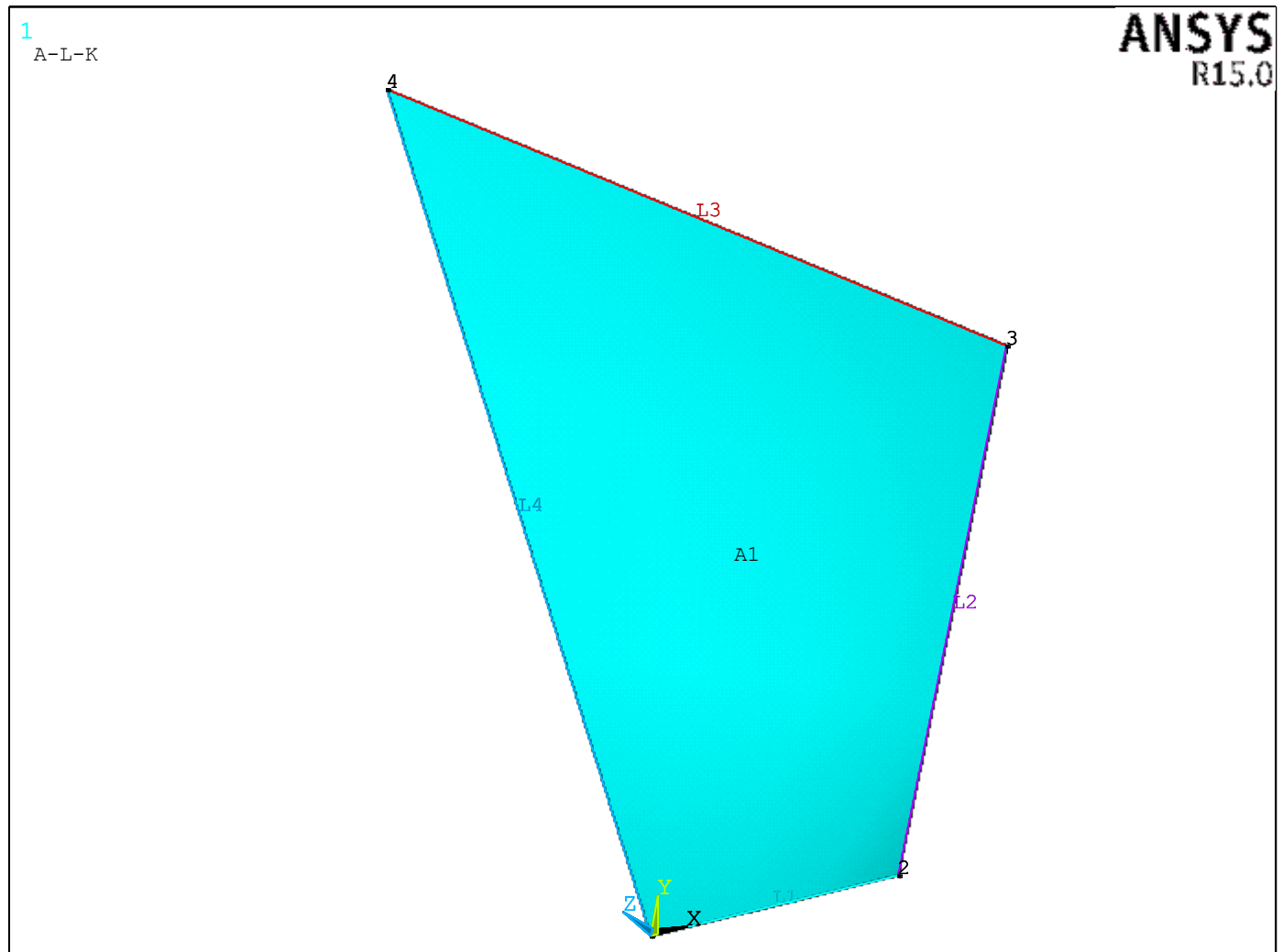
prolunga una linea

Introduzione Aree

A, P1, P2, ..., P18

genera un'area definita dai vertici (con i lati rettilinei, anche non complanare)

K,1
K,2,10
K,3,10,20
K,4,0,20,20
A,1,2,3,4

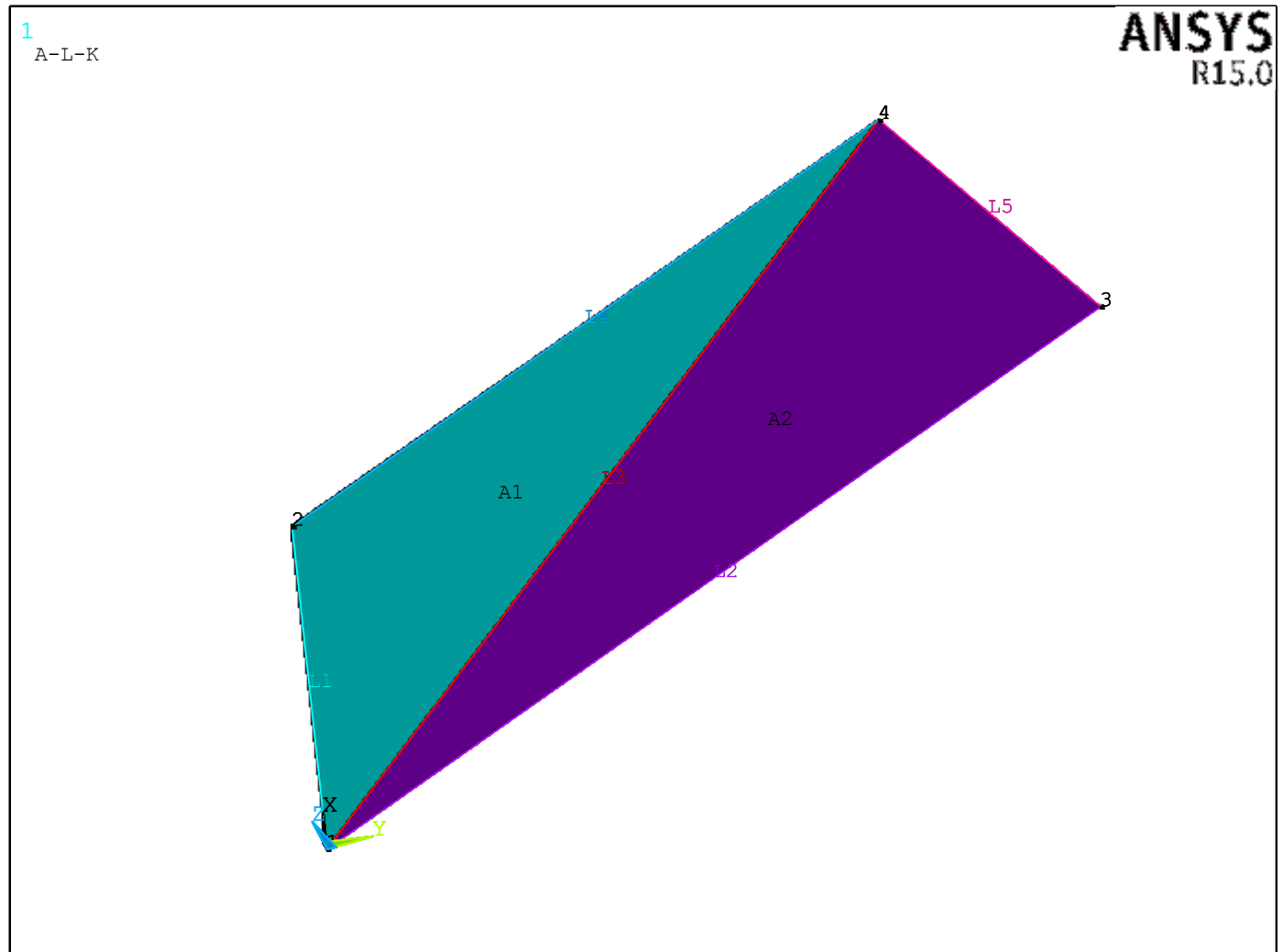


Introduzione Aree

AL, L1, L2, ..., L10

genera un'area definita dalle linee precedentemente create

K,1
K,2,10
K,3,10,20
K,4,0,20,20
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, altri comandi

ADRAG

genera un'area, o più aree, trascinando delle linee rispetto ad un percorso costituito da altre linee

AROTAT

genera aree facendo ruotare delle linee intorno ad un asse

AFILLT

genera un'area di raccordo tra due aree

AOFFST

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

Introduzione Volumi

V, P1, P2, ..., P8

genera un volume (esaedrico) tramite i vertici

K,1,

K,2,50

K,3,50,50

K,4,0,50

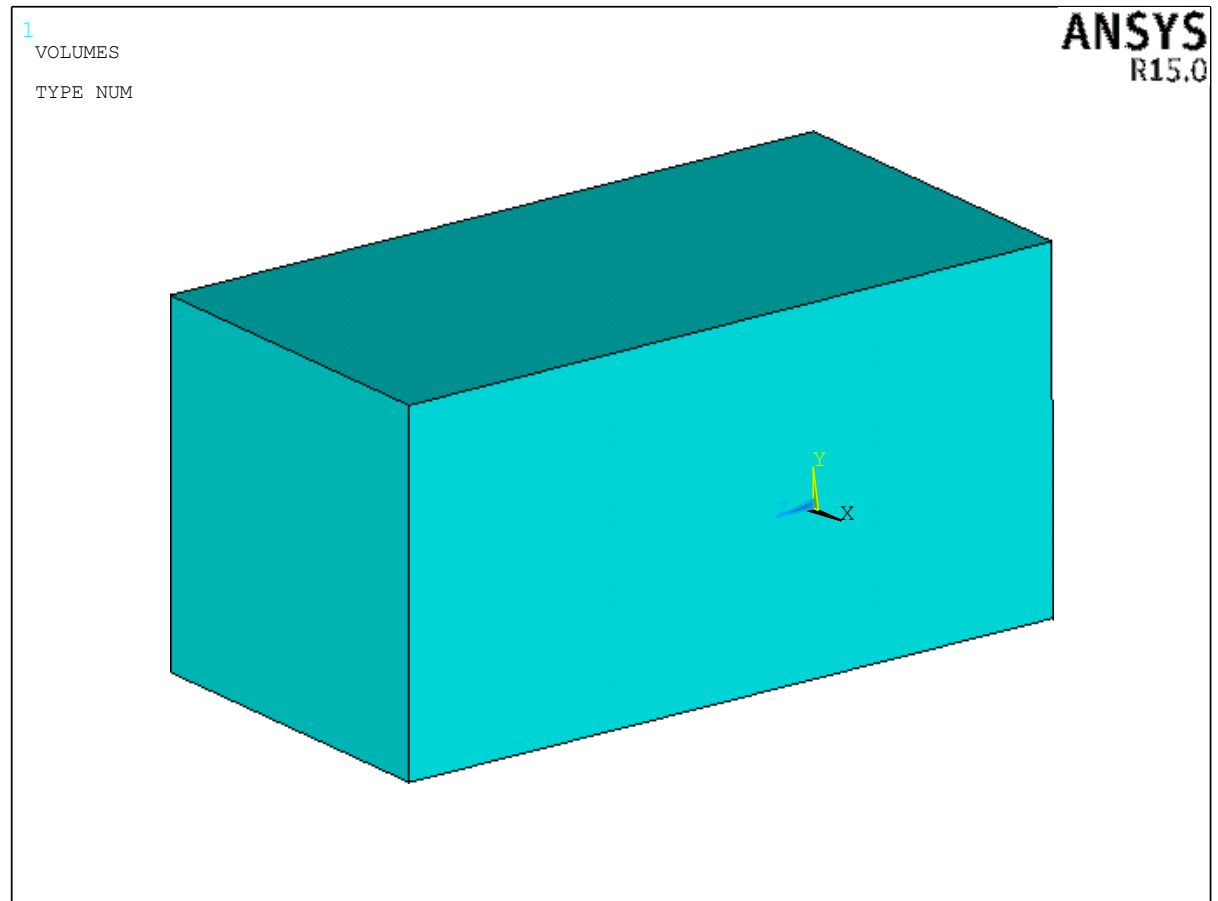
K,5,,,100

K,6,50,,100

K,7,50,50,100

K,8,0,50,100

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



Introduzione Volumi

V, P1, P2, ..., P8

genera un volume (esaedrico, eventualmente degenere)

K,1,

K,2,50

K,3,50,50

K,4,0,50

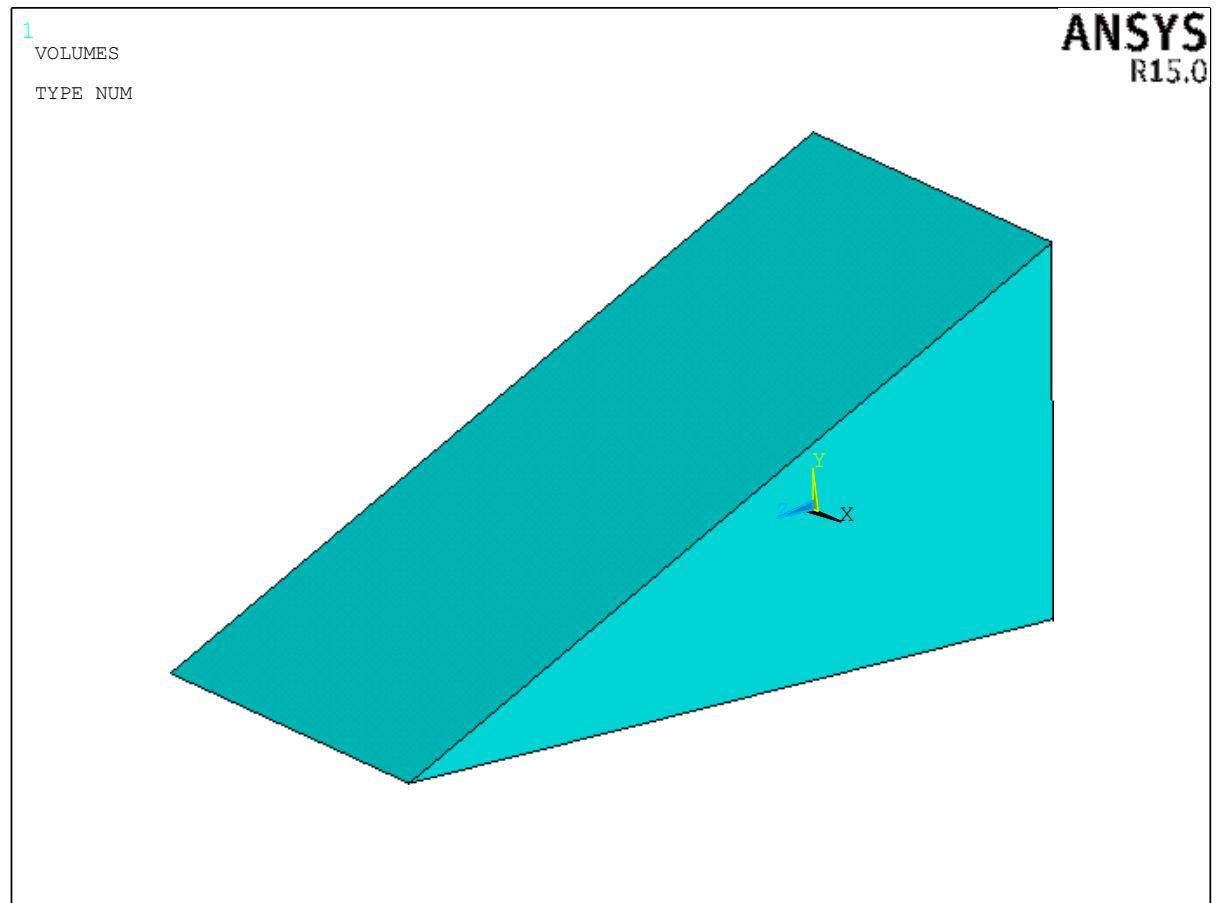
K,5,,,100

K,6,50,,100

K,7,50,50,100

K,8,0,50,100

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



Introduzione Volumi

V, P1, P2, ..., P8

genera un volume (esaedrico, eventualmente degenere)

