

Il programma Tel2016 è una evoluzione dei programmi TELGEN, TELRET e TELSPA, descritti nel libro: A. Gherzi, R. Coraggio. Analisi matriciale di strutture intelaiate. CUEN, Napoli, 1990.

### **Evoluzione del programma**

Fin dalla versione 1.1, scritta in Quick Basic 4.5 da Aurelio Gherzi e Raffaele Coraggio e descritta nel libro, il programma consente di esprimere i valori forniti sia in riferimento al Sistema Internazionale (scelta di default) che al Sistema Tecnico (selezionato nel momento in cui il programma viene mandato in esecuzione, avviandolo con l'opzione /ST).

A partire dalla versione 2.0, modificata da Aurelio Gherzi, il programma consente di analizzare la struttura anche mediante una analisi modale.

La versione 2.2 ha recepito tutte le modifiche apportate nella versione 1998 ai programmi TELRET e TELGEN e, in particolare, la possibilità di avere tratti rigidi agli estremi delle aste dei telai a maglie rettangolari e la possibilità di avere più tipi di aste (pendoli, con cerniera a un'estremità, con tratti rigidi) nei telai generici. Inoltre:

- per i telai a maglie rettangolari è possibile definire un piano di posa non orizzontale;
- per tutti i telai (a maglie rettangolari o generici) vengono espressamente indicati sia gli spostamenti assoluti che quelli relativi dei traversi (si tenga però presente che come spostamento relativo si è considerata la differenza tra gli spostamenti di traversi con numeri consecutivi; in alcuni schemi – come nell'esempio riportato nel capitolo 6, parte seconda, del libro – questi traversi possono essere non adiacenti e in tal caso il valore fornito non ha alcun senso);
- è possibile effettuare la sovrapposizione modale anche col metodo CQC.

La versione 2.3 aggiunge la possibilità di effettuare il calcolo bloccando la rotazione degli impalcati (vedi opzione /NOROT).

La versione 3.0, sviluppata in Visual Basic 5 da Salvo Pantano e denominata Tel2001, nasce dalla necessità di unificare e rendere più agevole l'interfaccia utente dei tre programmi TELGEN, TELRET e TELSPA. Essa parte quindi con una breve finestra interattiva nella quale vengono definite alcune variabili di controllo e viene avviata la risoluzione dello schema. Questa versione introduce anche rilevanti modifiche, quali:

- la possibilità di personalizzare le impostazioni di default tramite un file di inizializzazione;
- la possibilità di inserire commenti nel file di input;
- la possibilità di analizzare telai spaziali insistenti su un graticcio di travi di fondazione.

Questa versione ha subito piccoli ritocchi successivi, principalmente per eliminare alcuni errori riscontrati dagli utenti.

La versione 4.0, ripresa da Aurelio Gherzi e denominata Tel2006, rappresenta una fase di passaggio verso il Visual Basic 2005, Express Edition, ed ha avuto una diffusione solo locale. Essa è stata infatti rimpiazzata dopo poco tempo dalla versione 4.2, scritta ancora da Aurelio Gherzi e denominata Tel2007, e successivamente dalla versione 4.4. In tali versioni è stata introdotta anche una stampa sintetica dei risultati in forma di tabella, utile per importarli in fogli elettronici, come Excel.

Nell'agosto 2008 è stata avviata una revisione generale del programma, finalizzata all'aggiunta di un'interfaccia grafica (versione 5.0, denominata Tel2008). La versione 5.0 includeva solo i moduli TelRet e TelGen. La versione completata, nella quale sono state fatte anche altre modifiche, è denominata versione 5.1.

Nel 2013 il programma è passato al Visual Basic 2010, Express Edition, e le sue potenzialità sono state ampliate. La versione 5.1 è stata mantenuta ed aggiornata per ovviare a minimi errori, principalmente nel controllo input.

A partire dalla versione 5.2 si è inserita la possibilità di effettuare analisi pushover per gli schemi piani, nonché di applicare carichi concentrati all'interno di aste e di imporre spostamenti ai traversi.

L'organizzazione dei dati è stata modificata nella versione 5.3, denominata Tel2016 e limitata per ora al solo schema piano.

### **Modalità di utilizzazione del programma**

A partire dalla versione del 2008 si è proceduto verso una gestione interattiva dell'analisi, per ora solo parzialmente attuata.

La gestione del programma è basata su una interfaccia interattiva dotata di menu e di un'area di lavoro grafica e di testo.

L'esecuzione del programma richiede che vengano fornite preliminarmente alcune informazioni generali, che possono essere definite interattivamente dall'utente o assegnate come valori di default.

I dati che descrivono geometria e carichi della struttura da analizzare devono ancora essere forniti mediante un file preparato in precedenza, mediante un qualsiasi editor di testi. Il nome del file dati deve essere indicato al programma mediante la voce 'Apri file dati' del menu 'File'.

I risultati possono essere visualizzati in maniera grafica oltre che stampati come relazione o salvati sotto forma di tabelle, facilmente importabili in fogli elettronici come Excel.

Ciascuna esecuzione del programma consente la risoluzione di uno schema geometrico soggetto a più condizioni di carico. I dati vanno quindi forniti col seguente ordine:

- gruppo di dati che descrivono la geometria dello schema
- gruppo di dati che descrivono la prima condizione di carico
- gruppo di dati che descrivono la seconda condizione di carico

.....

- gruppo di dati che descrivono l'ultima condizione di carico

I dati necessari per descrivere lo schema geometrico e di carico vengono letti dal programma in un file preparato preliminarmente dall'utente; il file dati può essere scritto mediante il programma *Blocco note (Notepad)* di Windows o un qualsiasi programma di gestione testi tra quelli esistenti in commercio, purché memorizzato come puro testo, senza informazioni di formattazione. I dati sono elencati in dettaglio nel seguito, separatamente per telaio piano generico, telaio piano a maglie rettangolari o trapezie e telaio spaziale.

I dati devono essere riportati nel file in maniera sequenziale, separati da virgole o da andate a capo. Possono essere inseriti commenti, preceduti da un apice (tutto quanto segue l'apice in una riga del file dati viene considerato commento ed ignorato dal programma).

In fase di lettura dati il programma genera un "eco dei dati", cioè un testo che indica ciascun valore letto ed il modo in cui esso è stato interpretato. Se il programma non riesce ad interpretare i dati, si consiglia di esaminare attentamente l'eco dei dati per individuare il primo dei valori letto in maniera non corrispondente ai desideri dell'utente. Ciò può aiutare l'individuazione dell'errore e la successiva sua correzione.

I risultati vengono visualizzati nell'area di lavoro, sotto forma di relazione o in maniera grafica. La relazione di calcolo può essere salvata in un file di testo indicato dall'utente.

### **Informazioni generali**

L'esecuzione del programma richiede che vengano fornite preliminarmente alcune informazioni generali, che possono essere assegnate come valori di default o definite dall'utente:

- DefEst      indicazione se tener conto della deformabilità estensionale dei pilastri appartenenti a telai a maglie rettangolari o trapezie; in questo tipo di telai la presenza di ritzi inestensibili è simulata bloccando i nodi allo spostamento verticale; gli schemi in cui la continuità verticale dei pilastri è interrotta per la mancanza di ritzi devono essere risolti tenendo conto della deformabilità estensionale;
- DefTag      indicazione se tenere conto della deformabilità a taglio delle aste;
- NoRotImp   solo per telaio spaziale: indicazione se bloccare la rotazione degli impalcati;
- SistInt      indicazione se utilizzare il sistema di misura internazionale;

- CalcRig     indicazione se calcolare e stampare le rigidezze laterali dei telai;
- SovrCQC    solo in caso di analisi modale: indicazione se effettuare la sovrapposizione dei risultati dell'analisi modale come combinazione quadratica completa (CQC);
- OutMod     solo in caso di analisi modale: indicazione se effettuare una stampa ridotta dei risultati; fino alla versione 4.0 la scelta era se stampare solo l'involuppo o anche i risultati di tutti i modi; dalla versione 4.1 si deve indicare il valore minimo (in percentuale) della massa partecipante dei modi di cui si vogliono stampare i risultati; se si indica un valore maggiore o uguale a 100 verrà stampato solo l'involuppo;
- ScalaPx    scala schermo in orizzontale: 1 pixel = ScalaPx mm;
- ScalaPy    scala schermo in verticale: 1 pixel = ScalaPy mm.

Nell'assegnare le informazioni anzidette il programma segue la gerarchia crescente indicata in dettaglio più avanti: valori di default, valori dal file Tel2016.ini, valori dalla riga di comando, valori assegnati interattivamente. Parlando di gerarchia crescente si intende che i valori dal file 2016.ini sostituiscono quelli di default, i valori della riga di comando sostituiscono quelli del file Tel2016.ini, eccetera.

Oltre alle informazioni generali precedentemente elencate, che servono per la gestione generale del programma, occorre indicare anche:

- FileInp     nome del file che contiene i dati;
- FileOut     nome del file al quale inviare l'output;

#### *Valori di default*

- FileInp     nessun valore (deve essere assegnato esplicitamente);
- FileOut     stesso nome del file dati ma con l'estensione .OUT;
- DefEst     attivato (tenere conto della deformabilità estensionale);
- DefTag     non attivato (non tenere conto della deformabilità a taglio);
- NoRotImp   non attivato (la rotazione degli impalcati del telaio spaziale è consentita)
- SistInt     attivato (utilizzare il sistema di misura internazionale);
- CalcRig     non attivato (non calcolare e stampare le rigidezze laterali dei telai);
- SovrCQC    attivato (non utilizzare la SRSS; usare invece la combinazione quadratica completa CQC); questo valore è così settato a partire dalla versione 5.1.j;
- OutMod     0.05 (stampare i risultati dei modi con massa partecipante superiore al 5%).
- ScalaPx    1 pixel = 0.2 mm;
- ScalaPy    1 pixel = 0.2 mm.

#### *Valori letti dal file Tel2016.ini*

Il file Tel2016.ini è un normale file di testo che deve essere messo nella stessa cartella dove si trova il file Tel2016.exe. Esso contiene le informazioni sulla configurazione preferita dall'utente. Queste informazioni devono essere inserite nella seguente forma (indicare uno solo dei due valori indicati tra parentesi graffa, senza scrivere la parentesi):

```
FileInp = Unità:\Percorso\NomeFile.Est
FileOut = Unità:\Percorso\NomeFile.Est
DefEst = { Vero | Falso }
DefTag = { Vero | Falso }
SistInt = { Vero | Falso }
CalcRig = { Vero | Falso }
SovrCQC = { Vero | Falso }
OutMod = valore, come numero decimale (esempio: scrivere 0.05 per indicare 5%)
ScalaPx = valore, come numero decimale (esempio: 0.2)
ScalaPy = valore, come numero decimale (esempio: 0.2)
```

Ogni indicazione deve essere scritta in una riga. È irrilevante se i caratteri sono maiuscoli o minuscoli. Se non si scrive correttamente il termine a sinistra dell'uguale la riga in questione sarà igno-

ta. Se non si scrive correttamente l'attributo Vero il programma assegnerà il valore dello stesso come Falso. La presenza di righe vuote e di scritte aggiuntive non compromette la funzionalità di questo file purché queste non diano luogo ad ambiguità. L'ordine secondo il quale vengono inserite le varie righe è a discrezione dell'utente.

