

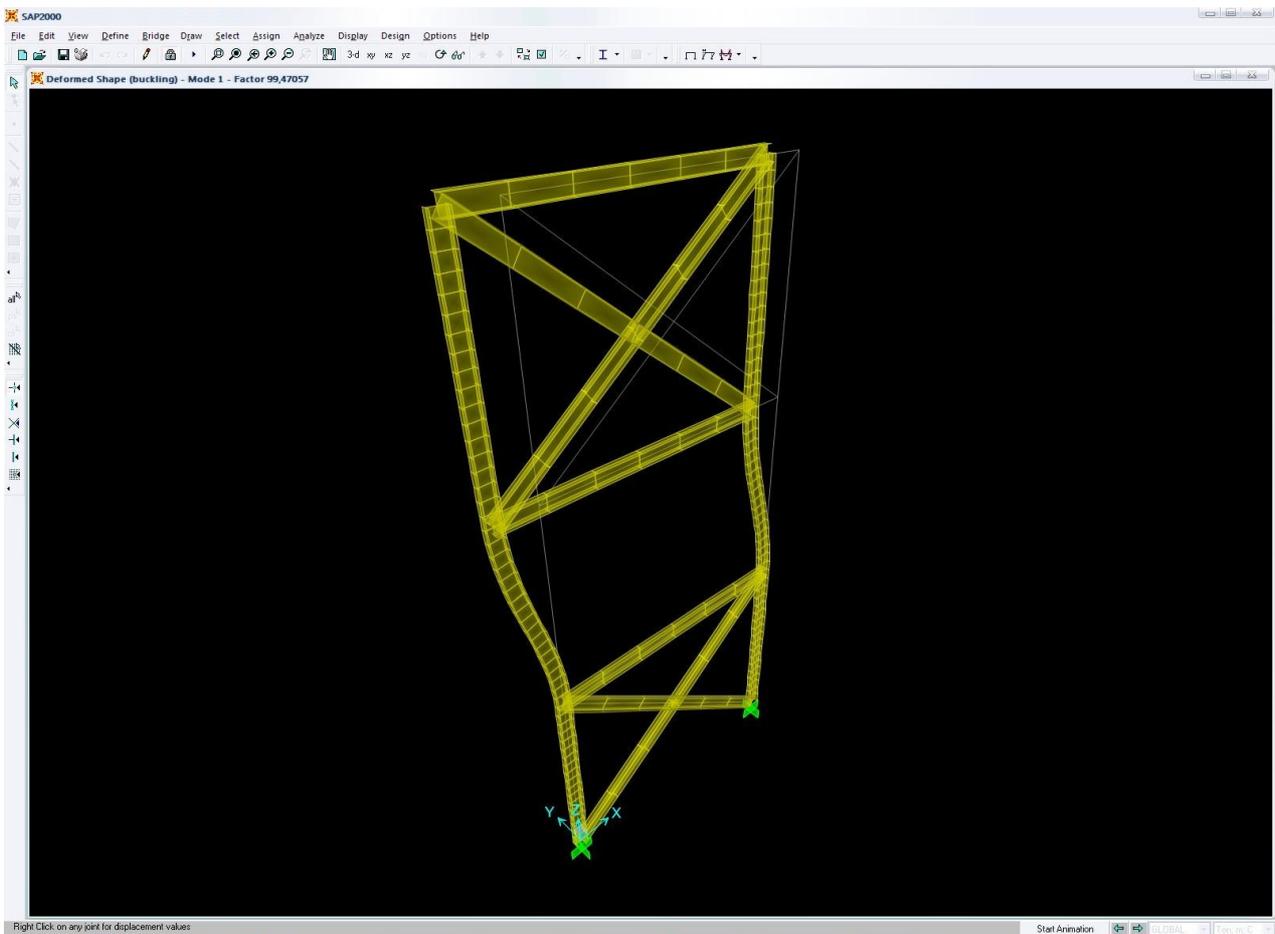
# GUIDA

alla soluzione dei problemi di

# STATICA

con

# SAP2000®



Mattia Campolese - 12/12/2006

## Sommario

Introduzione.....	pag. 3
<i>Premessa</i>	
<i>Come ottenere il software</i>	
Ambiente di lavoro.....	pag. 4
Modellazione della struttura.....	pag. 5
<i>Disegno del telaio</i>	
<i>Sollecitazioni</i>	
Verifica della struttura.....	pag. 7
<i>Impostazione dell'analisi</i>	
<i>Esecuzione dell'analisi</i>	
<i>Visualizzare le reazioni vincolari</i>	
<i>Visualizzare i diagrammi di calcolo</i>	

## Introduzione

### *Premessa*

La seguente guida ha l'obiettivo di fornire agli studenti dei corsi che trattano la statica dei corpi rigidi un potente strumento di verifica dei problemi strutturali tramite l'utilizzo del software di calcolo SAP2000® (Structural Analysis Program) la cui versione utilizzata per questa guida è la 10. Anche se può apparire come uno “sparare con un bazooka contro una mosca” ciò può essere propedeutico all'utilizzo di software agli elementi finiti il cui studio e utilizzo è proprio dei corsi più avanzati nella meccanica della trave e della teoria delle strutture. Si deve considerare pertanto che in questa guida NON verrà spiegato il principio di funzionamento e il significato dei comandi e del software (poiché richiederebbe un'adeguata trattazione) ma esclusivamente i passaggi minimi per arrivare ad una verifica statica di un telaio sottoposto a sollecitazioni analizzato esclusivamente nel caso piano considerando carichi REALI e non LETTERALI. E' demandata alla curiosità del lettore l'utilizzo di funzionalità più avanzate che il programma offre.

