

Sebastiano Florida

PROGETTARE LE STRUTTURE IN ACCIAIO

PROGETTARE LE STRUTTURE UN CD BOOK PER OGNI ELEMENTO

Progettare le strutture è un'opera innovativa in cinque volumi nata come ausilio a tutti i professionisti impegnati nel settore del calcolo strutturale, che collega un valido supporto teorico e normativo a programmi immediatamente utilizzabili.

Il piano dell'opera prevede:

- elementi in acciaio
- elementi in cemento armato
- elementi in muratura
- elementi in legno
- cupole e volte

Il fine della collana è quello di dare una **risposta unitaria** ai problemi che, in sede di progettazione, sorgono per la diversa natura dei materiali utilizzati, a causa del mutare di volta in volta, a seconda che si tratti di strutture in cemento armato, acciaio, muratura o legno, delle caratteristiche fisico-meccaniche, delle modalità di calcolo, delle applicazioni richieste dalla normativa. L'unitarietà della risposta si concretizza in un approccio omogeneo realizzato tanto nel campo teorico che nei programmi allegati.

Per fornire i dati più accurati si è scelto di utilizzare, in **Progetto acciaio**, **Progetto legno** e **Progetto cemento armato** una versione personalizzata per Dario Flaccovio Editore del noto solutore MicroSap della Tesys, che consente di giungere ad un dettaglio di ottima qualità nella identificazione del modello virtuale dei carichi e delle sollecitazioni e il calcolo anche di strutture di grandi dimensioni (1000 nodi 500 elementi), mentre per gli altri programmi il solutore è stato scritto dagli stessi autori e consente di calcolare strutture di qualsiasi dimensione.

3.3. COMANDI E MENU

3.4. MENU FILE

3.4.1. Comandi del menu File

NUOVO 

Consente la creazione di un nuovo progetto. Vengono azzerate tutte le variabili di calcolo da inserire.

APRI 

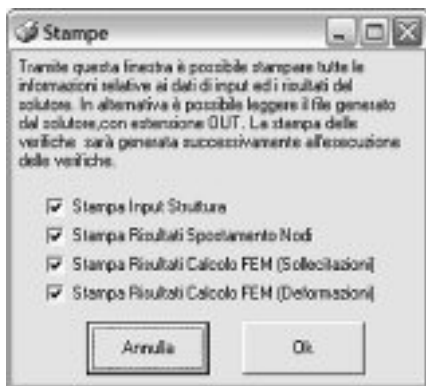
[CTRL] + [F12]

Il comando consente l'apertura di un file contenente una struttura precedentemente calcolata. Il file di riferimento da selezionare ha estensione .pas (acronimo di Progetto Archimede Software).

STAMPA .RTF 

Tramite questo comando si accede alla finestra STAMPE, mediante la quale è possibile gestire la creazione delle stampe, in formato .rtf, di tutti i dati di input e dei risultati prodotti dal solutore MicroSap. Non sono contenuti in queste stampe i risultati provenienti dalla verifica delle aste in acciaio, che saranno prodotti nella procedura VERIFICA ASTE ACCIAIO nel menu ELABORAZIONE.

² Chiamata al distretto di Palermo - durata media della chiamata: 120 secondi.



La finestra STAMPE

Nel caso in cui la struttura calcolata sia molto grande, i files generati da questo comando possono raggiungere dimensioni piuttosto corpose. Pertanto, al fine di rendere più snella la loro gestione, è possibile operare una selezione della stampa che interessa.


STAMPA INPUT STRUTTURA Consente la stampa di tutti i dati della struttura.

STAMPA RISULTATI SPOSTAMENTO NODI Consente la stampa di tutti gli spostamenti della struttura, nelle varie condizioni di carico.

STAMPA RISULTATI CALCOLO FEM (SOLLECITAZIONI) Consente la stampa di tutti i risultati prodotti da MicroSap limitatamente alle 6 caratteristiche di sollecitazione, nelle varie condizioni di carico.

STAMPA RISULTATI CALCOLO FEM (DEFORMAZIONI) Consente la stampa di tutti i risultati prodotti da MicroSap limitatamente ai 6 valori di deformazione, nelle varie condizioni di carico.

SALVA

[SHIFT] + [F12] 

Consente il salvataggio della struttura corrente. Occorre tenere presente che, nel momento in cui verrà avviato il calcolo, verrà creato un file di input che avrà tre caratteri in più (STA, SLU, SLD, prima del punto di separazione con l'estensione) rispetto al nome impostato. Il percorso completo del file di input (ad esempio c:\ProgettoAcciaio\Archivio\Portale.pas) non deve superare i 189 caratteri ed il nome del file non deve superare i 29 caratteri.

SALVA CON NOME

[CTRL] + [S]

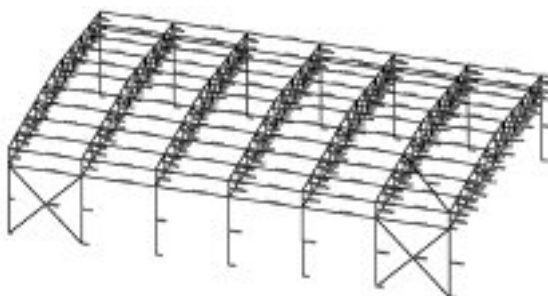
Consente il salvataggio della struttura che si sta calcolando con un nuovo nome. Verrà abbandonata la vecchia struttura e la nuova diventerà la corrente.

ATTENZIONE

Valgono le stesse considerazioni espresse riguardo al comando SALVA riguardo la lunghezza del percorso del file di input.

CREA DXF

Consente l'esportazione di tutti gli unifilari della struttura in formato di interscambio grafico vettoriale .dxf, riconoscibile dai principali programmi di disegno automatico (ad esempio AutoCad).



**Esportazione di una
vista assonometrica in file DXF**

SALVA IMMAGINE BMP

Consente di esportare l'immagine visualizzata in formato grafico .bmp, riconoscibile dai principali programmi di fotoritocco (ad esempio Paint o Photoshop), nonché dai programmi di scrittura (ad esempio Word).



**Esportazione di una vista
assonometrica in file BITMAP**


ESCI**[CTRL] + [X]**

Consente di chiudere la sessione di lavoro, previo salvataggio della struttura corrente.

3.5. MENU DATI DI CALCOLO

3.5.1. Comandi del menu

DATI GENERALI

[SHIFT] + [F1] 

Viene visualizzata la finestra DATI GENERALI STRUTTURA, che consente di memorizzare i dati generali del progetto corrente, che verranno inseriti nella intestazione delle stampe finali.

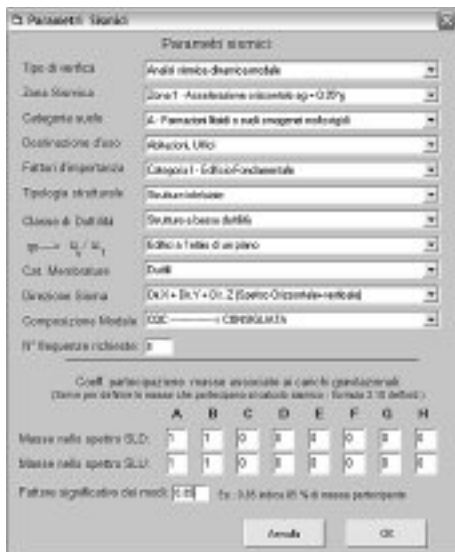


Finestra DATI GENERALI STRUTTURA

PARAMETRI SISMICI



Viene visualizzata la finestra PARAMETRI SISMICI, che permette di definire tutte le caratteristiche fondamentali che partecipano alla definizione degli spettri di risposta allo stato limite ultimo e allo stato limite di danno secondo l'Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003.



Finestra PARAMETRI SISMICI

TIPO DI VERIFICA

Selezionare dal menu a tendina tra l'analisi statica e l'analisi sismica dinamica modale.

ZONA SISMICA Selezionare dal menu a tendina la zona nella quale ricade la struttura da calcolare. I valori si riferiscono direttamente al punto 3.1 dell'Ordinanza 3274/2003, in cui il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A, definito al punto 3.1 Ordinanza 3274. I valori di a_g espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono:

- per la zona 1: 0,35
- per la zona 2: 0,25
- per la zona 3: 0,15
- per la zona 4: 0,05.

CATEGORIA SUOLO Selezionare dal menu a tendina la categoria del suolo su cui verrà posta la fondazione della struttura da calcolare. Infatti, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < \text{NSPT} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s ($\text{NSPT} < 15$, $c_u < 70$ kPa).

E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.

DESTINAZIONE D'USO Selezionare la destinazione d'uso della struttura da calcolare.

FATTORI D'IMPORTANZA

Selezionare i coefficienti che descrivono il fattore di importanza della struttura da calcolare. Infatti, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, ai sensi di quanto prescritto al punto 2.5 dell'Ordinanza 3274/2003, gli edifici sono suddivisi in tre categorie, cui corrispondono le definizioni ed i fattori di importanza indicati nella tabella seguente.

CATEGORIA	EDIFICI	FATTORE DI IMPORTANZA
I	Edifici la cui funzionalità durante il terremoto ha importanza fondamentale per la protezione civile (ad esempio ospedali, municipi, caserme dei vigili del fuoco)	1.4
II	Edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (ad esempio scuole, teatri)	1.2
III	Edifici ordinari, non compresi nelle categorie precedenti	1.0

TIPOLOGIA STRUTTURALE

Selezionare la tipologia strutturale della struttura da calcolare. Si deve tenere in considerazione che il fattore di struttura q introdotto per tener conto della capacità di dissipazione dell'energia sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dai criteri di dimensionamento, dalla duttilità locale delle membrature e dal grado di regolarità della configurazione strutturale. Pertanto esso viene espresso per ciascuna tipologia strutturale nella forma seguente: $q = \Psi_R \cdot q_0$
dove:

q_0 è il valore di riferimento del fattore di struttura dipendente dalla tipologia strutturale e dai criteri di dimensionamento adottati (classe di duttilità);

Ψ_R è un coefficiente di riduzione che tiene conto delle risorse di duttilità locali delle membrature impiegate. I valori di Ψ_R per le diverse categorie di appartenenza delle membrature sono riportati nel paragrafo 6.5.3.1 dell'Ordinanza 3274/2003. Per ciascuna tipologia strutturale il valore di riferimento q_0 del fattore di struttura è riportato nella tabella 6.1 della già citata ordinanza per le due classi di duttilità (bassa e alta), di seguito riportata.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	CLASSE DI DUTTILITÀ	
	BASSA	ALTA
Strutture intelaiate	4	$5 \cdot \alpha_u / \alpha_1$
Controventi reticolari concentrici	2	4
Controventi eccentrici	4	$5 \cdot \alpha_u / \alpha_1$
Strutture a mensola o a pendolo invertito	2	—

Tali valori di q_0 sono da intendersi validi a patto che vengano rispettate le regole di progettazione fornite al punto 6.5. In particolare, essi richiedono collegamenti a completo ripristino di resistenza progettati con un margine di sovraresistenza tale da consentire il completo sviluppo delle risorse di duttilità locale delle membrature collegate. Tale requisito richiede che siano soddisfatte le regole di progettazione di cui al punto 6.5.3.2. I simboli riportati nella tabella 6.1 sono qui di seguito specificati:

α_1 è il moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la sua resistenza flessionale;

α_u è il moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile o avere instabilità globale.

Il valore di α_u / α_1 può essere calcolato per mezzo di un'analisi statica non lineare (punto 4.5.4) e non può in ogni caso essere assunto superiore a 1,5. Qualora non si proceda ad una analisi non lineare per la valutazione di α_u / α_1 possono essere adottati i seguenti valori:

- edifici a telaio di un piano: 1,1;
- edifici a telaio a più piani, con una sola campata: 1,2;
- edifici a telaio con più piani e più campate: 1,3;
- edifici con controventi eccentrici: 1,2.

Nel caso di strutture costituite da membrature appartenenti a diverse categorie di duttilità (punto 6.5.3.1), il valore di Ψ_R deve essere assunto pari a quello della categoria inferiore.

CLASSE DI DUTTILITÀ

Selezionare la classe di duttilità cui appartiene la struttura da calcolare. Si rammenta che la duttilità e le capacità dissipative di un organismo strutturale sotto azioni sismiche di tipo distruttivo dipendono non solo dalla tipologia strutturale, ma anche dai criteri di dimensionamento adottati e dal dettaglio costruttivo delle zone dissipative. Con riferimento alle strutture intelaiate ed alle strutture con controventi sia concentrici che eccentrici, in relazione ai criteri di dimensionamento adottati, si distinguono due classi di duttilità: bassa e alta, cui corrispondono, rispettivamente, i seguenti criteri di dimensionamento:

- **criteri puramente elastici:** da adottare quando le membrature costituenti l'organismo strutturale vengono dimensionate sulla base dei valori delle azioni interne ricavati dall'analisi elastica globale;

- **criteri semplificati:** da adottare per il controllo del meccanismo di collasso, quando il dimensionamento degli elementi non dissipativi viene effettuato nel rispetto del criterio di gerarchia delle resistenze.

$Q_0 \rightarrow \alpha_u / \alpha_1$

Selezionare il tipo di struttura da calcolare; si rimanda alla descrizione della sezione TIPOLOGIA STRUTTURALE per i dettagli.

CAT. MEMBRATURE

Selezionare la categoria di duttilità delle membrature, stabilita in funzione della capacità di deformazione plastica delle membrature. Dal menu a tendina selezionare:

DUTTILI quando l'instabilità locale delle parti compresse della sezione si sviluppa in campo plastico ed è sufficientemente ritardata in maniera tale che la membratura sia in grado di sviluppare grandi deformazioni plastiche in regime incrudente senza significative riduzioni della capacità portante;

PLASTICHE quando l'instabilità locale si sviluppa in campo plastico, ma i rapporti larghezza-spessore non sono tali da consentire deformazioni plastiche significative;

SNELLE quando l'instabilità locale avviene in campo elastico, senza consentire l'inizio di plasticizzazioni.