K,1,

K,2,50

K,3,50,50

K,4,0,50

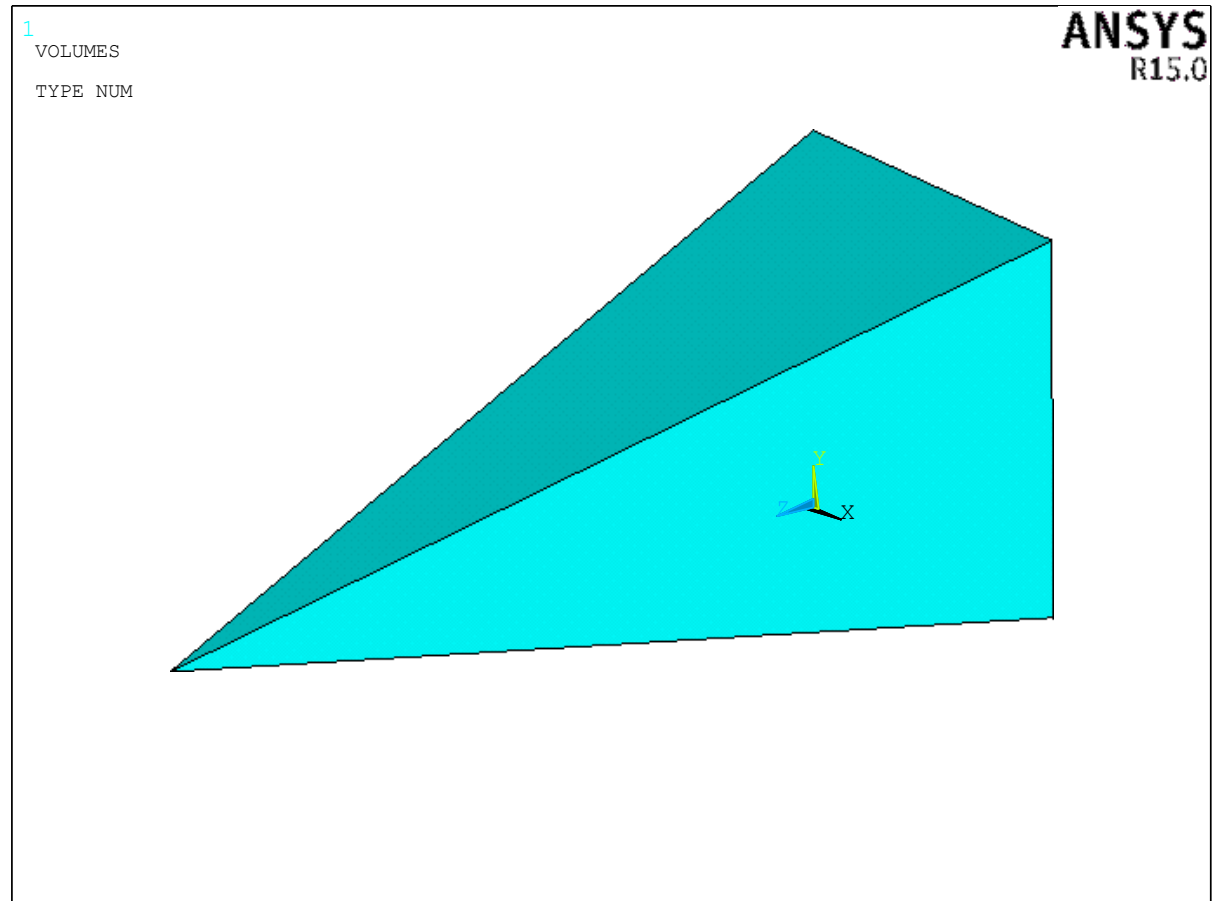
K,5,,,100

K,6,50,,100

K,7,50,50,100

K,8,0,50,100

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



Introduzione Volumi

VA, A1, A2, ..., A10

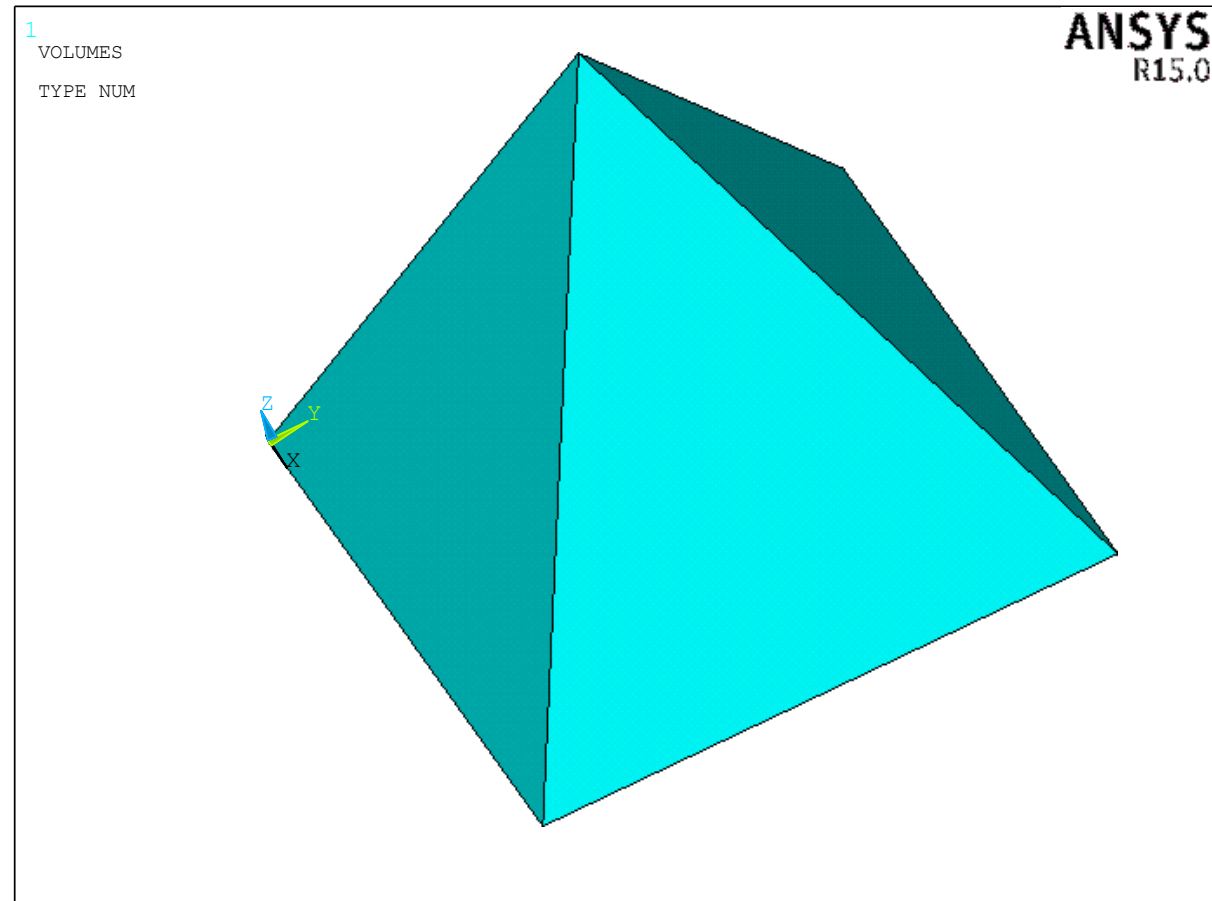
genera un volume tramite le superfici laterali

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

genera un volume facendo scorrere superfici su un percorso

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

Gestione entità geometriche

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

Working Plane

Le primitive sono definite con riferimento al “Working Plane”.
Inizialmente il WP coincide col piano “XY” del SR cartesiano globale.
È possibile riposizionare il WP in vari modi, ad esempio con 3 punti.

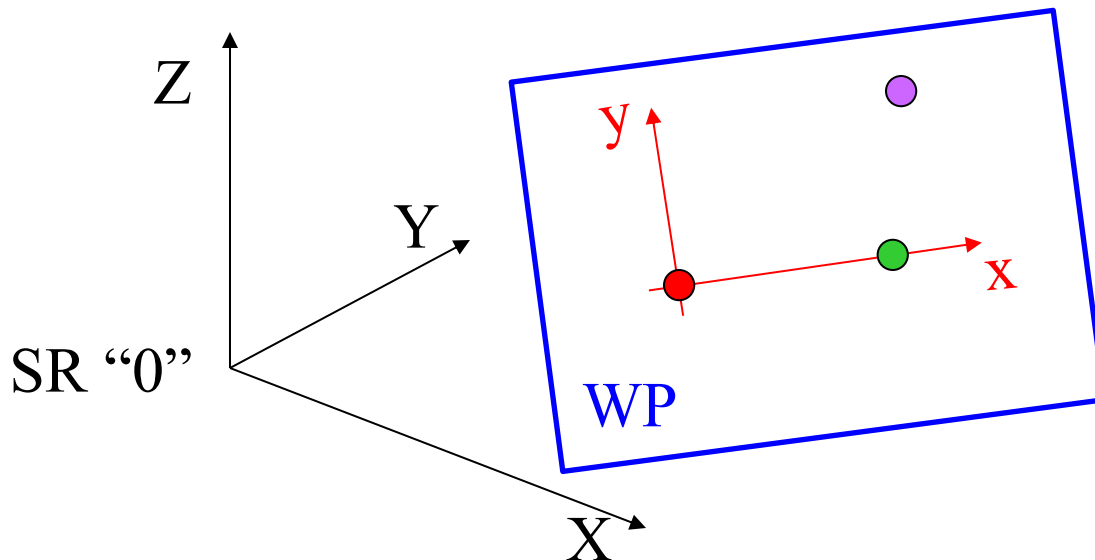
WPLANE,,XOR,YOR,ZOR,XAX,YAX,ZAX,XPL,YPL,ZPL

Orienta il WP
secondo 3 punti

Origine

Punto su
asse “x”

3° punto sul
WP



Working Plane

Altre istruzioni per riposizionare il WP

WPOFFS, xoff, yoff, zoff Applica un *offset* all'origine del WP

WPROTA, thxy, thyz, thzx Ruota il WP

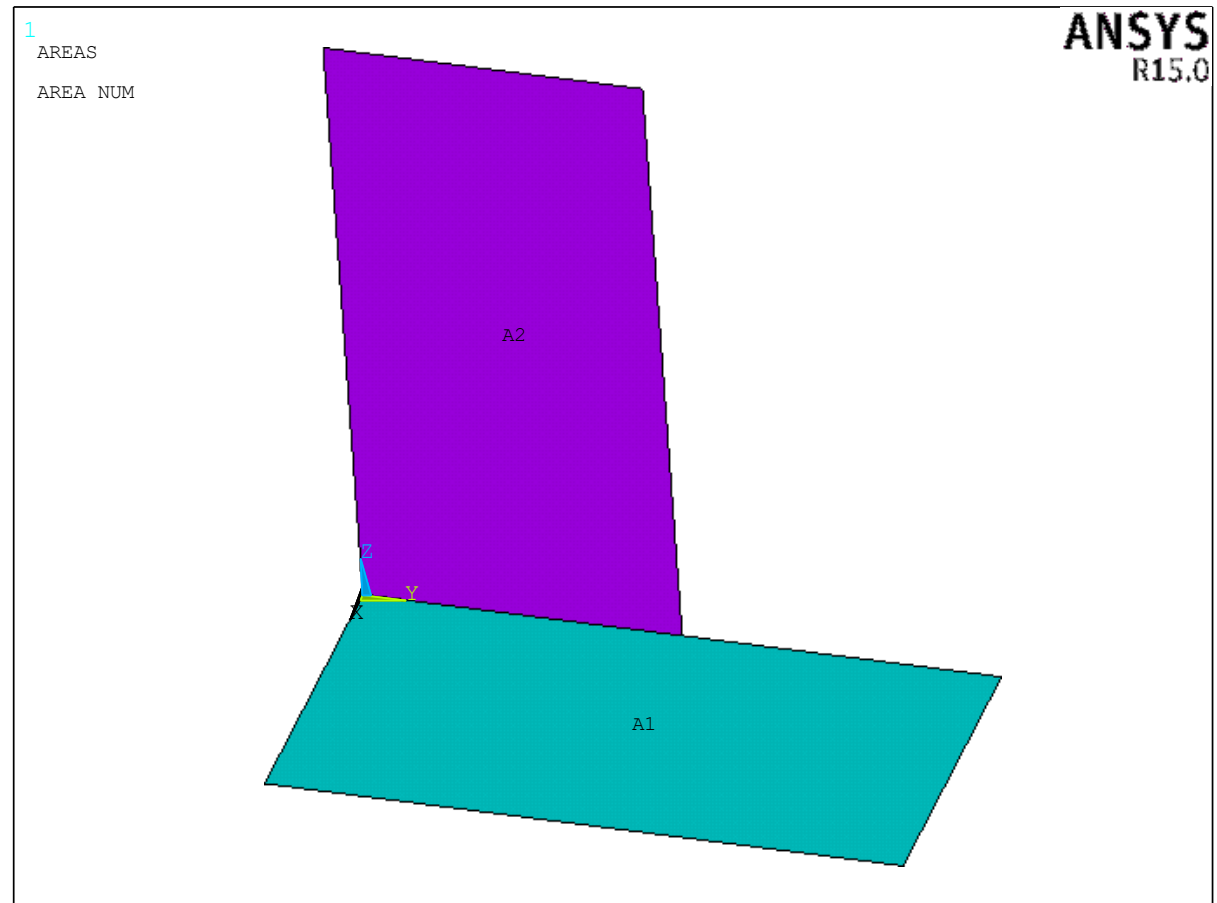
WPCSYS, , KCN Allinea il WP con un SR globale o locale precedentemente definito

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

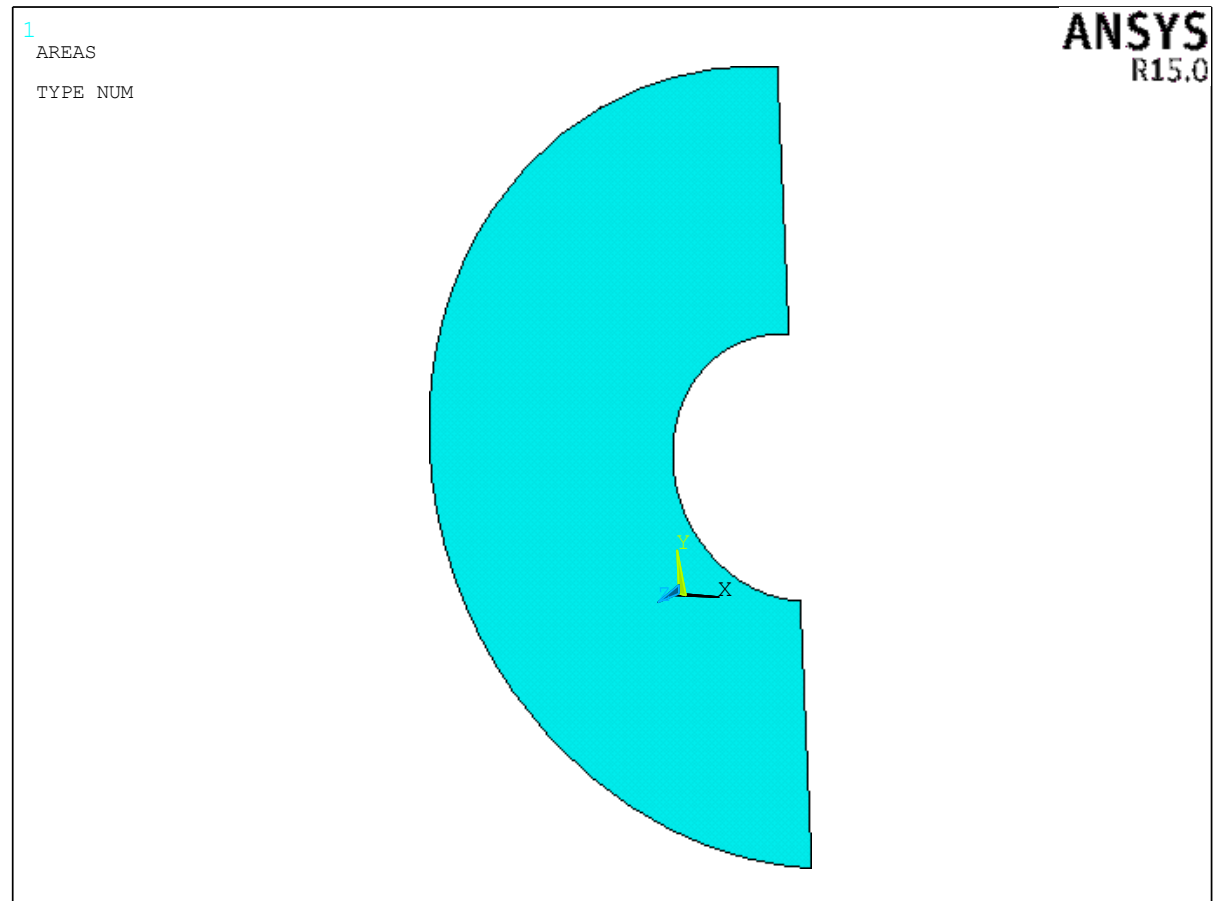
CYL4,5,5,15,90,5,270

RAD1: raggio interno

RAD2: raggio esterno

ANG1: primo angolo settore circolare

ANG2: secondo angolo settore circolare



Primitive di area

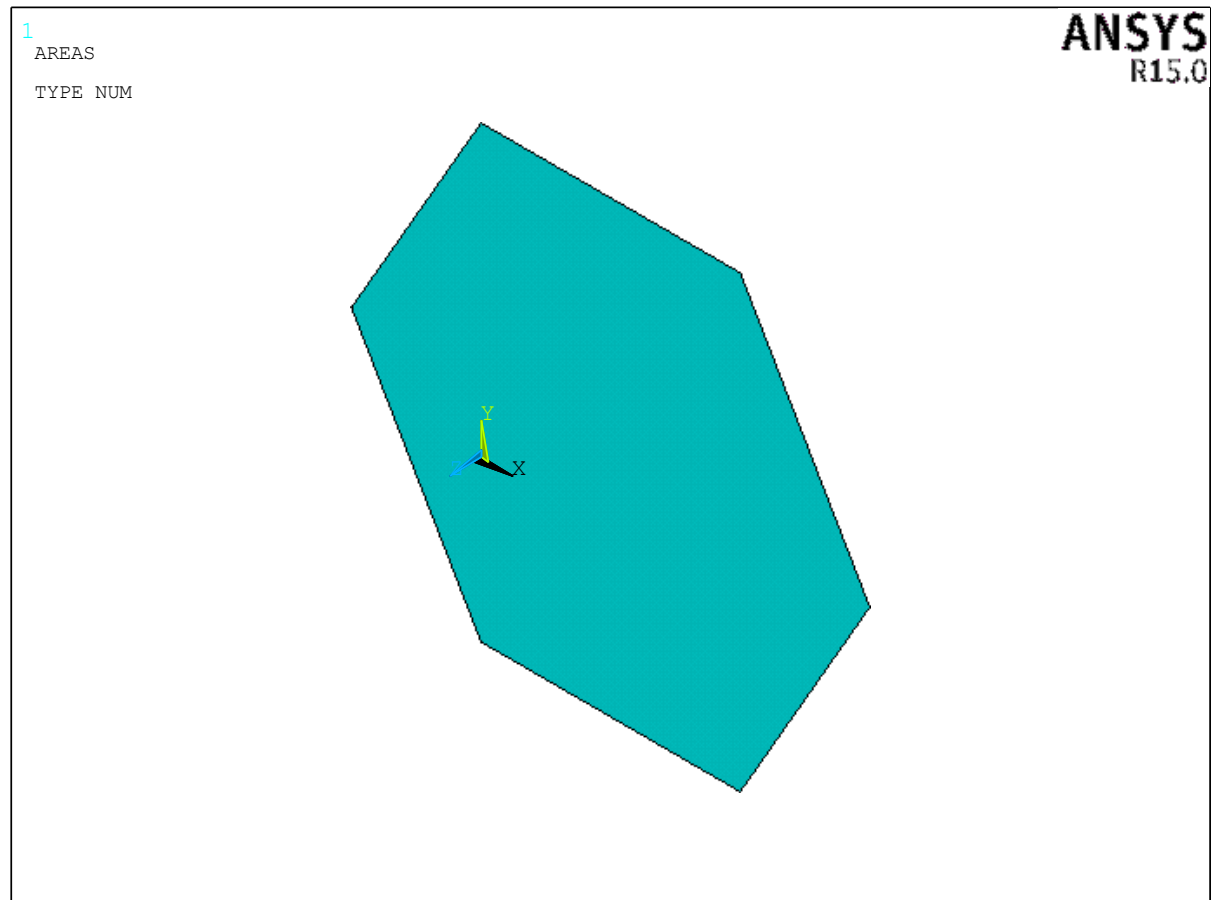
RPR4, NSIDES, XC, YC, RAD, ANG, (PROF)