Nota: non è possibile assegnare qui un valore a NoRotImp

#### *Valori letti dalla riga di comando*

Il programma compilato (file .exe) può essere eseguito dal prompt del DOS o con un comando shell all'interno di altri programmi. In questo caso è possibile fornire indicazioni, ponendole nella riga di comando (o nel comando shell) dopo il nome del programma. Le informazioni possono essere fornite nel modo seguente:

/INP=nome-file-dati	per indicare il nome del file dati
/OUT=unità-di-uscita	per indicare il nome dell'unità di uscita
/TMP=directory-temp	per indicare il nome della directory per file temporanei
/DE	per tenere conto della deformabilità estensionale dei pilastri appartenenti a telai a maglie rettangolari o trapezie
/NDE	per non tenere conto della deformabilità estensionale dei pilastri appartenenti a telai a maglie rettangolari o trapezie
/DT	per tenere conto della deformabilità a taglio
/NDT	per non tenere conto della deformabilità a taglio
/NOROT	per effettuare il calcolo con rotazione degli impalcati impedita; se si richiede l'analisi modale, si tenga presente che il programma considera disaccoppiati i moti traslazionali e rotazionali ma non annulla del tutto la possibilità di moti rotazionali (questi però avranno periodo molto basso e verranno segnalati solo se si richiedono tutti i 3 $n$ possibili modi propri dello schema)
/SI	per avere dati e risultati nel sistema internazionale
/ST	per avere dati e risultati nel sistema tecnico
/RIG	per calcolare la rigidezza di ciascun telaio ad ogni piano
/NRIG	per non calcolare la rigidezza di ciascun telaio ad ogni piano
/S=CQC	per effettuare la sovrapposizione modale col metodo CQC
/S=SRSS	per effettuare la sovrapposizione modale col metodo SRSS
/OM=massa minima	per indicare il valore minimo della massa partecipante dei modi di cui si vogliono stampare i risultati (esempio: scrivere /OM=0.05 per indicare 5%)
/E	per selezionare la modalità "esegui e chiudi", ovvero se si desidera che il programma venga eseguito in background senza aprire la finestra interattiva; questa modalità è consigliata in caso di calcoli ripetitivi condotti con procedure automatizzate

#### *Valori assegnati in maniera interattiva*

Tutte le informazioni possono essere assegnate interattivamente, dalla maschera principale del programma.

### **Considerazioni generali valide per tutti gli schemi: tipi di materiali e di sezioni**

Nelle applicazioni pratiche numerose aste di uno schema presentano la stessa sezione. Si è pertanto ritenuto più comodo per la immissione dei dati che l'utente individui preliminarmente i differenti tipi di sezione, e definisca poi per ogni asta il numero d'ordine della sezione corrispondente. Per ciascun tipo di sezione deve essere definita la forma (rettangolare o generica) e le relative caratteristiche geometriche.

A partire dalla versione 4.1 il programma consente di utilizzare aste di materiale differente. L'utente dovrà quindi individuare anche i tipi di materiali e definire poi per ogni tipo di sezione il numero d'ordine del materiale corrispondente.

### **Compatibilità con le versioni precedenti**

Si è prestata la massima attenzione per mantenere la compatibilità del file dati con versioni precedenti. Si intende, con ciò, che in linea di massima il programma dovrebbe leggere correttamente anche dati preparati secondo le indicazioni fornite per versioni precedenti. Nonostante gli sforzi fatti è però possibile che qualche vecchio file dati non sia interpretato correttamente. Si consiglia quindi, in generale, di adeguare i file dati a quanto indicato nelle presenti istruzioni.

## Interfaccia grafica del programma Tel2016

La finestra del programma Tel2016 contiene, come tutti i programmi che girano sotto Windows, una barra del titolo, una barra dei menu ed un'area di lavoro



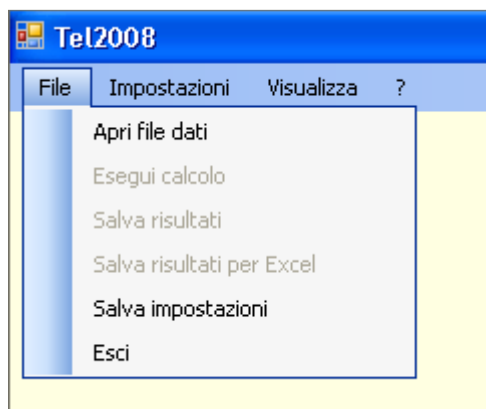
### Barra dei menu

La barra dei menu, che consente di selezionare tutti i comandi e le operazioni del programma Tel2016, ha 4 menu: File, Impostazioni, Visualizza, ? (cioè Informazioni). Cliccando su ogni menu si apre una tendina e vengono mostrati i comandi attivi (in nero) ed i comandi che al momento non possono essere usati (in grigio). Una freccia che segue una voce del menu indica la presenza di un sotto menu; un segno di spuntatura (✓) indica una opzione attiva o una selezione effettuata.

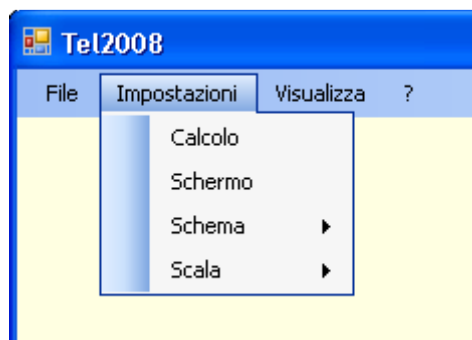
### Il menu File

I comandi del menu File gestiscono:

- l'apertura del file dati – se il file viene letto correttamente viene mostrato lo schema nell'area di lavoro della finestra;
- l'esecuzione del calcolo – una volta eseguito il calcolo è possibile visualizzare i diagrammi o mostrare il tabulato di output;
- il salvataggio dei risultati – deve essere espressamente richiesto, indicando il nome da utilizzare per il file (di testo) in cui vengono scritti;
- il salvataggio dei risultati sotto forma di tabelle, utili per importare i risultati in fogli elettronici come Excel; vengono creati più file, col nome coincidente con quello del file dati ed estensione che indica il contenuto: AST = risultati per le aste di telai generici, TRA = risultati per le travi di telai a maglie rettangolari, PIL = risultati per i pilastri di telai a maglie rettangolari, SPO = spostamenti orizzontali dei traversi (per entrambi tutti i tipi di telaio), SPN = spostamenti dei nodi di telai generici, SPI = spostamenti degli impalcati di telai spaziali; tutti questi file sono file di testo nei quali i valori sono riportati in campi da 12 caratteri; per importarli, da Excel indicate 'Apri' facendo riferimento a 'Tutti i file' e nella 'Importazione guidata file' scegliete 'Larghezza fissa' e controllate che i campi abbiano tutti larghezza 12 caratteri;  
Nota: i valori sono salvati usando come separatore decimale il punto; nell'importarli in Excel controllate le impostazioni internazionali del computer;
- il salvataggio delle impostazioni del programma (definite mediante il menu impostazioni).



Menu File



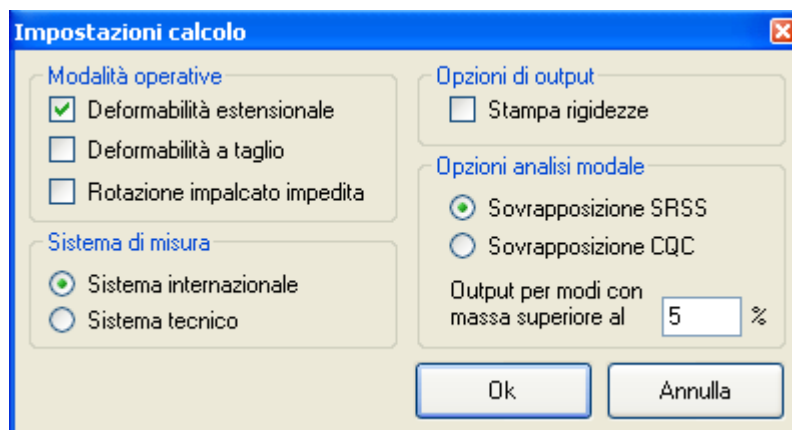
Menu Impostazioni

## Il menu Impostazioni

I comandi del menu Impostazioni consentono di gestire le varie possibilità offerte dal programma.

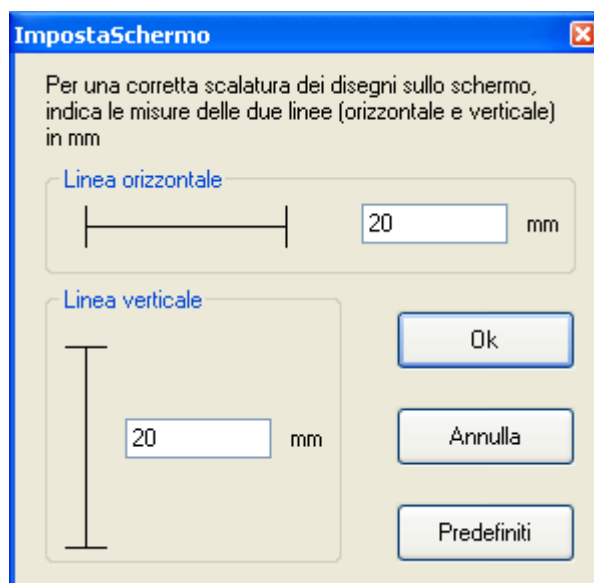
### *Impostazioni – Calcolo*

Aprire una finestra che consente di definire le modalità operative del calcolo, le opzioni dell'analisi modale, le opzioni di output, il sistema di misura.



### *Impostazioni – Schermo*

Per una corretta scalatura dei disegni sullo schermo, è necessario controllare la lunghezza di due linee di riferimento (orizzontale e verticale). Il comando apre una finestra che mostra le linee e richiede di misurarle e indicarne la lunghezza in mm.



### *Impostazioni – Schema*

Nel visualizzare dello schema geometrico è possibile evidenziare i nodi ed indicare i codici di vincolo. Il comando consente di selezionare l'una e l'altra possibilità, separatamente, spuntando la voce relativa. Per default, è richiesto di evidenziare i nodi e di non indicare i codici di vincolo.

### *Impostazioni – Scala*

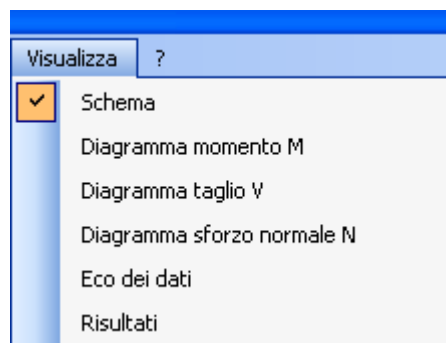
Sia le lunghezze che le caratteristiche di sollecitazione sono rappresentate in scala. Il comando consente di assegnare separatamente una scala per le lunghezze, una per il momento (flettente), una per il taglio, una per lo sforzo normale, una per la deformata (a partire dalla versione 5.3.k). Per ciascuna di queste è possibile anche scegliere "Auto" cioè lasciare al programma il compito di individuare una scala adeguata.

Si noti che se la scala è assegnata essa sarà mantenuta anche quando le dimensioni della finestra del programma vengono variate. Se si è scelta una scala automatica, questa viene invece aggiornata ogni volta che si ridimensiona la finestra del programma.

## **Il menu Visualizza**

I comandi del menu Impostazioni consentono di mostrare nell'area di lavoro della finestra del programma:

- lo schema geometrico;
- il diagramma del momento flettente M;
- il diagramma del taglio V;
- il diagramma dello sforzo normale N;
- la deformata rigida (a partire dalla versione 5.3.k);
- l'eco dei dati (cioè l'elenco dei valori letti nel file dati, ciascuno seguito dalla interpretazione che il programma ha fatto del valore);
- i risultati.



