



Dipartimento di Ingegneria Strutturale  
Università di Napoli "Federico II"  
via Claudio 21 - 80125 - Napoli - Italia

# BIAXIAL BENDING

Scaricabile gratuitamente dal sito:

[www.reluis.it](http://www.reluis.it)

Versione 2.3  
Valida fino al 01/01/09

© 2006 Ivano Iovinella, Marco Di Ludovico, Gian Piero Lignola  
Per informazioni: [ivano.iovinella@unina.it](mailto:ivano.iovinella@unina.it)

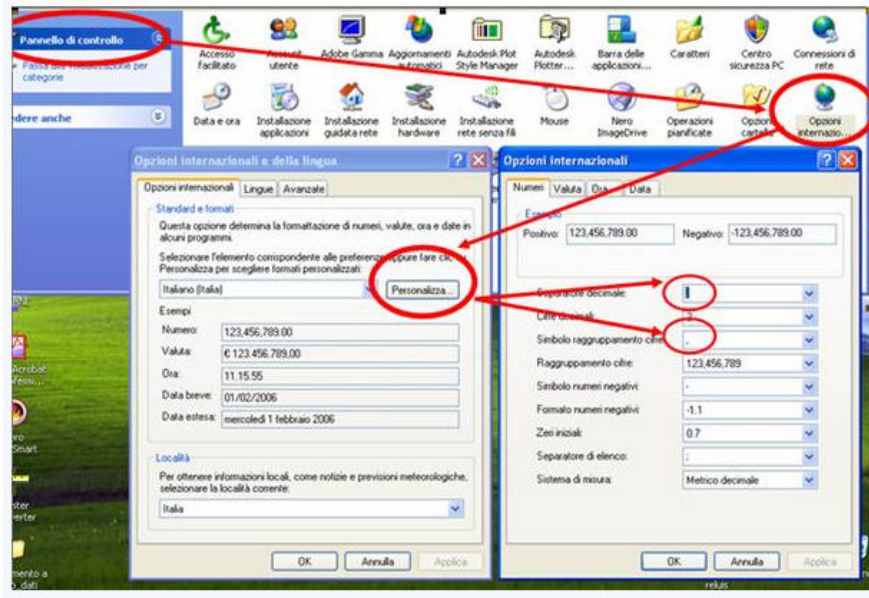
ENTER

Il programma BIAXIAL permette, in relazione a sezioni in cemento armato di forma qualsiasi e a sollecitazione di pressoflessione retta o deviata di calcolare i momenti ultimi della sezione rispetto ad un sistema di riferimento baricentro, il diagramma momento curvatura ed il dominio di interazione.

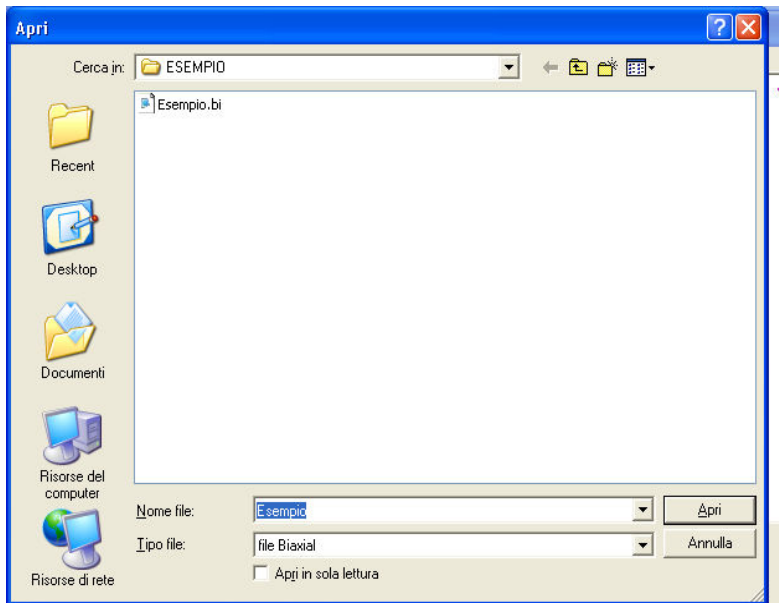
Il programma è scaricabile gratuitamente dal sito [www.reluis.unina.it](http://www.reluis.unina.it) ed ha una validità di 90 giorni a partire dalla data dell'ultima release. Allo scadere di tale periodo sarà possibile scaricare la versione più aggiornata dallo stesso.