genera un poligono regolare (prisma) sul WP

RPR4,6,10,5,20

RAD: raggio del
cerchio circoscritto al
poligono regolare

ANG: orientamento
del primo Keypoint
rispetto all'asse x del
working plane



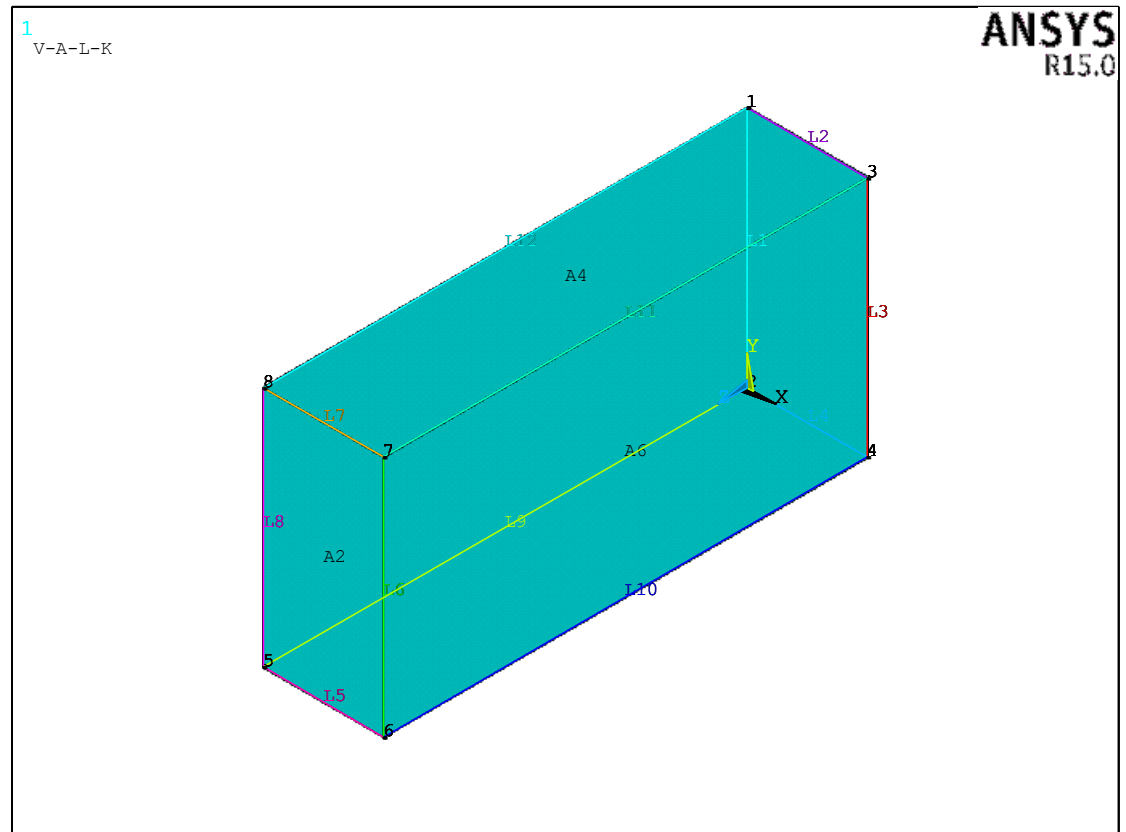
Primitive di volume

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

genera un parallelepipedo sul WP (per questo comando si usa anche la coordinata Z, perpendicolare al WP)

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

genera automaticamente tutte le entità di livello inferiore: A-L-KP (anche comandi successivi)



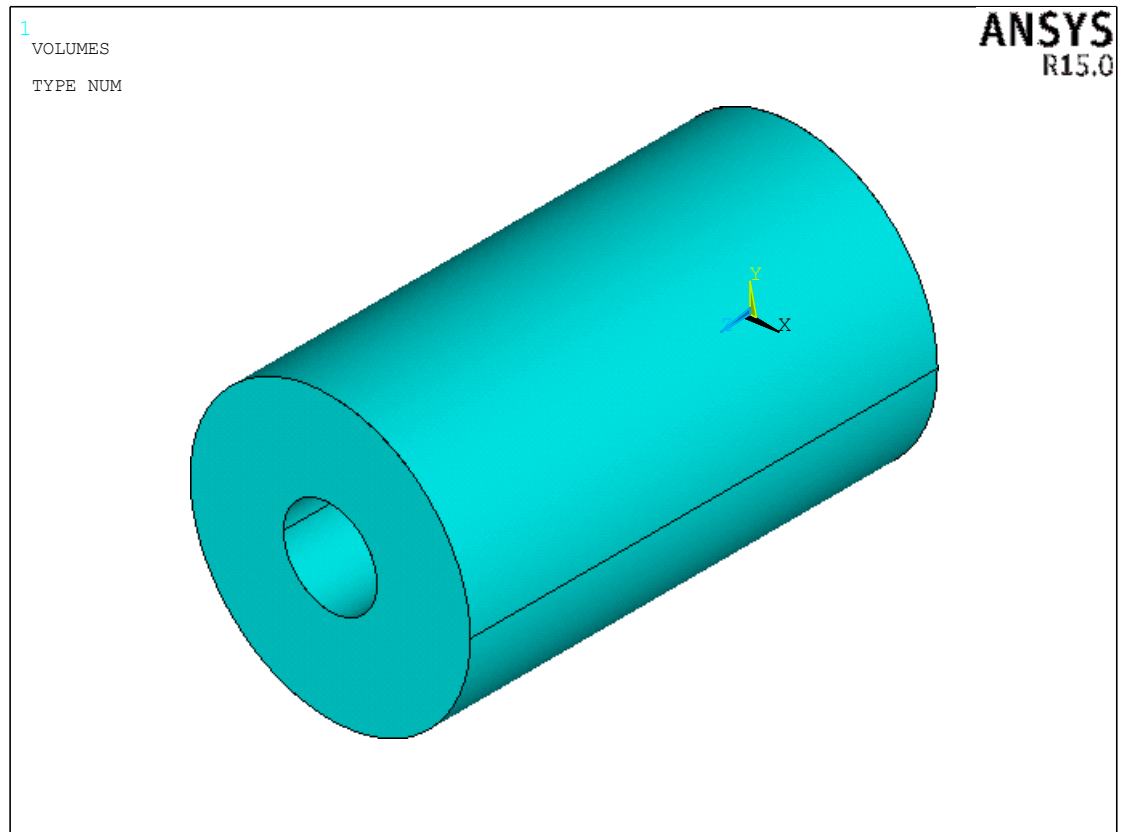
Primitive di volume

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

genera un settore cilindrico sul WP

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

PROF: introduce la profondità, perpendicolare al working plane, e quindi diventa un comando di volume



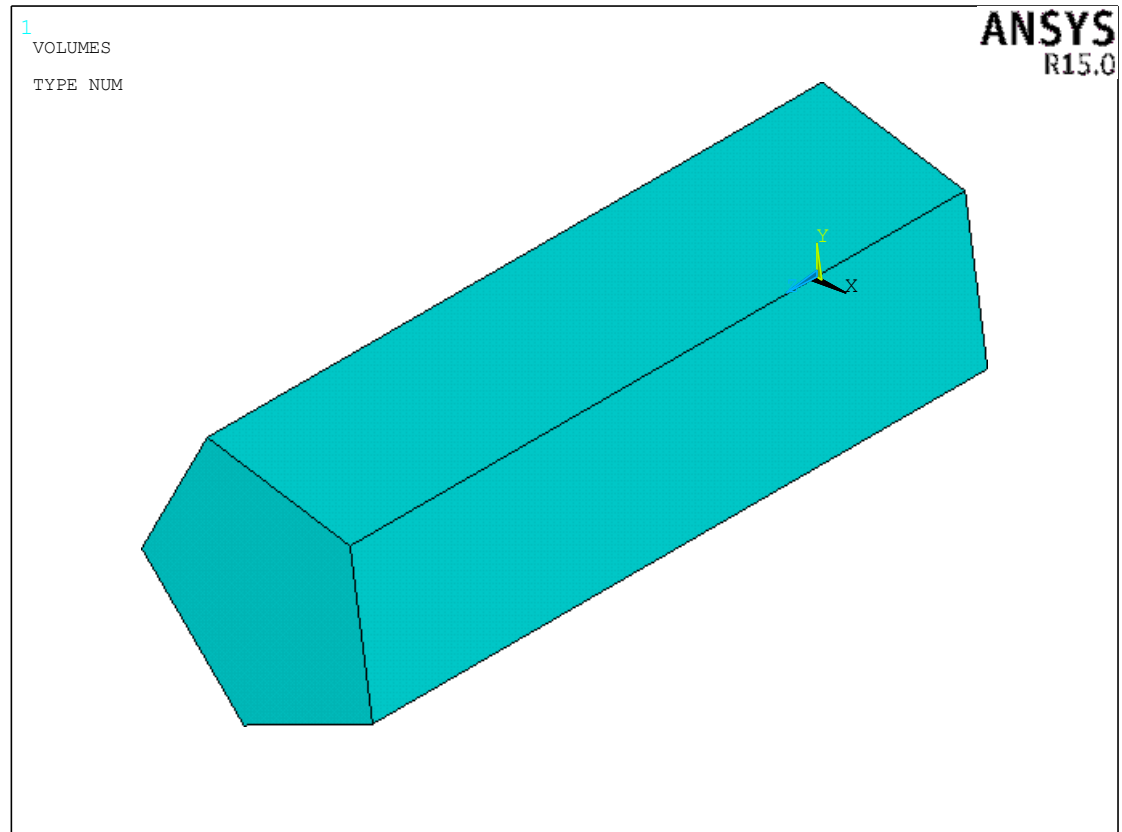
Primitive di volume

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

genera un prisma regolare sul WP

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

PROF: di nuovo,
introducendo questo
parametro, genera un volume
invece che solo un'area



Primitive di volume

SPHERE

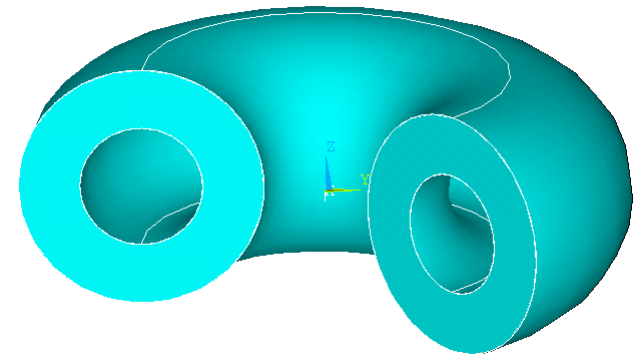
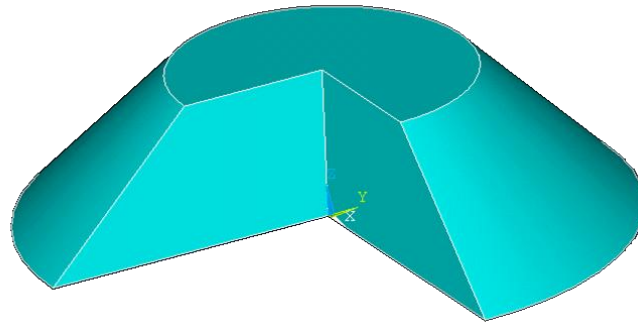
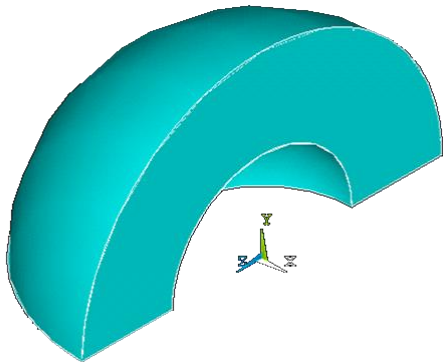
genera una sfera o un settore sferico

CONE

genera un cono o un tronco di cono

TORUS

genera un toro o un settore torico



Operazioni Booleane

Introduzione primitive

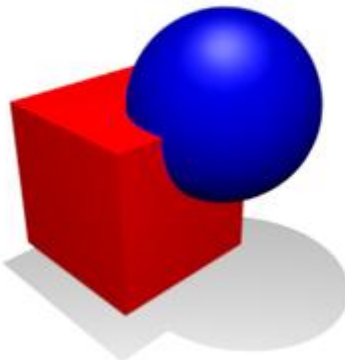


Combinazione
primitive con logica
Booleana

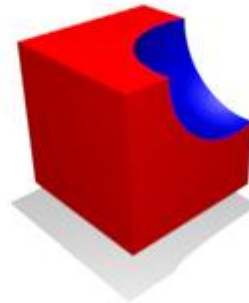


Modello

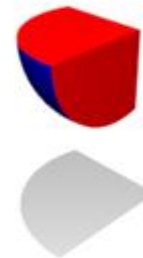
Union



Difference



Intersect



Operazioni Booleane

BOPTN, KEEP, YES(NO)

Mantiene, oppure no, le entità originali sovrapposte a quelle risultanti dell'operazione.

Default: No

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**, di cui il secondo superiore al primo, e il risultato è comunque dello stesso livello della prima entità.

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**.