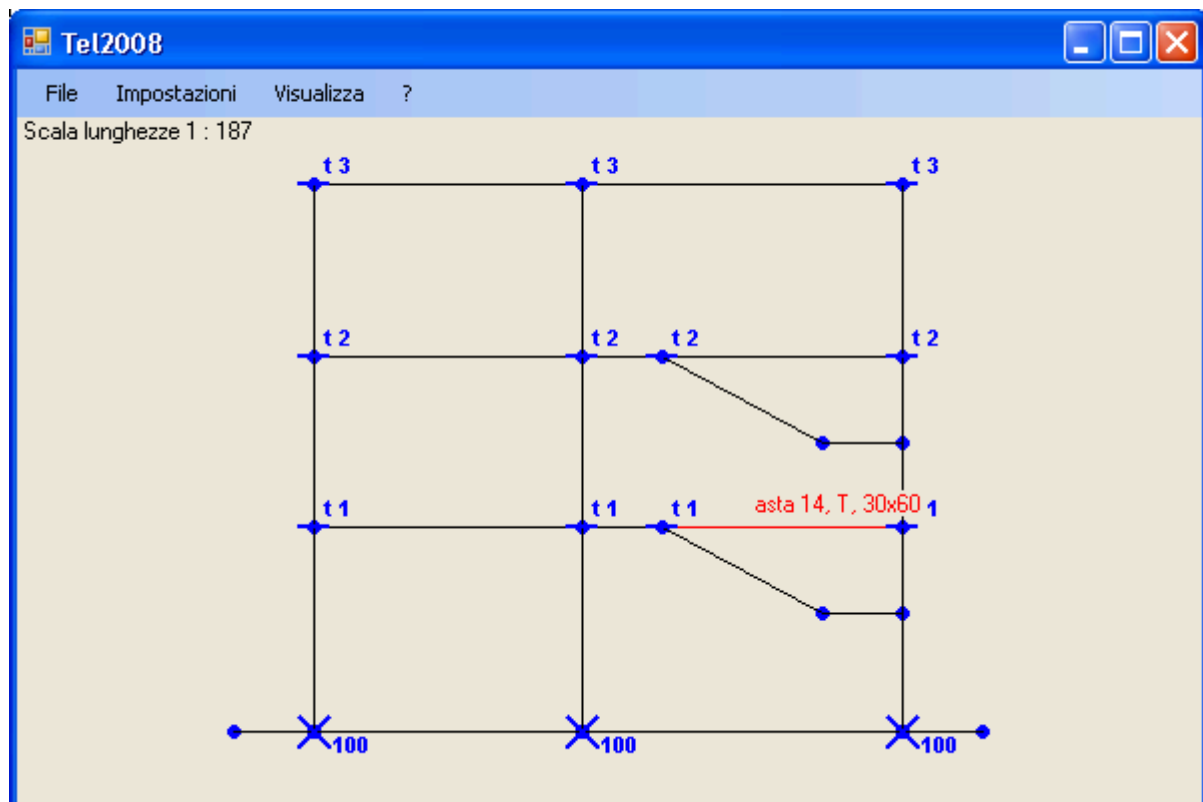
### *Schema geometrico*

Oltre allo schema viene visualizzata la scala delle lunghezze. Se richiesto, vengono evidenziati in blu i nodi e vengono indicati (sempre in blu) i codici di vincolo per ciascun nodo vincolato ed il traverso di riferimento per i nodi che appartengono ad un traverso inestensibile.

In questa visualizzazione, se si clicca su un'asta oppure su un nodo vengono mostrate, in rosso:

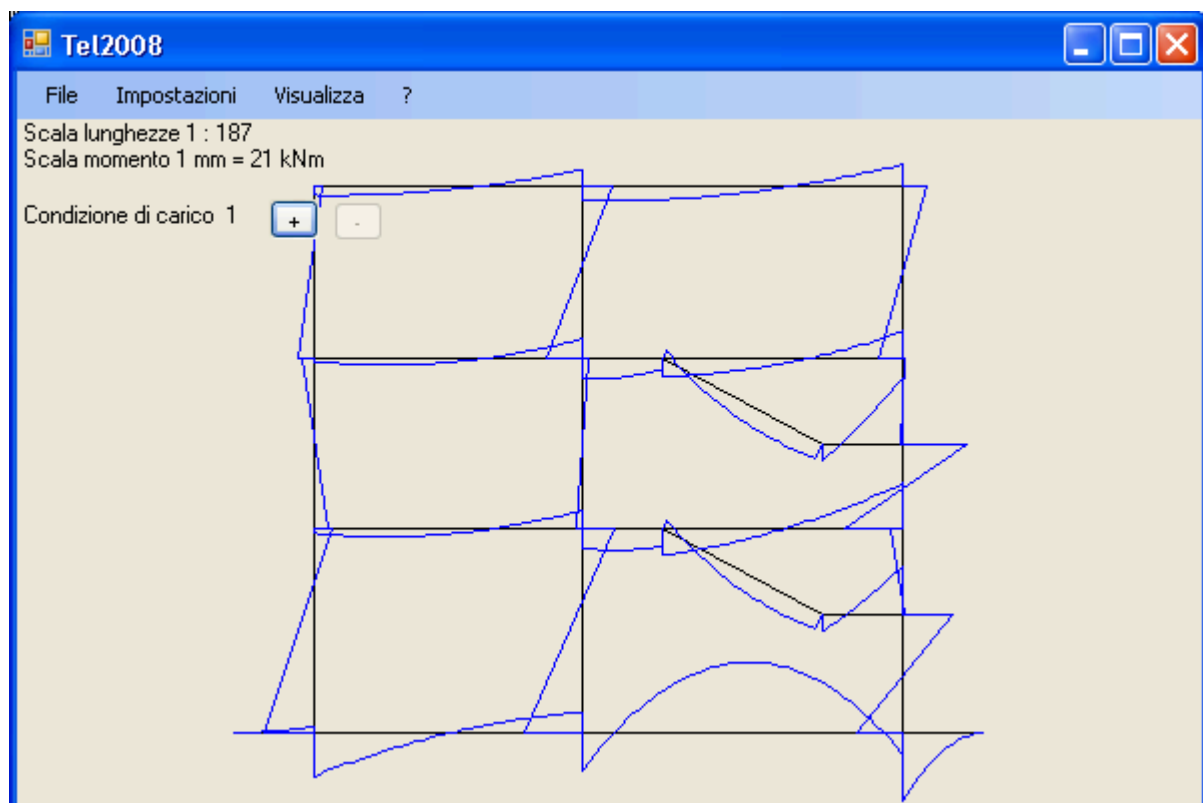
- per l'asta: numero, tipo di sezione, dimensioni della sezione;
- per il nodo: numero, ascissa, ordinata.





### Diagrammi

Oltre allo schema ed al diagramma viene visualizzata la scala delle lunghezze e la scala della caratteristica di sollecitazione mostrata. Se sono eseguite più condizioni di carico, è indicato a quale condizione di carico si riferisce il diagramma mostrato e compaiono pulsanti + e - per passare alla condizione successiva o precedente.



## Telaio piano generico (TELGEN) - file dati

### *Preparazione dei dati*

Nel preparare lo schema geometrico, sia i nodi (liberi o vincolati) che le aste devono essere numerati progressivamente a partire dal valore 1. Si ricorda che il criterio adoperato nella numerazione automatica delle incognite è legato alla numerazione dei nodi; di conseguenza, questa condiziona l'ampiezza della banda della matrice di rigidezza della struttura e quindi il tempo di esecuzione e l'ingombro di memoria. È pertanto opportuno che l'utente eviti di assegnare numeri molto distanti tra loro a nodi direttamente collegati da aste. L'ordine di numerazione delle aste può invece essere arbitrario, perché non ha alcuna influenza sull'ampiezza della banda.

È possibile indicare la presenza di traversi orizzontali indeformabili estensionalmente, intesi come vincolo mutuo che impone l'uguaglianza degli spostamenti orizzontali di un gruppo di nodi. Anche se l'ordine di numerazione dei traversi non ha alcuna influenza sui tempi di risoluzione, si consiglia di numerare i traversi progressivamente, dal basso verso l'alto.

Dalla versione 5.2 è possibile anche indicare che un'asta è di tipo 0. Questa possibilità è utile per fare più rapidamente confronti tra schemi con e senza un'asta. In tal caso i dati vengono assegnati normalmente ma l'asta, e i carichi eventualmente agenti su essa, non sono presi in considerazione.

Per ciascuno schema di carico occorre rispettare la convenzione dei segni definita nella prima parte del testo. Le forze nodali  $F_x$  e  $F_y$  sono positive se concordi col verso positivo degli assi  $x$  ed  $y$ ; il momento nodale  $M_z$  è positivo se antiorario, cioè nel verso che porta l'asse  $x$  sull'asse  $y$ . Il carico uniformemente distribuito sull'asta è descritto mediante le componenti rispetto al riferimento globale  $p_x$  e  $p_y$ , positive se concordi col verso positivo degli assi  $x$  ed  $y$ . Si noti che usualmente l'asse  $y$  è considerato positivo se orientato verso l'alto; in tal caso i carichi verticali che agiscono verso il basso devono essere indicati col segno meno.

Poiché in genere solo alcuni nodi ed aste sono soggetti a carichi, si è ritenuto preferibile che l'utente indichi preliminarmente quanti nodi e quante aste sono caricati e specifichi poi solo per questi il numero d'ordine del nodo ed i relativi valori di  $F_x$ ,  $F_y$  e  $M_z$  e il numero d'ordine dell'asta ed i relativi valori di  $p_x$  e  $p_y$ .

A partire dalla versione 5.2 è possibile anche:

- applicare carichi concentrati sulle aste;
- utilizzare molle rotazionali agli estremi delle aste;
- effettuare la risoluzione imponendo spostamenti dei traversi anziché carichi;
- effettuare analisi statiche non lineari (pushover).

### *Gruppo di dati che descrive la geometria dello schema*

Il gruppo di dati che descrive la geometria dello schema deve rispettare l'ordine di seguito riportato. I valori forniti devono essere conformi al sistema di misura adottato ed in particolare alle unità indicate tra parentesi:

- nome e versione del programma: questa indicazione è richiesta facoltativamente a partire dalla versione 3.0 ed è obbligatoria dalla versione 4.1. Con riferimento all'ultima versione, qui descritta, la prima riga sarà quindi "TELGEN 5.3". In questo modo il programma è in grado di riconoscere il tipo di schema (telaio piano generico) e le eventuali particolarità del file dati relativo alla versione di programma utilizzata.
- intestazione
- numero totale di nodi dello schema
- numero di aste presenti nello schema
- numero di traversi orizzontali indeformabili (ovvero di gruppi di nodi aventi lo stesso spostamento orizzontale)
- numero di materiali utilizzati (questa indicazione è stata introdotta con la versione 4.1)
- numero di tipi di sezioni

- se si vuole assegnare la resistenza delle sezioni delle aste si scriva:

Nota: i domini vengono usati per analisi non lineari

- nRes (può essere indifferentemente maiuscolo o minuscolo)
- numero di domini di resistenza da assegnare

- per ogni nodo:

- ascissa del nodo nel riferimento globale (m)
- ordinata del nodo nel riferimento globale (m)
- codice di vincolo. È costituito da una stringa con tre caratteri, che si riferiscono alle tre componenti di movimento del nodo (nell'ordine: traslazione in direzione  $x$  ed  $y$  e rotazione). Si indica con 0 una componente di movimento consentita, con 1 una impedita, con C una limitata da un vincolo cedevole
- costante elastica di eventuali vincoli cedevoli ( $\text{kN m}^{-1}$  o  $\text{t m}^{-1}$  per vincoli allo spostamento,  $\text{kNm}$  o  $\text{tm}$  per vincoli alla rotazione). La costante elastica deve essere fornita solo per quei gradi di libertà per i quali si è usato C come codice di vincolo
- sigla del pilastro (indicazione facoltativa, prevista a partire dalla versione 5.2b). È costituito da una stringa che inizia con la lettera P. Serve per generare etichette che individuano pilastri e travi con riferimento alla carpenteria, in modo da agevolare la lettura dell'output. Viene utilizzata solo se vi sono traversi orizzontali indeformabili. La sigla deve essere fornita solo per il nodo alla base di ogni pilastrata (intendendo come pilastrata una linea verticale lungo la quale si sviluppano i diversi ordini di un pilastro)

Nota: usualmente i pilastri sono indicati con un numero intero. Ad esempio, se si vuole fare riferimento al pilastro 24 si indicherà come sigla "P24". Il programma considera come pilastri tutte le aste verticali, come travi tutte le aste appartenenti a un traverso orizzontale indeformabile. I pilastri sono quindi individuati con la sigla del pilastro (senza la P) e con l'ordine cui appartengono (ovvero il traverso sotto cui sono disposti). Le travi vengono individuate con le sigle dei pilastri posti all'estremità e con l'impalcato cui appartengono

- per ogni traverso orizzontale inestensibile:

nodi collegati dal traverso, che devono quindi avere lo stesso spostamento orizzontale. L'elenco dei nodi deve terminare con uno 0, che indica al calcolatore la fine dei nodi del traverso

Nota: i traversi devono essere numerati progressivamente, dal basso verso l'alto. Il programma calcola spostamenti relativi e taglio di piano con questa ipotesi

- sistema di misura (indicazione facoltativa – si consiglia di usarla quando si utilizzano spesso file con entrambi i sistemi di misura): indicare SISINT oppure SISTEC