I valori q_0 del fattore di struttura forniti al punto 6.3.3 dell'Ordinanza già citata sono da intendersi come valori di riferimento validi nel caso di membrature di prima classe. Pertanto, ai suddetti valori si applicano i seguenti coefficienti di riduzione Ψ_r in accordo con la categoria delle membrature in cui sono collocate le zone dissipative: duttili = 1.00; plastiche = 0.75; snelle = 0.50.

ATTENZIONE

L'impiego di membrature snelle è consentito solo in zone di bassa sismicità.

DIREZIONE SISMA

Selezionare la direzione in cui agisce il sisma sulla struttura. Il solutore MicroSap consente di escludere dal calcolo sismico la componente verticale del sisma. Nella COMPOSIZIONE MODALE che verrà analizzata in seguito verrà infatti azzerata la componente verticale.

COMPOSIZIONE MODALE

Il solutore MicroSap consente di scegliere tra 5 metodi di composizione modale: SRSS; CQC (consigliato per le strutture in acciaio); Grouping 10%; NRL Sum; Double Sum. Le basi teoriche dei singoli metodi di composizione sono riportate nella prima parte del testo.

N° FREQUENZE
RICHIESTE

Il solutore MicroSap richiede il numero delle frequenze da calcolare. Eccedere con questo valore non aumenta precisione al calcolo, ma soltanto i tempi dello stesso. Infatti, i primi modi di vibrare della struttura sono quelli più importanti, gli altri assumono un'importanza sempre più marginale. Ad esempio, sia inserendo in tale campo un input di 10 che di 100, in ogni caso quelle estratte saranno sempre solo quelle che avranno massa partecipante superiore al valore predefinito (vedi FATTORE SIGNIFICATIVO DEI MODI).

COEFFICIENTE
PARTECIPAZIONE
MASSE ASSOCIATE
CARICHI
GRAVITAZIONALI

Durante il sisma nella struttura sono presenti, oltre alla massa propria, anche le masse accidentali. La loro entità non si può prevedere, ma la normativa impone di prevedere la massa presente secondo dei coefficienti che dipendono dalla destinazione d'uso della struttura stessa. Progetto Acciaio tiene conto della masse esplicitamente applicate ai nodi i cui valori vengono moltiplicati per i coefficienti riportati nella tabella sottostante. La circolare 3276 del 20 marzo 2003, al punto 3.3 prescrive che la verifica allo stato limite ultimo (SLU) o di danno (SLD) deve essere effettuata per la seguente combinazione degli effetti della azione sismica con le altre azioni:

$$y_1 \cdot E + G_k + P_k + \sum (\psi_{ji} \cdot Q_{ki})$$

dove:

$y_1 \cdot E$ è l'azione sismica per lo stato limite in esame;

G_k sono i carichi permanenti al loro valore caratteristico;

P_k è il valore caratteristico dell'azione di precompressione, a cadute di tensione avvenute;

$\psi_{ji} = \psi_{2i}$ (SLU) coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile Q_i ;
 $= \psi_{0i}$ (SLD) coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro della azione variabile Q_i ;

Q_i è il valore caratteristico dell'azione variabile.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_k + \sum (\psi_{Ei} \cdot Q_{ki})$$

dove:

ψ_{Ei} è il coefficiente di combinazione dell'azione variabile Q_i , che tiene conto della probabilità che tutti i carichi $\psi_{0i} \cdot Q_{ki}$ (SLD) o $\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$ (SLU) siano presenti sull'intera struttura in occasione del sisma, e si ottiene moltiplicando ψ_{0i} o ψ_{2i} per φ .

I valori dei coefficienti ψ_{0i} , ψ_{2i} e φ sono riportati nelle successive tabelle.

DESTINAZIONE D'USO		Y ₀₁	Y ₂₁
Abitazioni, uffici		0,70	0,30
Uffici aperti al pubblico, scuole, negozi, autorimesse		0,70	0,60
Tetti e coperture con neve		0,70	0,20
Magazzini, archivi, scale		1,00	0,80
Vento		0,00	0,00
CARICHI AI PIANI			φ
Carichi indipendenti	Copertura	1,0	
	Altri piani	0,5	
Archivi		1,0	
Carichi correlati ad alcuni piani	Copertura	1,0	
	Piani con carichi correlati	0,8	
	Altri piani	0,5	

FATTORE
SIGNIFICATIVO
DEI MODI

Il solutore MicroSap estrae fra tutte le frequenze richieste quelle con massa partecipante superiore al valore inserito nel campo d'input, corrispondente al fattore significativo dei modi. La normativa vigente infatti impone di considerare, fra tutti quelli calcolati, i soli modi di vibrare che mobilitino almeno l'85% della massa totale. Inserendo valori inferiori, aumenteranno i modi di vibrazione da estrarre. Si rimanda ai paragrafi relativi agli spettri di risposta riportati nella prima parte del testo per ogni approfondimento teorico.

MATERIALI



Viene visualizzata la finestra GESTIONE MATERIALI DEL PROGETTO, che consente di definire i materiali che si utilizzano nel progetto. Si ritiene importante sottolineare infatti che, nonostante Progetto Acciaio sia stato concepito espressamente per la verifica di strutture in acciaio, è comunque possibile utilizzarlo per definire il corretto comportamento globale di strutture le cui aste siano di qualunque materiale: una volta eseguito il calcolo FEM si otterranno tutte le caratteristiche di sollecitazione che potranno essere utilizzate per eventuali verifiche di materiali che non sono d'acciaio. Sarà indispensabile, durante la generazione di nuove aste, definire un materiale attivo. Questo sarà il materiale delle aste generate successivamente alla sua definizione.



La finestra
GESTIONE MATERIALI DEL PROGETTO

Cliccando su NUOVO viene visualizzata la finestra INSERIMENTO NUOVO MATERIALE, che consente l’inserimento di un nuovo materiale nell’elenco di tutti i materiali necessari per le aste del progetto corrente.

DESCRIZIONE MATERIALE	Stringa univoca che definisce il materiale.
MODULO E	Modulo di elasticità da esprimere in daN/cm ² .
PESO SPECIFICO	Peso specifico del materiale da esprimere in daN/cm ³ (solo per i carichi di gravità).
COEFFICIENTE DI POISSON	Coefficiente di Poisson (ν).
COEFFICIENTE TERMICO	Coefficiente di deformabilità termica (adimensionale).
DENSITÀ	Densità del materiale in kg _{massa} /cm ³ (solo per analisi dinamica).

La finestra
inserimento
nuovo materiale

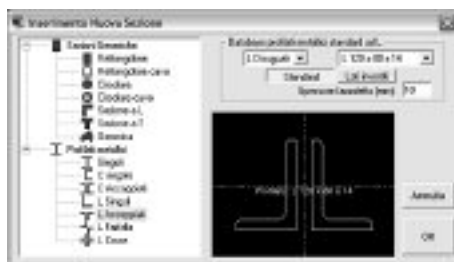


SEZIONI

[SHIFT] + [F2]

Consente di definire le sezioni delle aste utilizzate nel progetto. Viene visualizzata la finestra GESTIONE SEZIONI DEL PROGETTO. Una volta scelta la sezione, è possibile renderla attiva cliccando su SEZIONE ATTIVA. Cliccando su NUOVO viene visualizzata la finestra INSERIMENTO NUOVA SEZIONE, che consente la scelta tra svariate tipologie di sezioni metalliche e non. Per i profilati metallici basta solo scegliere la

La finestra
INSERIMENTO NUOVA SEZIONE



tipologia dalla struttura ad albero presente nella parte sinistra della finestra, mentre per le sezioni generiche, una volta scelta la sagoma, verranno richiesti i valori minimi indispensabili a definirle geometricamente, in quanto il software provvederà a calcolare autonomamente per ogni sezione tutte le caratteristiche geometriche.

SVINCOLI ASTE ATTIVI



Il codice di vincolo interno è una stringa composta da 6 cifre in codice binario (0 – 1), ognuna delle quali è relativa, rispettivamente, ad ognuna delle sei reazioni possibili della struttura:

- prima cifra: R_1 ;
- seconda cifra: R_2 ;
- terza cifra: R_3 ;
- quarta cifra: M_1 ;
- quinta cifra: M_2 ;
- sesta cifra: M_3 .

Il valore 0 indica che la struttura non trasmette la reazione, il valore 1 che la trasmette (ad esempio, un codice pari a 000110 indica che la struttura trasmette solo M_1 ed M_2). Di default il valore inserito è zero (000000), che indica pertanto che l'elemento trasmette tutte e sei le reazioni

Eseguendo questo comando viene visualizzata la finestra SVINCOLI ASTE, che consente di applicare il codice di vincolo per i nodi i (*iniziale*) e j (*finale*). Ad esempio, inserendo nel campo NODO I il valore 010001 e nel campo NODO J il valore 100101 si comunica che:

- *al nodo i* sono nulle le reazioni R_2 ed M_3 (codice 010001): vi è un carrello con cerniera che permette la traslazione lungo l'asse 2 e la rotazione attorno all'asse 3;
- *al nodo j* sono nulle le reazioni R_1 , M_1 ed M_3 (codice 100101): è possibile la traslazione e la rotazione assiale e la rotazione attorno a 3.



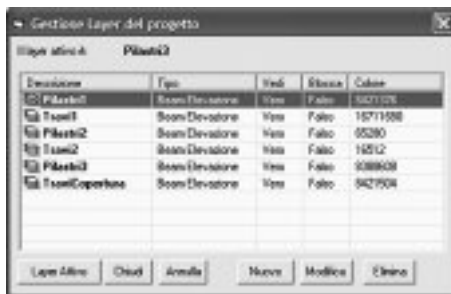
La finestra
SVINCOLI ASTE

LAYER ATTIVO



È Fondamentale definire, per le aste generate, un “layer attivo”. Assegnare un layer con le rispettive caratteristiche per ogni “famiglia” di aste consente infatti, nel proseguo dell’input, di semplificare la fase di selezione in quanto, come si vedrà in seguito, esiste in Progetto Acciaio una procedura di selezione per Layer Attivo. Queste divisione consente inoltre una divisione degli elementi strutturali in previsione di un prossimo ampliamento del software. Pertanto si consiglia

di dividere per layer tutte le aste, ad esempio il gruppo di pilastri, travi, reticolari o ancora i gruppi di elementi dello stesso piano.



La finestra
GESTIONE LAYER DEL PROGETTO

- LAYER ATTIVO** Definisce il layer attivo.
- CHIUDI** Chiede la finestra di gestione dei layer apportando al progetto le nuove variazioni.
- ANNULLA** Esce dalla finestra di gestione dei layer senza apportare variazioni (annulla eventuali cambiamenti).
- NUOVO** Consente l’inserimento di un nuovo layer.



La finestra
INSERIMENTO NUOVO LAYER

- DESCRIZIONE LAYER** Stringa che definisce univocamente il layer.
- TIPO ELEMENTI** Consente di scegliere il tipo di elementi finiti (attualmente limitato a Beam elevazione).
- VEDI** Consente la temporanea esclusione di visualizzazione dell’intero layer.
- BLOCCA** Consente di bloccare la cancellazione del gruppo.
- COLORE** Consente di definire un colore che contraddistingue il layer.
- MODIFICA** Consente di modificare il layer selezionato. Utilizza la stessa dell’inserimento.
- ELIMINA** Consente di eliminare il layer selezionato.

3.6. MENU NODI

3.6.1. Comandi del menu Nodi

I comandi contenuti in questo menu sono relativi a tutte le procedure per la creazione e la modifica dei nodi della struttura.

INSERISCI NODO

Viene visualizzata la finestra INSERISCI NODI, che consente l'inserimento delle coordinate x, y e z di un nodo singolo. Non necessita di selezione preliminare di nodi.

MODIFICA COORDINATE NODO

Viene visualizzata la finestra MODIFICA NODO, che consente la modifica delle coordinate x, y e z di un nodo singolo. Necessita di selezione preliminare di un nodo singolo. Nel caso in cui si esegua questo comando avendo selezionato più di un nodo, viene visualizzato il messaggio di errore *Sono stati selezionati più nodi. È necessario avere un solo nodo selezionato.*

CANCELLA NODI

Consente di eliminare uno o più nodi. Necessita di selezione preliminare di almeno un nodo. Una volta eseguito il comando, occorre cliccare su SI nella richiesta di conferma *Vuoi cancellare i nodi selezionati?* per procedere all'eliminazione.

SPOSTA NODI

Consente lo spostamento di uno o più nodi. Viene visualizzata la finestra SPOSTA NODI, in cui occorre inserire i valori dello spostamento richiesto nelle direzioni x, y e z. Necessita di selezione preliminare di almeno un nodo.

COPIA NODI

Consente di copiare uno o più nodi. Viene visualizzata la finestra COPIA NODI, in cui occorre inserire i valori dello spostamento richiesto nelle direzioni x, y e z per un numero definito di copie. Necessita di selezione preliminare di almeno un nodo.

GENERA N NODI TRA DUE

Consente di generare uno o più nodi, equidistanti, tra i due nodi selezionati, dopo l'esecuzione del comando. Viene visualizzata la finestra GENERA N NODI TRA DUE, nella quale occorre specificare il numero di nodi da inserire. Necessita di selezione successiva dei due nodi.

GENERA NODO A DISTANZA PREDEFINITA TRA DUE NODI

Questa finestra consente la generazione di un nodo a distanza predefinita tra i due nodi selezionati dopo l'esecuzione del comando. Viene visualizzata la finestra

GENERA UN NODO A DISTANZA..., nella quale occorre inserire il valore della distanza in cm. Inserendo valori negativi il nodo viene generato nella parte opposta alla direzione tra il primo e secondo nodo. Necessita di selezione successiva dei due nodi.