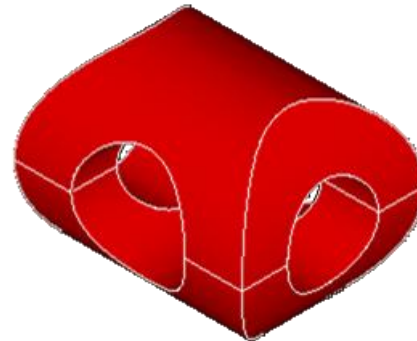
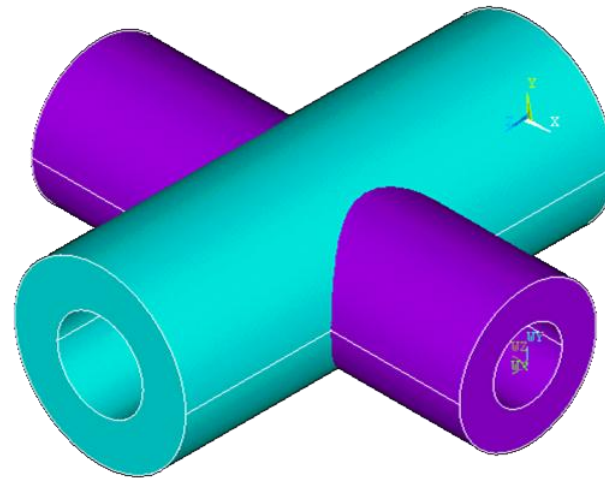
Intersezione di pari livello

```
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

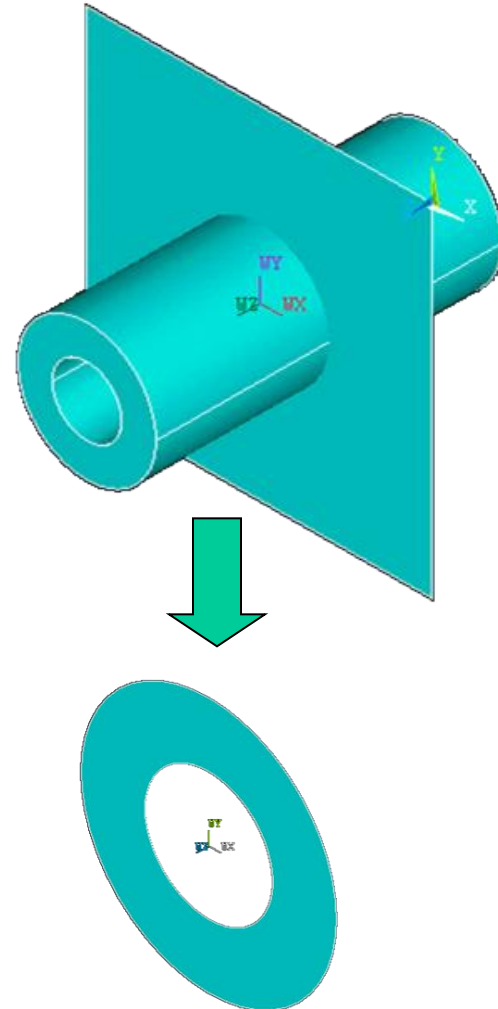
```
CYL4,,,10,,5,,50
```

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

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

```
BOPTN,KEEP,NO
```

```
AINV,7,1
```



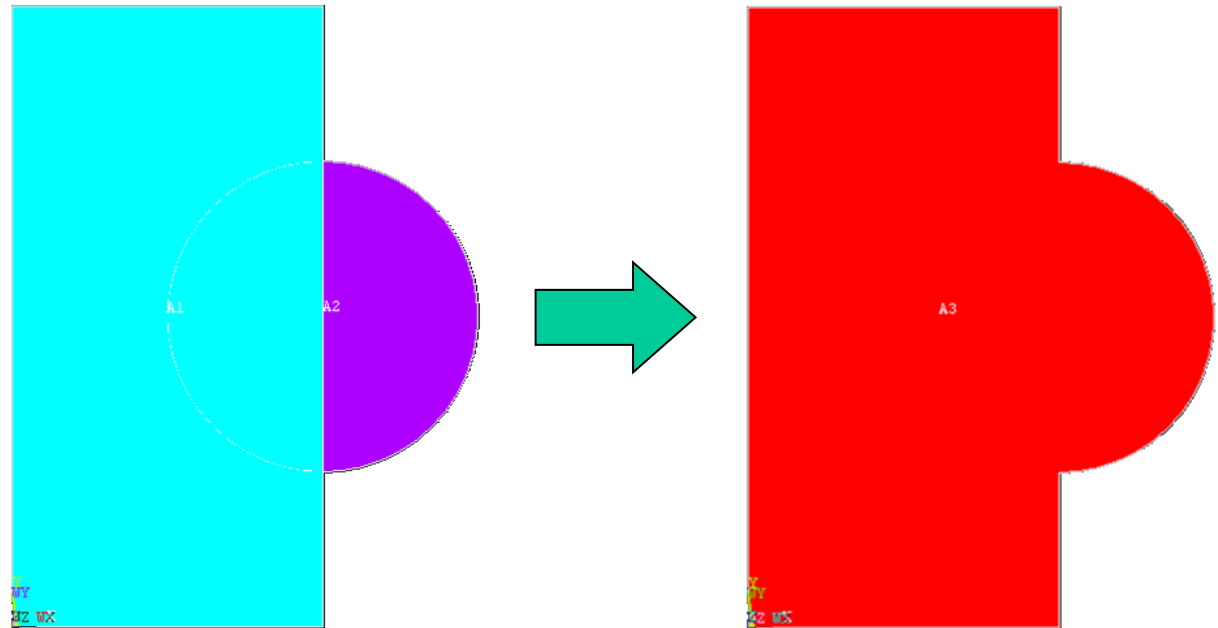
Operazioni Booleane: Somma

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.

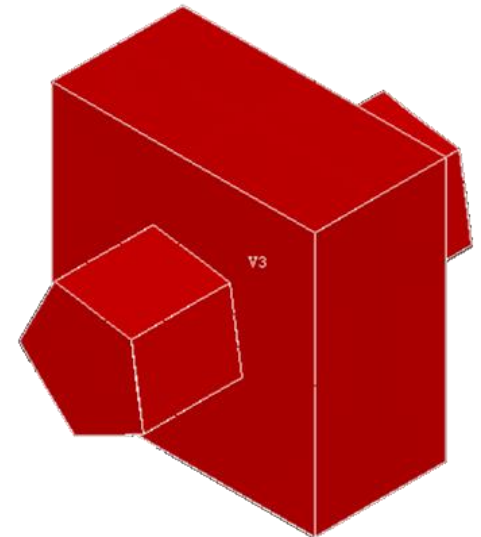
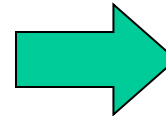
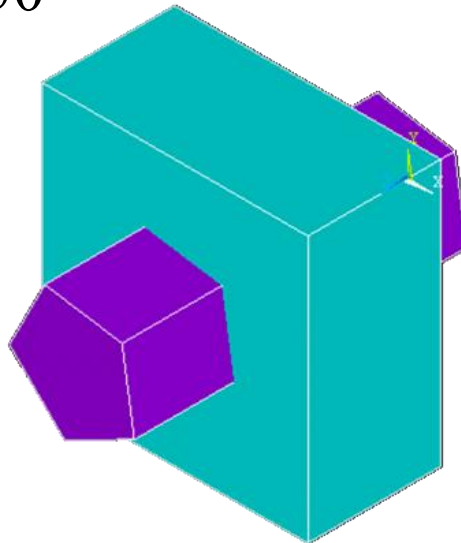
AADD **somma aree**

VADD **somma volumi**

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

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

```
VADD,1,2
```

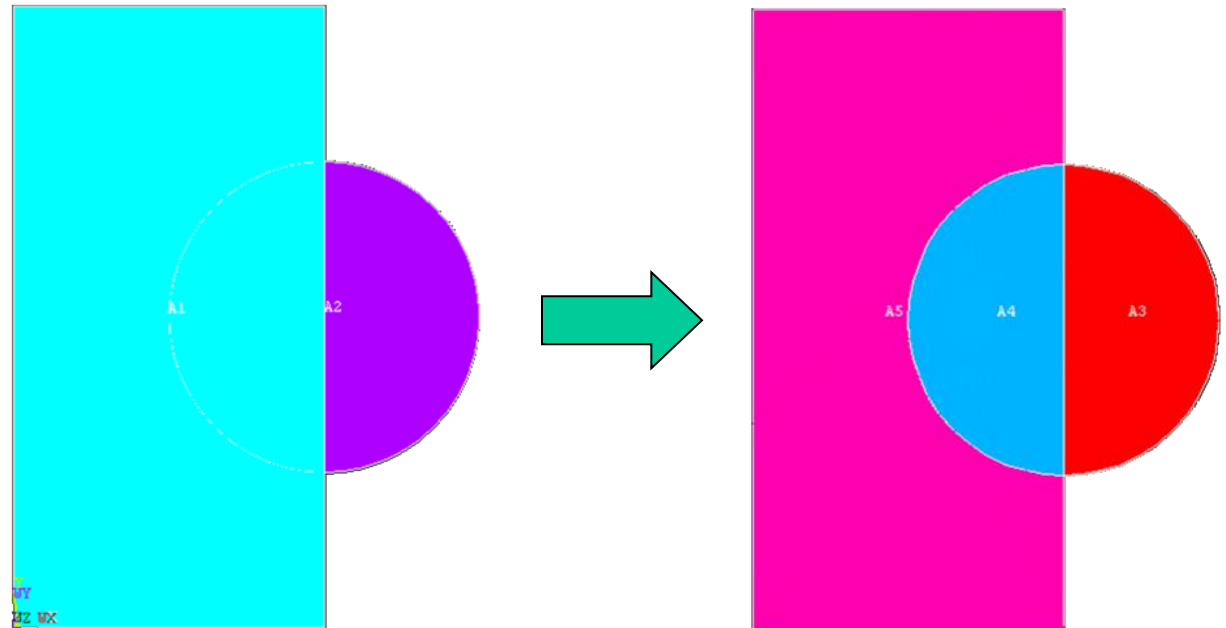


Operazioni Booleane: Overlap

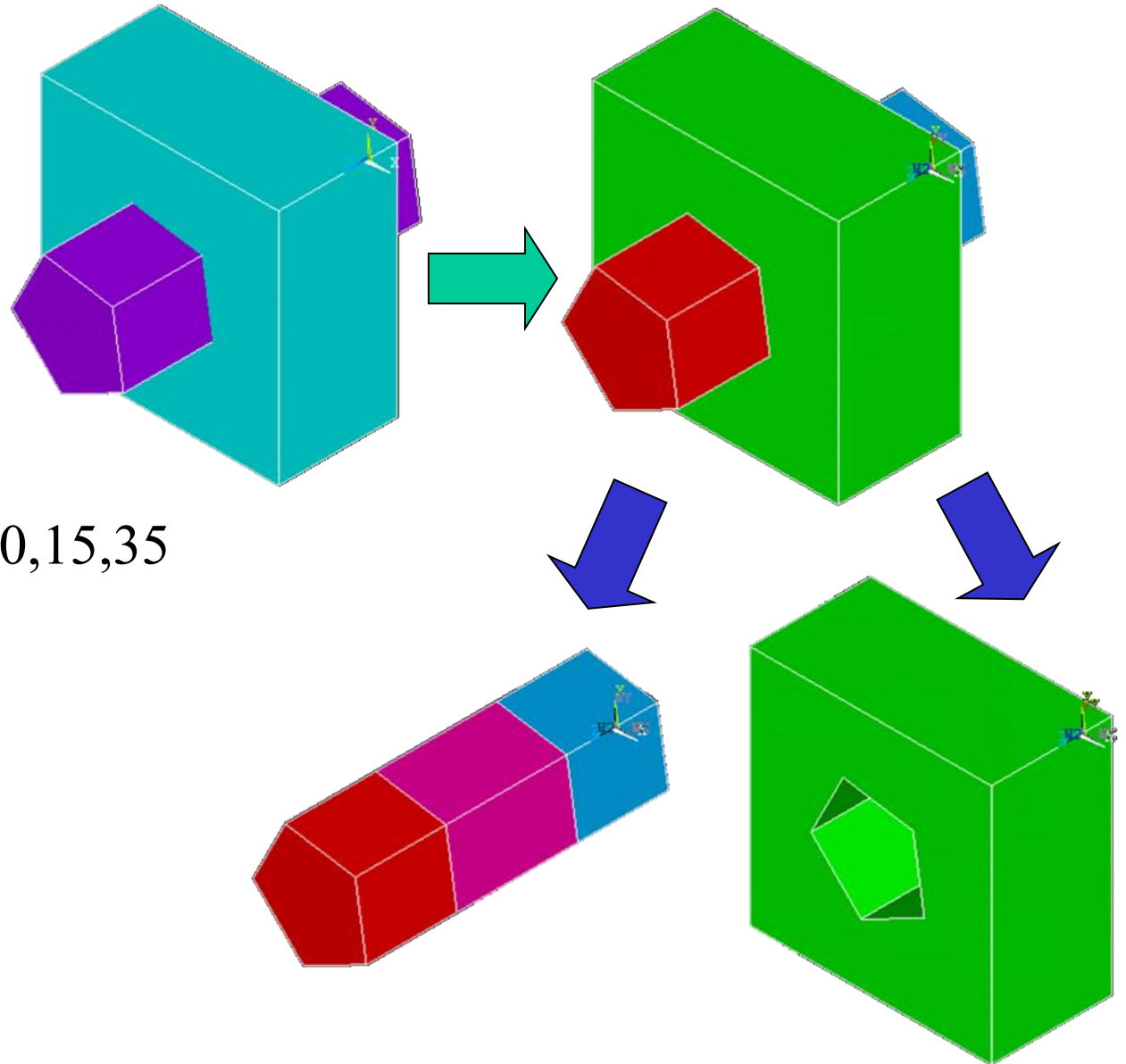
Crea nuove entità di forma semplice che coprono l'intero spazio occupato dalle entità esistenti, tenendo traccia dell'intersezione, e mantenendo le entità finali connesse (interfacce a comune).
Le entità devono essere dello **stesso** livello.

LOVLAP **overlap linee**
AOVLAP **overlap aree**
VOVLAP **overlap volumi**

```
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

Crea una nuova entità sottraendo da un'entità data la parte comune con un'altra entità. L'ordine delle due entità è influente: *la prima entità è quella da cui sottrarre, la seconda entità è cosa si sottrae*. Le entità possono essere dello **stesso** livello o di livelli **diversi**.

ASBA - ASBV

area, linea o volume da area

VSBV

volume o area da volume

... altri comandi simili

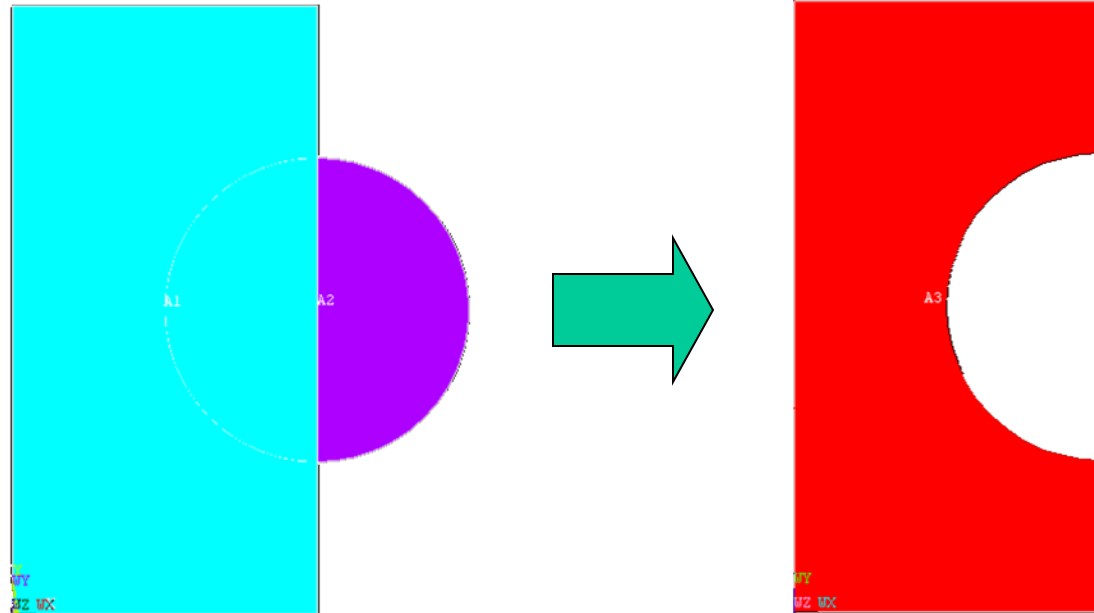
Operazioni Booleane: Sottrazione

Crea 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**.

RECTNG,0,10,0,20

CYL4,10,10,5

ASBA,1,2



Operazioni Booleane: Sottrazione

Crea 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**.

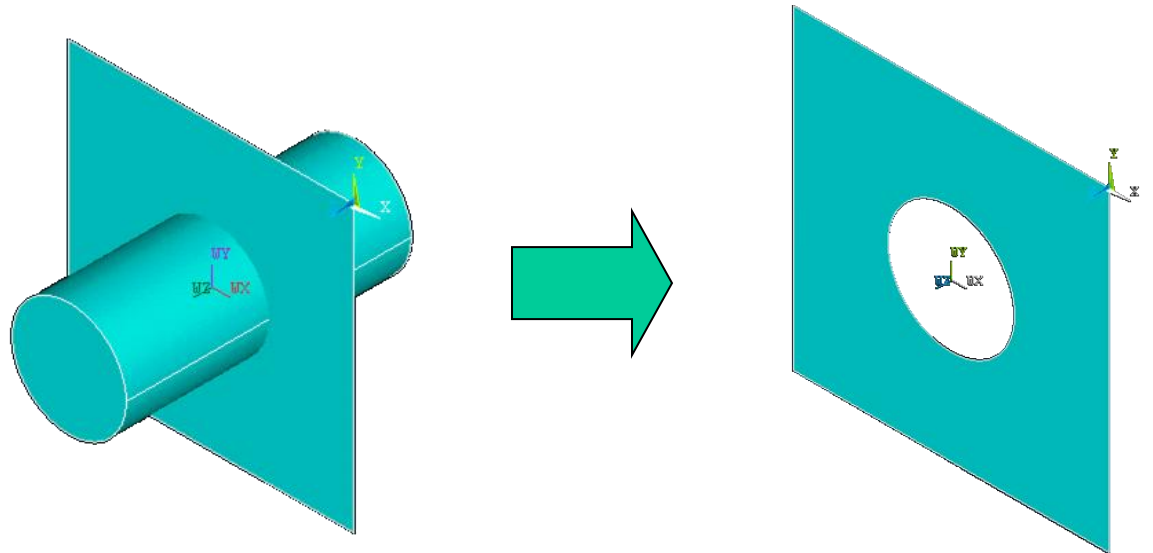
! sottrazione di livello diverso

CYL4,,,10,,,,50

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

RECTNG,-25,25,-25,25

ASBV,5,1



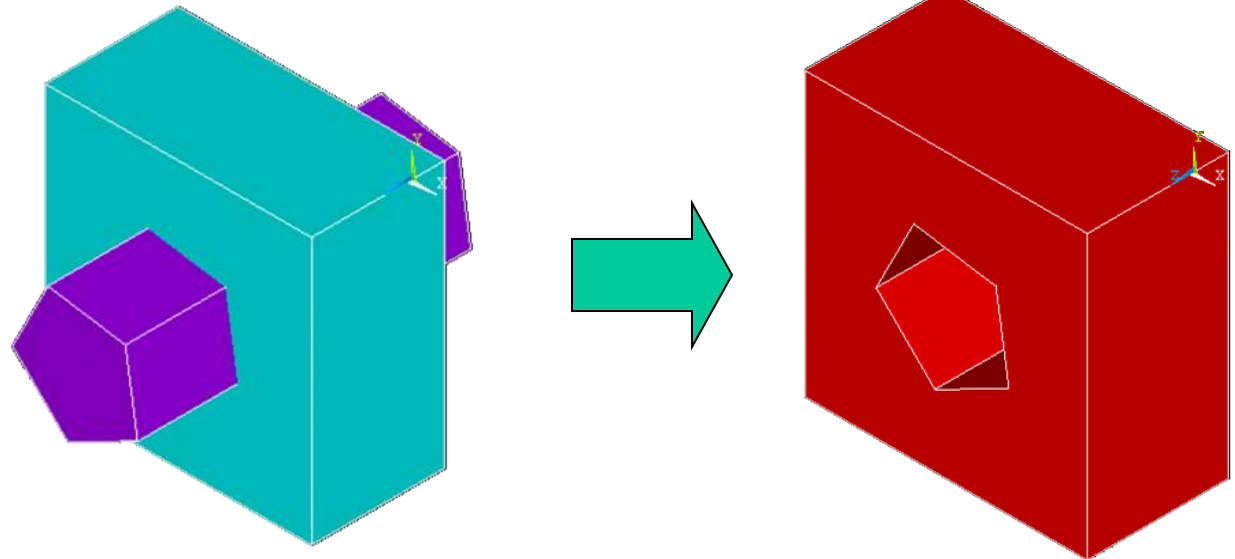
Operazioni Booleane: Sottrazione

Crea 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**.