Si sottintende che l'utente abbia una discreta conoscenza della lingua inglese e una buona padronanza del computer, nonché una conoscenza delle nozioni basilari di statica.

### *Come ottenere il software*

Il programma è a pagamento, tuttavia esiste una versione dimostrativa (educational) per studenti il cui unico limite è il numero di nodi analizzabili che, per i comuni problemi di statica, è sufficientemente ampio.

Aprire il sito [http://www.csiberkeley.com/support\\_downloads.html](http://www.csiberkeley.com/support_downloads.html) e in

“DEMO: SAP2000 Integrated 3D Linear & Nonlinear Finite Element Analysis & Design” cliccate su Download. Si aprirà un form nel quale selezionate “SAP2000” e “Trial version”, inserite i vostri dati personali e cliccate su “Send”. Vi verrà mandata una email dopo un po' di tempo con l'indirizzo dal quale scaricare il programma (grande circa 180 MB).

Lanciate l'installer (setup.exe), accettate la licenza e cliccate sempre su “Next”. Attualmente il programma permette l'uso per 141 giorni continui, quanto basta per lo studio.

## Ambiente di lavoro

Avviate il programma. Cliccate su “File”, quindi su “New model”. Si aprirà una nuova finestra:

- **Scegliete le unità di misura da utilizzare:** in “Initialize model from defaults with units” impostate la terna preferita, ad ex “Ton, m, C” (ovvero tonnellate, metri, gradi celsius).
- **Scegliete il tipo di problema:** cliccate per questo caso su “Grid Only”
- **Impostate l'area di lavoro:** si deve lavorare nel piano XZ, quindi:
  - *Number of grid lines:* impostate “Y direction” pari a 1, mentre le altre impostarle ricordando le dimensioni maggiori, ovvero se si ha ad esempio un portale alto 4 m e largo 5 m imporre “Z direction” pari a 5 e “X direction” pari a 6
  - *Grid spacing:* assumendo di aver impostato il numero di linee di griglia pari alla lunghezza massima + 1, per comodità impostiamo tutti i valori di X, Y, Z direction pari a 1.

Cliccare su “Ok”. Nella toolbar cliccare sul pulsante “xz”, ovvero “Set XZ view”. Eventualmente chiudere la finestra 3D view.

## Modellazione della struttura

### *Disegno del telaio*

Per disegnare le travi, i pilastri, i tiranti o altri elementi cliccate su “Draw” e poi su “Draw frame / cable / tendon”. Ignorate i dati sulla sezione e disegnate cliccando col tasto sinistro all'incrocio di ogni linea voluta attivando lo “snap”. Per disegnare travi inclinate o ad esempio tiranti potete regolarvi con i “quadrati” della griglia (ad ex una trave inclinata a 45° è disegnabile ovviamente passando per la diagonale del quadrato).

Vanno ora applicati i vincoli al telaio. Selezionate col sinistro i punti interessati (aiutandovi con lo snap) e apparirà una “x” tratteggiata. Cliccate ora su “Assign”, quindi in “Joint” cliccate su “Restraints”. Vi apparirà una finestra nella quale potete assegnare i vari vincoli (alla traslazione e rotazione in qualsiasi delle 3 direzioni ricordando che per 1 si intende l'asse x, per 2 l'asse y e per 3 l'asse z) oppure selezionare direttamente quelli più noti cliccando in uno dei “Fast restraints” (rispettivamente l'incastro, la cerniera, il carrello e il nodo interno). Ritornerete nella finestra principale nella quale apparirà il disegno stilizzato del vincolo (forma rettangolare per l'incastro, forma triangolare per la cerniera, forma tonda per il carrello).

### *Sollecitazioni*

Per una ragione che si vedrà in avanti, è conveniente definire un “caso di carico” specifico per le sollecitazioni applicate, ovvero un nuovo “Load case”. Cliccate quindi su “Define” e quindi su “Load Cases”. In “Load name” scrivete ad esempio “carichi”, lasciando invariato il resto e quindi cliccate a destra su “Add new Load” quindi su “Ok”.

In statica vengono considerate forze e momenti concentrati e carichi con distribuzione uniforme o triangolare.