- per ogni materiale:

- modulo di elasticità normale  $E$  ( $\text{N mm}^{-2}$  o  $\text{kg cm}^{-2}$ )
- coefficiente di Poisson  $\nu$  (in genere  $\nu=0.1$  per cemento armato, 0.3 per acciaio; questo valore è utilizzato per calcolare il modulo di elasticità tangenziale  $G$ )

Nota: le versioni precedenti alla 4.1 prevedevano un unico materiale ed assumevano automaticamente  $\nu=0.1$ ,  $G=0.45 E$

- per ogni tipo di sezione:

Nota: i tipi di sezione vengono assegnati in sequenza, assumendo che ciascuno di essi sia individuato da un numero progressivo, da 1 al numero di sezioni indicato

- carattere che identifica la forma della sezione:

R sezione di forma rettangolare

G sezione di forma generica

- caratteristiche geometriche della sezione:

se la sezione è rettangolare:

- base (m)
- altezza (m)

se la sezione è generica:

- area ( $\text{m}^2$ )

- rapporto tra area e fattore di taglio ( $m^2$ )
- momento di inerzia ( $m^4$ )
- sigla che descrive la sezione (quest'ultima indicazione è stata introdotta con la versione 4.1)
- numero d'ordine del materiale da cui è costituita la sezione (questa indicazione è stata introdotta con la versione 4.1)
- per ogni dominio di resistenza da assegnare (se è stato richiesto indicando nRes):
 

Nota: i domini di resistenza vengono assegnati in sequenza, assumendo che ciascuno di essi sia individuato da un numero progressivo, da 1 al numero di domini indicato

  - tipo di dominio di resistenza per la sezione; indicare una delle sigle seguenti:
    - MV resistenza per flessione (distinta per momento positivo e negativo, indipendente da  $N$ ) e resistenza per taglio
    - MNV1 resistenza per flessione composta (con limiti uguali per  $M$  positivo e negativo) e resistenza per taglio
 

Nota: Non ancora attivato.
    - N1 resistenza assiale – dominio elastico-perfettamente plastico, con distinzione tra trazione e compressione
    - N2 resistenza assiale – dominio elasto-fragile con resistenza residua, con distinzione tra trazione e compressione
 

Nota: se la resistenza residua è uguale a quella di snervamento si ricade nel dominio N1
  - dati che descrivono il dominio:
 

Nota: se per una resistenza si indica il valore 0 si intende, convenzionalmente, che quella resistenza non debba essere controllata.

se il tipo di dominio è MV:

    - momento resistente negativo (kNm), in valore assoluto
    - momento resistente positivo (kNm)
    - taglio resistente (kN)

se il tipo di dominio è MNV1:

Nota: Non ancora attivato.

    - numero di coppie  $M-N$  (non meno di 2)
    - coppie  $M-N$ 

per ogni coppia, con  $N$  che va da resistenza a trazione a resistenza a compressione:

      - sforzo normale (kN), positivo se trazione
      - momento resistente corrispondente (kNm), in valore assoluto
    - taglio resistente (kN)

se il tipo di dominio è N1:

    - sforzo normale resistente a trazione (kN), in valore assoluto
    - sforzo normale resistente a compressione (kN), in valore assoluto

se il tipo di dominio è N2:

    - sforzo normale resistente a trazione (kN), in valore assoluto
    - sforzo normale residuo a trazione (kN), in valore assoluto
    - sforzo normale resistente a compressione (kN), in valore assoluto
    - sforzo normale residuo a compressione (kN), in valore assoluto
- per ogni asta:
 

Nota: le versioni precedenti alla 3.0 richiedevano di indicare prima gli estremi e poi il tipo di asta; ciò non è più consentito a partire dalla versione 4.1 (anche se il programma dovrebbe leggere correttamente file dati di versioni precedenti)

  - carattere che identifica il tipo di asta:
    - T trave alla De Saint Venant solidale ai nodi di estremità
    - W trave su suolo elastico alla Winkler

C1	trave alla De Saint Venant con cerniera al primo estremo
C2	trave alla De Saint Venant con cerniera al secondo estremo
P	trave alla De Saint Venant con cerniere ad entrambi gli estremi (pendolo)
M1	trave alla De Saint Venant con cerniera e molla rotazionale al primo estremo
M2	trave alla De Saint Venant con cerniera e molla rotazionale al secondo estremo
M	trave alla De Saint Venant con cerniere e molle rotazionali ad entrambi gli estremi
TR	trave alla De Saint Venant con tratti rigidi agli estremi; fino alle precedenti versioni si usava a tale scopo il carattere R, che è ancora ammesso per compatibilità con i vecchi file dati
WR	trave su suolo elastico alla Winkler con tratti rigidi agli estremi

- primo estremo
- secondo estremo
- tipo di sezione
- se l'asta ha molle rotazionali agli estremi (tipo M1, M2 o M):
  - rigidezza della molla al primo estremo, per M1 e M (kNm)
  - rigidezza della molla al secondo estremo, per M2 e M (kNm)
 Nota: se la rigidezza è 0 la molla è equivalente ad una cerniera
- se l'asta poggia su un suolo elastico alla Winkler (tipo W):
  - larghezza della sottobase (m)
  - costante di sottofondo ( $\text{N cm}^{-3}$  o  $\text{kg cm}^{-3}$ )
- se l'asta ha tratti rigidi agli estremi (tipo TR o WR):
  - lunghezza del tratto rigido al primo estremo (m)
  - lunghezza del tratto rigido al secondo estremo (m)
- se sono stati previsti domini di resistenza, indicando nRes (attivato a partire dalla versione 5.3)
  - dominio di resistenza per la sezione del primo estremo
  - dominio di resistenza per la sezione del secondo estremo

#### *Gruppo di dati che descrivono la singola condizione di carico*

È possibile indicare sia condizioni di carico per analisi lineare che condizioni di carico per analisi non lineare (pushover). Le condizioni di carico lineari vengono automaticamente individuate con un numero progressivo. Anche le condizioni di carico non lineari vengono individuate con un numero progressivo, ma in maniera distinta rispetto a quelle lineari. Gli schemi di carico lineari e quelli non lineari possono essere disposti in ordine qualsiasi. Il programma risolve però sempre prima gli schemi lineari e poi quelli non lineari. Si consiglia quindi di seguire questo ordine nel dare i dati.

Il gruppo di dati che descrive la singola condizione di carico deve rispettare l'ordine e le unità di misura di seguito indicati:

- intestazione della condizione di carico, obbligatoria a partire dalla versione 5.2
- tipo di condizione di carico e di analisi; a partire dalla versione 5.2 occorre indicare una delle seguenti possibilità:
 

FO	analisi lineare con azioni concentrate o distribuite
MO	analisi modale con spettro di risposta
SP	analisi lineare con spostamenti orizzontali dei traversi imposti
Nota: per le analisi MO e SP occorre aver indicato la presenza dei traversi	
CO	combinazione di più analisi lineari
Nota: Non ancora attivato.	
PO	analisi statica non lineare (pushover)

Se si è scelto FO (analisi lineare con azioni concentrate o distribuite) occorre indicare i seguenti dati:

- numero di nodi in cui sono applicati carichi concentrati  
Nota: è possibile assegnare un solo carico concentrato per nodo (se se ne indicano altri, questi via via sostituiscono i precedenti)
- numero di carichi concentrati applicati in punti interni alle aste (solo per aste di tipo T, C1, C2, P)  
Nota: è possibile assegnare più carichi concentrati ad una stessa asta, fino a un massimo di tre (se se ne indicano altri, questi ultimi non vengono considerati)
- numero di aste soggette a carico uniformemente distribuito  
Nota: è possibile assegnare un solo carico uniformemente distribuito per asta (se se ne indicano altri, questi via via sostituiscono i precedenti)
- per ciascun nodo caricato:
  - numero d'ordine del nodo
  - $F_x$ , componente in direzione  $x$  della forza concentrata (kN o t)
  - $F_y$ , componente in direzione  $y$  della forza concentrata (kN o t)
  - $M_z$ , coppia concentrata (kNm o tm)
- per ciascuna asta soggetta a carichi concentrati (solo per aste di tipo T, C1, C2, P):
  - numero d'ordine dell'asta
  - $F_x$ , componente in direzione  $x$  del riferimento globale della forza concentrata (kN o t)
  - $F_y$ , componente in direzione  $y$  del riferimento globale della forza concentrata (kN o t)
  - $M_z$ , coppia concentrata (kNm o tm)
  - $x_0$ , distanza dal primo estremo (m)
- per ciascuna asta soggetta a carico uniformemente distribuito:
  - numero d'ordine dell'asta
  - $p_x$ , componente nella direzione  $x$  del riferimento globale del carico distribuito, valutato per unità di lunghezza dell'asta ( $\text{kN m}^{-1}$  o  $\text{t m}^{-1}$ )
  - $p_y$ , componente nella direzione  $y$  del riferimento globale del carico distribuito, valutato per unità di lunghezza dell'asta ( $\text{kN m}^{-1}$  o  $\text{t m}^{-1}$ )

Se si è scelto MO (analisi modale con spettro di risposta) occorre indicare i seguenti dati:

- numero dei modi da prendere in considerazione
- per ciascun traverso, dal primo all'ultimo nell'ordine col quale sono stati definiti:  
massa applicata al traverso ( $t$ , sia per sistema internazionale che per sistema tecnico)
- tipo di spettro di risposta da utilizzare (1=spettro definito con coppie di punti, 2=spettro EC8 generalizzato, 3=spettro di progetto EC8 1993, 4=spettro normativa italiana 1986, 5=spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2005, 6=spettro per SLD previsto dal DM 2005, 7=spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2008, 8=spettro per SLD previsto dal DM 2008, 9=spettro EC8 esteso ad altri periodi)
- dati relativi allo spettro, in base al tipo innanzi indicato:
  - tipo 1 (spettro definito con coppie di punti):
    - numero di coppie di punti  $T, R$
    - coppie  $T, R$
  - tipo 2 (spettro EC8 generalizzato):
    - $\alpha$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
    - $q$  fattore di struttura
    - $S, \beta_0$  amplificazione dello spettro
    - $T_B, T_C, T_D$  periodi limite delle diverse curve
    - $k_1, k_2$  esponenti delle diverse curve
    - $R_{\min}$  valore minimo della risposta (a meno di  $\alpha$ )
    - $\xi$  smorzamento percentuale del telaio  
Nota: indicare  $\xi=5$  se si vuol fare riferimento allo spettro base, senza influenza dello smorzamento
  - tipo 3 (spettro di progetto EC8 1993):

- $\alpha$  accelerazione del terreno a meno di g
- $q$  fattore di struttura
- tipo di suolo si indichi la lettera A, B oppure C
- tipo 4 (spettro normativa italiana 1986):
  - $S$  grado di sismicità (6/9/12)
  - $\varepsilon$  coefficiente di fondazione
  - $\beta$  coefficiente di struttura
  - $I$  coefficiente di protezione sismica
- tipo 5 (spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2005) – previsto a partire dalla versione 4.0:
  - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di g
  - $q$  fattore di struttura
  - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
- tipo 6 (spettro per SLD previsto dal DM 2005) – previsto a partire dalla versione 4.0:
  - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di g
  - $\xi$  smorzamento percentuale del telaio
  - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
- tipo 7 (spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2008) – previsto a partire dalla versione 5.1:
  - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di g
  - $F_o$  fattore di amplificazione
  - $T_C^*$  periodo di riferimento
  - $q$  fattore di struttura
  - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
  - cat.topogr. si indichi T1, T2, T3 o T4
- tipo 8 (spettro per SLD previsto dal DM 2008) – previsto a partire dalla versione 5.1:
  - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di g
  - $F_o$  fattore di amplificazione
  - $T_C^*$  periodo di riferimento
  - $\xi$  smorzamento percentuale del telaio (valore tipico: 5)
  - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
  - cat.topogr. si indichi T1, T2, T3 o T4
- tipo 9 (spettro EC8 elastico esteso ad altri periodi) – previsto a partire dalla versione 5.3f:
  - $\alpha$  accelerazione del terreno a meno di g
  - $S$  amplificazione dell'accelerazione dovuta al tipo di terreno
  - $F_o$  fattore di amplificazione dello spettro
  - $T_B, T_C, T_D, T_E, T_F$  periodi limite delle diverse curve
  - $\xi$  smorzamento percentuale del telaio