# NOTE INTRODUTTIVE

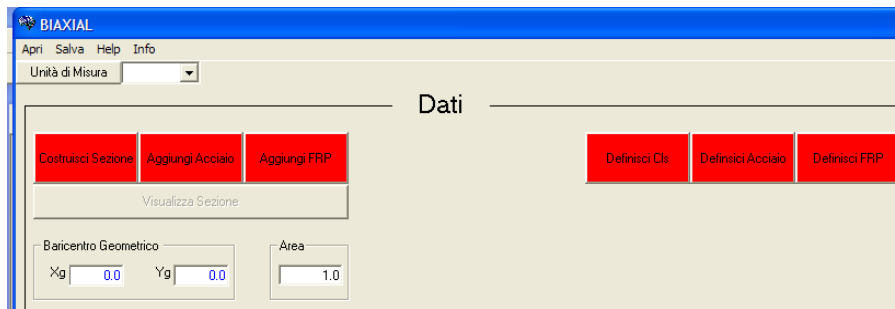
Le impostazioni di lingua del sistema devono avere il punto come separatore decimale (*Pannello di Controllo -> Opzioni Interazionali -> Personalizza: separatore decimale "."; Simbolo Raggruppamento Cifre ","*).



*E' possibile utilizzare e/o salvare i dati relativi ad una sezione mediante i menù "Apri" e "Salva" che, con un normale interfaccia Windows, consentono il salvataggio e l'apertura di file in maniera semplice. I file verranno salvati con l'estensione \*.bi.*



*La schermata principale mostra, in rosso, i dati di input che è necessario inserire per il corretto funzionamento del programma. I tasti cambieranno colore non appena i dati relativi saranno stati inseriti.*



## **PROCEDURA DI INSERIMENTO DATI STEP by STEP**

- SCELTA DELL'UNITÀ DI MISURA
- CARATTERISTICHE GEOMETRICHE
- VISUALIZZAZIONE GEOMETRIA
- CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
- CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE
- ESECUZIONE DEI CALCOLI
- MOMENTI ULTIMI
- DOMINIO DI INTERAZIONE
- DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA

## • SCELTA DELL'UNITA' DI MISURA



Il programma permette di lavorare con qualsiasi unità di misura. E' necessario, tuttavia, che si usino sempre le stesse unità di misura. I risultati verranno forniti nelle unità di misura prescelte.

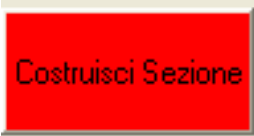
Un menù a tendina, posto in alto a sinistra della schermata principale, consente di visualizzare durante l'intero utilizzo del programma, l'unità di misura scelta.

All'interno di ogni finestra, sono riportate le unità di misura prescelte al fine di consentire il corretto funzionamento del programma.

Si sottolinea che la scelta dal menù a tendina delle unità di misura non è vincolante per l'utilizzo del programma ma è uno strumento che ne facilita l'utilizzo, è infatti possibile operare con unità di misura diverse da quelle indicate purchè siano consistenti.

## • CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

### - COSTRUISCI SEZIONE



Forma:  Qualsiasi  Circolare  Rettangolare

Vertici della Sezione:  ?

	X	Y
1	0	0
2	0.25	0
3	0.25	0.25
4	0	0.25

CONFERMA

Qualsiasi  Circolare

Vertici della Sezione:  ?


Diametro:

	X	Y
1	.499	.032
2	.496	.064
3	.491	.096
4	.484	.127
5	.475	.158
6	.463	.188
7	.450	.217

CONFERMA

Attraverso il tasto "COSTRUISCI SEZIONE" è possibile inserire i vertici della sezione di calcestruzzo facendo attenzione che quelli del perimetro esterno siano inseriti in senso antiorario mentre, in caso di sezione cava, quelli del perimetro interno devono essere inseriti in senso orario. E' inoltre possibile costruire sezioni circolari inserendo semplicemente il diametro della sezione nell'unità di misura scelta. Una volta inserito il diametro il programma calcola automaticamente le coordinate dei vertici del poligono, avente 98 lati, inscritto nella circonferenza di cui è dato il diametro.