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

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

VSBV,1,2



Operazioni Booleane: Glue (incollaggio)

Mette in comune le interfacce tra due entità che si toccano (superfici tra volumi, linee tra superfici).

LGLUE

linee

AGLUE

Aree

VGLUE

Volumi

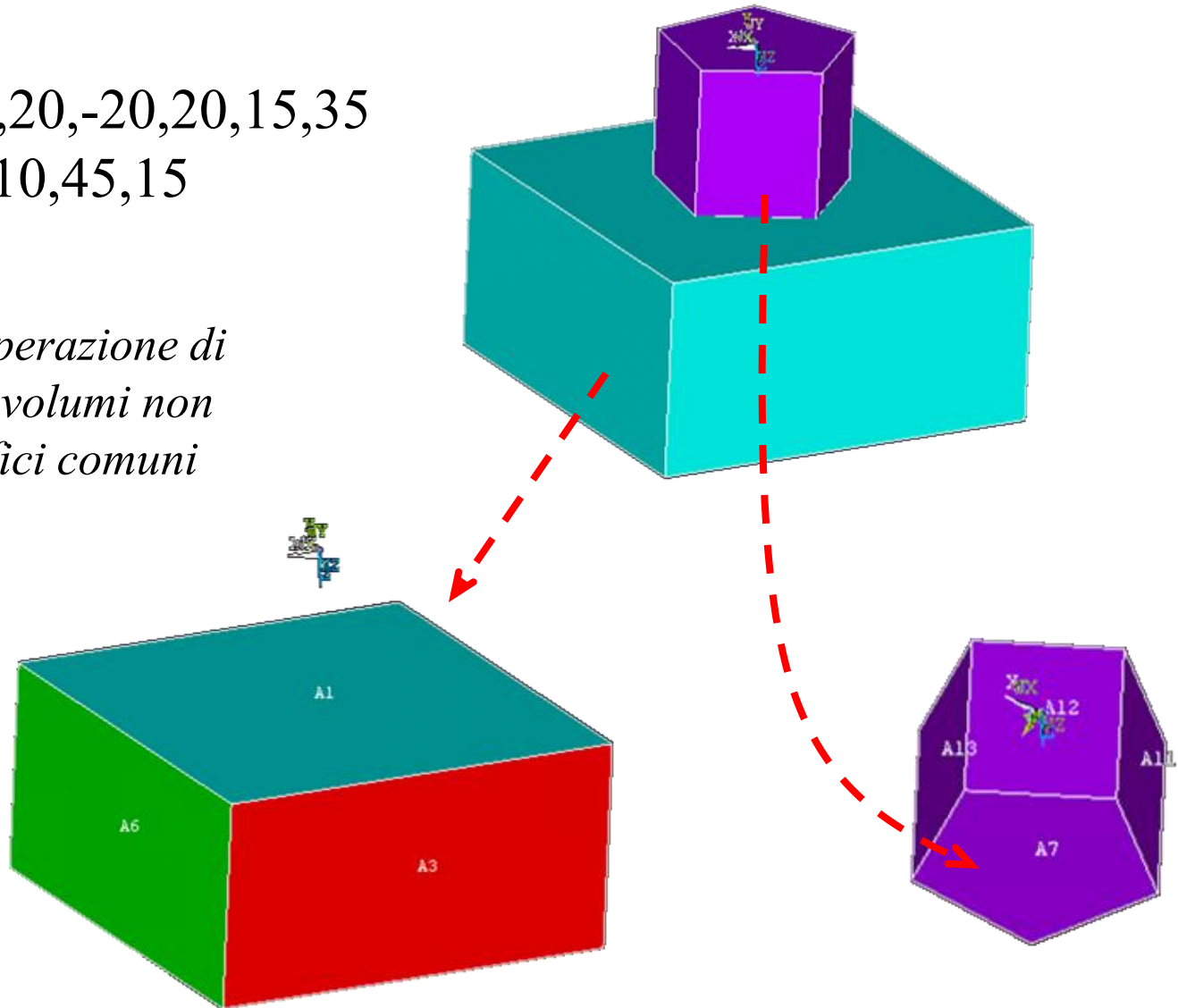
GLUE è diverso da **ADD** in quanto le entità rimangono separate, semplicemente viene messa a comune l'interfaccia

Questa funzione è utile ai fini della successiva operazione di mesh, al fine di ottenere un modello connesso

Operazioni Booleane: Glue (incollaggio)

BLOCK,-20,20,-20,20,15,35
RPR4,5,0,0,10,45,15

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



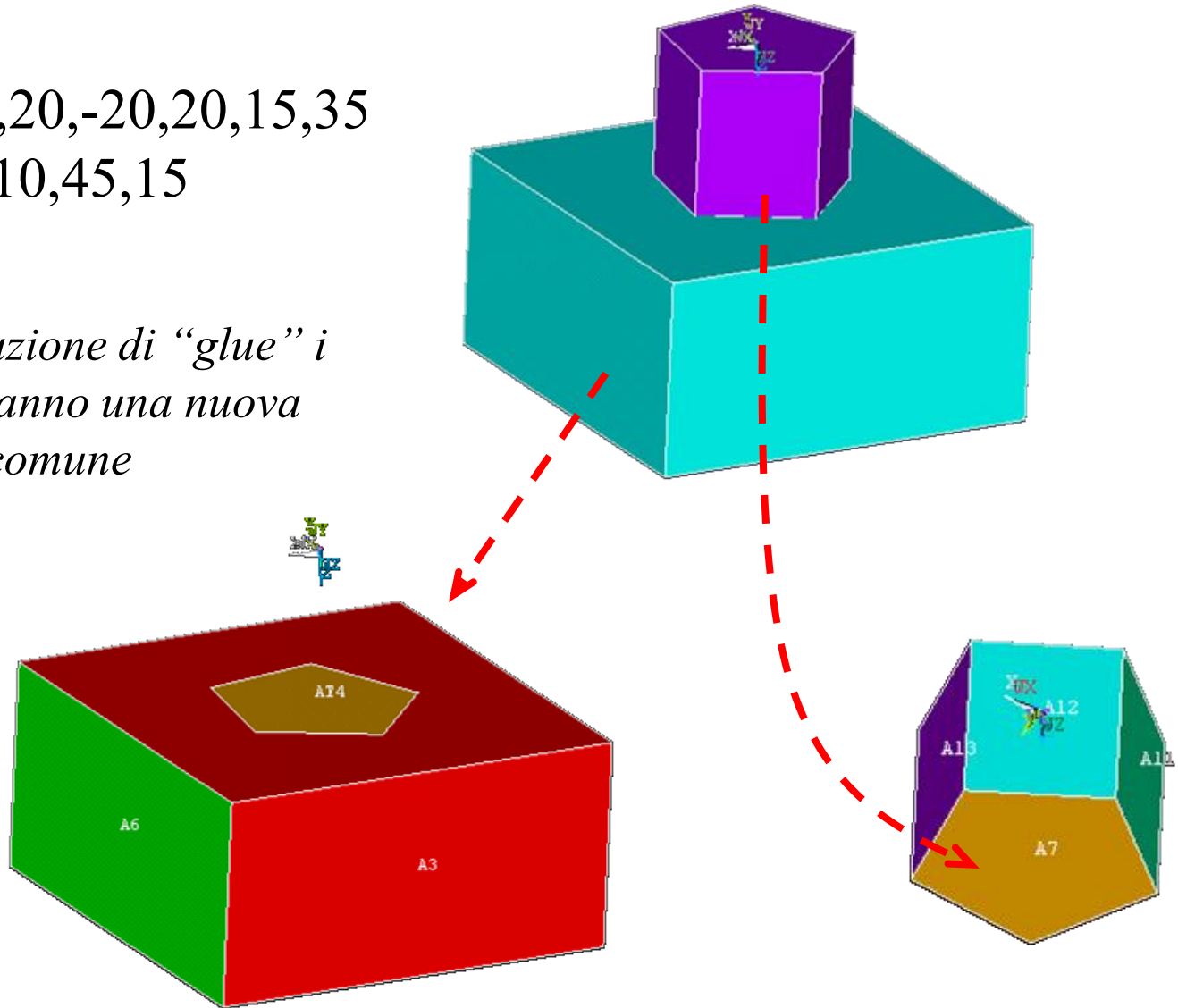
Operazioni Booleane: Glue (incollaggio)

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 a comune



Comandi di selezione

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

Selezione KPs

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

Range di valori per la selezione

- S seleziona dall'intero modello (default)
- R seleziona dalla parte attiva
- A seleziona oltre a quello già selezionato
- U deselecta dalla parte attiva
- ALL seleziona tutto
- INVE inverte la selezione
- ...

Dipende dal criterio:
Per KP = nessuno
Per LOC = X, Y, Z (1°, 2° o 3° coordinata)

- KP : numero KPs
- LOC: coordinate KPs
- ...

Es.:

KSEL,S,LOC,Y,-0.01,0.001

Comandi di selezione

Esistono comandi di selezione per tutti i componenti del modello

NSEL: selezione nodi

ESEL: selezione elementi

LSEL: selezione linee

ASEL: selezione aree

VSEL: selezione volumi

La selezione delle linee, aree e volumi si basa sul baricentro

Esistono anche comandi di selezione “incrociati”: tipo di entità connesse ad altro tipo di identità. Es.:

NSLE: seleziona i nodi connessi agli elementi selezionati

ESLN: seleziona gli elementi connessi ai nodi selezionati

NSLL: seleziona i nodi connessi alle linee selezionate

etc.

Suddivisione in elementi “Mesh”

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

LMESH, Lin, Lfin, Lpasso

Mesh di Linee

Ovviamente devono essere definiti e attivi tipi di elemento corrispondenti: di Linea, Area o Volume

AMESH, Ain, Afin, Apasso

Mesh di Aree

VMESH, Vin, Vfin, Vpasso

Mesh di Volumi

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

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

LCLEAR, Lin, Lfin, Lpasso

Pulitura delle linee

ACLEAR, Ain, Afin, Apasso

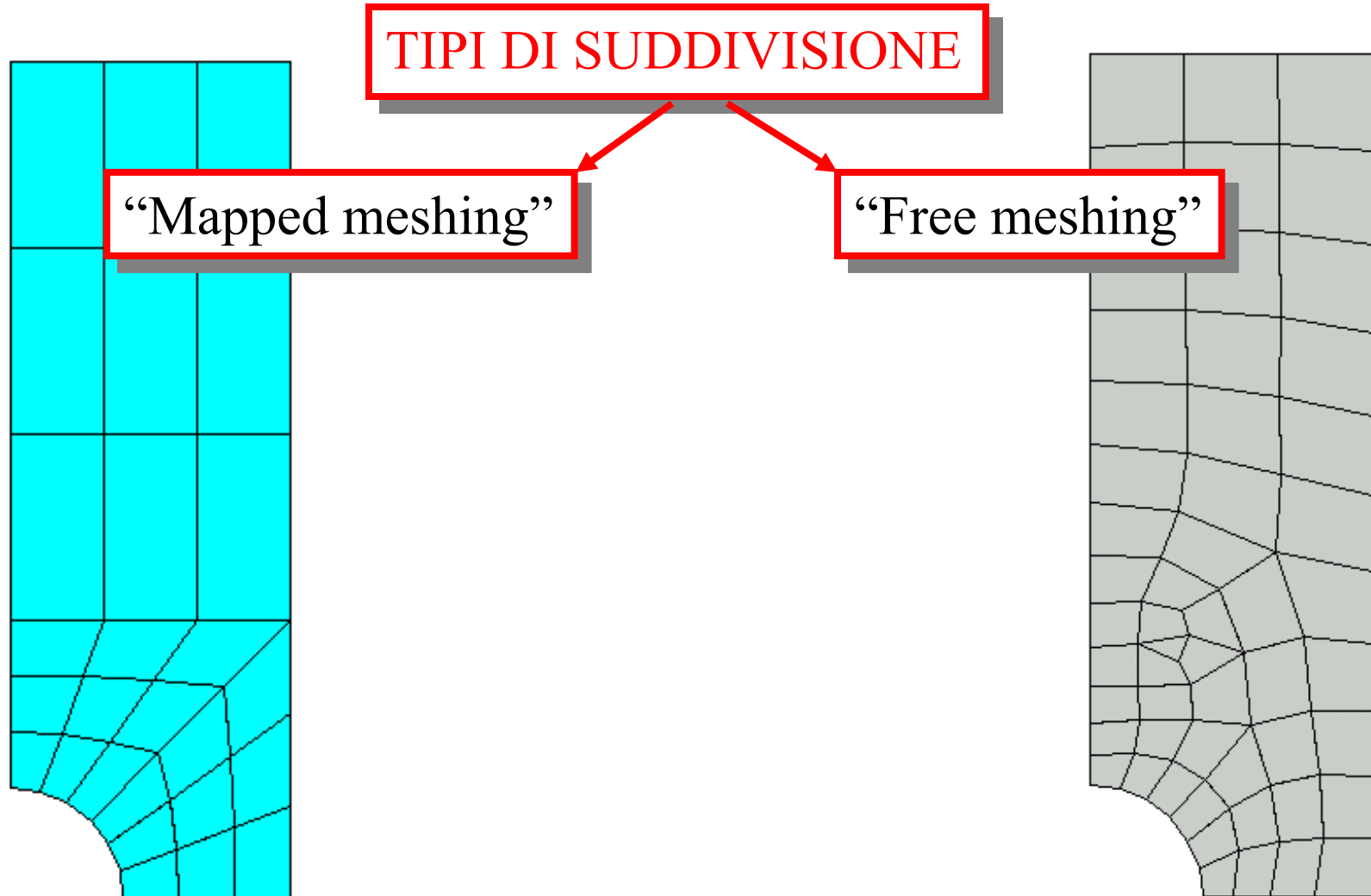
Pulitura delle aree

VCLEAR, Vin, Vfin, Vpasso

Pulitura dei volumi

Suddivisione in elementi “Mesh”

Preliminarmente è necessario specificare i tipi di elementi desiderati ed attivarli, analogamente per le proprietà materiali, real constants, etc.