RUOTA NODI

Consente la rotazione e/o la copia di uno o più nodi secondo i tre assi principali. Necessita di selezione preliminare di almeno un nodo. Viene visualizzata la finestra RUOTA NODI, nella quale è possibile immettere tutti i dati relativi alla rotazione richiesta.

RUOTA SECONDO ASSE X-Y-Z	Selezionare una delle tre opzioni per definire l'asse di rotazione.
COPIA RUOTANDO	Consente di generare nuovi nodi ruotando quelli selezionati. Senza l'attivazione di questa opzione, i nodi selezionati, vengono ruotati intorno all'asse prescelto, ma non vengono generati nuovi nodi.
NUMERO COPIE	Campo di input nel quale occorre inserire il numero complessivo delle copie che si intende realizzare. Attivo solo nel caso in cui si vogliono generare nuovi nodi.
ANGOLO DI ROTAZIONE	Campo di input nel quale occorre inserire il valore dell'angolo di rotazione. Sono accettati valori positivi da 1 a 359.
COORDINATE PUNTO	Campi di input relativi alle coordinate del punto intorno al quale verte la rotazione. Nel caso in cui il punto sia coincidente con un nodo già inserito, è possibile selezionarlo direttamente, dopo aver cliccato su SELEZIONA NODO >.

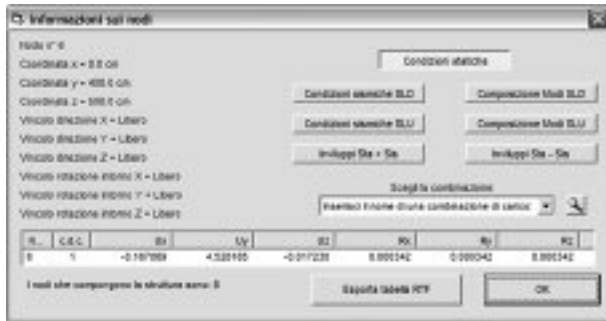
La finestra
RUOTA NODI



INTERROGA NODI (SELEZIONANDOLI SINGOLARMENTE)

Il comando consente, selezionandoli singolarmente, l'accesso alla finestra INFORMAZIONI NODI, nella quale sono riportati il numero, le coordinate e le condizioni

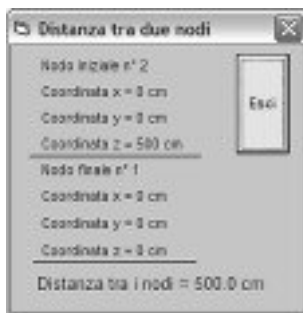
di vincolo di ogni nodo selezionato, nonché tutti i risultati in tutte le condizioni. Non necessita di selezione preliminare di nodi.



La finestra
INFORMAZIONI SUI NODI

INTERROGA DISTANZA TRA NODI

Consente di conoscere la distanza tra due nodi che compongono la struttura. Non necessita di selezione preliminare di nodi.



La finestra
Distanza tra due nodi

MODIFICA COORDINATE NODO (SCELTA NUMERICA)

Consente di modificare le coordinate di un nodo richiamandone il numero identificativo. Il comando si rivela particolarmente utile quando il disegno della struttura è sovraffollato e diventa difficile selezionare il singolo nodo graficamente. Viene visualizzata una prima finestra di richiamo del nodo, e successivamente, una finestra di funzionamento identico a quella già esaminata relativamente al comando SPOSTA NODO.

VERIFICA DUPLICATI NODI

Consente di conoscere la posizione reciproca dei nodi, partendo dall'input del valore del raggio di ricerca impostato. Una volta eseguito il comando, il sistema comunica quali nodi risultano posti ad una distanza minore o uguale al raggio di ricerca impostato.

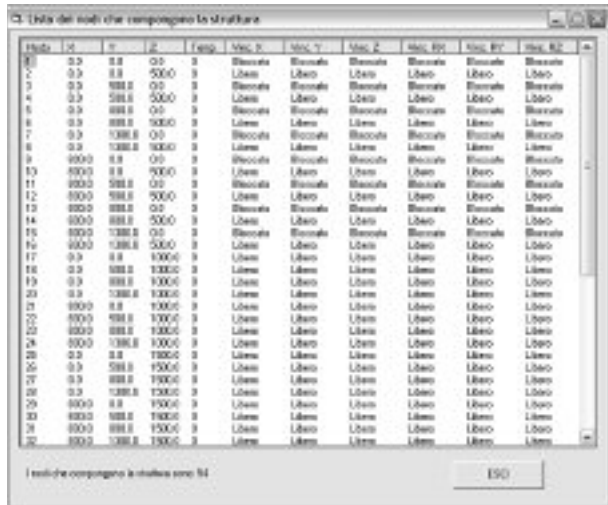


La finestra
VERIFICA VICINANZA NODI

RIEPILOGO NODI

[F2]

Viene visualizzata una finestra con tutte le informazioni sui nodi che compongono la struttura.



La finestra
LISTA DEI NODI
CHE COMPONGONO LA STRUTTURA

3.7. MENU ASTE

3.7.1. Modo di operare

Prima di definire e/o genere delle aste è indispensabile definirne, attraverso gli appositi comandi contenuti nel menu DATI GENERALI:

- la sezione attiva;
- il materiale attivo;
- gli svincoli attivi;
- il layer attivo.

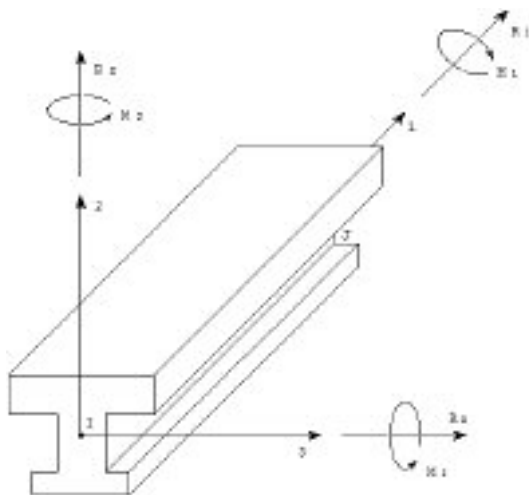
L'elemento di libreria utilizzato è l'elemento *beam* a sezione prismatica, definito tridimensionalmente attraverso i due nodi di estremità *i* e *j*. Esso può trasmettere azione assiale, momento torcente, taglio e momento flettente biassiali per un totale di 12 gradi di libertà.

È possibile, oltre al vincolo di continuità, svincolare qualunque spostamento o rotazione agli estremi. In alcuni casi l'operazione di generazione (copia, ruota),

può risultare lenta, in quanto il software ha una raffinata procedura di generazione che si svolge in questa sequenza:

- verifica se la copia del nodo iniziale è in adiacenza (distanza minima) ad un altro nodo (controllando quindi tutti quelli già inseriti) e sceglie se generare un nuovo nodo od utilizzare quello esistente;
- verifica se la copia del nodo finale è in adiacenza (distanza minima) ad un altro nodo (controllandoli tutti) e sceglie se generare un nuovo nodo od utilizzare quello esistente;
- fatta questa verifica viene generata la nuova asta.

La definizione delle proprietà geometriche è effettuata considerando gli assi locali 2 e 3 orientati come nella figura seguente:



**Proprietà
geometrica
considerando
gli assi 2 e 3**

3.7.2. Comandi del menu Aste

I comandi di questo menu contengono tutte le procedure per la creazione, la modifica e l'interrogazione delle aste che compongono la struttura da calcolare.

ASTA TRA DUE PUNTI



Consente l'inserimento di una asta singola selezionando il nodo iniziale i ed il nodo finale j .

L'asta avrà le seguenti caratteristiche:

- *sezione*: sezione attiva;
- *materiale*: materiale attivo;
- *svincoli*: svincoli attivi;
- *layer*: layer attivo;
- *rotazione*: rotazione attiva.

Dopo avere eseguito il comando, il cursore si trasforma in un puntatore a croce, con a fianco il numero “1”. Una volta selezionato il primo nodo, il numero “1” viene sostituito con il “2”. Durante la selezione dei nodi è conveniente eliminare la visualizzazione solida in quanto i nodi potrebbero risultare coperti dalla superficie delle aste.

ASTE CONSECUTIVE



Consente l’inserimento di aste consecutive selezionando il nodo iniziale i ed i successivi nodi finali j di ogni singola asta consecutiva. Le aste avranno le seguenti caratteristiche:

- *sezione*: sezione attiva;
- *materiale*: materiale attivo;
- *svincoli*: svincoli attivi;
- *layer*: layer attivo;
- *rotazione*: rotazione attiva.

CANCELLA ASTE



Cancellare dal progetto una o più aste. Necessita di preventiva selezione delle aste da cancellare e richiede una conferma prima di procedere con l’effettiva eliminazione.

COPIA ASTE



Il comando consente di copiare una o più aste presenti nel progetto. Viene visualizzata la finestra COPIA ASTE nella quale è possibile inserire l’input relativo al numero delle copie e alle coordinate dello spostamento relativo rispetto:

- all’asta selezionata, per la prima copia o nel caso di copia singola;
- all’ultima aste copiata, nel caso di copie multiple.

Le aste avranno le seguenti caratteristiche:

- *sezione*: sezione dell’asta da copiare;
- *materiale*: materiale dell’asta da copiare;
- *svincoli*: svincoli dell’asta da copiare;
- *layer*: layer dell’asta da copiare;
- *rotazione*: rotazione dell’asta da copiare.

Necessita di preventiva selezione di una o più aste da ruotare.

RUOTA ASTE



Consente di ruotare una o più aste presenti nel progetto intorno ai tre assi principali x , y e z . Le aste avranno le seguenti caratteristiche:

- *sezione*: sezione dell’asta da copiare;
- *materiale*: materiale dell’asta da copiare;

- *svincoli*: svincoli dell'asta da copiare;
- *layer*: layer dell'asta da copiare;
- *rotazione*: rotazione dell'asta da copiare.

Necessita di preventiva selezione di una o più aste da ruotare.

INTERROGA ASTE (SELEZIONANDOLE SINGOLARMENTE)



Consente di interrogare una singola asta ottenendo le principali informazioni di input nonché tutti i risultati con i relativi grafici. Non necessita di preventiva selezione.



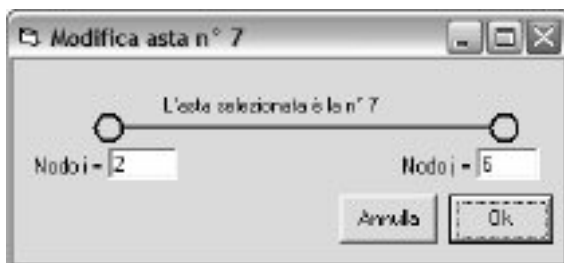
La finestra
INFORMAZIONI SULLE ASTE

INVERTI I-J

Questo comando consente di invertire i valori di i e j di tutte le aste selezionate precedentemente. Questo comando risulta molto utile nel caso di sezioni asimmetriche (L, C, ecc.). Invece di ruotare l'asta di 180° basta invertire i valori di i e j.

CAMBIA I-J

Questo comando consente di sostituire i valori di i e j di una singola asta selezionata precedentemente.



La finestra
MODIFICA ASTA

DEFINIZIONE ROTAZIONE ASTA



Nella maggior parte dei solutori la rotazione intorno all'asse 1 della singola asta si ottiene inserendo un nodo supplementare denominato "nodo K". Microsap, nella sua ultima versione, consente di evitare la creazione di un ulteriore nodo. Basta solo definire un angolo di rotazione intorno all'asse 1.

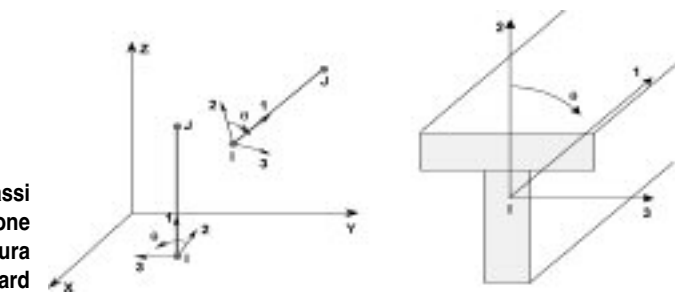
Consente la rotazione intorno all'asse 1 delle singole aste. La giacitura standard per la sezione (angolo zero) è quella con il piano 1-2 parallelo all'asse Z (cioè con l'asse 3 parallelo al piano XY) e l'asse 2 dalla parte di +Z. L'angolo è positivo in senso antiorario attorno al vettore $i - j = 1$. Ad esempio, se viene indicato il valore 30, gli assi 2-3 saranno ruotati di 30 gradi in senso antiorario attorno all'asse 1 rispetto alla giacitura iniziale. Definita una rotazione attiva, tutte le aste generate successivamente avranno stessa rotazione. Viene visualizzata la finestra DEFINISCI ROTAZIONE ASTA, dalla quale è possibile inserire i dati.

SCELTA ROTAZIONE ASTA Menu a tendina dal quale occorre selezionare il valore della rotazione (da 1 a 359°).

RENDI ATTIVA LA ROTAZIONE Opzione che consente di scegliere se rendere attiva la rotazione definita, per le aste che verranno generate successivamente.

CAMBIO LA ROTAZIONE Opzione che consente di cambiare la rotazione alle aste selezionate precedentemente.