### - AGGIUNGI ACCIAIO



N° Barre di Acciaio:

	X	Y	AREA
1	0.03	0.03	0.000113
2	0.03	0.22	0.000113
3	0.22	0.22	0.000113
4	0.22	0.03	0.000113

CONFERMA

N° Barre di Acciaio:

	X	Y	AREA
5	-.470	.000	.0031
6	-.380	-.276	.0031
7	-.145	-.447	.0031
8	.145	-.447	.0031
9	.380	-.276	.0031
10	.470	.000	.0031
11			
12			
13			

CONFERMA

**SEZIONE CIRCOLARE**

N° Barre di Acciaio:

Copri ferro:

Area:

Calcola Posizione

Aggiungi Armatura non distribuita?  Sì  No

Quantità:

Il tasto "AGGIUNGI ACCIAIO" permette di inserire le barre di acciaio presenti nella sezione. Ciò avviene inserendo le coordinate del baricentro di ciascuna barra e la rispettiva area facendo attenzione alla congruenza dell'unità di misura. Nel caso di sezioni circolari, caratterizzate da armatura distribuita uniformemente lungo il perimetro, l'inserimento della stessa è semplificato.

Infatti è sufficiente indicare solo il numero e l'area delle barre ed il copriferro in modo da consentire al programma di calcolarne la posizione. Se si desidera inserire e/o disporre barre di acciaio non distribuite lungo il perimetro, quest'ultime possono essere inserite grazie all'opzione "Aggiungi armatura non distribuita". In questo caso è necessario inserirne le coordinate e l'area nella cella corrispondente.

## - AGGIUNGI FRP

Aggiungi FRP

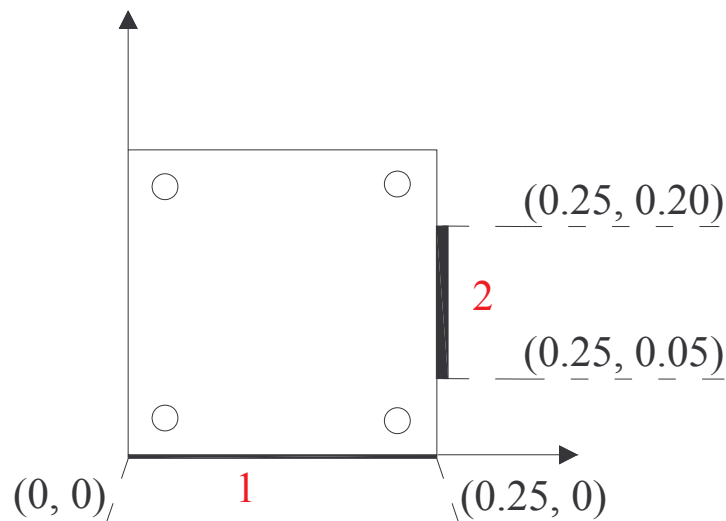
Caratteristiche Geometriche Fibre

N° di Segmenti

	X in	Y in	X fin	Y fin	Spess
1	0	0	0.25	0	0.00164
2	0.25	0.05	0.25	0.20	0.00450

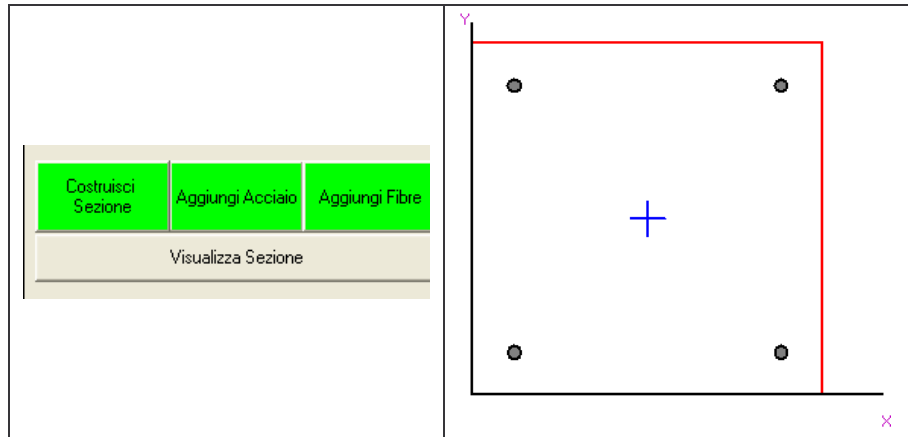
E' possibile eseguire calcoli anche su sezioni rinforzate a flessione mediante l'utilizzo di tessuti in composito, FRP. In particolare cliccando sul tasto "AGGIUNGI FRP" è possibile inserire un rinforzo esterno attraverso le coordinate del punto iniziale e finale dello strato di fibra ed il relativo spessore.