Nota: indicare  $\xi=5$  se si vuol fare riferimento allo spettro base, senza influenza dello smorzamento

Se si è scelto SP (analisi lineare con spostamenti orizzontali dei traversi imposti) occorre indicare i seguenti dati:

- per ciascun traverso, dal primo all'ultimo nell'ordine col quale sono stati definiti:
  - spostamento orizzontale del traverso (mm)

Se si è scelto CO (combinazione di più analisi lineari) occorre indicare i seguenti dati:

**Nota: Non ancora attivato**

Se si è scelto PO (analisi statica non lineare, pushover) occorre indicare i seguenti dati:

- tipo di analisi pushover:
  - 1 carichi verticali più una distribuzione di forze crescenti
  - 2 carichi verticali più analisi adattiva MAP – *Modal Adaptive Pushover*

3 carichi verticali più analisi adattiva DAP(GL) – *Displacement Adaptive Pushover* secondo le indicazioni di Gherzi e Lenza

Nota: altri tipi di analisi sono ancora da definire

- in funzione del tipo di analisi:
  - se il tipo di analisi pushover è 1, indicare il metodo per la valutazione delle accelerazioni:
    - 1 metodo di Freeman
    - 2 metodo N2 (Fajfar)
    - 3 metodo N1 (Bosco, Gherzi, Marino)
  - se il tipo di analisi pushover è 2 o 3
    - indicare il segno da imporre ai risultati dell'analisi modale:
      - 1 lo stesso segno fornito dall'analisi modale
      - 2 cambiare segno ai valori forniti dall'analisi modale
    - indicare il numero di modi che si deve prendere in considerazione  
Nota: il numero dei nodi deve essere compreso tra 1 ed il numero totale di modi; se si indica 0 si considera comunque un modo; se maggiore del numero totale di modi si considerano tutti i modi.
- modalità operativa per l'analisi pushover:
  - 0 individuazione esatta delle singole cerniere
  - 1 passo costante, come spostamento in testa
  - 2 individuazione esatta delle singole cerniere, ma output con passo costante, come spostamento in testa
  - 3 passo costante, come taglio alla base  
Nota 1: i valori del passo devono essere forniti senza segno  
Nota 2: l'incremento di passo come spostamento è inteso come variazione rispetto all'eventuale spostamento dello schema con carichi verticali applicati prima della pushover
- se la modalità operativa per la pushover è 1, 2 o 3:  
passo della pushover (rispettivamente in mm per 1 e 2, in kN per 3)  
Nota: in ogni caso, qualunque sia la modalità operativa, il programma fornisce i risultati con un passo non superiore a 100 mm; questo avviene ad esempio se la struttura non si plasticizza mai
- nodo di riferimento, per cui calcolare lo spostamento  
se si indica 0 il nodo viene individuato automaticamente, come nodo con  $y_{max}$   
Nota: in caso di più nodi con uguale ordinata, considera quello con numero più basso
- spostamento massimo in valore assoluto del nodo di riferimento (spostamento a cui fermare la pushover) in mm  
Nota 1: se si indica 0 la pushover si ferma solo dopo il raggiungimento della labilità (più precisamente ad un, o spostamento massimo pari a 10 m)  
Nota 2: se al raggiungimento del limite lo schema non è labile, si ferma al passo che supera in valore assoluto il limite imposto; altrimenti, dopo la labilità fornisce i risultati con un passo costante pari a 100 mm, fino al limite imposto
- per ciascun traverso, dal primo all'ultimo nell'ordine col quale sono stati definiti:  
massa applicata al traverso (t, sia per sistema internazionale che per sistema tecnico)
- tipo di spettro di risposta da utilizzare. Si deve descrivere lo spettro di risposta elastico. Si possono utilizzare alcune delle possibilità indicate in precedenza, con riferimento all'analisi modale. Si consiglia di usare 9= spettro EC8 elastico esteso ad altri periodi; in alternativa è possibile usare: 1=spettro definito con coppie di punti, 2=spettro EC8 generalizzato (con  $q=1$  e  $R_{min}=0$ ), 8=spettro per SLD previsto dal DM 2008 (con  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  riferiti allo SLV)
- dati relativi allo spettro, in base al tipo innanzi indicato:  
i dati sono gli stessi indicati in precedenza, nel caso di richiesta di analisi modale, ma con le precisazioni sopra indicate per i tipi 2 e 8
- dati relativi ai carichi da applicare prima di iniziare la pushover:  
si indicano i dati alla stessa maniera di quanto indicato in precedenza con riferimento all'analisi lineare con azioni concentrate o distribuite; tipicamente si indicheranno carichi verticali distribuiti sulle aste ed eventualmente carichi verticali concentrati nei nodi, ma il programma accetta anche carichi orizzontali



- se il tipo di analisi pushover è 1, indicare i dati relativi alle forze per la pushover:
  - numero di nodi in cui sono applicati carichi concentrati  
Nota: è possibile assegnare un solo carico concentrato per nodo (se se ne indicano altri, questi via via sostituiscono i precedenti)
  - per ciascun nodo caricato:
    - numero d'ordine del nodo
    - $F_x$ , componente in direzione  $x$  della forza concentrata (kN o t)

### *Risultati forniti*

L'output del programma contiene innanzitutto l'elenco dei dati geometrici ed elastici forniti in ingresso dall'utente, per consentirne il necessario controllo. A tal fine, si è ritenuto preferibile riportare le informazioni relative al tipo di sezione a fianco di ciascuna asta, anziché rinviare ad una distinta tabella dei tipi di sezione (che è comunque riportata subito dopo). Non vengono stampati valori irrilevanti ai fini del calcolo: ad esempio, se non si è tenuto conto della deformabilità a taglio non viene indicato il rapporto  $A/\chi$  anche se esso deve essere sempre fornito per le sezioni di forma generica. I nodi appartenenti a ciascun traverso inestensibile non sono elencati espressamente in questa fase, ma un riscontro può essere effettuato esaminando le indicazioni sui vincoli mutui poste alla fine dei risultati di ogni condizione di carico.

Per ciascuno schema di carico vengono elencati i nodi e le aste caricate e l'entità dei carichi ad essi applicati.

Sono poi riportate le componenti di movimento dei nodi ottenute come risultato del calcolo. Gli spostamenti  $v_x$  e  $v_y$ , positivi se concordi col verso positivo degli assi  $x$  ed  $y$ , sono espressi in mm. La rotazione  $\theta_z$ , positiva se antioraria cioè nel verso che porta l'asse  $x$  sull'asse  $y$ , è indicata amplificata di un fattore 1000.

I valori delle caratteristiche della sollecitazione  $M$ ,  $V$ ,  $N$  nei due estremi sono espresse in kNm e kN o in tm e t. Si ricorda che il momento flettente è positivo se tende le fibre inferiori, guardando l'asta in modo da avere a sinistra il primo estremo e a destra il secondo; il taglio è positivo se la microcoppia costituita dalle azioni taglianti su due facce opposte è antioraria; lo sforzo normale è positivo se di trazione.

Sono infine riportate separatamente le azioni esplicate dalla struttura sui vincoli esterni e quelle sui vincoli mutui (traversi orizzontali). Se si riscontrano squilibri in nodi non vincolati o nei traversi orizzontali, dovuti agli inevitabili errori di troncamento del procedimento risolutivo, questi vengono espressamente segnalati per consentire all'utente di rendersi conto della loro entità e quindi della maggiore o minore validità dei risultati ottenuti.

Se si è richiesta l'analisi modale, sono indicati, per ciascun modo, il periodo proprio  $T$ , il coefficiente di partecipazione modale  $p$ , l'ordinata dello spettro di risposta corrispondente a  $T$ , la deformata modale, le forze corrispondenti al modo, gli spostamenti, le rotazioni e le caratteristiche della sollecitazione. Sono poi riportati gli involucri modali degli spostamenti orizzontali e delle caratteristiche della sollecitazione, calcolati come radice quadrata della somma dei quadrati dei valori dei singoli modi (SRSS) o come combinazione quadratica completa (CQC). Se in una stessa condizione di carico è richiesta l'analisi modale e sono forniti carichi sulle aste o sui nodi, sono forniti separatamente i risultati dell'analisi modale e quelli relativi allo schema soggetto a carichi sulle aste e sui nodi.

Se si è richiesta l'analisi pushover nel file di output sono riportati, per ogni passo, solo i valori di accelerazione, taglio alla base, spostamento del nodo di controllo ed eventi accaduti nel passo (cer indica la formazione di una cerniera, crV la rottura a taglio; segue il numero dell'asta e l'indicazione dell'estremo in cui è avvenuto l'evento). I valori di spostamento e caratteristiche di sollecitazione per ciascun passo sono forniti esclusivamente salvando i dati per Excel.

## **Telaio piano a maglie rettangolari o trapezie (TELRET) - file dati**

### *Preparazione dei dati*

Poiché il programma è orientato alla soluzione di schemi di telai estratti da edifici, nel preparare lo schema geometrico ogni pilastro deve essere contrassegnato con il numero utilizzato per esso nella carpenteria (unico per tutto l'allineamento verticale); ciascuna campata di trave viene così individuata dalla numerazione dei due pilastri di estremità. I piani degli orizzontamenti e gli ordini dei pilastri sono numerati dal basso verso l'alto. L'insieme di nodi collegati da travi poste in sequenza sono considerati appartenenti ad un traverso orizzontale inestensibile ed avranno quindi un unico spostamento orizzontale.

La mancanza di un'asta dello schema può essere indicata assegnando ad essa il tipo di sezione 0. Se nel calcolo si vuole trascurare la deformabilità estensionale dei pilastri, ritti di tipo 0 sono ammessi solo se non interrompono la continuità verticale, cioè solo se tutte le aste sovrastanti sono anch'esse mancanti. Una trave di tipo 0 interrompe la continuità dell'orizzontamento e lascia i nodi di estremità liberi di spostarsi in orizzontale di quantità diverse; possono crearsi in tal modo più traversi inestensibili in uno stesso orizzontamento.

Assegnare ad un'asta una sezione con area e momento d'inerzia nulli ha un significato in parte diverso rispetto al definirla mancante (cioè di tipo 0). Se nel calcolo si vuole trascurare la deformabilità estensionale, un pilastro con sezione di area e inerzia nulla è considerato come un pendolo inestensibile ed è quindi sempre ammesso. Se invece si tiene conto della estensibilità esso è perfettamente equivalente ad un'asta di tipo 0. Una trave con sezione di area e inerzia nulla è invece sempre considerata come un pendolo inestensibile che non interrompe la continuità del traverso ed impone quindi l'uguaglianza dello spostamento orizzontale dei nodi da essa collegati.

Nel definire i carichi, questi devono essere riuniti in quattro gruppi: carichi verticali uniformemente distribuiti sulle travi, momenti concentrati nei nodi, forze verticali concentrate nei nodi, forze orizzontali applicate ai traversi. Poiché in genere non tutti questi gruppi sono presenti, si è ritenuto preferibile che l'utente indichi preliminarmente quali gruppi di carico esistono ed assegni poi il valore di tutti gli elementi dei gruppi indicati.

Ciascun carico deve rispettare la convenzione dei segni definita nella prima parte del testo. I carichi verticali uniformemente distribuiti e le forze nodali verticali sono positivi se concordi col verso positivo dell'asse  $y$ , cioè se diretti verso l'alto; i momenti nodali sono positivi se concordi col verso che porta l'asse  $x$  sull'asse  $y$ , cioè se antiorari; le forze orizzontali sui traversi sono positive se concordi col verso dell'asse  $x$ , cioè se dirette verso destra. Si noti che con tale convenzione i carichi verticali che agiscono verso il basso devono essere indicati col segno meno.