Controlli sulla suddivisione

MSHKEY, PAR

PAR = 0 Free

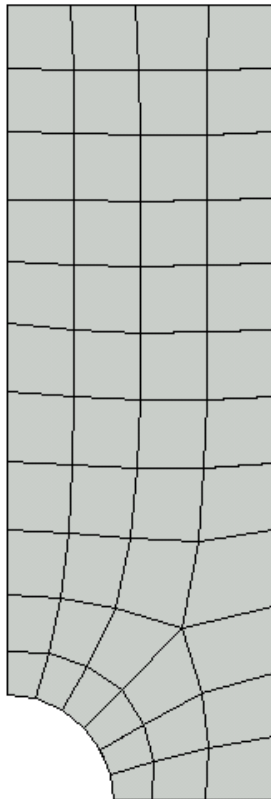
= 1 Mapped

= 2 Mapped se possibile, altrimenti Free

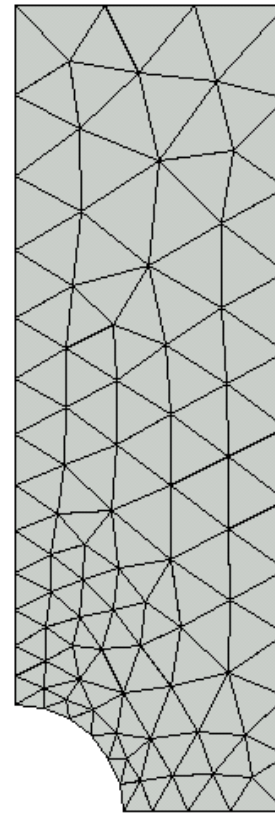
MSHAPE, PAR

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

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



MSHAPE,0



MSHAPE,1

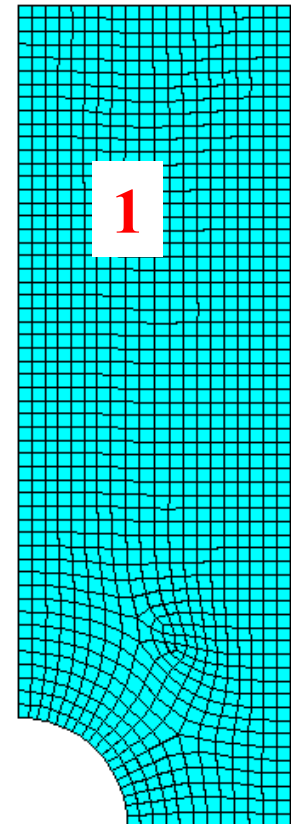
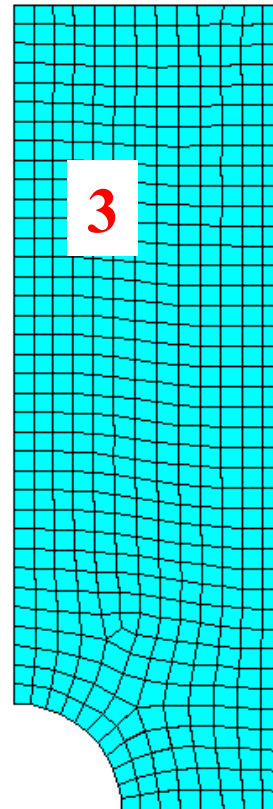
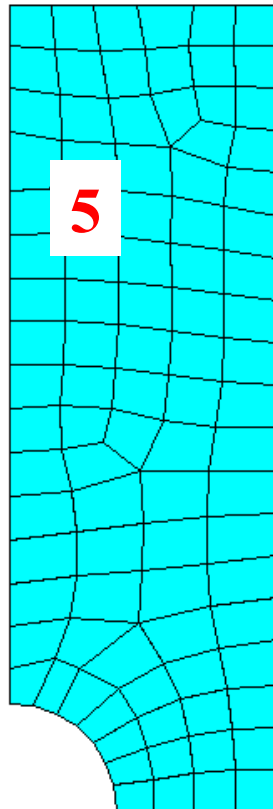
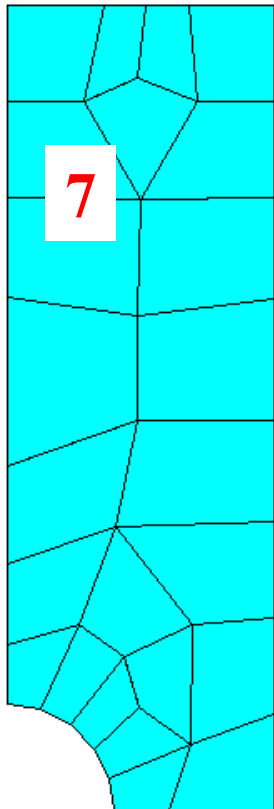
Controlli sulla suddivisione: Free mesher avanzato (Smart size)

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

SMRTSIZE, SIZLVL, ...

Numerosi altri parametri di controllo

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

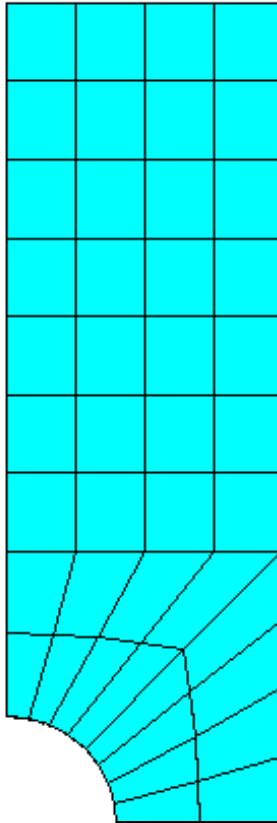


Controlli sulla suddivisione

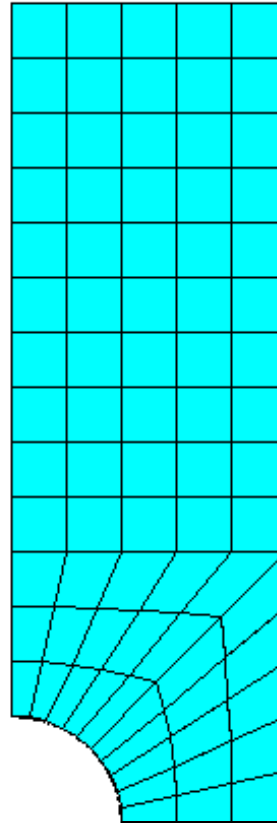
ESIZE, SIZE, NDIV

Specifica la grandezza (nell'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)

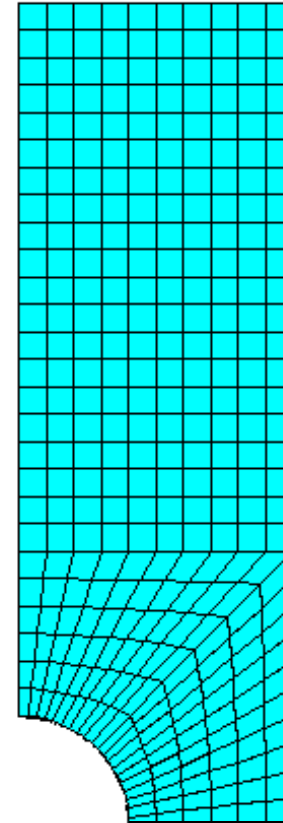
SIZE = 6 mm



SIZE = 4 mm



SIZE = 2 mm



Controlli sulla suddivisione

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

N.RO DI DIVISIONI,
RAPPORTO FRA DIV.

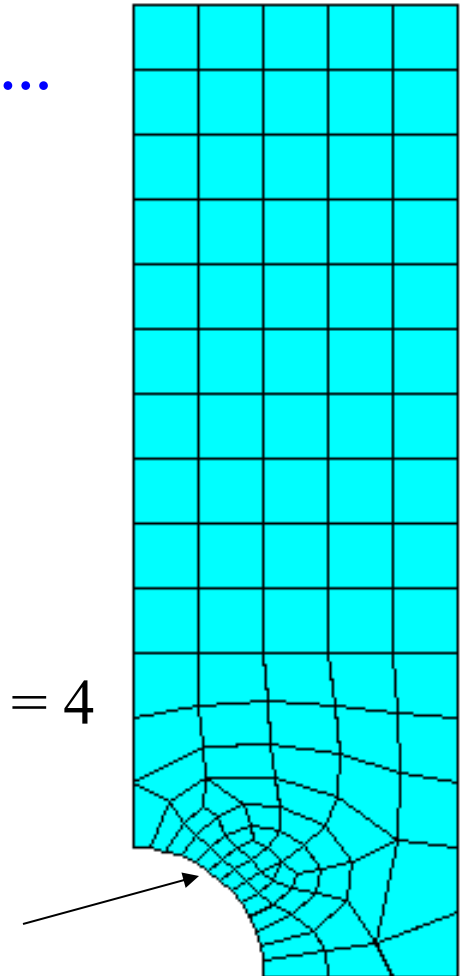
DIM. DIVISIONI
DELLA LINEA

LESIZE, NL1,,, -1,, 1

(CANCELLAZIONE DI
OGNI DIVISIONE
SULLA LINEA NL1)

Dimensioni generali = 4
(ESIZE = 4)

Dimensioni su
questa linea = 1



Controlli sulla suddivisione: R affinamento locale

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 operazioni di infittimento vanno effettuate prima di applicare al modello i vincoli e carichi)

Esempi di mesh per semplici solidi piani (free e mapped)

```
/PREP7
```

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

```
ET,1,182
```

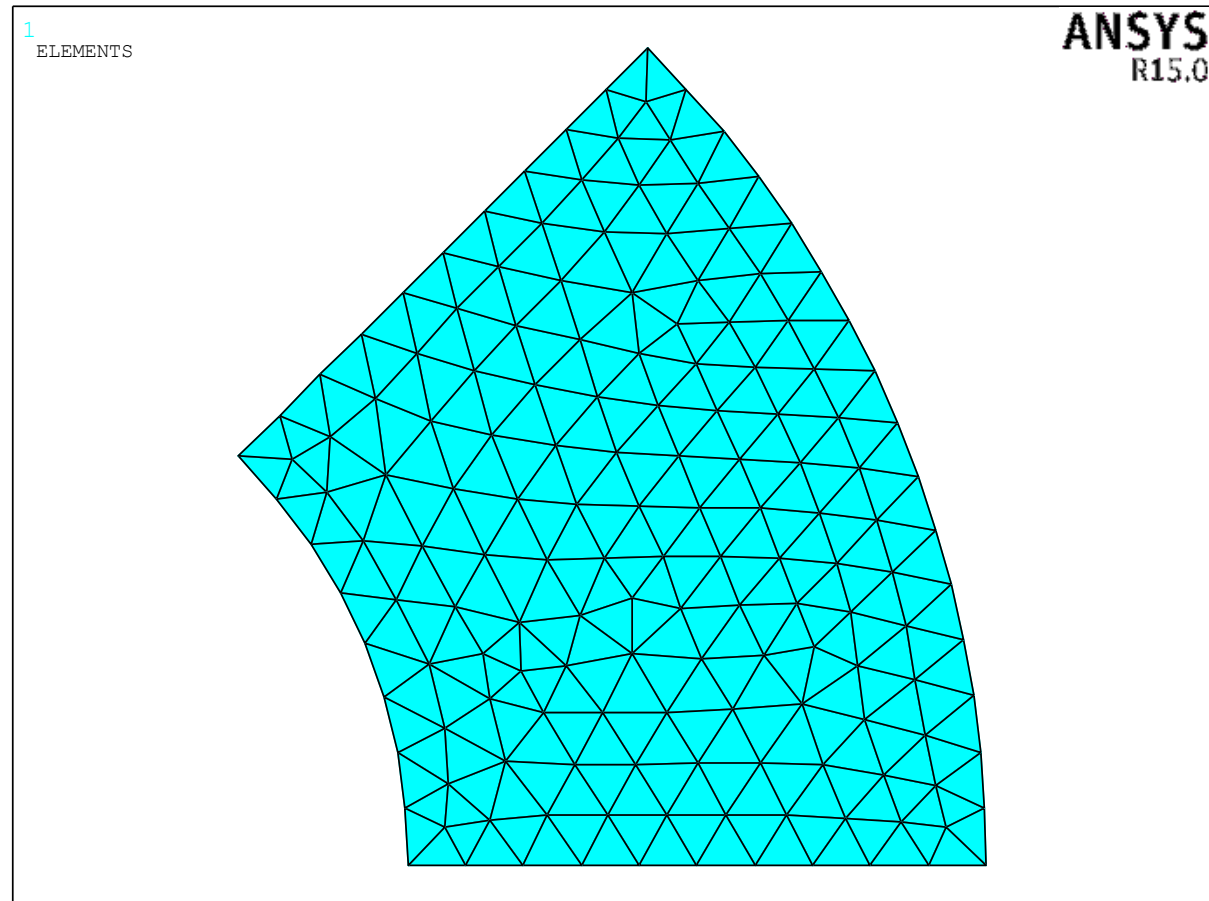
! Mesh free, triangoli di dim. 1 su ogni bordo:

```
ESIZE,1
```

```
MSHAPE,1
```

```
MSHKEY,0
```

```
AMESH,1
```



Esempi di mesh per semplici solidi piani (free e mapped)

```
/PREP7
```

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

```
ET,1,182
```

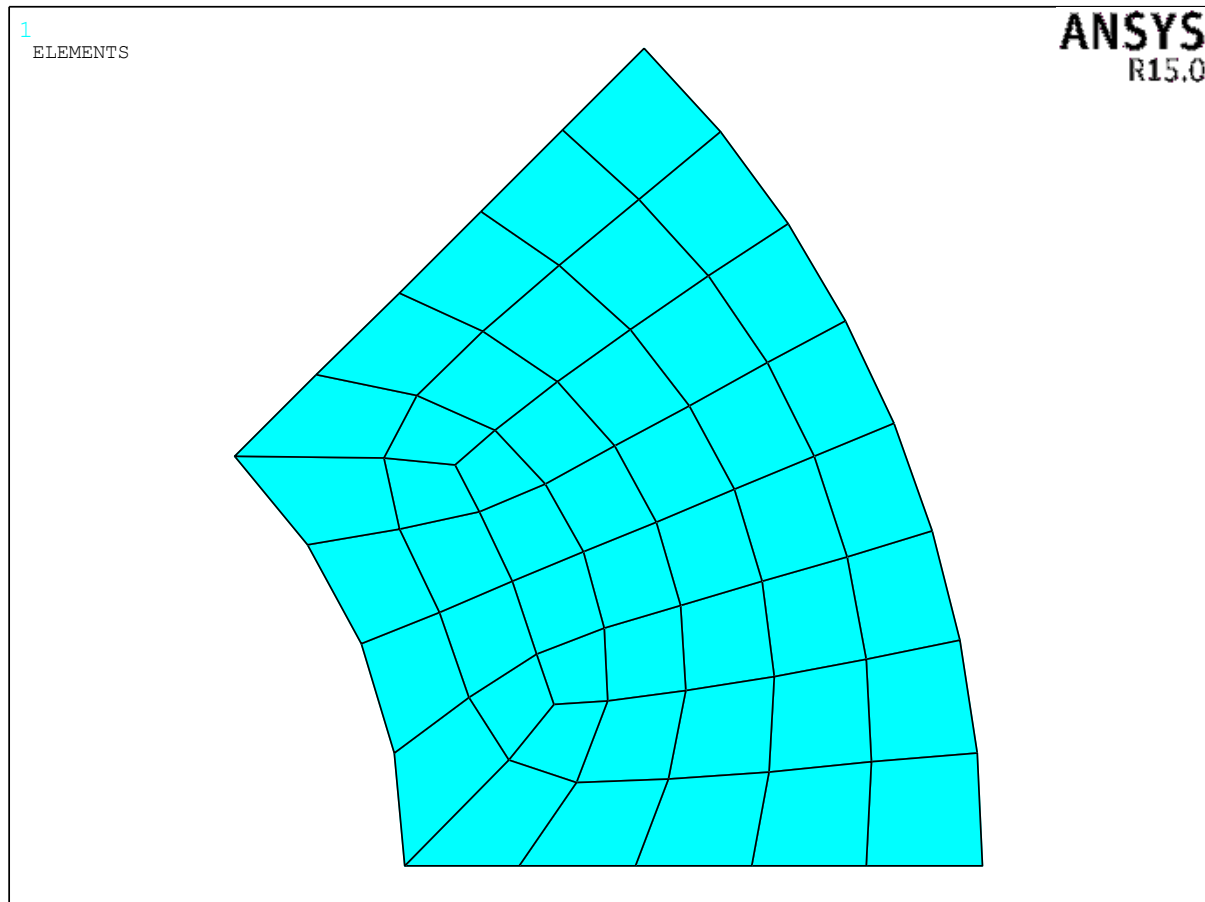
! Mesh free, quadrilateri di dim. 2 su ogni bordo:

```
ESIZE,2
```

```
MSHAPE,0
```

```
MSHKEY,0
```

```
AMESH,1
```



Esempi di mesh per semplici solidi piani (free e mapped)

```
/PREP7
```

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

```
ET,1,182
```

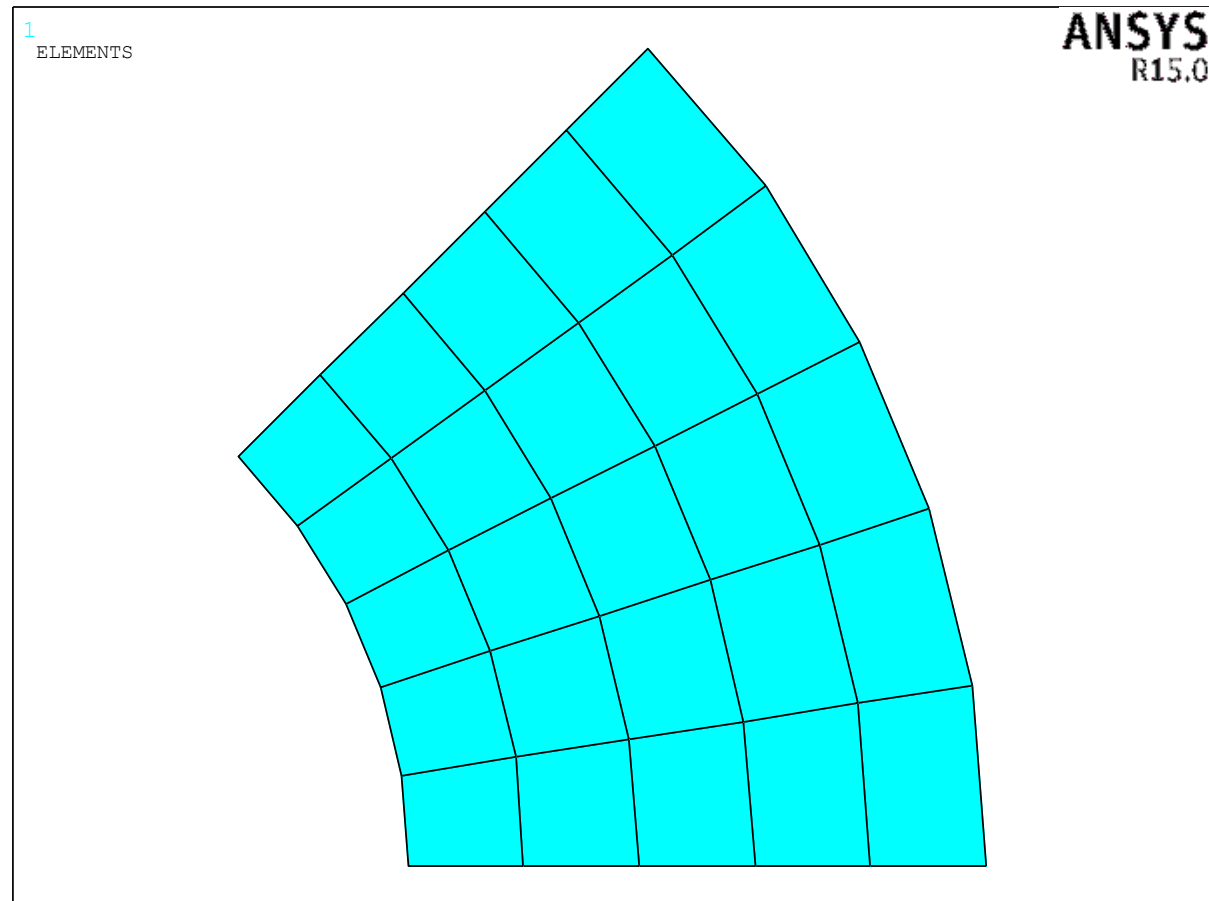
! Mesh mapped, quadrilateri, 5 su ogni bordo:

```
ESIZE,,5
```

```
MSHAPE,0
```

```
MSHKEY,1
```

```
AMESH,1
```