L'esempio riportato in figura si riferisce a due rinforzi come quelli di seguito indicati:



## · VISUALIZZAZIONE GEOMETRIA

### - VISUALIZZA GEOMETRIA



Inserite le caratteristiche geometriche della sezione è possibile visualizzare quest'ultima cliccando sul tasto "VISUALIZZA SEZIONE" o sul riquadro bianco a destra della schermata principale nella quale comparirà il disegno della sezione. I rinforzi in FRP vengono visualizzati con un segmento di colore verde Il programma calcola, con questo comando, anche le coordinate del baricentro e l'area della sezione, visualizzabili in alto nei rispettivi frame.



## · CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### - DEFINISCI CALCESTRUZZO, DEFINISCI ACCIAIO

Tipo di Legame	
Eps 1	0.002
Eps 2	0.0035
Eps 3	0
E1	13300
E2	0
E3	0

A questo punto è possibile definire le caratteristiche del calcestruzzo e dell'acciaio mediante i tasti **“DEFINISCI CALCESTRUZZO”** e **“DEFINISCI ACCIAIO”**. Il programma prevede una libreria di otto tipi di legami costitutivi predefiniti. Inserendo il numero del tipo di legame prescelto e dando invio è possibile impostare i parametri necessari a definire lo stesso. Cliccando sull'icona con il punto interrogativo (HELP) si apre una finestra di dialogo che mostra i vari tipi di legame costitutivo ed i parametri necessari per definirli.

**Nota:** per l'acciaio sono utilizzabili solo i primi 5 tipi di legame.

### - DEFINISCI FRP

Caratteristiche Meccaniche Fibre	
Modulo Elastico	280000000
Deformazione Ultima	0,05

E' possibile definire le caratteristiche del composito attraverso il tasto **“DEFINISCI FRP”**. E' necessario anche definire le caratteristiche meccaniche del materiale attraverso il *modulo elastico* e la *deformazione ultima* del tessuto secco. Si assume che il materiale abbia un comportamento elastico lineare fino a rottura.

## • CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE

Al centro della finestra principale si trovano altre informazioni che è necessario fornire al programma. Procedendo da sinistra a destra, come mostra la figura seguente, troviamo



- **Intensità dello Sforzo Normale**
- **Angolo di sollecitazione esterna** inteso come l'angolo formato con una retta verticale dall'asse congiungente il punto di applicazione dello sforzo normale con il baricentro. Il programma calcola le eccentricità del punto di applicazione dello sforzo normale rispetto al [baricentro geometrico della sezione di calcestruzzo](#) indicandole con  $e_x$  ed  $e_y$ . Tali valori definiscono unicamente l'angolo di sollecitazione esterna per cui non è importante il valore dei singoli termini ma soltanto il loro rapporto in valore e segno. Nel caso in cui si voglia costruire il dominio di interazione non è necessario definire l'angolo di sollecitazione esterna.
- **Tolleranza** espressa come percentuale dello sforzo normale N. E' il valore massimo di cui possono differire le caratteristiche di sollecitazione esterna ed interna agenti sulla sezione affinché esse possano ritenersi in equilibrio. Un valore minore della tolleranza comporta una precisione più elevata della soluzione ma anche maggiori tempi di elaborazione.
- **nd** -numero di discretizzazione- è il numero di fibre in cui verrà divisa la sezione lungo ciascun lato. Il valore massimo che esso può assumere è mille. Un aumento del numero delle fibre conduce ad una soluzione più precisa ma anche ad un prolungamento dei tempi di calcolo.

## • ESECUZIONE DEI CALCOLI

Elaborazioni						180°					
Momento Ultimo	Mx	<input type="text"/>	$\epsilon_c$ <span style="color:red">■</span> $\epsilon_s$ <span style="color:blue">■</span>	Dominio Mx-My	Visualizza	Esporta in .xls	Diagramma Momento - Curvatura	Visualizza Diagramma Totale	Visualizza Componente X	Esporta in .xls	Esci
Visualizza	My	<input type="text"/>	N cls <input type="text"/>					Visualizza Componente Y			
	N min	<input type="text"/>	N max <input type="text"/>								

Dopo aver inserito tutti i dati relativi alla sezione è possibile avviare i calcoli attraverso i relativi tasti che si trovano nella schermata principale in basso a sinistra. A sinistra di ognuno di questi comandi è presente un tasto che consente, solo dopo che l'applicazione in ForTran è terminata, di visualizzare i risultati dell'elaborazione.