Orientazione degli assi locali e rotazione rispetto alla giacitura standard

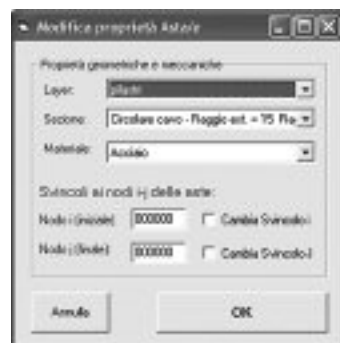


MODIFICA ASTA (SCELTA NUMERICA)



Consente di modificare delle proprietà di un'asta richiamandone il numero di riferimento. Il comando si rivela particolarmente utile quando il disegno della

**La finestra
MODIFICA PROPRIETÀ ASTA/E**



BLOCCA SPOST. (CERNIERA) Attiva automaticamente le opzioni di vincolo relative ai soli spostamenti nei nodi selezionati.

APPOGGIO 3D Attiva automaticamente la sola opzione di vincolo di spostamento in direzione Z, nei nodi selezionati.



La finestra
VINCOLI ESTERNI AI NODI

SVINCOLA TUTTI I NODI (AZZERA VINCOLI)

Consente di svincolare velocemente tutti nodi che compongono la struttura e ripartire nuovamente con la fase di definizione. Corrisponde al sequenza di comandi: SELEZIONA TUTTI I NODI + SBOCCA TUTTI I VINCOLI. Questa procedure può risultare utile, per ricominciare le operazioni di assegnazione vincoli.

3.9. MENU CARICHI

3.9.1. Modo di operare

L'assegnazione dei carichi è uno dei passi più importanti per il dimensionamento di una struttura, soprattutto alla luce della recente normativa sismica, che definisce precise direttive nell'assegnazione dei carichi statici in zona sismica e la loro contemporanea presenza.

Il percorso tipico da seguire è quello di:

- definire una lista di carichi base;
- assegnare i carichi base alle aste dividendoli per famiglie (A, B, ..., H)
- definire le condizioni di carico con spettro SLD e SLU.

3.9.2. Tipi di carichi disponibili

Il solutore Microsap dispone di una libreria di carichi molto ampia e versatile (19 tipi dal codice 0 al codice 18).

Tutte le tipologie di carico disponibili sono riconosciuti dal solutore tramite un codice univoco che definisce:

- il tipo di carico;
- i parametri $p_1 \div p_6$ che variano col tipo di carico secondo la tabella seguente.

TIPO	DESCRIZIONE	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
0	Interferenza, precarico, salto termico, gradiente termico	δ	P_r	Δt	δt_2	δt_3	
1	Carico concentrato assiale	P	α				
2	Momento torcente concentrato	M_t	α				
3	Carico ripartito assiale	q_A	α_A	q_B	α_B		
4	Momento torcente ripartito	M_{tA}	α_A	m_{tB}	α_B		
5	Carico concentrato lungo l'asse 2	P	α				
6	Carico ripartito lungo l'asse 2	q_A	α_A	q_B	α_B		
7	Momento concentrato attorno all'asse 3	M_f	α				
8	Carico concentrato lungo l'asse 3	P	α				
9	Carico ripartito lungo l'asse 3	q_A	α_A	q_B	α_B		
10	Momento concentrato attorno all'asse 2	M_f	α				
11	Cavo di precompressione sul piano 1-2	y_A	α_A	y_B	α_B	T	y_V
12	Cavo di precompressione sul piano 1-3	y_A	α_A	y_B	α_B	T	y_V
13	Carico ripartito in direzione assegnata V	V_x	V_y	V_z	q	α_A	α_B
14	Forza concentrata in dir. assegnata V	V_x	V_y	V_z	F_v	α	
15	Momento concentrata attorno a V	V_x	V_y	V_z	M_v	α	
16	Diagramma di carico ripartito in funzione di X	V_y	V_z	$q_{(x0)}$	X_o		dq_x/d_x
17	Diagramma di carico ripartito in funzione di Y	V_z	V_x	$q_{(y0)}$	Y_o		dq_y/d_y
18	Diagramma di carico ripartito in funzione di Z	V_x	V_y	$q_{(z0)}$	Z_o		dq_z/d_z

Si ritiene importante segnalare che i carichi riassunti in tabella con i codici da 13 a 18 sono una specifica personalizzazione del solutore MicroSap in esclusiva per Dario Flaccovio Editore. La loro peculiarità è che riescono ad evitare una quantità notevole di calcoli nelle proiezioni dei carichi nelle aste inclinate.

3.9.2.1. Interferenza, precarico, salto termico, gradiente termico (tipo = 0)

È possibile introdurre tre differenti carichi che producono lo stesso effetto di creare un'azione solo lungo l'asse dell'elemento: interferenza, precarico e salto termico uniforme.

INTERFERENZA È ottenuta assegnando la lunghezza δ , ovvero la differenza tra la lunghezza dell'asta libera e la distanza iniziale tra gli estremi. δ è maggiore di zero nel caso di accorciamento dell'asta (forzamento con compressione) e conseguente aumento di distanza tra i vincoli estremi (analogo effetto produrrebbe un salto termico positivo, cioè un aumento uniforme di temperatura dell'asta).

PRECARICO Il carico di pretensione è positivo se produce trazione nell'asta (effetto analogo ad un salto termico negativo). I due tipi di carico sono uguali, nel senso che è di norma utilizzato l'uno o l'altro a seconda che sia noto lo spostamento (o la deformazione) assiale oppure la forza (o lo sforzo) assiale.

SALTO TERMICO Il salto termico Δt è maggiore di zero se produce un allungamento dell'asta.

GRADIENTI TERMICI

δt_2 e δt_3 sono definiti come:

$$\delta t_2 = \frac{T_{top_2} - T_{bot_2}}{h} \quad \delta t_3 = \frac{T_{top_3} - T_{bot_3}}{b}$$

dove:

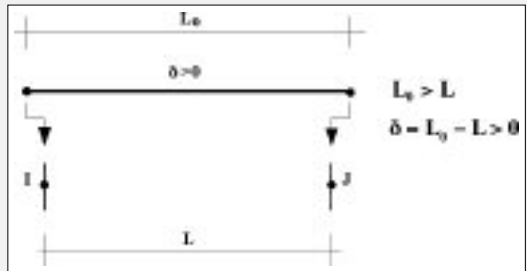
T_{top_2} e T_{top_3} sono le temperature dell'elemento sulle facce superiori lungo gli assi 2 e 3;

T_{bot_2} e T_{bot_3} sono le temperature sulle facce inferiori sui semiassi negativi 2 e 3;

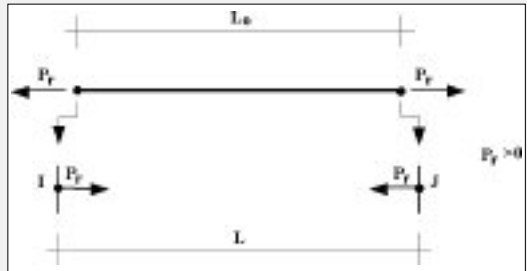
h e b sono gli spessori medi (la trave può infatti essere a sezione variabile lungo l'asse) della sezione lungo gli assi 2 e 3.

Gradienti termici δt_2 e δt_3 positivi producono su una trave appoggiata agli estremi una concavità rivolta verso il semiasse negativo 2 o 3.

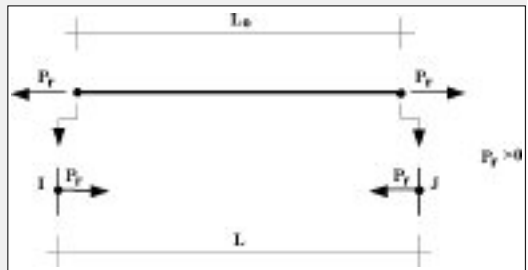
Definizione Interferenza



Definizione Pretensione



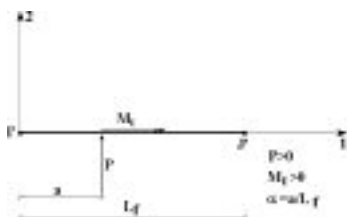
Definizione Salto termico



3.9.2.2. Carichi concentrati e momenti concentrati (tipi 1 - 2 - 5 - 7 - 8 - 10)

Questo tipo di carichi sono introdotti specificando:

- il valore del carico (P , M_t , M_p);
- la sua posizione lungo l'asta (α). Il parametro α è il rapporto tra la distanza del carico dal primo estremo e la lunghezza dell'asta. Ad esempio:
 $\alpha = 0$: il carico è posizionato sull'estremo sinistro dell'asta;
 $\alpha = 1$: il carico è posizionato sull'estremo destro dell'asta;
 $\alpha = 0.5$: il carico è posizionato in mezzeria;
 $\alpha = \text{numero negativo}$: il carico è orientato in senso opposto all'asse locale cui si riferisce (vedi figura seguente).



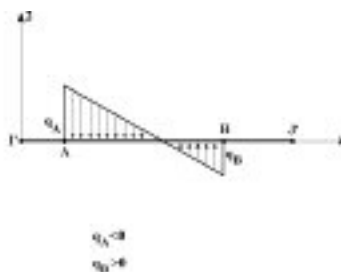
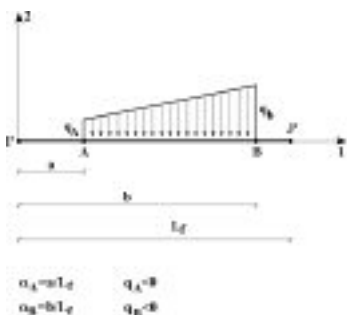
Esempi di carichi concentrati

3.9.2.3. Carichi ripartiti e momenti ripartiti (tipi 3 - 4 - 6 - 9)

Questo tipo di carichi sono introdotti specificando:

- i valori iniziali (q_A , mt_A) dei carichi ed i punti di inizio e fine carico (α_A e α_B);
- i valori finali (q_B , mt_B) dei carichi ed i punti di inizio e fine carico (α_A e α_B).

Nel caso particolare in cui il carico sia esteso a tutta la lunghezza dell'asta, è necessario solamente definire i valori q_A e q_B e nel caso di carico uniformemente ripartito su tutta l'asta è sufficiente assegnare solo q_A . Tuttavia, per assegnare un carico triangolare agente su tutta l'asta con valore nullo all'estremo destro, è necessario assegnare a q_B un valore molto piccolo ma diverso da zero, oppure porre $\alpha_B=1$ (vedi figura seguente).



Esempi di carichi ripartiti

3.9.2.4. Cavi (tipi 11 - 12)

È possibile introdurre in Progetto Acciaio il sistema di forze equivalente alla precompressione con l'ipotesi di cavo scorrevole senza attrito. Il percorso del cavo può essere formato da tratti rettilinei o parabolici disposti in qualunque modo nell'asta sui piani 1-2 o 1-3. Una linea di carico è necessaria per assegnare ogni singolo tratto.

Il sistema di carichi equivalente alla precompressione è formato in generale da sette componenti, in quanto le tre componenti M , N , T per ogni estremità sono originate dal trasporto del tiro T dai punti A e B di applicazione ai punti corrispondenti sull'asse baricentrico. La curvatura del cavo introduce un effetto equivalente ad un carico ripartito, che si considera:

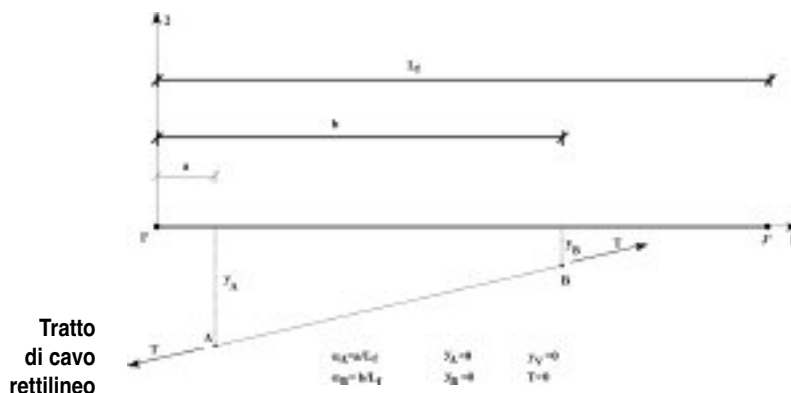
- *nullo* nel caso di cavo rettilineo;
- *costante* nel caso di tratto a sviluppo parabolico.

Si noti che le forze equivalenti M , N , T sono introdotte come carichi di elemento a tutti gli effetti. Nei punti di applicazione esiste perciò una discontinuità dei relativi diagrammi delle azioni interne. Inoltre, se le estremità del cavo coincidono con le estremità degli elementi, l'azione sul nodo è differente dall'azione interna calcolata sullo stesso punto. Grazie all'uso delle ascisse normalizzate α , uno stesso carico può essere valido per aste di lunghezza differente. Ad esempio il set di carico n. 1 ripartito su tutta la lunghezza dell'asta e pari a 5.000 N/m, in senso opposto all'asse locale 2 è definito come: 1,6-5.000 e può essere utilizzato per tutte le aste caricate con 5.000 N/m, indipendentemente dalla loro lunghezza.