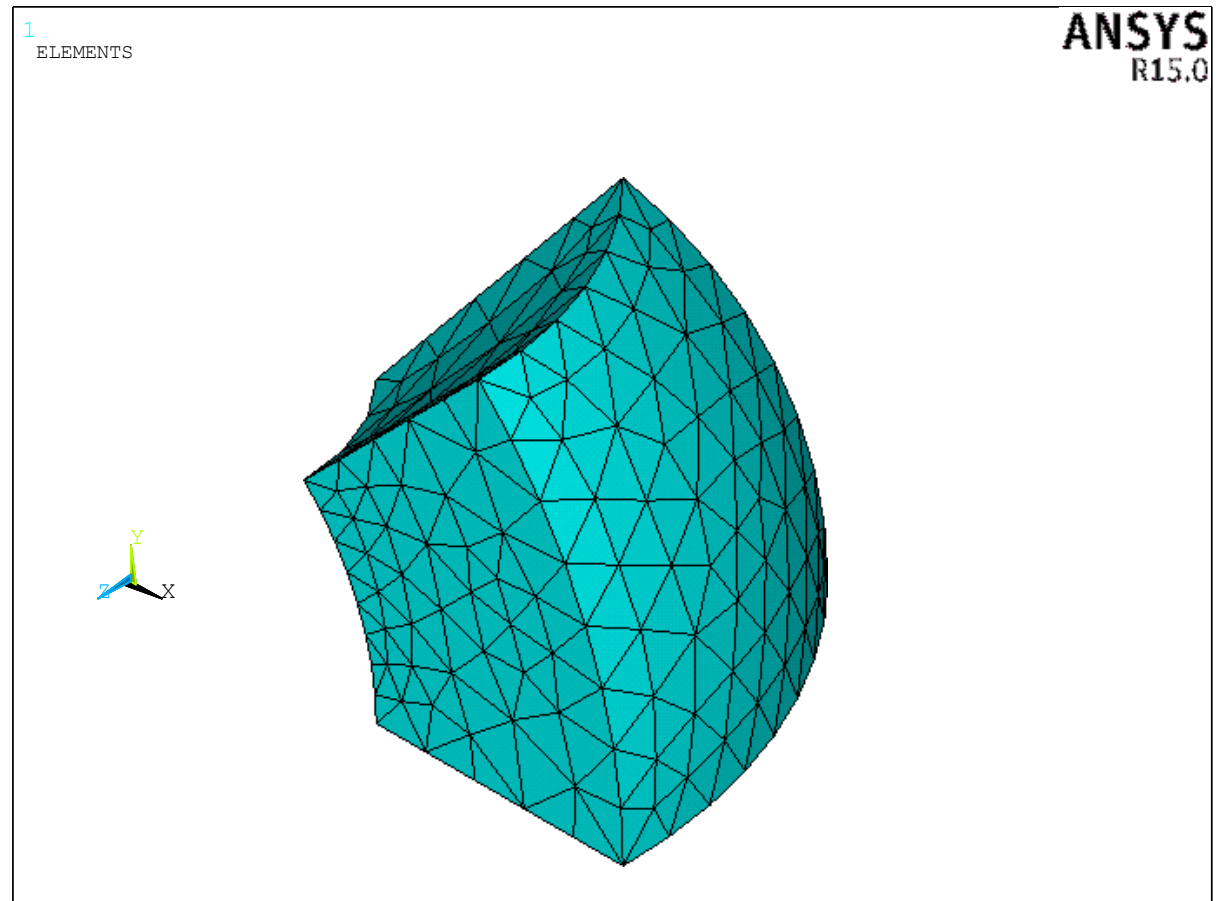


Esempi di mesh per semplici solidi piani (free e mapped)

```
/PREP7  
CYL4,0,0,10,0,20,45  
K,,0,0 $ K,,0,10  
VROTAT,1,,,,,,5,6,45  
ET,1,185
```

! Mesh free, tetraedri,
! di dim. 2 su ogni bordo:

```
ESIZE,2  
MSHAPE,1  
MSHKEY,0  
LESIZE,3,1  
VMESH,1
```



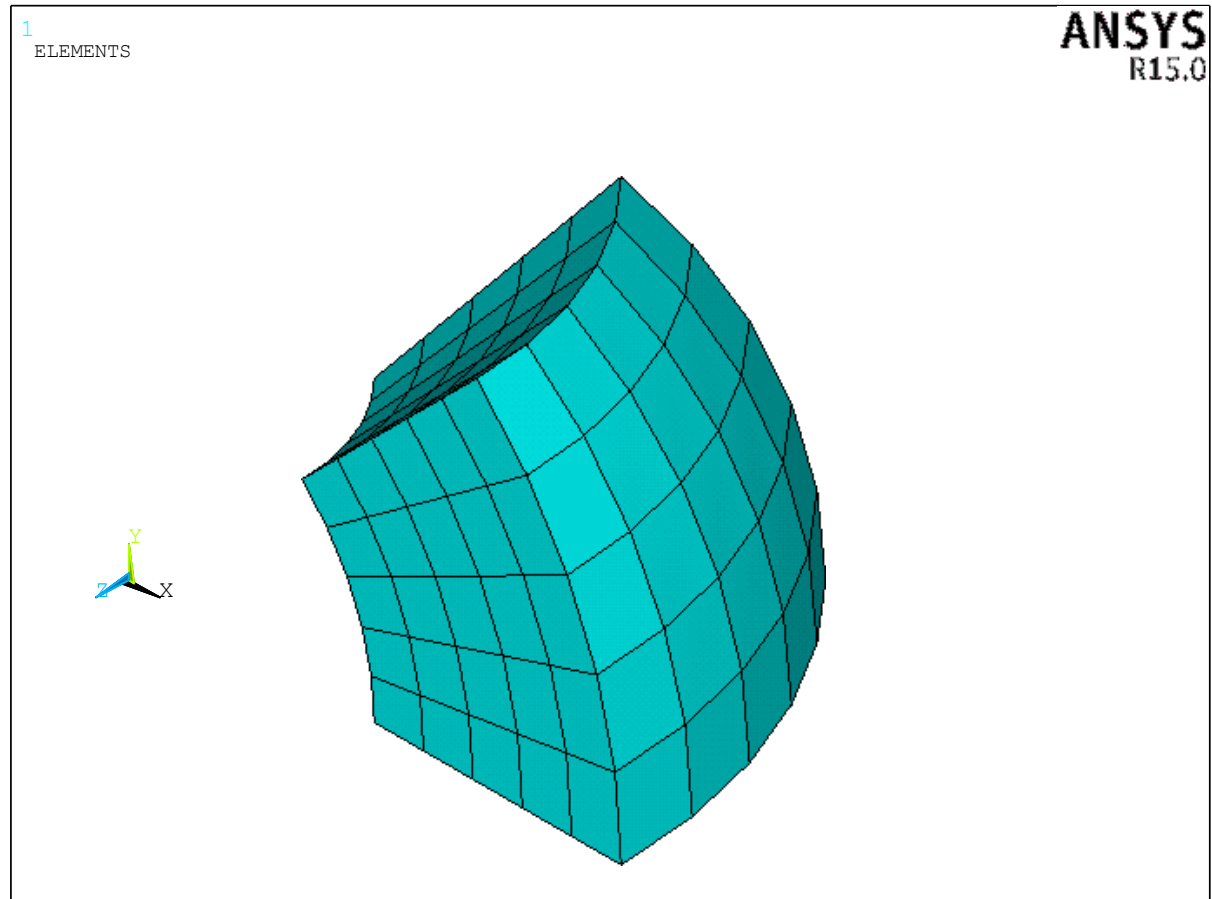
Esempi di mesh per semplici solidi piani (free e mapped)

```
/PREP7  
CYL4,0,0,10,0,20,45  
K,,0,0 $ K,,0,10  
VROTAT,1,,,,,,5,6,45  
ET,1,185
```

! Mesh mapped, esaedri,

! 5 su ogni bordo:

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



Trasferimento dei vincoli

I vincoli possono essere applicati al modello solido e trasferiti al modello EF. Si possono anche applicare direttamente ai nodi.

D, N1, LABEL, VAL,...

vincolo su un nodo

DK, P1, LABEL, VAL,...

vincolo su un KP

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

vincolo su una linea

DA, A1, LABEL, VAL,...

vincolo su una superficie

DTRAN

Trasferisce i vincoli dal modello solido al modello EF

Vincoli di dipendenza

I vincoli di dipendenza si possono applicare direttamente ai nodi.

CP, ...

vincola i gdl di due nodi ad avere lo stesso spostamento

CE, ...

vincola i gdl di due nodi a rispettare una condizione in forma di equazione algebrica lineare

CERIG, ...

vincola un gruppo di nodi a comportarsi come un insieme rigido

Carichi concentrati

I carichi concentrati possono essere applicati al modello solido nei KPs. È inoltre possibile applicarli nei nodi

F, N1, LABEL, VAL, ... Carico sul nodo

FK, P1, LABEL, VAL, ... Carico su un KP

FKLIST
FKDELE Elenco e cancellazione

FTRAN Trasferisce i carichi concentrati dal modello solido al modello EF

Carichi distribuiti di area e di linea (Surface)

I carichi distribuiti possono essere applicati su linee e superfici. Si possono inoltre applicare al mesh utilizzando nodi ed elementi

SF, ...

Carico distribuito su nodi

SFE, ...

Carico distribuito su elementi

SFL, ...

Carico distribuito su una linea

SFA, ...

Carico distribuito su una superficie

SFBEAM, ...

Carico distribuito su travi

SFGRAD, ...

Imposta un gradiente di carico

SFLIST, ...

Elenco e cancellazione

SFDELE, ...

SFTRAN

Trasferisce i carichi distribuiti dal modello solido al modello EF

Carichi inerziali (forze apparenti di trascinamento, distribuite di volume)

I carichi distribuiti inerziali simulano la presenza di campi di accelerazione, originanti forze apparenti di trascinamento sul corpo

ACEL, ...

Accelerazione X, Y o Z (permette, ad esempio, di simulare la forza peso)

OMEGA, ...

Velocità angolare (forze centrifughe)

DOMEGA, ...

Accelerazione angolare

Diverse condizioni di carico: Analisi con più *load step*

Istruzioni per l'applicazione del carico

LSWRITE, 1 ! Memorizza la Condizione di Carico 1

Istruzioni per cancellare carichi precedenti

Istruzioni per applicazione nuovi carichi

LSWRITE, 2 ! Memorizza la Cond. di Car. 2

LSSOLVE, LSI, LSF ! Risolve tutte le Cond. di Car.

Successivamente le soluzioni sono disponibili nel

Postprocessor richiamando il Load Step con:

SET, LSn

Diverse condizioni di carico: Analisi con più *load step*

Nell'ambito dell'analisi lineare elastica statica:

- Il tempo definisce solo la sequenza (analisi quasi statica);
- Ha senso fare più Load Step solo se le forze sono di natura diversa (punto di applicazione, direzione).
È inutile fare una simulazione in cui un'unica forza è semplicemente variata, in quanto tutte le componenti della soluzione scalano secondo lo stesso coefficiente di proporzionalità

Combinazioni di carico, post processing

LCDEF, LCn, LSn ! Definisce un LOAD CASE da un SET

LCASE, LCn ! Richiama un LOAD CASE

LCOPER, ... ! Permette di effettuare varie operazioni matematiche sui Load Case, anche combinandoli tra loro

LCFACT ! Specifica fattori moltiplicativi per i LC

LCABS ! Specifica l'uso del valore assoluto per le operazioni sui LC

LCWRITE, LCn ! Definisce un LOAD CASE dai dati in memoria

Linguaggio di programmazione parametrico

Istruzioni logiche:

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

=

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

=

***ELSE**

=

***ENDIF**

EQ, LT, LE, GT, GE



Arresto esecuzione file di comandi:

/EOF

Linguaggio di programmazione parametrico

Istruzioni di esecuzione ciclica:

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

=

=

***ENDDO**

La variabile VAR inizia dal valore iniziale VAL. IN. e si incrementa della quantità PASSO fino a che non viene superato il valore finale VAL. FIN.

VAL. FIN. può essere non assunto dalla variabile VAR se nell'ultimo incremento viene superato

VAL. IN., VAL. FIN., PASSO non sono necessariamente interi e non necessariamente positivi

Linguaggio di programmazione parametrico

***GET, Par, Entity, ENTNUM, Item1, IT1NUM, Item2, IT2NUM**

Permette di richiedere molti tipi diversi di informazione, sul modello, inserendo la risposta nel parametro *Par*.

***GET, Par, KP, 0, NUM, MAX**

Il numero d'ordine massimo dei KPs nel modello

***GET, Par, LINE, N, KP, 1**

Il numero d'ordine del KP, posizione 1, a cui è collegata la linea N (alternativamente si può chiedere la posizione 2)

Linguaggio di programmazione parametrico

*AFUN, Lab

Permette di stabilire le unità di misura delle funzioni trigonometriche, in ingresso ed in uscita.

RAD --

Use radians for input and output of parameter angular functions (default).

DEG --

Use degrees for input and output of parameter angular functions.

STAT --

Show current setting (DEG or RAD) for this command

Linguaggio di programmazione parametrico

\$

Permette di mettere più istruzioni sulla stessa riga in un file di comandi, può essere utile per commentare rapidamente più comandi commentando un'unica riga

```
CSYS,0 $LSEL,,LOC,Y,B+0.1,L-0.1  
LESIZE,ALL,,NE2  
LSEL,,LOC,Y,L,L $LESIZE,ALL,,NE1  
SFL,ALL,PRES,PSI
```

Linguaggio di programmazione parametrico

CM, Cname, Entity

Costruisce un *componente* con tutte le entità attive del tipo specificato in *Entity*. Il componente può essere gestito come un unico insieme (ad esempio selezionato e deselezionato).

Cname

An alphanumeric name used to identify this component.

Entity

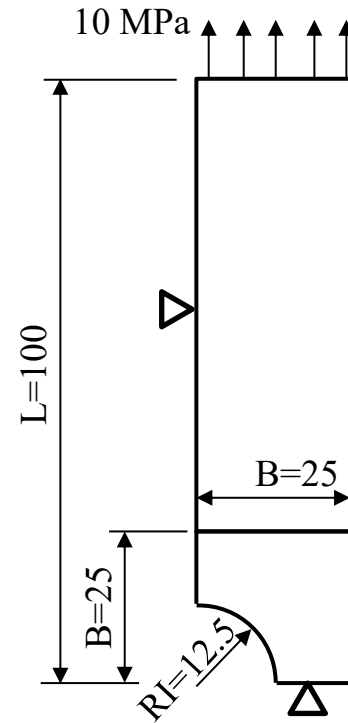
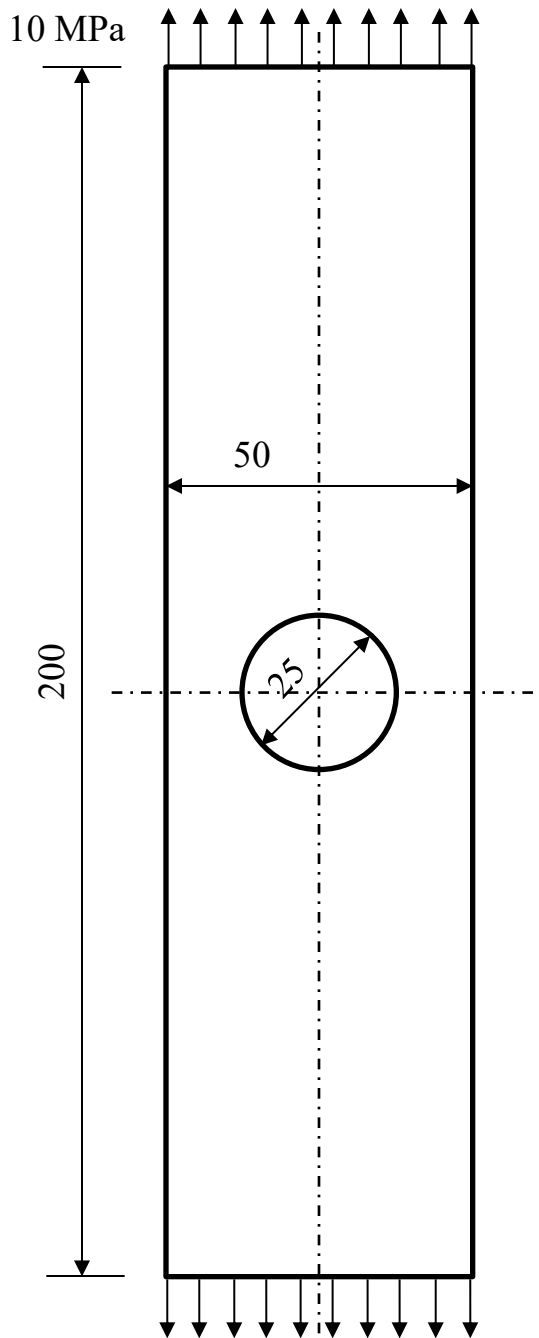
Label identifying the type of geometry items to be grouped:

VOLU :	Volumes
AREA :	Areas
LINE :	Lines
KP :	Keypoints
ELEM :	Elements
NODE :	Nodes

Linguaggio di programmazione parametrico

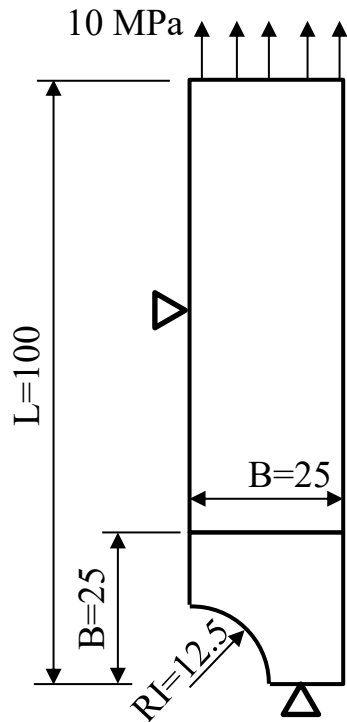
CMSEL	Seleziona/deseleziona i componenti
CMLIST	Elenca i componenti
CMMOD	Modifica i componenti
CMDELE	Cancella i componenti

Esempio: lastra con foro centrale



- Considerazioni iniziali:
- Modello *plane stress*
 - Utilizzo di 2 simmetrie

Esempio: lastra con foro centrale



```
FINISH  
/CLEAR
```

Reset iniziale

```
/PREP7  
RECTNG,0,25,0,25  
CYL4,0,0,0,0,12.5,360  
ASBA,1,2  
RECTNG,0,25,25,100  
AGLUE,ALL
```

Modello solido

```
MP,EX,1,205000  
MP,PRXY,1,0.3
```

Materiale

```
ET,1,182,,,0
```

Def. tipo di elemento & Keyoptions

```
SMRTSIZE,2  
AMESH,ALL
```

Mesh

```
LSEL,,LOC,Y,0,0  
DL,ALL,,UY  
LSEL,,LOC,X,0,0  
DL,ALL,,UX  
ALLS
```

Vincoli

```
LSEL,,LOC,Y,100,100  
SFL,ALL,PRES,-10  
ALLS
```

Carico

```
/SOLU  
SOLVE
```

Soluzione

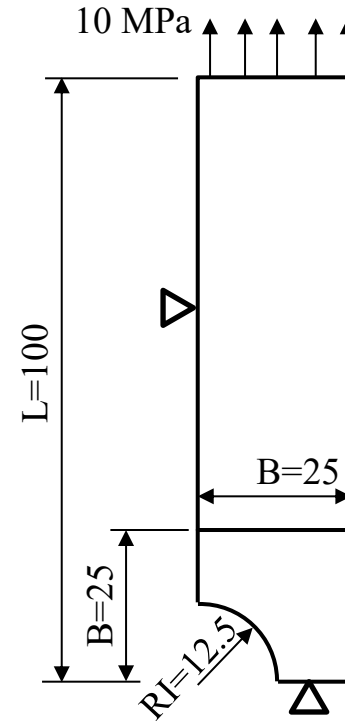
```
/POST1  
PLNSOL,S,Y
```

Post-processing

Linguaggio parametrico

```
C*****  
C*** RESET DATABASE  
C*****  
FINISH  
/CLEAR  
C***  
C*** PARAMETRI  
C***  
L=100      ! Lunghezza  
B=25       ! Larghezza  
RI=12.5    ! Raggio foro  
/PREP7  
C***  
C*** MODELLO SOLIDO  
C***  
RECTNG,0,B,0,B  
CYL4,0,0,0,0,RI,360  
ASBA,1,2  
RECTNG,0,B,B,L  
AGLUE,ALL  
C***  
C*** VINCOLI  
LSEL,,LOC,Y,0,0  
DL,ALL,,UY  
LSEL,,LOC,X,0,0  
DL,ALL,,UX
```

PARAMETRIZZAZIONE DIMENSIONI



Linguaggio parametrico

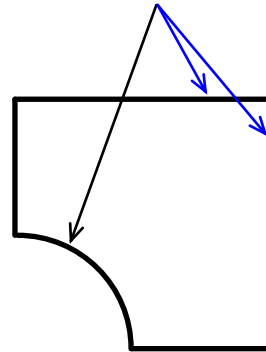
```

C*****
C*** RESET DATABASE
C*****
FINISH
/CLEAR
C***
C*** PARAMETRI
C***
L=100      ! Lunghezza
B=25      ! Larghezza
RI=12.5   ! Raggio foro
NE1=4     ! Numeri di elementi
NE2=5
NE3=8
/PREP7
C***
C*** MODELLO SOLIDO
C***
RECTNG,0,B,0,B
CYL4,0,0,0,0,RI,360
ASBA,1,2
RECTNG,0,B,B,L
AGLUE,ALL
C***
C*** VINCOLI
LSEL,,LOC,Y,0,0
DL,ALL,,UY
LSEL,,LOC,X,0,0
DL,ALL,,UX
ALLS
    
```

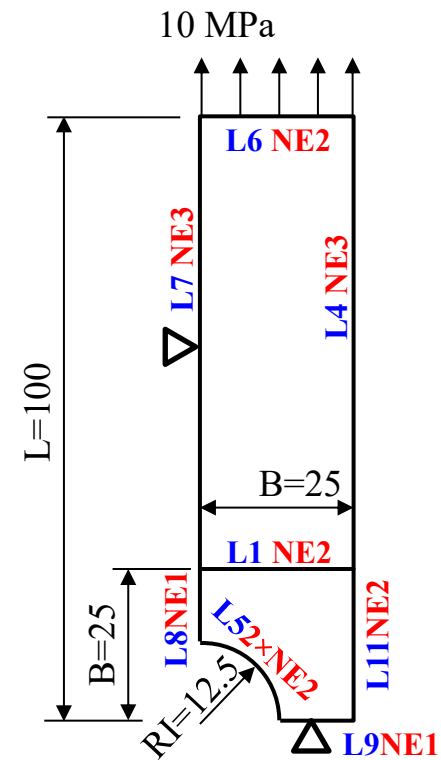
```

C***
C*** SUDDIVISIONE
C***
LESIZE,8,,,NE1
LESIZE,9,,,NE1
LESIZE,1,,,NE2
LESIZE,11,,,NE2
LESIZE,5,,,2*NE2
LESIZE,4,,,NE3
LESIZE,7,,,NE3
LESIZE,6,,,NE2
    
```

N.B.: stesso numero di suddivisioni fra l'arco e la somma dei due lati opposti, possibile mesh mappata usando il comando LCCAT,...



PARAMETRIZZAZIONE “MESH”



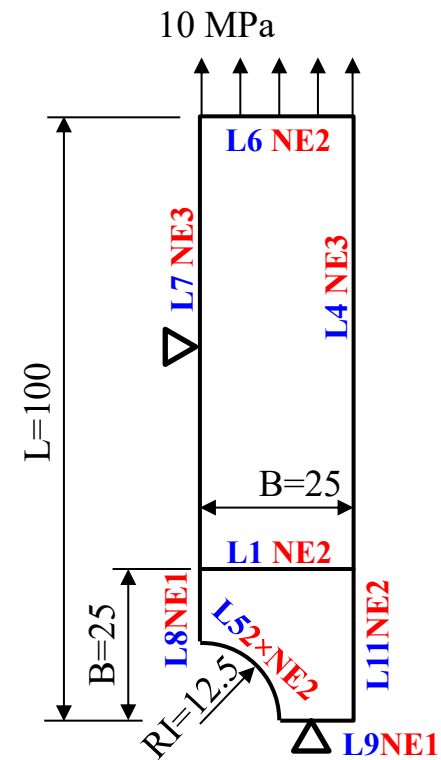
Linguaggio parametrico

```

C*****
C*** RESET DATABASE
C*****
FINISH
/CLEAR
C***
C*** PARAMETRI
C***
L=100      ! Lunghezza
B=25      ! Larghezza
RI=12.5   ! Raggio foro
NE1=4     ! Numeri di elementi
NE2=5
NE3=8
P=-10     ! Pressione (trazione)
/PREP7
C***
C*** MODELLO SOLIDO
C***
RECTNG,0,B,0,B
CYL4,0,0,0,0,RI,360
ASBA,1,2
RECTNG,0,B,B,L
AGLUE,ALL
C***
C*** VINCOLI
LSEL,,LOC,Y,0,0
DL,ALL,,UY
LSEL,,LOC,X,0,0
DL,ALL,,UX
ALLS
C***
C*** SUDDIVISIONE
C***
LESIZE,8,,NE1
LESIZE,9,,NE1
LESIZE,1,,NE2
LESIZE,11,,NE2
LESIZE,5,,2*NE2
LESIZE,4,,NE3
LESIZE,7,,NE3
LESIZE,6,,NE2
C***
C*** CARICHI
C***
LSEL,S,,6
SFL,ALL,PRES,P
ALLS
C*** MATERIALE
MP,EX,1,205000
MP,PRXY,1,0.3
C*** TIPO DI ELEMENTO
ET,1,182,,0
AMESH,ALL
C***
C*** SOLUZIONE
C***
/SOLU
SOLVE
C***
C*** POST-PROCESSING
C***
/POST1
PLNSOL,S,Y

```

PARAMETRIZZAZIONE CARICO E MESH

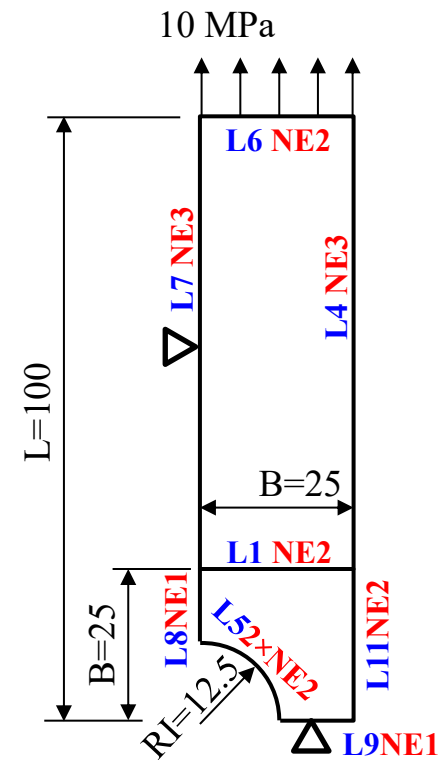


Linguaggio parametrico

```
C*****  
C*** RESET DATABASE  
C*****  
FINISH  
/CLEAR  
C***  
C*** PARAMETRI  
C***  
*ASK,L,Lunghezza :,100  
*ASK,B,Larghezza :,25  
*ASK,RI,Raggio foro:,12.5  
*ASK,NE1,N° elementi lato 1:,4  
*ASK,NE2,N° elementi lato 2:,5  
*ASK,NE3,N° elementi lato 3:,8  
*ASK,P,Carico:,-10  
  
/PREP7  
C***  
C*** MODELLO SOLIDO  
C***  
RECTNG,0,B,0,B  
CYL4,0,0,0,0,RI,360  
ASBA,1,2  
RECTNG,0,B,B,L  
AGLUE,ALL  
...
```

***ASK, Var., Messaggio, “default”**

INPUT INTERATTIVO PARAMETRI



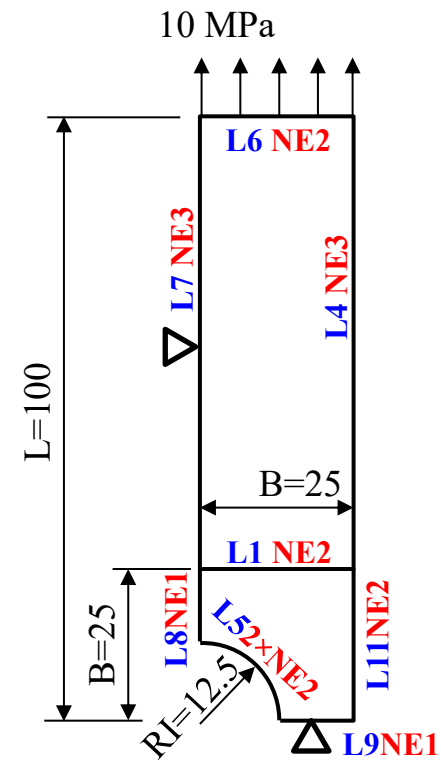
Linguaggio parametrico

```
C*****
C*** RESET DATABASE
C*****
FINISH
/CLEAR
C***
C*** PARAMETRI
C***
C*** INTRODUZIONE DEL TITOLO
K3 = 0
! 0 pl. stress, 2 pl. strain
*IF,K3,EQ,0,THEN
/TITLE,Analisi Pl. Stress
*ELSEIF,K3,EQ,2
/TITLE,Analisi Pl. Strain
*ELSE
/TITLE,Tipo di analisi da verificare
*ENDIF

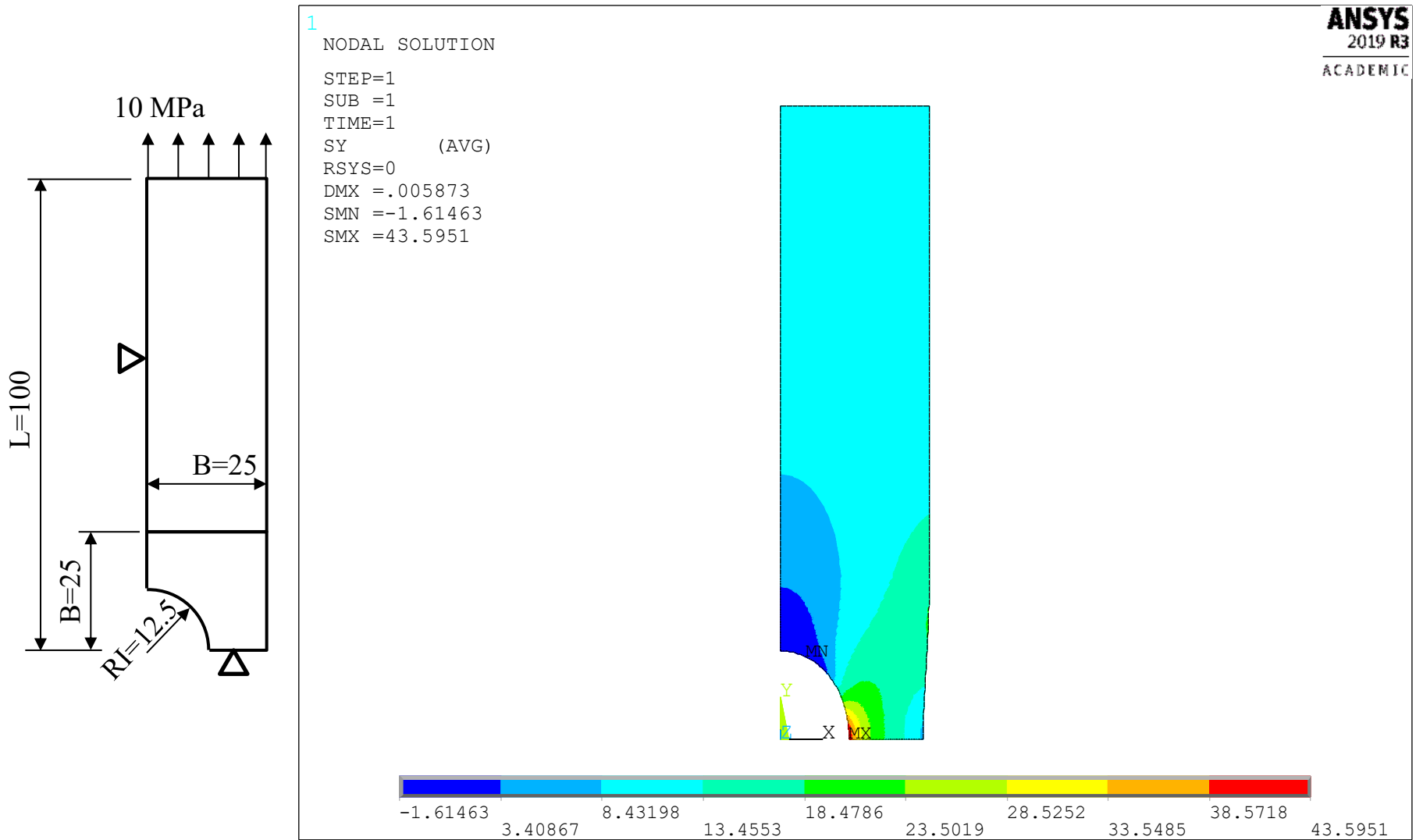
/PREP7
C***
C*** MODELLO SOLIDO
C***
ET,1,182,,K3
...
```

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

INTRODUZIONE DI UN TITOLO CHE RIPORTA IL TIPO DI ANALISI



Esempio: lastra con foro centrale



*File dei comandi (con parametrizzazione e infittimento):
LastraConForoCentrale_Plane182.inp*

Esercitazione da svolgere: lastra con foro centrale, Bottom-Up

Ripetere l'analisi della lastra con foro utilizzando la modellazione solida di tipo Bottom-Up, e parametrizzando geometria e livello di discretizzazione (mesh), ed introducendo l'infittimento locale