Dominio di Interazione	Visualizza	Esporta in .xls	Diagramma Momento Curvatura	Visualizza Diagramma Complessivo	Visualizza Componente X	Visualizza Componente Y	Esporta in .xls
------------------------	------------	-----------------	-----------------------------	----------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------

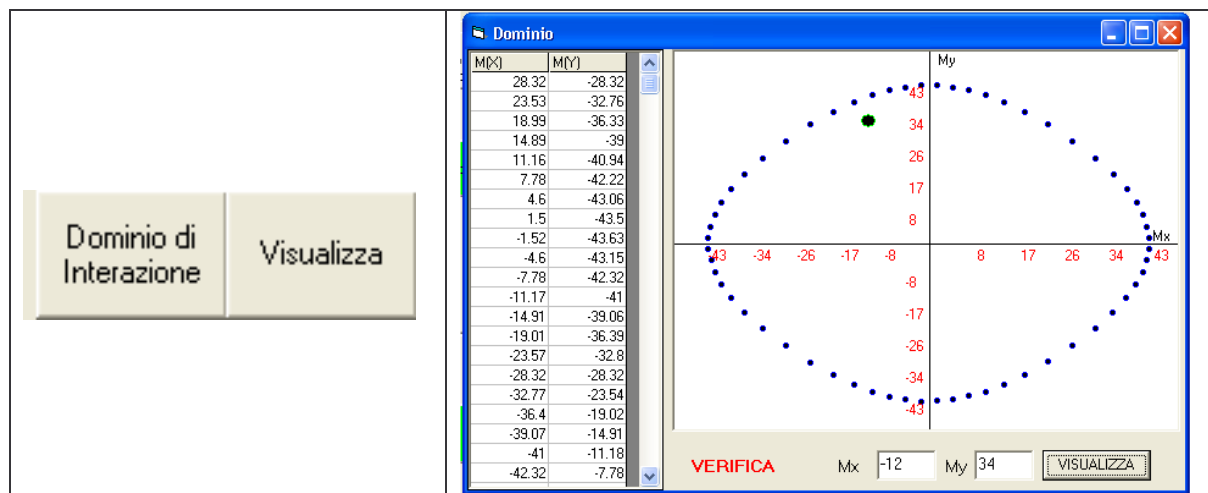
E' possibile esportare i dati del dominio di interazione e del diagramma momento curvatura in un file excel cliccando tasto "Esporta in .xls" del relativo calcolo.

## • MOMENTI ULTIMI

Momento Ultimo	Mx	<input type="text" value="25.61"/>	$\epsilon_c$ <span style="color:red">0.0035</span> $\epsilon_s$ <span style="color:blue">-0.0011</span>
	My	<input type="text" value="14.38"/>	N cls <input type="text" value="831"/>
Visualizza	N min	<input type="text" value="-95"/>	N max <input type="text" value="926"/>

Eseguito il calcolo dei momenti ultimi i valori corrispondenti, insieme a quelli delle deformazioni massime attinte nei materiali costituenti la sezione, si possono visualizzare cliccando sul tasto visualizza. I valori  $N_{cls}$ ,  $N_{min}$  ed  $N_{max}$  rappresentano rispettivamente lo sforzo normale massimo sopportabile dal solo calcestruzzo, lo sforzo normale minimo (solo acciaio) e lo sforzo normale massimo sopportabile dall'intera sezione (acciaio più calcestruzzo).