CAVI A SVILUPPO RETTILINEO

Un cavo rettilineo (o un tratto di cavo a sviluppo rettilineo) è assegnato specificando:

- l'ordinata y_A , ovvero l'ordinata dell'estremo sinistro del cavo nel sistema baricentrico 1-2-3;
- l'ascissa normalizzata α_A ($\alpha_A = 0$ se il cavo o il tratto di cavo da rappresentare ha inizio esattamente all'estremo sinistro del tratto flessibile dell'asta);
- l'ordinata y_B ;

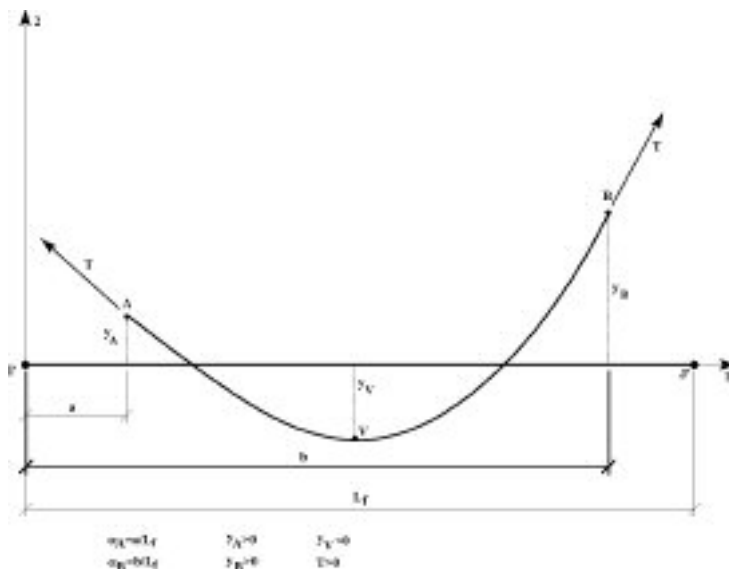


- l'ascissa α_B ($\alpha_B = 1$ se il cavo termina all'estremo flessibile destro dell'asta) dell'estremità destra del cavo e il tiro T .

CAVI A SVILUPPO PARABOLICO

Un cavo con tratto a sviluppo parabolico è necessario specificando:

- il parametro y_V , che rappresenta l'ordinata del vertice della parabola rispetto all'asse baricentrico 1 (nel caso di cavo ribassato y_V è minore di zero). Se $y_V = 0$ il cavo è assunto rettilineo (congiungente A - B);
- gli stessi valori sopra indicati per i cavi a sviluppo rettilineo.



Tratto di cavo di precompressione a sviluppo parabolico

ESEMPIO

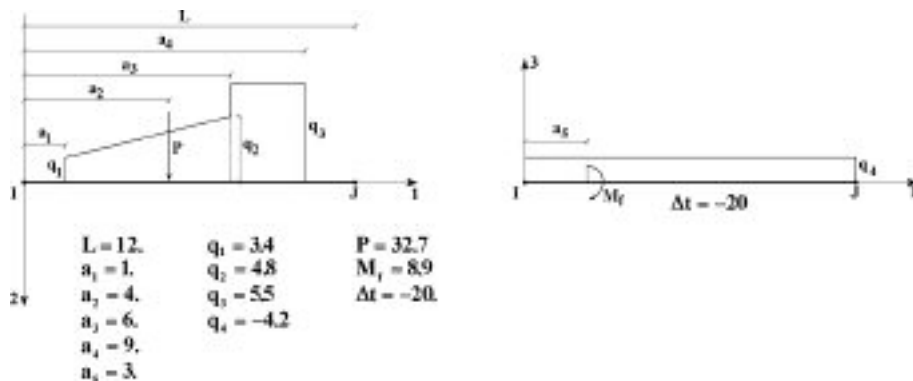
Si consideri una struttura in cui vi sono una o più aste caricate con i carichi rappresentati nelle figure (a) e (b). Poiché le due configurazioni appaiono separatamente in aste diverse, si compongono due set diversi.

SET 1 è costituito da (a) ed è composto da:

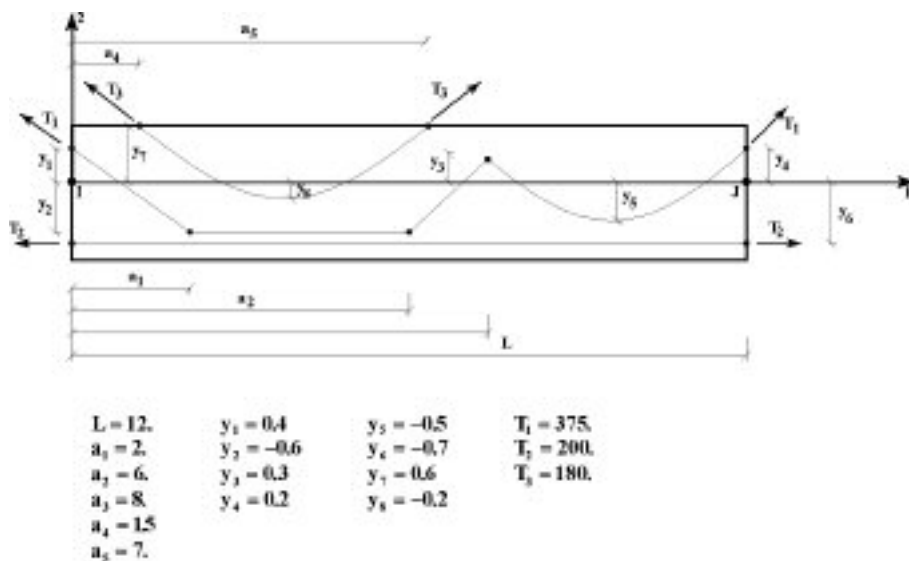
- salto termico uniforme per tutta la lunghezza dell'asta;
- un carico ripartito e di intensità variabile su un tratto dell'asta e diretto lungo l'asse 2;
- un carico concentrato parallelo all'asse 2;
- un carico ripartito uniformemente su tutta la lunghezza dell'asta e diretto lungo l'asse 3;
- un momento flettente concentrato attorno all'asse 2.

SET 2 è costituito da (v) ed è composto da tre cavi di precompressione:

- il primo con tracciato variabile a tratti rettilinei e parabolici e ancoraggi sulle sezioni di estremità della trave;
- il secondo con un unico tratto rettilineo, tracciato parallelo all'asse della trave e ancorato sulle sezioni terminali;
- il terzo costituito da un unico tratto parabolico con ancoraggi in punti intermedi.



Esempio (a): carichi concentrati e ripartiti



Esempio (b): cavi di precompressione

3.9.2.5. Carichi secondo una direzione assegnata V (tipi 13 - 14 - 15)

Questi carichi consentono l'applicazione di forze concentrate, carichi ripartiti e momento concentrati assegnando le componenti sugli assi globali V_x , V_y e V_z di un vettore V comunque orientato, la cui proiezione sulle aste viene sviluppata automaticamente dal solutore. La proiezione del carico uniformemente ripartito in direzione assegnata (tipo 13) sugli assi locali darebbe, nei casi in cui l'asta non sia perpendicolare alla direzione del carico, generalmente origine a componenti ripartite di tipo 3 - 6 - 9, compresa quindi anche una componente assiale. Analogamente, una forza concentrata agente in direzione V (tipo 14) darà origine a componenti di tipo 1 - 5 - 8. Il momento concentrato attorno a V (tipo 15) origina invece componenti di tipo 2 - 7 - 10.

CARICO UNIFORMEMENTE RIPARTITO IN DIREZIONE ASSEGNATA V (TIPO 13)

Dati di input: V_x , V_y , V_z , q , α_a , α_b . È assegnato il vettore V attraverso le componenti sugli assi globali. Il carico q è quindi proiettato sulle aste su cui agisce, dando origine, in genere, a componenti diverse ripartite in direzione 1 - 2 - 3. Il carico può essere applicato anche parzialmente sulle aste (α_A , α_B).

ESEMPIO:

0,0,1,120,0,1 (carico di valore 120 agente in dir. + Z e applicato su tutta l'asta).

FORZA CONCENTRATA AGENTE IN DIREZIONE V (TIPO 14)

Dati di input: V_x , V_y , V_z , F_v , α .

ESEMPIO:

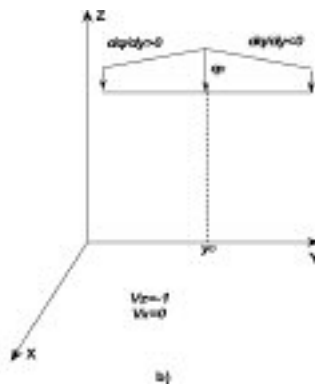
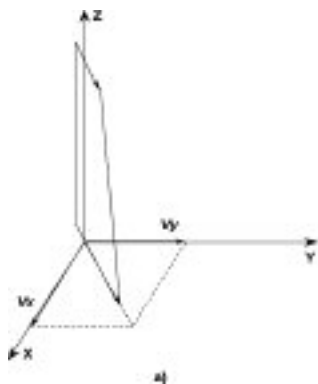
0,0,1,120,0,5 (carico di valore 120 agente in direzione + Z e applicato in mezzeria).

MOMENTO CONCENTRATO ATTORNO A V

Caso simile al precedente.

3.9.2.6. Diagrammi di carico ripartito in funzione di x , y , z (tipi 16 - 17 - 18)

È possibile assegnare un diagramma di carico variabile linearmente secondo un



Esempio di carico tipo 18 (a) e tipo 17 (b). Per assegnare il diagramma di (b) sono necessari due set di carico con dq/dy di segno opposto. Il primo set a destra sarà applicato solo alle aste con $y < y_0$ e viceversa.

asse globale e agente parallelamente al piano degli altri due assi. La direzione è definita dalle componenti di V lungo questi due assi. I parametri $q(x_0)$ e x_0 assegnano il valore del carico ad una data quota. Il parametro dq_x/q_x definisce la variazione del carico con la quota.

Ad esempio, per il diagramma di carico ripartito in funzione di Z (tipo 18), i parametri 1,1,10.5 introducono un carico ripartito di valore costante di 10.5. Il carico è diretto lungo la diagonale degli assi X, Y . Viceversa, assegnando i cinque parametri seguenti: 1,1,10.5,30,-2, si ottiene un diagramma di carico a farfalla, orientato allo stesso modo, con valore 10.5. per $z = 30$ con $dq / dz = -2$. Per $z = 0$ sarà $q = 70.5$, mentre per $z = 50$ sarà $q = -29.5$.

3.9.3. Comandi del menu

I comandi contenuti in questo menu sono relativi a tutte le procedure per l'assegnazione dei carichi nella struttura.

DEFINISCI CARICHI BASE



Consente l'inserimento di tutti i set di carico che si vuole utilizzare nel dimensionamento della struttura da calcolare.



La finestra
GESTIONE CARICHI BASE
DA INSERIRE NELLE ASTE

Eseguendo il comando viene visualizzata la finestra inserimento **GESTIONE CARICHI BASE DA INSERIRE NELLE ASTE**, che riassume la lista dei carichi inseriti nel progetto.

NUOVA

Consente di inserire un nuovo carico. Viene visualizzata la finestra **INSERIMENTO NUOVO CARICO**, dalla quale è possibile operare le scelte sui carichi. Per ogni dettaglio sulle 19 tipologie di carico contemplate dal solutore, si rimanda al paragrafo precedente.



MODIFICA	Consente di modificare il carico selezionato.
----------	---

ELIMINA	Consente di eliminare il carico selezionato.
---------	--

ASSEGNA I CARICHI ALLE TRAVI



Consente di assegnare alle aste preventivamente selezionate i carichi a scelta tra i set di carico precedentemente definiti, inquadrandoli in otto casi di carico che si omogeneizzano alle condizioni definite dal metodo agli stati limite ultimi:

- A - azioni permanenti a sfavore di sicurezza;
- B - azioni permanenti a sfavore di sicurezza;
- C - azioni variabili di base;
- D - azioni variabili tra loro indipendenti;
- E - azioni variabili tra loro indipendenti;
- F - azioni variabili tra loro indipendenti;
- G - azioni variabili tra loro indipendenti;
- H - azioni permanenti a favore di sicurezza.

Questa suddivisione, ideata dall'autore, e pertanto modificabile (facendo attenzione a cambiare la posizione dei coefficienti di partecipazione della massa negli spettri SLD e SLU, agevola l'applicazione dei coefficienti moltiplicativi per l'assegnazione dei carichi e delle masse agli stati limite.

Una volta eseguito il comando, viene visualizzata la finestra SCELTA CARICO DA ASSEGNARE.



La finestra
SCELTA CARICO DA ASSEGNARE

SCEGLI IL TIPO DI CARICO...	Lista dei tipi di carico da assegnare alle aste selezionate. Appariranno nella lista i carichi base definiti precedentemente.
-----------------------------	---

SCEGLI IL CASO DI CARICO...	Menu a tendina da cui occorre selezionare uno degli otto casi di carico previsti.
-----------------------------	---

ASSEGNA	Assegna il tipo e il caso di carico scelti alle aste selezionate.
---------	---

ESCI SENZA ASSEGNARE	Chiude la finestra senza avere applicato alcuna modifica alle aste selezionate.
----------------------	---

AZZERA CARICHI SULLE ASTE



Consente di azzerare tutti i carichi precedentemente assegnati alle aste della struttura preventivamente selezionate (**ATTENZIONE:** non i carichi assegnati ai nodi). Una volta eseguito il comando, per operare l'effettiva eliminazione dei carichi occorre cliccare su SI alla richiesta di conferma che viene visualizzata.

VEDI CARICHI SULLE TRAVI



Per un struttura di dimensioni considerevoli può risultare difficoltoso capire, magari in un tempo successivo, quale delle aste è caricata, e con quali carichi. Per ovviare a questo inconveniente è possibile eseguire questo comando, che permette di osservare graficamente come sono caricate le aste. Viene visualizzata la finestra scelta CARICO DA VISUALIZZARE, nella quale è possibile inserire i filtri di visualizzazione, scegliendo pertanto cosa effettivamente visualizzare, tra i tipi e i casi di carico. La visualizzazione mostrerà in rosso le aste caricate.



La finestra
SCELTA CARICO DA VISUALIZZARE

ASSEGNA CARICHI AI NODI



Consente di assegnare ai nodi preventivamente selezionati:

- la condizione di carico scelta;
- i carichi (forze e momenti secondo X, Y, Z).

ATTENZIONE

Si ricorda che l'unità di misura per il carico è il decaNewton (daN), corrispondente a 0,981 Kg ed i cm.