### *Gruppo di dati che descrive la geometria dello schema*

Il gruppo di dati che descrive la geometria dello schema deve rispettare l'ordine di seguito riportato. I valori forniti devono essere conformi al sistema di misura adottato ed in particolare alle unità indicate tra parentesi:

- nome e versione del programma: questa indicazione è richiesta facoltativamente a partire dalla versione 3.0 ed è obbligatoria dalla versione 4.1. Con riferimento all'ultima versione, qui descritta, la prima riga sarà quindi "TELRET 5.1". In questo modo il programma è in grado di riconoscere il tipo di schema (telaio piano a maglie rettangolari o trapezie) e le eventuali particolarità del file dati relativo alla versione di programma utilizzata.
- intestazione
- numero totale di pilastri (intesi come allineamenti verticali)
- numero totale di piani, intesi come allineamenti orizzontali o inclinati indipendentemente dal fatto che la loro continuità sia mantenuta o interrotta dalla mancanza di travi e che siano quindi costituiti da uno o più traversi inestensibili
- numero di materiali utilizzati (questa indicazione è stata introdotta con la versione 4.1)

- numero di tipi di sezioni
- presenza della trave di fondazione e/o di tratti rigidi agli estremi delle aste (0=niente, 1=trave di fondazione, 10=tratti rigidi, 11=tratti rigidi in elevazione e trave di fondazione, 21=tratti rigidi ovunque e trave di fondazione)
- numerazione dei pilastri in carpenteria, da sinistra verso destra
- altezza degli interpiani, dall'alto verso il basso (m); se ad un interpiano i ritti non hanno tutti la stessa altezza deve essere assegnato ad essa il valore 0; se il piano di posa non è orizzontale, si indichi come altezza del primo interpiano il valore convenzionale -1
- per ciascun interpiano i cui ritti non hanno tutti la stessa altezza, dall'alto verso il basso: altezza di ciascun ritto, da sinistra verso destra (m); se al primo interpiano si è indicato il valore convenzionale -1 occorre indicare prima l'altezza di tutti i ritti del primo piano e poi la quota a cui è posto il piede di ciascun ritto
- se vi è la trave di fondazione: lunghezza dello sbalzo sinistro (m)
- luce di ogni campata, da sinistra verso destra (m)
- se vi è la trave di fondazione: lunghezza dello sbalzo destro (m)
- sistema di misura (indicazione facoltativa – si consiglia di usarla quando si utilizzano spesso file con entrambi i sistemi di misura): indicare SISINT oppure SISTEC
- per ogni materiale:
  - modulo di elasticità normale  $E$  ( $\text{N mm}^{-2}$  o  $\text{kg cm}^{-2}$ )
  - coefficiente di Poisson  $\nu$  (in genere  $\nu=0.1$  per c.a., 0.3 per acciaio; questo valore è utilizzato per calcolare il modulo di elasticità tangenziale  $G$ )

Nota: le versioni precedenti alla 4.1 prevedevano un unico materiale ed assumevano automaticamente  $\nu=0.1$ ,  $G=0.45 E$
- per ogni tipo di sezione:
  - carattere che identifica la forma della sezione:
    - R = sezione di forma rettangolare
    - G = sezione di forma generica
  - caratteristiche geometriche della sezione:
    - base (m) ed altezza (m) per le sezioni rettangolari
    - area ( $\text{m}^2$ ), rapporto tra area e fattore di taglio ( $\text{m}^2$ ), momento di inerzia ( $\text{m}^4$ ), sigla che descrive la sezione (quest'ultima indicazione è stata introdotta con la versione 4.1) per quelle generiche
  - numero d'ordine del materiale da cui è costituita la sezione (questa indicazione è stata introdotta con la versione 4.1)
- per le travi di ciascun piano, dall'alto verso il basso:
  - tipo di sezione di ogni campata, da sinistra verso destra; assegnare una sezione di tipo 0 indica che l'asta è mancante
  - se vi sono tratti rigidi e la trave non è di tipo 0:
    - tratto rigido a sinistra (m)
    - tratto rigido a destra (m)
- per i pilastri di ciascun interpiano, dall'alto verso il basso:
  - tipo di sezione di ciascun ritto, da sinistra verso destra; assegnare una sezione di tipo 0 indica che l'asta è mancante
  - se vi sono tratti rigidi e il pilastro non è di tipo 0:
    - tratto rigido inferiore (m)
    - tratto rigido superiore (m)
- se è presente la trave di fondazione, per ciascun tratto, inclusi gli sbalzi, da sinistra verso destra:
  - tipo di sezione; assegnare una sezione di tipo 0 indica che il tratto è mancante
  - larghezza della sottobase (m)

- costante di sottofondo ( $\text{N cm}^{-3}$  o  $\text{kg cm}^{-3}$ )
- se vi sono tratti rigidi ovunque e la trave di fondazione non è di tipo 0:
  - tratto rigido a sinistra (m)
  - tratto rigido a destra (m)

*Gruppo di dati che descrivono la singola condizione di carico*

Il gruppo di dati che descrive la singola condizione di carico deve rispettare l'ordine e le unità di misura di seguito indicati:

- intestazione della condizione di carico; facoltativa, è prevista a partire dalla versione 5.1 (per evitare equivoci, l'intestazione non può essere un valore numerico e non deve iniziare con m=)
- indice di esistenza dei carichi verticali sulle travi (0=no, 1=sì)
- indice di esistenza dei momenti concentrati nei nodi (0=no, 1=sì)
- indice di esistenza delle forze verticali concentrate nei nodi (0=no, 1=sì)
- indice di esistenza dei carichi orizzontali (0=no, 1=sì); se si vuole effettuare l'analisi modale si indichi invece qui il numero dei modi da prendere in considerazione (maggiore di 1), oppure si scriva  $m=\text{numero-di-modi}$  (così si può fare l'analisi modale prendendo in considerazione anche solo il primo modo)
- se esistono carichi verticali sulle travi (primo indice uguale a 1):
  - per ciascun piano, dall'alto verso il basso:
    - carico verticale su ciascuna campata ( $\text{kN m}^{-1}$  o  $\text{t m}^{-1}$ ), da sinistra verso destra, con esclusione delle aste non esistenti (cioè con sezione di tipo 0) o con sezione avente area ed inerzia nulli
  - per la trave di fondazione, se esiste:
    - carico verticale su ciascun tratto ( $\text{kN m}^{-1}$  o  $\text{t m}^{-1}$ ), da sinistra verso destra, con esclusione dei tratti in cui la trave non esiste o ha sezione con area ed inerzia nulli
- se esistono momenti concentrati nei nodi (secondo indice uguale a 1):
  - per ciascun piano, dall'alto verso il basso:
    - momento concentrato in ciascun nodo ( $\text{kNm}$  o  $\text{tm}$ ), da sinistra verso destra, con esclusione dei nodi nei quali non converge alcuna asta reale (cioè con sezione non nulla)
  - per la trave di fondazione, se esiste: momento concentrato in ciascun nodo ( $\text{kNm}$  o  $\text{tm}$ ), da sinistra verso destra, con esclusione dei nodi nei quali non converge alcuna asta reale
- se esistono forze verticali concentrate nei nodi (terzo indice uguale a 1):
  - per ciascun piano, dall'alto verso il basso:
    - forza verticale concentrata in ciascun nodo ( $\text{kN}$  o  $\text{t}$ ), da sinistra verso destra, con esclusione dei nodi nei quali non converge alcuna asta reale
  - per la trave di fondazione, se esiste:
    - forza verticale concentrata in ciascun nodo ( $\text{kN}$  o  $\text{t}$ ), da sinistra verso destra, con esclusione dei nodi nei quali non converge alcuna asta reale
- se esistono forze orizzontali sui traversi (quarto indice uguale a 1):
  - per ciascun traverso, dall'alto verso il basso (e da sinistra verso destra se esistono più traversi inestensibili ad uno stesso piano):
    - forza orizzontale applicata al traverso ( $\text{kN}$  o  $\text{t}$ )
- se si è richiesta l'analisi modale (indicando il quarto indice maggiore di 1, oppure scrivendo  $m=\text{numero-di-modi}$ ):
  - per ciascun traverso, dall'alto verso il basso (e da sinistra verso destra se esistono più traversi inestensibili ad uno stesso piano):
    - massa applicata al traverso ( $\text{t}$ , sia per sistema internazionale che per sistema tecnico)
  - tipo di spettro di risposta da utilizzare (1=spettro definito con coppie di punti, 2=spettro EC8 generalizzato, 3=spettro di progetto EC8 1993, 4=spettro normativa italiana 1986, 5=spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2005, 6=spettro per SLD previsto dal DM 2005,

7=spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2008, 8=spettro per SLD previsto dal DM 2008)

- dati relativi allo spettro, in base al tipo innanzi indicato:
  - tipo 1 (spettro definito con coppie di punti):
    - numero di coppie di punti  $T, R$
    - coppie  $T, R$
  - tipo 2 (spettro EC8 generalizzato):
    - $\alpha$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
    - $q$  fattore di struttura
    - $S, \beta_0$  amplificazione dello spettro
    - $T_B, T_C, T_D$  periodi limite delle diverse curve
    - $k_1, k_2$  esponenti delle diverse curve
    - $R_{\min}$  valore minimo della risposta (a meno di  $\alpha$ )
    - $\xi$  smorzamento percentuale del telaio
  - tipo 3 (spettro di progetto EC8 1993):
    - $\alpha$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
    - $q$  fattore di struttura
    - tipo di suolo si indichi la lettera A, B oppure C
  - tipo 4 (spettro normativa italiana 1986):
    - $S$  grado di sismicità (6/9/12)
    - $\varepsilon$  coefficiente di fondazione
    - $\beta$  coefficiente di struttura
    - $I$  coefficiente di protezione sismica
  - tipo 5 (spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2005) – previsto a partire dalla versione 4.0:
    - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
    - $q$  fattore di struttura
    - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
  - tipo 6 (spettro per SLD previsto dal DM 2005) – previsto a partire dalla versione 4.0:
    - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
    - $\xi$  smorzamento percentuale del telaio
    - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
  - tipo 7 (spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2008) – previsto a partire dalla versione 5.1:
    - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
    - $F_o$  fattore di amplificazione
    - $T_C^*$  periodo di riferimento
    - $q$  fattore di struttura
    - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
    - cat.topogr. si indichi T1, T2, T3 o T4
  - tipo 8 (spettro per SLD previsto dal DM 2008) – previsto a partire dalla versione 5.1:
    - $a_g$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
    - $F_o$  fattore di amplificazione
    - $T_C^*$  periodo di riferimento
    - $\xi$  smorzamento percentuale del telaio (valore tipico: 5)
    - tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
    - cat.topogr. si indichi T1, T2, T3 o T4

### *Risultati forniti*

L'output del programma contiene innanzitutto l'elenco dei dati geometrici ed elastici forniti in ingresso dall'utente, per consentirne il necessario controllo. I pilastri sono individuati in base alla loro numerazione in carpenteria; le travi in base alla numerazione dei pilastri di estremità. Per ciascuna asta sono riportate in forma sintetica le informazioni relative alla sezione, rinviando ad un'apposita tabella dei tipi di sezione per informazioni più dettagliate. Non vengono stampati dati irrilevanti ai fini del calcolo: ad esempio, se non si è tenuto conto della deformabilità a taglio non viene indicato il rapporto  $A/\chi$  anche se esso deve essere sempre fornito per le sezioni di forma generica.

Per ciascuno schema di carico sono indicati innanzitutto i carichi applicati. Sono poi riportati gli spostamenti orizzontali assoluti e relativi dei traversi inestensibili e lo spostamento verticale e la rotazione dei nodi. Gli spostamenti, positivi se concordi col verso degli assi (cioè diretti rispettivamente verso destra e verso l'alto) sono espressi in mm. La rotazione, positiva se antioraria, è indicata in radianti amplificata di un fattore 1000. Si tenga però presente che come spostamento relativo si è considerata la differenza tra gli spostamenti di traversi con numeri consecutivi; in alcuni schemi – come nell'esempio riportato nel capitolo 6, parte seconda, del libro – questi traversi possono essere non adiacenti e in tal caso il valore fornito non ha alcun senso.