## ▪ DOMINIO DI INTERAZIONE

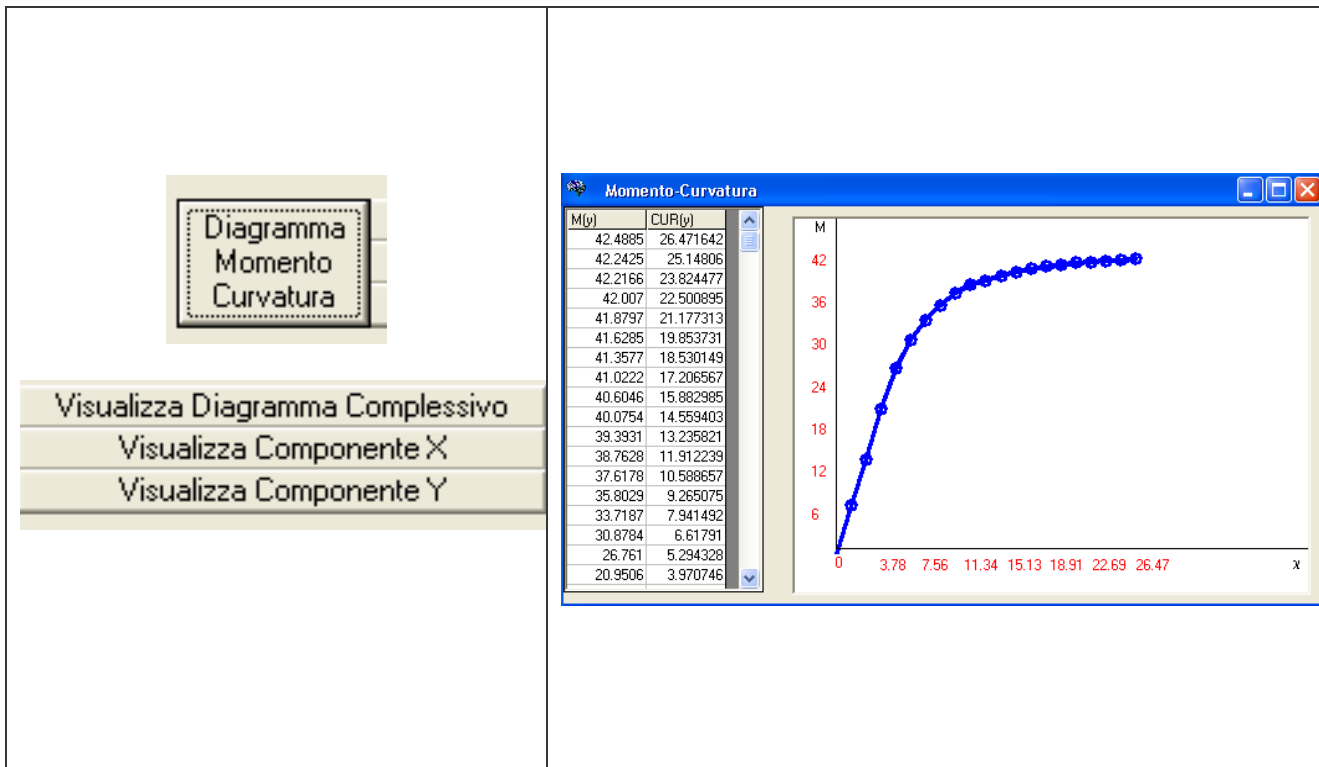


I risultati della costruzione del dominio di interazione sono visualizzati in una finestra che, oltre a contenere i valori dei momenti ultimi nell'unità di misura prescelta dall'utente, mostra anche graficamente la costruzione del dominio stesso.

E' possibile effettuare la verifica grafica inserendo i valori dei momenti sollecitanti e visualizzando la posizione relativa del punto che rappresenta questa sollecitazione rispetto al dominio.

I valori dei momenti utilizzati per la costruzione del dominio e visualizzati a fianco dello stesso sono utilizzabili per altre applicazioni aprendo il file "MOM.out" con un qualsiasi editor di testo (ad esempio WordPad) in modo da poter importare i dati in esso contenuti in un foglio di calcolo per costruire grafici ed eseguire elaborazioni.

## • DIAGRAMMA MOMENTO-CURVATURA



Anche per il diagramma momento curvatura vengono visualizzati sia i dati che la costruzione del diagramma. In questo caso è possibile visualizzare la curvatura lungo l'asse x lungo l'asse y e quella totale. I valori dei momenti corrispondenti alla curvatura totale sono ottenuti col metodo SRSS applicato ad i momenti lungo gli assi x ed y. I dati utilizzati per la costruzione del dominio e visualizzati a fianco dello stesso sono utilizzabili per altre applicazioni aprendo il file "CUR.out" con un qualsiasi editor di testo (ad esempio WordPad) in modo da poter importare i dati in esso contenuti in un foglio di calcolo per costruire grafici ed eseguire elaborazioni.

Nel caso in cui si siano aperti o salvati dei file con le caratteristiche delle sezioni i successivi file di output (\*.out) verranno salvati nella stessa cartella nella quale si è operata l'ultima operazione. Ad esempio, se si decide di salvare un file nella cartella "C:\Documents and Settings\Utente\Desktop\ESEMPIO", prima di procedere con l'esecuzione dei calcoli, i file "MOM.out", "DOM.out" e "CUR.out" prodotti successivamente dall'esecuzione dei calcoli, verranno salvati nella stessa cartella. Sempre all'interno della stessa cartella il file 1.in contiene tutti i dati di input che vengono letti dagli eseguibili in ForTran.