La finestra
INSERIMENTO CARICHI NODI

AZZERA CARICHI AI NODI

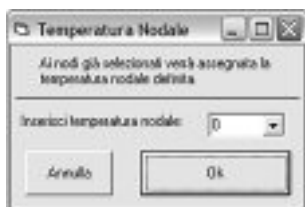

Consente di azzerare tutti i carichi espliciti precedentemente assegnati ai nodi della struttura preventivamente selezionati (**ATTENZIONE:** non i carichi assegnati alle aste). Una volta eseguito il comando, per operare l'effettiva eliminazione dei carichi occorre cliccare su SI alla richiesta di conferma che viene visualizzata.

VEDI CARICHI AI NODI


Funzionamento del tutto identico al comando VEDI CARICHI SULLE TRAVI descritto in precedenza.

ASSEGNA TEMPERATURA NODALE


Consente di assegnare ai nodi preventivamente selezionati valori espliciti di temperatura nodale. Viene visualizzata la finestra TEMPERATURA NODALE, che contiene un menu a tendina dal quale scegliere il valore di temperatura da inserire. Da utilizzare quando si prevede che parti della struttura avranno condizioni ambientali con temperature diverse.



**La finestra
TEMPERATURA NODALE**

ASSEGNA MASSE DINAMICHE AI NODI

COMANDO FONDAMENTALE	omettendo o trattando erroneamente i dati di input ad esso relativi si rischia di produrre notevoli errori nell'analisi dinamica. La Circolare P.C.M. 3274/2003, al punto 3.3 definisce infatti esplicitamente la compartecipazione tra le masse applicate nei vari stati limite.
---------------------------------	---

Consente di assegnare ai nodi preventivamente selezionati le masse che partecipano esplicitamente all'analisi dinamica, applicate direttamente nel caso di carico scelto. I valori inseriti sono lordi e saranno moltiplicati per i coefficienti definiti nella finestra PARAMETRI SISMICI (menu DATI DI CALCOLO > PARAMETRI SISMICI). Viene visualizzata la finestra MASSE DINAMICHE AI NODI, dalla quale è possibile scegliere il caso di carico da applicare e i valori di massa:

m_x = massa effettiva per i soli effetti dinamici in direzione globale X;
 m_y = massa effettiva per i soli effetti dinamici in direzione globale Y;
 m_z = massa effettiva per i soli effetti dinamici in direzione globale Z;
 m_{xx} = momento di inerzia polare intorno alla direzione globale X;

m_{yy} = momento di inerzia polare intorno alla direzione globale Y;

m_{zz} = momento di inerzia polare intorno alla direzione globale Z.



La finestra
MASSE DINAMICHE AI NODI

ATTENZIONE

Si ricorda che l'unità di misura delle masse è data da: $[M] = [F/l/s^2]$. Ipotizzando ad esempio di voler applicare una massa nodale di 2500 Kg si dovrà inserire il valore 2.548, in quanto $2500 \text{ Kg } [M] = 2500/981 = 2.548 \text{ [daN/cm/s}^2]$.

I momenti di inerzia polare vanno espressi in $\mathbf{M} \cdot \mathbf{l}^2$. Per esempio, per simulare l'effetto dinamico della massa del precedente esempio posta a 50 cm dal punto di applicazione di essa, si dovrà inserire il valore:

$$2.548 \text{ [daN/cm/s}^2] \cdot 50 \text{ cm} = 127.4 \text{ [daN/cm}^3/\text{s}^2]$$

Il loro utilizzo è strettamente consigliato a chi ha dimestichezza con questi parametri che, se non correttamente usati, possono produrre effetti indesiderati.

AZZERA MASSE NODALI

Consente di azzerare tutte le masse esplicite precedentemente assegnate ai nodi della struttura preventivamente selezionati. Una volta eseguito il comando, per operare l'effettiva eliminazione dei carichi occorre cliccare su SI alla richiesta di conferma che viene visualizzata.

VEDI MASSE NODALI

Funzionamento del tutto identico al comando VEDI CARICHI SULLE TRAVI descritto in precedenza.

COMBINAZIONI DI CARICO



Progetto Acciaio consente di esaminare contemporaneamente qualunque numero di condizioni di carico strutturale. Ciascuno di questi è, nel caso più generale, formato dalla compresenza di:

- una serie di carichi nodali (forze e momenti concentrati ai nodi);
- una combinazione lineare casi di carico di elemento (massimo otto), denominati A - B - C - D - E - F - G - H.

Indicando con N_i i carichi nodali della condizione i_{esima} e con $a_i, b_i, c_i, d_i, \dots, h_i$ i moltiplicatori dei casi A - B - C - D - ... - H si ha:

$$\text{Carico}_i = N_i + a_i A + b_i B + c_i C + d_i D + \dots + h_i H$$

Mentre i carichi A - B - C - D - E - F - G - H vengono definiti nella procedura di assegnazione dei carichi alle aste (menu CARICHI > ASSEGNA I CARICHI ALLE TRAVI) e i vettori di carico nodale N_i sono assegnati nella procedura di assegnazione dei carichi ai nodi, i coefficienti della combinazione lineare a_i, b_i, \dots , vengono assegnati (in maniera totale o parziale) mediante questo comando. Il vettore carichi nodali N_i della i_{esima} condizione di carico strutturale è assegnato dall'operatore solo parzialmente, per le componenti non nulle. Se non è assegnata alcuna forza o momento concentrato in nessun nodo, il vettore N_i risulta nullo. Con i moltiplicatori a_i, b_i, c_i e d_i è possibile amplificare o eventualmente escludere uno o tutti i casi di carico.

Nel caso in cui si desideri eseguire esclusivamente il calcolo delle frequenze proprie e dei modi di vibrare, sarà sufficiente inserire solo le caratteristiche di rigidità e massa e nessuna forza esterna che, se presente, verrà ignorata. Nel caso che non sia dichiarata alcuna condizione di carico, il calcolo sarà completato più rapidamente e le richieste di memoria su disco saranno minori, in quanto le matrici sforzi-spostamenti non sono generate.

Questo è l'ultimo e più importante passo per la definizione dei carichi nella struttura. La Circolare P.C.M. 3276/2003 al punto 3.3, prescrive che la verifica allo stato limite ultimo (SLU) o di danno (SLD) deve essere effettuata per la seguente combinazione degli effetti della azione sismica con le altre azioni:

$$\gamma_1 \cdot E + G_k + P_k + \Sigma (\psi_{ji} \cdot Q_{ki})$$

dove:

$\gamma_1 \cdot E$

è l'azione sismica per lo stato limite in esame;

G_k

sono i carichi permanenti al loro valore caratteristico;

P_k

è il valore caratteristico dell'azione di precompressione, a cadute di tensione avvenute;

$\psi_{ji} = \psi_{2i}$ (SLU)

è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente della azione variabile Q_i ;

$\psi_{0i} \cdot Q_{ki} (SLD)$ è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro della azione variabile Q_i ;

Q_{ki} è il valore caratteristico dell'azione variabile.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_k + \Sigma (\psi_{Ei} \cdot Q_{ki})$$

dove:

ψ_{ei} è il coefficiente di combinazione dell'azione variabile Q_i , che tiene conto della probabilità che tutti i carichi $\psi_{0i} \cdot Q_{ki} (SLD)$ o $\psi_{2i} \cdot Q_{ki} (SLU)$ siano presenti sull'intera struttura in occasione del sisma, e si ottiene moltiplicando ψ_{0i} o ψ_{2i} per φ . I valori dei coefficienti ψ_{0i} , ψ_{2i} e φ sono riportati nelle successive tabelle.

DESTINAZIONE D'USO	ψ_{0i}	ψ_{2i}
Abitazioni, uffici	0,70	0,30
Uffici aperti al pubblico, scuole, negozi, autorimesse	0,70	0,60
Tetti e coperture con neve	0,70	0,20
Magazzini, archivi, scale	1,00	0,80
Vento	0,00	0,00

CARICHI AI PIANI		φ
Carichi indipendenti	Copertura	1,0
	Altri piani	0,5
Archivi		1,0
Carichi correlati ad alcuni piani	Copertura	1,0
	Piani con carichi correlati	0,8
	Altri piani	0,5

Attraverso il comando COMBINAZIONI DI CARICO è possibile inserire tutte le combinazioni di carico che si ritengono indispensabili per descrivere lo stato più gravoso in termini di resistenza e deformabilità. È possibile inserire condizioni di carico solo statiche o statiche contemporaneamente al calcolo sismico con l'opzione dello spettro SLD o SLU.



**La finestra
GESTIONE CONDIZIONI DI CARICO**

Viene visualizzata la finestra GESTIONE CONDIZIONI DI CARICO, dalla quale è possibile selezionare le singole condizioni di carico e nella quale occorre inserire i coefficienti per ogni singola famiglia di carichi. Progetto Acciaio esegue separatamente il calcolo statico ed il calcolo sismico che tiene conto del peso proprio e delle masse esplicite applicate sia in regime di stato limite di danno che di stato limite ultimo.

È possibile, pertanto, inserire contemporaneamente alle azioni statiche anche le azioni sismiche provenienti dal calcolo dell'analisi sismica con spettro di risposta SLD o SLU.

Nel caso di contemporaneità tra statico e sismico Progetto Acciaio procederà alla somma dei loro valori.

Bisogna però prestare attenzione nella definizione dello STD (Condizione statica di Danno), STU (Condizione statica di Ultima), SLD e SLU. Nella fase di verifica delle aste, successiva al calcolo agli elementi finiti, viene eseguita la verifica di resistenza tenendo conto delle sole condizioni STU e SLU, mentre le condizioni STD e SLD vengono utilizzate solo per le verifiche di deformabilità.

NUOVA

Viene visualizzata la finestra INSERIMENTO NUOVA CONDIZIONE DI CARICO, che consente l'inserimento di una nuova condizione di carico. È possibile denominarla attraverso l'input nel primo campo di testo in alto, selezionare i valori da inserire per A - B - C - D - E - F - G - H e selezionare l'opportuna categoria cui essa appartiene tra le quattro opzioni disponibili.



La finestra
INSERIMENTO NUOVA
CONDIZIONE DI CARICO

3.10. MENU ELABORAZIONI

3.10.1. Comandi del menu

I comandi contenuti in questo menu consentono di attivare le diverse procedure di calcolo. Per tutti i dettagli teorici si rimanda al capitolo 2 e all'appendice A.

CALCOLO MODELLO FEM

[F4]

Tramite questo comando i dati vengono trasferiti al solutore MicroSap. Le opzioni di default consentono il calcolo nella maniera più veloce.

VERIFICA DEI DATI DI INPUT	Eseguito prima di avviare il calcolo, consente di verificare la correttezza dei dati di input. In particolare la procedura verifica che non siano stati inseriti dati erroneamente, controllando che: <ul style="list-style-type: none"> • non vi siano aste di lunghezza nulla ovvero con i nodi i e j coincidenti; • non vi siano aste identiche ovvero con gli stessi nodi i e j; • vi sia almeno una condizione di carico.
VUOI GENERARE IL FILE .OUT DI MICROSAP?	Comando necessario per conoscere i coefficienti di moltiplicazione modale per ogni modo e le masse partecipanti nelle analisi sismiche per poi successivamente calcolare manualmente le deformazioni e sollecitazioni.
ATTIVA CONSOLE	Visualizza in un'apposita finestra tutti i passaggi effettuati dal solutore sia in modalità semplificata che completa.
CANCELLA FILE DI LAVORO	Elimina tutti i file temporanei creati dal solutore.
CONCLUSIONE AUTOMATICA	Esegue il calcolo rapidamente. (Evita una ulteriore finestra di fine calcolo).

Dopo la fase dedicata alla diagnostica, ed accertato che vi siano nella struttura inserita i requisiti minimi per lanciare il calcolo, occorre eseguire le quattro procedure di calcolo. Queste devono essere eseguite *tutte*, con ordine sequenziale. Un segno di spunta posizionato a destra del tasto di ogni fase di calcolo ne indicherà la completa esecuzione.

ESEGUI IL CALCOLO STATICO	Esegue il calcolo agli elementi finiti del modello strutturale, tenendo conto di tutte le condizioni di carico definite senza esecuzione del modulo dinamico.
ESEGUI IL CALCOLO SISMICO SLD	Il calcolo sismico SLD viene eseguito secondo i parametri definiti dalla normativa e selezionabili attraverso il comando PARAMETRI SISMICI del menu DATI DI CALCOLO, con la partecipazione di massa secondo i coefficienti di partecipazione definiti per lo stato limite di danno sempre nella stessa finestra.
ESEGUI IL CALCOLO SISMICO SLU	Questo calcolo viene eseguito secondo i parametri definiti dalla normativa e selezionabili attraverso il MENU DATI DI CALCOLO nella finestra PARAMETRI SISMICI con la partecipazione di massa secondo i coefficienti di partecipazione definiti per lo stato limite ultimo sempre nella stessa finestra.

ESEGUI IL CALCOLO INVILUPPI Il comando consente l'accesso ad una fase ulteriore che serve ad effettuare le ultime fondamentali operazioni di somma di tutte le varie combinazioni di carico. Il solutore scrive un file di estensione .rst di dimensioni proporzionali al numero delle aste (può arrivare fino a 3-4 Mb). Al fine di rendere fluida la lettura di tutti i risultati da tutte le finestre di visualizzazione grafica o tabellare per ogni condizione di carico, questo viene spezzato in tanti piccoli file molto più snelli da leggere. Successivamente alla fase di frazionamento del file principale, alle condizioni di carico sismico vengono sommati e sottratti i valori ottenuti dalla composizione modale (viene effettuata perdendo il segno dei valori infatti sono valori sempre positivi).