I valori delle caratteristiche di sollecitazione  $M$ ,  $V$ ,  $N$  nei due estremi di ciascuna asta sono espressi in kNm e kN o tm e t. Si ricorda che per esse valgono le usuali convenzioni della Scienza delle Costruzioni, considerando le travi orientate da sinistra a destra, i pilastri dal basso verso l'alto. Il momento flettente è quindi positivo se tende le fibre inferiori delle travi e quelle a destra dei pilastri; il taglio è positivo se la microcoppia costituita dalle azioni taglianti su due facce opposte è antioraria, lo sforzo normale è positivo se di trazione. I valori si riferiscono agli estremi anche quando l'asta ha tratti rigidi; il valore a filo del tratto rigido dovrà essere calcolato manualmente l'utente. Se si riscontrano squilibri in nodi non vincolati o nei traversi, dovuti agli inevitabili errori di troncamento del procedimento risolutivo, questi vengono espressamente segnalati per consentire all'utente di rendersi conto della loro entità e quindi della maggiore o minore validità dei risultati ottenuti.

Se si è richiesta l'analisi modale, sono indicati, per ciascun modo, il periodo proprio  $T$ , il coefficiente di partecipazione modale  $p$ , l'ordinata dello spettro di risposta corrispondente a  $T$ , la deformata modale, le forze corrispondenti al modo, gli spostamenti, le rotazioni e le caratteristiche della sollecitazione. Sono poi riportati gli inviluppi modali degli spostamenti orizzontali e delle caratteristiche della sollecitazione, calcolati come radice quadrata della somma dei quadrati dei valori dei singoli modi (SRSS) o come combinazione quadratica completa (CQC). Se in una stessa condizione di carico è richiesta l'analisi modale e sono forniti carichi sulle aste o sui nodi, sono forniti separatamente i risultati dell'analisi modale e quelli relativi allo schema soggetto a carichi sulle aste e sui nodi.

## **Telaio spaziale (TELSPA) - file dati**

### *Preparazione dei dati*

Nel definire l'insieme spaziale di telai, occorre numerare progressivamente i telai a partire dal valore 1. L'ordine col quale questi numeri vengono attribuiti non ha alcuna influenza sui tempi di risoluzione. Per ciascun telaio è definito un riferimento locale  $x'y'$ , individuato mediante la posizione dell'origine e l'inclinazione dell'asse  $x'$  rispetto all'asse  $x$  del sistema di riferimento globale.

Occorre inoltre numerare progressivamente gli impalcati a partire dal valore 1. Anche se l'ordine di numerazione degli impalcati non ha alcuna influenza sui tempi di risoluzione, si consiglia di numerare gli impalcati progressivamente, dal basso verso l'alto.

Si ricorda che nei telai piani a maglie rettangolari i traversi sono numerati automaticamente dal basso verso l'alto e a parità di quota (nel caso di interruzione del traverso) da destra verso sinistra. Nei telai generici l'ordine di numerazione dei traversi è assegnato dall'utente, ma si consiglia di seguire anche in questo caso lo stesso ordine.

I dati che descrivono la geometria di ciascun telaio piano dipendono dal tipo di telaio. Per i criteri con i quali preparare lo schema geometrico si veda anche nel paragrafo "Modalità di utilizzazione del programma" dei capitoli 5 e 6, parte II, del testo di riferimento (A. Ghersi, R. Coraggio, Analisi matriciale di strutture intelaiate, CUEN, Napoli, 1990).

In aggiunta alle indicazioni necessarie per definire il singolo telaio piano, si deve definire a quale impalcato appartiene ciascun traverso del telaio. Si deve intendere come traverso un gruppo di nodi del telaio piano che appartengono tutti allo stesso impalcato dello schema spaziale. È comunque possibile indicare che più traversi di un telaio piano appartengono ad uno stesso impalcato. A partire dalla versione 5.1 è possibile anche indicare che un traverso inestensibile è svincolato da tutti gli impalcati. Il numero di traversi del singolo telaio può quindi essere minore o anche maggiore del numero di impalcati dell'insieme spaziale.

Si noti che si è mantenuta la possibilità di imporre ai singoli telai vincoli cedevoli o travi di fondazione su suolo alla Winkler. Questa opportunità deve però essere sfruttata con molta cautela, ricordando che il modello di insieme spaziale di telai piani non impone la congruenza degli spostamenti verticali di nodi comuni a telai distinti. Per imporre tale congruenza bisogna indicare la presenza di un graticcio di travi di fondazione, possibilità introdotta a partire dalla versione 3.0 e rivista nella versione 5.1.

Quando si indica presente un graticcio di travi di fondazione, viene imposta l'uguaglianza di spostamento verticale al piede tra diversi telai, usando come chiave di collegamento il numero del pilastro. Bisognerà quindi indicare innanzitutto quanti pilastri in totale sono collegati al graticcio. Per ciascun telaio bisogna poi indicare quali pilastri sono collegati al graticcio. Per i telai rettangolari al momento si assume che tutti i pilastri siano collegati al graticcio. Per i telai generici bisogna indicare quanti nodi appartengono al graticcio e, per ciascun nodo, qual è il pilastro corrispondente. Si noti che nel caso di nodi di un telaio (rettangolare o generico) collegati al graticcio è automaticamente consentito lo spostamento verticale (anche se era stato assegnato un vincolo che lo impediva). Si noti inoltre che il modo in cui viene trattato il graticcio nella versione 5.1 è differente da quanto previsto dalla versione 3.0. Per tale motivo la compatibilità dei file dati tra le diverse versioni del programma, che in generale si è cercato di mantenere, non è garantita su questo specifico aspetto.

### *Gruppo di dati che descrive globalmente il complesso spaziale*

Il gruppo di dati che descrive globalmente il complesso spaziale deve rispettare l'ordine di seguito riportato. I valori forniti devono essere conformi alle unità di misura indicate tra parentesi:

- nome e versione del programma: questa indicazione è richiesta facoltativamente a partire dalla versione 3.0 ed è obbligatoria dalla versione 4.1. Con riferimento all'ultima versione, qui descritta, la prima riga sarà quindi "TELSPA 5.1". In questo modo il programma è in grado di riconosce-

re il tipo di schema (telaio spaziale) e le eventuali particolarità del file dati relativo alla versione di programma utilizzata.

- intestazione
  - numero totale di telai dello schema
  - numero di impalcati presenti nello schema
  - numero di materiali utilizzati (questa indicazione è stata introdotta con la versione 4.1)
  - numero di tipi di sezioni
  - numero di pilastri la cui base è un nodo del graticcio di travi di fondazione; se si risponde 0 la struttura è incastrata al piede oppure è fondata su travi scollegate tra di loro (questa indicazione è stata introdotta a partire dalla versione 3.0)
  - per ogni telaio:
    - carattere che identifica il tipo di telaio:  
G = telaio generico, descritto nel capitolo 5 del testo  
R = telaio a maglie rettangolari o trapezie, descritto nel capitolo 6 del testo
    - ascissa e ordinata dell'origine del riferimento locale rispetto alla terna globale (m)
    - direzione o inclinazione del telaio; è possibile indicare una lettera ( $x$  o  $y$ ) quando il telaio è parallelo a uno degli assi, oppure l'angolo formato dall'asse locale  $x'$  rispetto all'asse globale  $x$  (espresso in gradi e positivo se nel verso che porta  $x$  su  $y$ )
  - sistema di misura (indicazione facoltativa – si consiglia di usarla quando si utilizzano spesso file con entrambi i sistemi di misura): indicare SISINT oppure SISTEC
  - per ogni materiale:
    - modulo di elasticità normale  $E$  ( $\text{N mm}^{-2}$  o  $\text{kg cm}^{-2}$ )
    - coefficiente di Poisson  $\nu$  (in genere  $\nu=0.1$  per c.a.,  $0.3$  per acciaio; questo valore è utilizzato per calcolare il modulo di elasticità tangenziale  $G$ )
- Nota: le versioni precedenti alla 4.1 prevedevano un unico materiale ed assumevano automaticamente  $\nu=0.1$ ,  $G=0.45 E$
- per ogni tipo di sezione:
    - carattere che identifica la forma della sezione:  
R = sezione di forma rettangolare  
G = sezione di forma generica
    - caratteristiche geometriche della sezione:
      - base (m) ed altezza (m) per le sezioni rettangolari
      - area ( $\text{m}^2$ ), rapporto tra area e fattore di taglio ( $\text{m}^2$ ), momento di inerzia ( $\text{m}^4$ ), sigla che descrive la sezione (quest'ultima indicazione è stata introdotta con la versione 4.1) per quelle generiche
    - numero d'ordine del materiale da cui è costituita la sezione (questa indicazione è stata introdotta con la versione 4.1)

#### *Gruppo di dati che descrive la geometria del singolo telaio generico*

Il gruppo di dati che descrive la geometria di un telaio di tipo generico appartenente all'insieme deve rispettare l'ordine di seguito riportato:

- numero totale di nodi del telaio
- numero di aste presenti nel telaio
- numero di traversi orizzontali indeformabili (ovvero di gruppi di nodi aventi lo stesso spostamento orizzontale)
- se è presente un graticcio di fondazione: numero di nodi del telaio appartenenti al graticcio di travi di fondazione (questa indicazione è stata introdotta con la versione 3.0)
- per ogni nodo:
  - ascissa del nodo nel riferimento locale del telaio (m)
  - ordinata del nodo nel riferimento locale del telaio (m)



- codice di vincolo. È costituito da una stringa con tre caratteri, che si riferiscono alle tre componenti di movimento del nodo (nell'ordine: traslazione in direzione x ed y e rotazione). Si indica con 0 una componente di movimento consentita, con 1 una impedita, con C una limitata da un vincolo cedevole
- costante elastica di eventuali vincoli cedevoli ( $\text{kN m}^{-1}$  o  $\text{t m}^{-1}$  per vincoli allo spostamento,  $\text{kNm}$  o  $\text{tm}$  per vincoli alla rotazione). La costante elastica deve essere fornita solo per quei gradi di libertà per i quali si è usato C come codice di vincolo
- per ogni traverso orizzontale inestensibile: nodi collegati dal traverso, che devono quindi avere lo stesso spostamento orizzontale. L'elenco dei nodi deve terminare con uno 0, che indica al calcolatore la fine dei nodi del traverso
- per ogni asta:
 

N.B. fino alle precedenti versioni andavano indicati prima gli estremi e poi il tipo di asta; ciò è ancora consentito, per compatibilità con i vecchi file dati

  - carattere che identifica il tipo di asta:
 

T	trave alla De Saint Venant solidale ai nodi di estremità
W	trave su suolo elastico alla Winkler
C1	trave alla De Saint Venant con cerniera al primo estremo
C2	trave alla De Saint Venant con cerniera al secondo estremo
P	trave alla De Saint Venant con cerniere ad entrambi gli estremi (pendolo)
TR	trave alla De Saint Venant con tratti rigidi agli estremi; fino alle precedenti versioni si usava a tale scopo il carattere R, che è ancora ammesso per compatibilità con i vecchi file dati
WR	trave su suolo elastico alla Winkler con tratti rigidi agli estremi
  - primo estremo
  - secondo estremo
  - tipo di sezione
  - se l'asta poggia su un suolo elastico alla Winkler (tipo W):
    - larghezza della sottobase (m)
    - costante di sottofondo ( $\text{N cm}^{-3}$  o  $\text{kg cm}^{-3}$ )
  - se l'asta ha tratti rigidi agli estremi (tipo TR o WR):
    - lunghezza del tratto rigido al primo estremo (m)
    - lunghezza del tratto rigido al secondo estremo (m)
- per ogni traverso inestensibile: numero d'ordine dell'impalcato ad esso corrispondente; se per un traverso si indica 0 si intende che tale traverso è svincolato dagli impalcati
- se è presente un graticcio di fondazione, per ogni nodo del telaio appartenente al graticcio di travi di fondazione:
  - numero d'ordine del nodo
  - numerazione in carpenteria del pilastro di cui il nodo in questione rappresenta il piede

*Gruppo di dati che descrive la geometria del singolo telaio a maglie rettangolari*

Il gruppo di dati che descrive la geometria di un telaio a maglie rettangolari o trapezie appartenente all'insieme deve rispettare l'ordine di seguito riportato:

- numero totale di pilastri (intesi come allineamenti verticali)
- numero totale di piani, intesi come allineamenti orizzontali o inclinati indipendentemente dal fatto che la loro continuità sia mantenuta o interrotta dalla mancanza di travi e che siano quindi costituiti da uno o più traversi inestensibili
- presenza della trave di fondazione e/o di tratti rigidi agli estremi delle aste (0=niente, 1=trave di fondazione, 10=tratti rigidi, 11=tratti rigidi in elevazione e trave di fondazione, 21=tratti rigidi ovunque e trave di fondazione)
- numerazione dei pilastri in carpenteria, da sinistra verso destra