**Momento o forza concentrata:** selezionate il punto nel quale volete applicare la forza col tasto sinistro (torna in questo caso utile la discretizzazione del disegno avendo precedentemente cliccato su ogni incrocio di linee piuttosto che aver creato una trave unica continua). Quindi cliccate su “Assign” e in “Joint Loads” cliccate su “Forces”. Impostate il caso di carico voluto da “Load Case Name”, ovvero quello di nome “carichi” nell'esempio prima indicato. Potete scegliere la direzione globale rispetto alla quale applicare la forza, ricordando il sistema di riferimento (ad ex per una forza verso il basso di 10 ton impostate a -10 il valore di Force Global Z). Per il momento si considera l'asse intorno al quale è applicato considerando positivo il verso orario (ovvero positivo il momento che flette le fibre inferiori). Selezionate a destra “Add to Existing loads” e cliccate su “Ok”; se volete in seguito eliminare o modificare una sollecitazione in questo punto ripetete la procedura selezionando rispettivamente “Delete existing loads” e “Replace existing loads”.

**Carichi ripartiti:** selezionate gli elementi di trave sui quali volete applicare i carichi cliccando col sinistro; l'elemento diventerà tratteggiato. Cliccate quindi su “Assign” e in “Frame / Cable / Tendon Loads” cliccate su “Distributed”. Selezionate come prima in “Load Case Name” il caso “carichi”. Nel caso vogliate applicare un carico in direzione diversa da quella di gravità (ad esempio carichi paralleli alla trave come ad esempio una spinta uniforme su un pilastro) selezionate l'asse di direzione in “Direction”.

– *carico uniforme:* in basso in “Uniform load” impostate il valore ricordandovi l'unità di misura utilizzata

- *carico triangolare*: in genere molto rari; calcolatevi il valore massimo (ad esempio se avete un carico  $q = 3x$  ton/m applicato per 4 m il valore massimo sarà in  $x = 4$  e quindi 12 ton); quindi in “Trapezoidal loads” impostate (considerando una crescita da sx a dx) nel punto 1 una “Distance” e “Load” pari a 0 mentre in 4 – secondo l'esempio – una distanza pari a 4 e un carico di 12.

## Verifica della struttura

Va ora verificata la struttura, ovvero vanno calcolate le reazioni vincolari e i diagrammi di calcolo.

### *Impostazione dell'analisi*

Bisogna indicare al programma come svolgere la verifica del telaio rappresentato, pertanto andranno svolti i seguenti passaggi:

- **Escludere il peso proprio degli elementi strutturali (travi, tiranti, pilastri.):** cliccate su “Define” quindi su “Load cases”; selezionate quindi dal “Load name” il caso DEAD e in “Self weight multiplier” impostate lo 0; cliccate a destra su “Modify Load” e poi su “Ok”. In questo modo il valore di tutti i carichi “DEAD” sarà nullo e quindi verrà considerato solo il caso “carichi” precedentemente definito.
- **Escludere l'analisi modale:** cliccate su “Define” quindi su “Analysis cases”; selezionate quindi dal “Case name” il caso MODAL, cliccate a destra su “Delete case” e quindi su “Ok” e di nuovo “Ok”. In questo modo verrà effettuata esclusivamente l'analisi statica.
- **Impostare l'analisi piana:** cliccate su “Analyze” e poi su “Set analysis options”. Cliccate quindi sull'immagine che corrisponde a “XZ Plane” (“Plane frame”) e quindi su “Ok”. In questo modo effettuerà l'analisi solo nel piano XZ.

### *Esecuzione dell'analisi*

Va lanciata quindi l'analisi della struttura. Premere il tasto “F5” oppure cliccare su “analyze” e quindi su “Run analysis” (oppure sul bottone relativo nella toolbar), quindi su “Run now”. Vi verrà chiesto di salvare il file (è consigliabile dedicare una cartella per i documenti SAP in quanto verranno salvati diversi file). Partirà il processore di SAP e una schermata detta “Sap Analysis monitor” vi mostrerà le operazioni effettuate. Cliccate quindi su “Ok”.

### *Visualizzare le reazioni vincolari*

Per mostrare le reazioni vincolari cliccate su “Display” e quindi in “Show Forces / Stresses” cliccate su “Joints”. Da “Case / Combo name” selezionate “carichi” (secondo l'esempio di prima), quindi cliccate su “Ok”.

### *Visualizzare i diagrammi di calcolo*

Per visualizzare l'andamento e i valori dei diagrammi di calcolo (N,M,T) cliccate su “Display” e quindi in “Show Forces / Stresses” cliccate su “Frames / Cables” . Da “Case / Combo name” selezionate “carichi” (secondo l'esempio di prima), quindi in “Component” cliccate su:

- *Axial force:* per visualizzare l'andamento dello sforzo assiale N
- *Shear 2-2:* per visualizzare l'andamento del taglio T
- *Moment 3-3:* per visualizzare l'andamento del momento flettente M

In “Options” deselezionate “Fill diagram” e selezionate “Show values on diagram” quindi cliccate su “Ok”.