COD. STATO Codice restituito dal solutore che indica in che punto dell'elaborazione si è interrotto il calcolo. Molto comodo per individuare, insieme al codice di errore, in che punto si è bloccata l'elaborazione).

COD. ERRORE Eventuali errori di elaborazione vengono riportati in questa parte della finestra. Le specifiche di ogni codice di errore sono riportate nel paragrafo 2.12 *Errori nell'assegnazione dei dati*.

VERIFICA ACCIAIO ASTE

[F5]

Il comando consente di effettuare diverse verifiche (secondo le norme CNR UNI10011/88) sulle aste che compongono la struttura da calcolare. Questa procedura, insieme al calcolo agli elementi finiti, è una delle più importanti e delicate di tutto il software. Prima di selezionare le aste da verificare sarà indispensabile aver effettuato il calcolo agli elementi finiti.



La finestra
VERIFICA ASTE IN ACCIAIO

È possibile effettuare verifiche di due tipi:

- per le condizioni di carico definite a stato limite ultimo (verifiche di resistenza e stabilità);
- per le condizioni di carico definite a stato limite del danno.

Il modulo passa in rassegna tutte le aste selezionate e per ogni condizione di carico, a seconda se faccia parte dell'una o dell'altra famiglia, effettua la verifica di resistenza o di deformabilità.

Tutti i risultati delle verifiche previste per le aste selezionate saranno trasferiti ad un file .rtf nella posizione nella cartella di installazione di Progetto Acciaio.

MATERIALE ASTE SELEZIONATE Gli acciai laminati a caldo utilizzati attualmente in Italia e previsti dalle norme italiane e dall'Eurocodice 3 sono: Fe360, Fe430 e Fe510.

TIPO DI ACCIAIO	STATI LIMITE	
	f_y , N/mm ²	
	t < 40 mm	t > 40 mm
Fe 360	235	210
Fe 430	275	250
Fe 510	355	315

Il numero rappresenta la tensione di rottura f_y in N/mm², e t è lo spessore del profilato.

DEFORMAZIONE MAX AMMISSIBILE È possibile impostare i tre valori fondamentali previsti dal punto 4.2.1.1. della CNR-UNI 10011/88, di seguito riportato: *“Le frecce degli elementi delle strutture edilizie devono essere contenute quanto è necessario perché non ne derivano danni alle opere complementari in genere ed in particolare alle murature di tamponamento ed ai relativi intonaci. Indicativamente devono almeno essere rispettati i seguenti limiti. Per le travi dei solai la freccia dovuta al solo sovraccarico non deve superare **1/400** della luce. Per le travi caricate direttamente o indirettamente da muri o da pilastri, la freccia totale, dovuta al carico permanente ed al sovraccarico, non deve superare **1/500** della luce. Tale limitazione vale anche per travi caricate da tramezzi qualora non si adottino provvedimenti cautelativi per limitare il pericolo di danneggiamento e fessurazione dei tramezzi stessi. Per gli sbalzi si possono assumere le limitazioni di cui sopra con riferimento ad una luce pari a due volte la lunghezza dello sbalzo. Per gli arcarecci e gli elementi inflessi dell'orditura minuta delle coperture, la freccia totale, dovuta al carico permanente ed al sovraccarico, non deve superare **1/200** della luce”*.

SCELTA TIPO DI VERIFICA Il modulo di verifica divide le aste in due tipologie distinte: travi-pilastri e reticolari (opzione da selezionare nel caso in cui si ritiene che delle aste abbiano i momenti M_1 e M_2 trascurabili rispetto allo sforzo normale).

DIMENSIONAMENTO A TORSIONE	È possibile scegliere se verificare le travi anche con la sollecitazione M_1 (torsione) o meno.
TIPO VERIFICA	Se è stata selezionata l'opzione SCELTA TIPO DI VERIFICA > TRAVI E PILASTRI è possibile scegliere tra RESISTENZA e RESISTENZA E STABILITÀ. TIPO VERIFICA. Se è stata selezionata l'opzione SCELTA TIPO DI VERIFICA > RETICOLARI è possibile scegliere tra ASTE SEMPLICI; IMBOTTITURA - NUMERO; IMBOTTITURA - INTERASSE; CALASTRELLI - NUMERO; CALASTRELLI - INTERASSE. Il calcolo verrà eseguito in tutti i punti significativi per ogni tipologia di sezione.
TABELLA Ω	La tabella dei coefficienti O è indispensabile per la verifica di Stabilità e Svergolamento prevista nel punto 7.2 della CNR-UNI 10011/88.
B_2	Coefficiente di vincolo nel piano 12.
B_3	Coefficiente di vincolo nel piano 13.
MOMENTO EQ.	Momento equivalente può essere di tipo lineare o generico. Diversificazione prevista dalla CNR-UNI 10011/88.

3.11. MENU RISULTATI

I comandi contenuti in questo menu sono relativi a tutte le procedure di visualizzazione dei risultati grafici e numerici ottenuti dalla rielaborazione dei dati inseriti in fase di definizione della struttura da calcolare. A tal fine sono stati realizzati tre fogli che raccolgono i valori:

- di tutte le deformazioni;
- delle caratteristiche di sollecitazione;
- delle reazioni vincolari.

Oltre alla parte tabulare sono inoltre predisposte delle routine di visualizzazione grafica per ogni situazione di carico.

SI FA PRESENTE CHE I VALORI PROVENIENTI DALLA COMPOSIZIONE MODALE SONO VALORI **EFFETTIVI**, MENTRE QUELLI DEI SINGOLI MODI SONO **NORMALIZZATI**.

ATTENZIONE

Nella consuetudine della programmazione di calcolo strutturale i passaggi intermedi tra l'inserimento dei dati ed i risultati dell'elaborazione non vengono mostrati all'utente finale, scelta giustificata dal limitato interesse che in effetti possono avere tali passaggi, considerando che l'effettivo dimensionamento avviene con l'involuppo di tutti i valori separati. Progetto Acciaio, inoltre, consente a chi volesse entrare nel cuore del singolo passaggio di verifica, la lettura di tutti i risultati in condizioni statiche, in tutti i modi estratti nella verifica con lo spettro in stato limite ultimo e stato limite del danno e le successive combinazioni.

3.11.1. Comandi del menu

INTERROGA NODI (SELEZIONANDOLI SINGOLARMENTE)

Il comando consente, selezionandoli singolarmente, l'accesso alla finestra INFORMAZIONI NODI, nella quale sono riportati il numero, le coordinate e le condizioni di vincolo di ogni nodo selezionato, nonché tutti i risultati in tutte le condizioni. Non necessita di selezione preliminare di nodi.

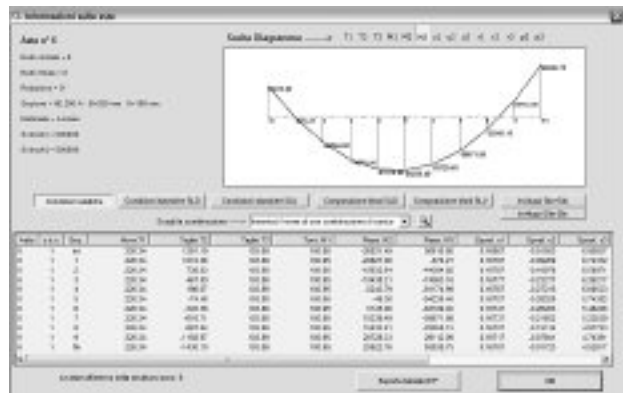
**La finestra
INFORMAZIONI SUI NODI**



INTERROGA ASTE (SELEZIONANDO SINGOLARMENTE)

Consente di interrogare una singola asta ottenendo le principali informazioni di input nonché tutti i risultati con i relativi grafici. Non necessita di preventiva selezione.

**La finestra
INFORMAZIONI SULLA ASTE**



SPOSTAMENTI NODI [F6]

Il comando consente l'accesso alla finestra LISTA RISULTATI SPOSTAMENTI NODI, nella quale sono riportati tutti gli spostamenti nodali in tutte le situazioni, sia statiche che dinamiche. La finestra è composta principalmente dalla tabella dei risultati, composta, secondo l'ordine, dalle colonne di seguito descritte.

N... Numero identificativo del nodo.

C.D.C. Tipologia della condizione di carico assegnata per il nodo.

UX - UY - UZ Spostamenti secondo le tre direzioni X, Y e Z.

RX - RY - RZ Rotazioni intorno i tre assi X, Y e Z.



La finestra
LISTA RISULTATI
SPOSTAMENTI NODI

È possibile settare la lista sopra descritta attraverso i comandi eseguibili dai tasti di seguito descritti.

CONDIZIONI
STATICHE Consente di caricare i valori relativi alle condizioni statiche.

CONDIZIONI
SISMICHE SLD Consente di caricare i valori relativi alle condizioni sismiche in Stato limite di danno.

CONDIZIONI
SISMICHE SLU Consente di caricare i valori relativi alle condizioni sismiche in Stato limite ultimo.

COMPOSIZIONE
MODI SLD Consente di caricare i valori relativi alla composizione delle condizioni sismiche in Stato limite di danno.

COMPOSIZIONE
MODI SLU Consente di caricare i valori relativi alla composizione delle condizioni sismiche in Stato limite ultimo.

INVILUPPI STA + SIS Consente di caricare i valori relativi agli involuppi nei casi in cui vi sono carichi Statici contemporaneamente alle Condizioni Sismiche. Nella fase di composizione dei modi si perde il segno dei valori che vengono rappresentati in valore assoluto. Pertanto è necessario l’involuppo nei due casi di somma e sottrazione. In questo caso vengono rappresentati quelli nel caso STATICO+SISMICO.

INVILUPPI STA - SIS Consente di caricare i valori relativi agli involuppi nei casi in cui vi sono carichi statici contemporaneamente alle condizioni sismiche. Nella fase di composizione dei modi si perde il segno dei valori che vengono rappresentati in valore assoluto. Pertanto è necessario l'involuppo nei due casi di somma e sottrazione. In questo caso vengono rappresentati quelli nel caso STATICO-SISMICO.

SCEGLI LA COMBINAZIONE Consente di caricare i dati relativi alla combinazione selezionata.

ESPORTA TABELLA RTF Consente di esportare l'intera tabella in formato .rtf, compatibile con i più comuni programmi di elaborazione testi (ad esempio il Word).

SOLLECITAZIONI ASTE

[F7]

Viene visualizzata la finestra LISTA RISULTATI ASTE, che riassume le caratteristiche di sollecitazione di tutte le aste che compongono la struttura da calcolare in tutte le situazioni, sia statiche che dinamiche.

Per ogni asta vengono considerati 11 punti:

- punto iniziale;
- 9 punti intermedi;
- punto finale.

La finestra è composta principalmente dalla tabella dei risultati, composta, secondo l'ordine, dalle colonne di seguito descritte.

The screenshot shows a software window titled "Lista Risultati Aste". It contains a table with the following columns: Asta, Tipo, and several columns of numerical data. The table lists results for multiple beams (Asta) and their types (Tipo). The data includes values for different load conditions and points along the beam.

**La finestra
LISTA RISULTATI ASTE**

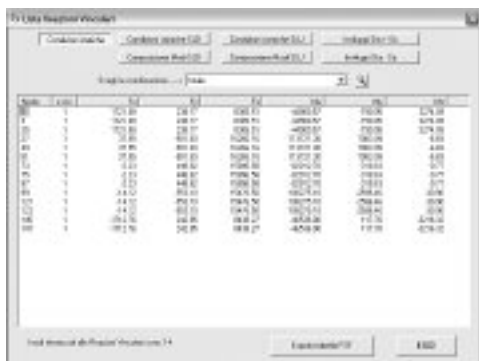
ASTA Numero identificativo dell'asta.

C.D.C. Tipologia della condizione di carico assegnata per il nodo.

SEZ.	Indicazione che consente di conoscere di quale degli 11 punti verificati sono riportate le sollecitazioni. La dicitura FIN indica il punto finale; la dicitura INI indica il punto iniziale; i numeri da 1 a 9 indicano i nove punti intermedi dell'asta.
NORM T1	Valore in daN dello sforzo secondo l'asse 1 (sforzo normale).
TAGLIO T2	Valore in daN dello sforzo secondo l'asse 2 (sforzo di taglio in direzione 2).
TAGLIO T3	Valore in daN dello sforzo secondo l'asse 3 (sforzo di taglio in direzione 3).
TORS. M1	Valore in daN · cm del momento intorno l'asse 1 (momento torcente).
FLESS. M2	Valore in daN · cm del momento intorno l'asse 2 (momento flettente intorno l'asse 2).
FLESS. M3	Valore in daN · cm del momento intorno l'asse 3 (momento flettente intorno l'asse 3).
SPOST. U1	Valore in cm dello spostamento secondo l'asse 1.
SPOST. U2	Valore in cm dello spostamento secondo l'asse 2.
SPOST. U3	Valore in cm dello spostamento secondo l'asse 3.
ROT. U1	Valore in radianti della rotazione intorno l'asse 1.
ROT. U2	Valore in radianti della rotazione intorno l'asse 2.
ROT. U3	Valore in radianti della rotazione intorno l'asse.

REAZIONI VINCOLARI

[F8]



Viene visualizzata la finestra LISTA REAZIONI VINCOLARI, che riassume tutte le reazioni vincolari degli elementi che compongono la struttura, in tutte le situazioni sia statiche che dinamiche. Il funzionamento della finestra è del tutto simile a quello delle finestre LISTA RISULTATI SPOSTAMENTI VINCOLI e LISTA RISULTATI ASTE, già descritte.

La finestra
LISTA REAZIONI VINCOLARI

VEDI DEFORMATA (CONDIZIONI STATICHE)

Viene visualizzata la finestra DEFORMATE STRUTTURA, che consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle deformate relative ad ogni condizione di carico statico (senza sisma anche se è presente nella condizione).