- altezza degli interpiani, dall'alto verso il basso (m); se ad un interpiano i ritri non hanno tutti la stessa altezza deve essere assegnato ad essa il valore 0; se il piano di posa non è orizzontale, si indichi come altezza del primo interpiano il valore convenzionale -1
- per ciascun interpiano i cui ritri non hanno tutti la stessa altezza, dall'alto verso il basso: altezza di ciascun ritro, da sinistra verso destra (m); se al primo interpiano si è indicato il valore convenzionale -1 occorre indicare prima l'altezza di tutti i ritri del primo piano e poi la quota a cui è posto il piede di ciascun ritro
- se vi è la trave di fondazione: lunghezza dello sbalzo sinistro (m)
- luce di ogni campata, da sinistra verso destra (m)
- se vi è la trave di fondazione: lunghezza dello sbalzo destro (m)
- per le travi di ciascun piano, dall'alto verso il basso:
  - tipo di sezione di ogni campata, da sinistra verso destra; assegnare una sezione di tipo 0 indica che l'asta è mancante
  - se vi sono tratti rigidi e la trave non è di tipo 0:
    - tratto rigido a sinistra (m)
    - tratto rigido a destra (m)
- per i pilastri di ciascun interpiano, dall'alto verso il basso:
  - tipo di sezione di ciascun ritro, da sinistra verso destra; assegnare una sezione di tipo 0 indica che l'asta è mancante
  - se vi sono tratti rigidi e il pilastro non è di tipo 0:
    - tratto rigido inferiore (m)
    - tratto rigido superiore (m)
- se è presente la trave di fondazione, per ciascun tratto, inclusi gli sbalzi, da sinistra verso destra:
  - tipo di sezione; assegnare una sezione di tipo 0 indica che il tratto è mancante
  - larghezza della sottobase (m)
  - costante di sottofondo ( $\text{N cm}^{-3}$  o  $\text{kg cm}^{-3}$ )
  - se vi sono tratti rigidi ovunque e la trave di fondazione non è di tipo 0:
    - tratto rigido a sinistra (m)
    - tratto rigido a destra (m)
- per ogni traverso inestensibile: numero d'ordine dell'impalcato ad esso corrispondente; se per un traverso si indica 0 si intende che tale traverso è svincolato dagli impalcati

#### *Gruppo di dati che descrivono la singola condizione di carico*

Ciascuno schema di carico può essere costituito sia da forze e momenti concentrati applicati direttamente agli impalcati che da carichi, concentrati o distribuiti, agenti sui singoli telai; poiché non sempre questi carichi esistono, si è ritenuto preferibile che l'utente indichi preliminarmente se sono presenti gli uni, gli altri o entrambi. Per maggiori dettagli si veda quanto indicato nel testo di riferimento.

Il gruppo di dati che descrive la singola condizione di carico deve rispettare l'ordine e le unità di misura di seguito indicati:

- intestazione della condizione di carico; facoltativa, è prevista a partire dalla versione 5.1 (per evitare equivoci, l'intestazione non può essere un valore numerico)
- indice di esistenza dei carichi applicati agli impalcati (0=no, 1=sì); se si vuole effettuare l'analisi modale si indichi invece qui il numero dei modi da prendere in considerazione (maggiore di 1)
- indice di esistenza di carichi applicati ai telai (0=no, 1=sì)
- informazioni che descrivono i carichi applicati agli impalcati (se il primo indice è diverso da 0)
- per ciascun telaio: informazioni che descrivono i carichi applicati ad esso (se il secondo indice è uguale a 1)

Per individuare i carichi sugli impalcati occorre indicare:

- se è richiesta un'analisi per forze orizzontali (primo indice uguale a 1):
  - per ciascun impalcato (dall'ultimo al primo):
    - ascissa e ordinata del punto di applicazione delle azioni concentrate rispetto al sistema di riferimento globale (m)
    - $F_x$ , componente in direzione  $x$  dell'azione applicata all'impalcato (kN o t)
    - $F_y$ , componente in direzione  $y$  dell'azione applicata all'impalcato (kN o t)
    - $M_z$  coppia concentrata applicata all'impalcato (kNm o tm)
- se è richiesta un'analisi modale (primo indice maggiore di 1):
  - per ciascun impalcato (dall'ultimo al primo):
    - ascissa e ordinata del centro di massa rispetto al sistema di riferimento globale (m)
    - massa dell'impalcato (t)
    - raggio d'inerzia delle masse dell'impalcato (m)
  - direzione in cui agisce il sisma; si indichi "x" o "y" oppure l'angolo della direzione rispetto all'asse  $x$  (in gradi)
  - tipo di spettro di risposta da utilizzare (1=spettro definito con coppie di punti, 2=spettro EC8 generalizzato, 3=spettro di progetto EC8 1993, 4=spettro normativa italiana 1986, 5=spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2005, 6=spettro per SLD previsto dal DM 2005, 7=spettro di progetto per SLU previsto dal DM 2008, 8=spettro per SLD previsto dal DM 2008)
  - dati relativi allo spettro, in base al tipo innanzi indicato:
    - tipo 1:
      - \* numero di coppie di punti  $T, R$
      - \* coppie  $T, R$
    - tipo 2:
      - \*  $\alpha$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
      - \*  $q$  fattore di struttura
      - \*  $S, \beta_0$  amplificazione dello spettro
      - \*  $T_B, T_C, T_D$  periodi limite delle diverse curve
      - \*  $k_1, k_2$  esponenti delle diverse curve
      - \*  $R_{min}$  valore minimo della risposta (a meno di  $\alpha$ )
      - \*  $\xi$  smorzamento percentuale del telaio
    - tipo 3:
      - \*  $\alpha$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
      - \*  $q$  fattore di struttura
      - \* tipo di suolo si indichi la lettera A, B oppure C
    - tipo 4:
      - \*  $S$  grado di sismicità (6/9/12)
      - \*  $\epsilon$  coefficiente di fondazione
      - \*  $\beta$  coefficiente di struttura
      - \*  $I$  coefficiente di protezione sismica
    - tipo 5 (previsto a partire dalla versione 4.0):
      - \*  $a_g$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
      - \*  $q$  fattore di struttura
      - \* tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
    - tipo 6 (previsto a partire dalla versione 4.0):
      - \*  $a_g$  accelerazione del terreno a meno di  $g$
      - \*  $\xi$  smorzamento percentuale del telaio
      - \* tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
    - tipo 7 (previsto a partire dalla versione 5.1):
      - \*  $a_g$  accelerazione del terreno a meno di  $g$

- \*  $F_o$  fattore di amplificazione
- \*  $T_C^*$  periodo di riferimento
- \*  $q$  fattore di struttura
- \* tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
- \* cat.topogr. si indichi T1, T2, T3 o T4
- tipo 8 (previsto a partire dalla versione 5.1):
- \*  $a_g$  accelerazione del terreno a meno di g
- \*  $F_o$  fattore di amplificazione
- \*  $T_C^*$  periodo di riferimento
- \*  $\xi$  smorzamento percentuale del telaio
- \* tipo di suolo si indichi la lettera A, B, C, D oppure E
- \* cat.topogr. si indichi T1, T2, T3 o T4

Per individuare i carichi applicati ai telai si faccia riferimento alle istruzioni già riportate per TelRet (per i telai a maglie rettangolari) e per TelGen (per i telai generici), con l'esclusione della istruzione della condizione di carico (che qui è unica per tutti i telai, come indicato in precedenza).

### *Risultati forniti*

L'output del programma contiene innanzitutto l'elenco dei dati geometrici ed elastici forniti in ingresso dall'utente, per consentirne il necessario controllo. Sono riportate innanzitutto le informazioni relative all'insieme nel suo complesso, che mostrano il tipo e la posizione di ciascun telaio, i tipi di sezione previsti per le aste, le caratteristiche del materiale. Sono poi descritti i singoli telai, in maniera diversa in base al loro tipo secondo quanto illustrato con riferimento ai programmi TELGEN e TELRET. Alle informazioni geometriche è aggiunta l'elencazione degli impalcati corrispondenti ai singoli traversi inestensibili del telaio piano.

Per ciascuno schema di carico vengono riportate, se presenti, sia le azioni applicate direttamente agli impalcati che quelle agenti sui singoli telai.

Sono poi riportate le componenti di movimento degli impalcati ottenute come risultato del calcolo. Gli spostamenti  $v_x$  e  $v_y$ , positivi se concordi col verso positivo degli assi  $x$  ed  $y$  del riferimento globale, sono espressi in mm. La rotazione  $\theta_z$ , positiva se nel verso che porta  $x$  su  $y$ , è indicata in radianti, amplificata di un fattore 1000.

Per ciascun telaio sono riportate gli spostamenti assoluti e relativi dei traversi e le componenti di movimento dei nodi, riferite al sistema locale  $x'y'$ , con le stesse unità di misura e convenzione dei segni; si tenga però presente che come spostamento relativo si è considerata la differenza tra gli spostamenti di traversi con numeri consecutivi; in alcuni schemi – come nell'esempio riportato nel capitolo 6, parte seconda, del libro – questi traversi possono essere non adiacenti e in tal caso il valore fornito non ha alcun senso. I valori delle caratteristiche di sollecitazione  $M$ ,  $V$ ,  $N$  nei due estremi di ciascun'asta sono espressi in kNm e kN o tm e t. Si ricorda che per esse valgono le usuali convenzioni della Scienza delle Costruzioni, considerando le aste orientate dal primo al secondo estremo; in particolare per telai di tipo R le travi sono orientate da sinistra a destra, i pilastri dal basso verso l'alto. Il momento flettente è quindi positivo se tende le fibre inferiori dell'asta, guardandola nel piano del telaio in modo da avere a sinistra il primo estremo e a destra il secondo; il taglio è positivo se la microcoppia costituita dalle azioni taglianti su due facce opposte è antioraria, lo sforzo normale è positivo se di trazione. Se si riscontrano squilibri in nodi non vincolati o nei traversi, dovuti agli inevitabili errori di troncamento del procedimento risolutivo, questi vengono espressamente segnalati per consentire all'utente di rendersi conto della loro entità e quindi della maggiore o minore validità dei risultati ottenuti.

Se si è richiesta l'analisi modale, sono indicati, per ciascun modo, il periodo proprio  $T$ , il coefficiente di partecipazione modale  $p$ , l'ordinata dello spettro di risposta corrispondente a  $T$ , la deformata modale, le forze corrispondenti al modo, gli spostamenti, le rotazioni e le caratteristiche della sollecitazione. Sono poi riportati gli involuppi modali degli spostamenti orizzontali e delle caratteristiche della sollecitazione, calcolati come radice quadrata della somma dei quadrati dei valori dei singoli

modi (SRSS) o come combinazione quadratica completa (CQC). Se in una stessa condizione di carico è richiesta l'analisi modale e sono forniti carichi sulle aste o sui nodi, sono forniti separatamente i risultati dell'analisi modale e quelli relativi allo schema soggetto a carichi sulle aste e sui nodi. Si ricorda infine che i risultati, forniti per i singoli telai, devono essere riguardati in maniera globale, sia per utilizzarli nella verifica delle sezioni che per valutare l'attendibilità del modello. Non si può infatti dimenticare che, pur avendo schematizzato l'edificio come insieme di telai collegati solo dagli impalcati, nella realtà ciascun pilastro appartiene contemporaneamente a due telai distinti. L'effettivo sforzo normale è quindi somma delle aliquote fornite per ciascun telaio; esso inoltre è soggetto a flessione in piani distinti e può essere verificato a pressoflessione retta solo se la flessione in un piano prevale nettamente sull'altra. Analogamente, ciascun nodo della struttura spaziale appartiene in realtà contemporaneamente a due telai piani. L'esame dell'abbassamento e della rotazione forniti per l'uno e per l'altro consentono di rendersi conto se è stato corretto, o no, trascurare le azioni mutue che dovrebbero insorgere tra i distinti telai nei punti di contatto.