**La finestra
DEFORMATE STRUTTURA**

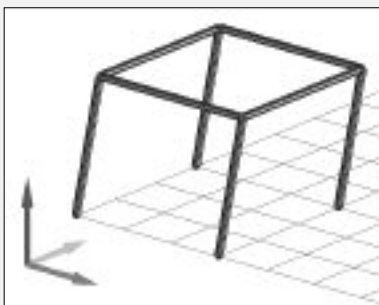


VEDI DEFORMATA Consente di visualizzare la deformata della struttura, secondo la combinazione e il fattore di scala prescelti.

VEDI ANIMAZIONE Consente di visualizzare un'animazione della deformazione della struttura, secondo la combinazione e il fattore di scala prescelti. Questo comando risulta molto utile per percepire l'esatta deformata sotto carico statico e/o dinamico.

**SCEGLI
COMBINAZIONE** Menu a tendina dal quale è possibile selezionare il tipo di combinazione di carico per il quale si desidera visualizzare la deformata e/o l'animazione.

**Visualizzazione della deformata
di una semplice struttura**



FATTORE DI SCALA Campo testo in cui inserire il valore di amplificazione della visualizzazione della deformata. Non è possibile definire a priori un valore ben preciso. L'utente ha la possibilità di inserire qualunque fattore di scala, secondo le proprie esigenze.

VEDI DIAGRAMMI (CONDIZIONI STATICHE)

Viene visualizzata la finestra DIAGRAMMI IN CONDIZIONI STATICHE, nella pagina seguente che consente di gestire la visualizzazione, nella scala prescelta, delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione per ogni condizione di carico statico (senza sisma anche se è presente nella condizione).

**La finestra
DIAGRAMMI IN CONDIZIONI STATICHE**



N	Visualizzazione del diagramma di sforzo normale.
T2	Visualizzazione del diagramma di taglio in direzione 2.
T3	Visualizzazione del diagramma di taglio in direzione 3.
M1	Visualizzazione del diagramma di momento torcente.
M2	Visualizzazione del diagramma di momento flettente intorno all'asse 2.
M3	Visualizzazione del diagramma di momento flettente intorno all'asse 3.
U1	Visualizzazione degli spostamenti secondo la direzione 1.
U2	Visualizzazione degli spostamenti secondo la direzione 2.
U3	Visualizzazione degli spostamenti secondo la direzione 3.
R1	Visualizzazione delle rotazioni intorno alla direzione 1.
R2	Visualizzazione delle rotazioni intorno alla direzione 2.
R3	Visualizzazione delle rotazioni intorno alla direzione 3.
SCEGLI COMBINAZIONE	Menu a tendina dal quale è possibile selezionare il tipo di combinazione di carico per il quale si desidera visualizzare la deformata e/o l'animazione.
FATTORE DI SCALA	Campo testo in cui inserire il valore di amplificazione della visualizzazione dei diagrammi.

VEDI REAZIONI VINCOLARI (CONDIZIONI STATICHE)

Viene visualizzata la finestra REAZIONI VINCOLARI STRUTTURA, che consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle reazioni vincolari relative ad ogni condizione di carico statico (senza sisma anche se è presente nella condizione). Il funzionamento della finestra è del tutto simile a quello delle finestre LISTA RISULTATI SPOSTAMENTI VINCOLI e LISTA RISULTATI ASTE, già descritte.



La finestra
LISTA REAZIONI VINCOLARI

VEDI DEFORMATE MODALI (SPETTRO SLD)

Gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle deformate per ogni

modo estratto dal calcolo sismico con spettro a stato limite del danno (solo sisma). Valori normalizzati.

VEDI DIAGRAMMI (CONDIZIONI SISMICHE-SPETTRO SLD)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione per ogni modo estratto dal calcolo sismico con spettro a stato limite del danno (solo sisma). Valori normalizzati.

VEDI REAZIONI VINCOLARI (CONDIZIONI SISMICHE-SPETTRO SLD)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle reazioni vincolari per ogni modo estratto dal calcolo sismico con spettro a stato limite del danno (solo sisma). Valori normalizzati.

VEDI DEFORMATE MODALI (SPETTRO SLU)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle deformate per ogni modo estratto dal calcolo sismico con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori normalizzati.

VEDI DIAGRAMMI (CONDIZIONI SISMICHE-SPETTRO SLU)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione per ogni modo estratto dal calcolo sismico con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori normalizzati.

VEDI REAZIONI VINCOLARI (CONDIZIONI SISMICHE-SPETTRO SLU)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle reazioni vincolari per ogni modo estratto dal calcolo sismico con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori normalizzati.

VEDI DEFORMATA DA COMPOSIZIONE MODI (SPETTRO SLD)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle deformate per la combinazione sismica con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori effettivi.

VEDI DIAGRAMMI DA COMPOSIZIONE MODI (SPETTRO SLD)

Gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione per la combinazione sismica con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori effettivi.

VEDI REAZIONI VINCOLARI DA COMPOSIZIONE MODI (SPETTRO SLD)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle reazioni vincolari per la combinazione sismica con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori effettivi.

VEDI DEFORMATA DA COMPOSIZIONE MODI (SPETTRO SLU)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle deformata per la combinazione sismica con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori effettivi.

VEDI DIAGRAMMI DA COMPOSIZIONE MODI (SPETTRO SLU)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione per la combinazione sismica con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori effettivi.

VEDI REAZIONI VINCOLARI DA COMPOSIZIONE MODI (SPETTRO SLU)

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle reazioni vincolari per la combinazione sismica con spettro a stato limite ultimo (solo sisma). Valori effettivi.

VEDI DEFORMATA INVILUPPO STATICO + SISMA SLD + SISMA SLU

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, della deformata per la combinazione inviluppo statico e sismico. Valori effettivi.

VEDI DIAGRAMMI INVILUPPO STATICO + SISMA SLD + SISMA SLU

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle caratteristiche di sollecitazione e deformazione per la combinazione inviluppo statico e sismico. Valori effettivi.

VEDI REAZIONI VINCOLARI INVILUPPO STATICO + SISMA SLD + SISMA SLU

Consente la gestione della visualizzazione, nella scala prescelta, delle reazioni vincolari per la combinazione inviluppo statico e sismico. Valori effettivi.

3.12. MENU SELEZIONE

3.12.1. La procedura di selezione

La procedura di selezione rappresenta una parte fondamentale per la generazione e la modifica dei nodi e delle aste che compongono la struttura da calcolare; quasi tutte le routine di generazione (COPIA, RUOTA, SPOSTA, MODIFICA) devono essere precedute dalla selezione dei nodi o delle aste. Progetto Acciaio, a tal proposito, dispone di una serie di procedure finalizzate a rendere questa fase molto veloce e precisa. In alcune situazioni la selezione può risultare difficoltosa, soprattutto quando la vista impostata mostra sovrapposizioni di elementi strutturali e pertanto potrebbe risultare utile escludere la visualizzazione solida delle aste o eliminarne temporaneamente la vista. Nel caso delle aste risulta più facile

effettuare la selezione se si è impostata la modalità VISTA SOLIDA. Se la struttura è costituita da centinaia di nodi e di aste, la selezione potrebbe subire qualche piccolo rallentamento. Il comando DESELEZIONA TUTTO può essere sostituito dalla pressione del tasto [ESC].

ATTENZIONE

La selezione puntuale di ogni elemento (nodo o asta) è sempre attiva senza necessità di avviare alcuna procedura.


3.12.2. I comandi del menu

SELEZIONA BOX

[ALT+B] 


Consente di selezionare tutti i nodi e le aste che si trovano all'interno di una finestra di selezione. Dopo avere eseguito il comando è necessario cliccare sui due punti che rappresentano i vertici opposti della finestra di selezione.

SELEZIONA TUTTI I NODI

[ALT+N] 

Consente di selezionare tutti i nodi che costituiscono la struttura.

SELEZIONA TUTTE LE ASTE

[ALT+A] 

Consente di selezionare tutte le aste che costituiscono la struttura.

SELEZIONA SINGOLO NODO NUMERICAMENTE



Viene visualizzata la finestra SELEZIONE NODO SINGOLO (NUMERICAMENTE) mediante la quale è possibile richiamare, tramite il suo numero identificativo, uno specifico nodo della struttura. Ciò risulta particolarmente utile quando si ha una struttura molto complessa e risulta impegnativo individuare un nodo con precisione.

La finestra

SELEZIONE NODO SINGOLO (NUMERICAMENTE)



SELEZIONA SINGOLA ASTA NUMERICAMENTE

**La finestra**

SELEZIONE ASTA SINGOLA (NUMERICAMENTE)



Viene visualizzata la finestra SELEZIONE ASTA SINGOLA (NUMERICAMENTE) mediante la quale è possibile richiamare, tramite il suo numero identificativo, una singola asta della struttura. Ciò risulta particolarmente utile quando si ha una struttura molto complessa e risulta impegnativo individuare un nodo con precisione.

SELEZIONA LE ASTE CON LAYER ATTIVO



Consente di selezionare tutte le aste che hanno il layer attivo.

SELEZIONA LE ASTE CON MATERIALE ATTIVO



Consente di selezionare tutte le aste che hanno il materiale attivo.

SELEZIONA LE ASTE CON SEZIONE ATTIVA



Consente di selezionare tutte le aste che hanno la sezione attiva.

DESELEZIONE PUNTUALE



Consente di deselezionare puntualmente le aste ed i nodi. **La selezione puntuale è sempre attiva senza necessità di avviare alcuna procedura.**

DESELEZIONA TUTTI I NODI



Consente di deselezionare tutti i nodi precedentemente selezionati.

DESELEZIONA TUTTE LE ASTE



Il comando consente di deselezionare tutte le aste precedentemente selezionate.

DESELEZIONA TUTTO

[ALT+T]

Consente di deselezionare tutti i nodi e tutte le aste precedentemente selezionati. Questo comando può essere sostituito dalla pressione del tasto [ESC].

3.13. MENU VISUALIZZA

I comandi contenuti in questo menu sono relativi alla gestione dei diversi tipi di visualizzazione della struttura da calcolare.

3.13.1. I comandi del menu

VISTA STANDARD (ADATTA)

[CTRL] + [T]

Consente di visualizzare la struttura centrata nello schermo.

VISTA 1X

Consente di visualizzare la struttura con zoom 1X. L'utilizzo di questo comando è indicato quando attraverso il comando VISTA STANDARD non si riesce a visualizzare la struttura nella sua totalità.

VISTA BOX

Consente di visualizzare esclusivamente tutti i nodi e le aste che si trovano all'in-

terno di una finestra di selezione, escludendo gli elementi che si trovano al di fuori di essa. La vista completa può essere ripristinata utilizzando il comando VISTA STANDARD.

ZOOM AVVICINA-ALLONTANA [MAIUSC] + [TASTO DX MOUSE] 

Consente di utilizzare il mouse per avvicinare ed allontanare la scena. Premendo il tasto destro del mouse la procedura avrà termine.

RUOTA VISTA [MAIUSC] + [TASTO SX MOUSE] 

Consente di utilizzare il mouse per ruotare la scena. Premendo il tasto destro del mouse la procedura avrà termine.

PAN 

Consente di utilizzare il mouse per spostare a destra, sinistra, sopra e sotto la scena. Premendo il tasto destro del mouse la procedura avrà termine.

VISTA XY [MAIUSC] + [CTRL] + [TASTO SX MOUSE] 

Consente di visualizzare la scena dall'alto verso il piano XY.

VISTA YZ 


Consente di visualizzare la scena lateralmente verso il piano YZ.

VISTA XZ 

Consente di visualizzare la scena lateralmente verso il piano XZ.

SEZIONE XY PER UN PUNTO 

Consente di visualizzare la struttura per una sezione XY, selezionando un nodo che la definisce.

SEZIONE YZ PER UN PUNTO 

Consente di visualizzare la struttura per una sezione YZ, selezionando un nodo che la definisce.

SEZIONE XZ PER UN PUNTO 

Consente di visualizzare la struttura per una sezione XZ, selezionando un nodo che la definisce.

SEZIONE PER TRE PUNTI

Consente di visualizzare la struttura per un piano definito da tre punti, selezionando i tre nodi che lo definiscono.

RIDISEGNA 

Consente di ridisegnare la struttura. In alcuni casi, infatti, potrebbe comparire sul video un struttura parzialmente rigenerata.

PARAMETRI VISUALIZZAZIONE



Consente di definire i parametri di visualizzazione della struttura. Viene visualizzata la finestra OPZIONI DI VISUALIZZAZIONE, che contiene tutti i settaggi disponibili.



La finestra
OPZIONI DI VISUALIZZAZIONE

VISTA MODELLO Selezionare una delle due opzioni disponibili: WIRE FRAME per la visualizzazione schematica delle aste; SOLIDO per la visualizzazione solida delle aste.

VEDI NODI Consente di includere, se selezionato, la visualizzazione dei nodi.

VEDI NUMERO NODI Consente di visualizzare il numero dei nodi della struttura.

VEDI ASTE Consente di includere, se selezionato, la visualizzazione la visualizzazione delle aste.

VEDI NUMERO ASTE Consente di visualizzare il numero identificativo di ogni singola asta.

GRIGLIA Consente di visualizzare una griglia di riferimento.

N° PASSI Consente di definire il numero dei passi che compongono la griglia.

PASSO IN CM Consente di definire il passo della griglia (interasse tra le linee che compongono la griglia).

GRANDEZZA NODI Consente di definire la grandezza dei nodi, che può cambiare da una risoluzione all'altra.

DISTANZA MINIMA NODI Consente di definire la distanza minima dei nodi che viene utilizzata nella fase di generazione dei nodi (copia, ruota, ecc.). Tutti i nodi nuovi generati ad una distanza minore di questa non vengono creati e viene utilizzato quello già esistente.