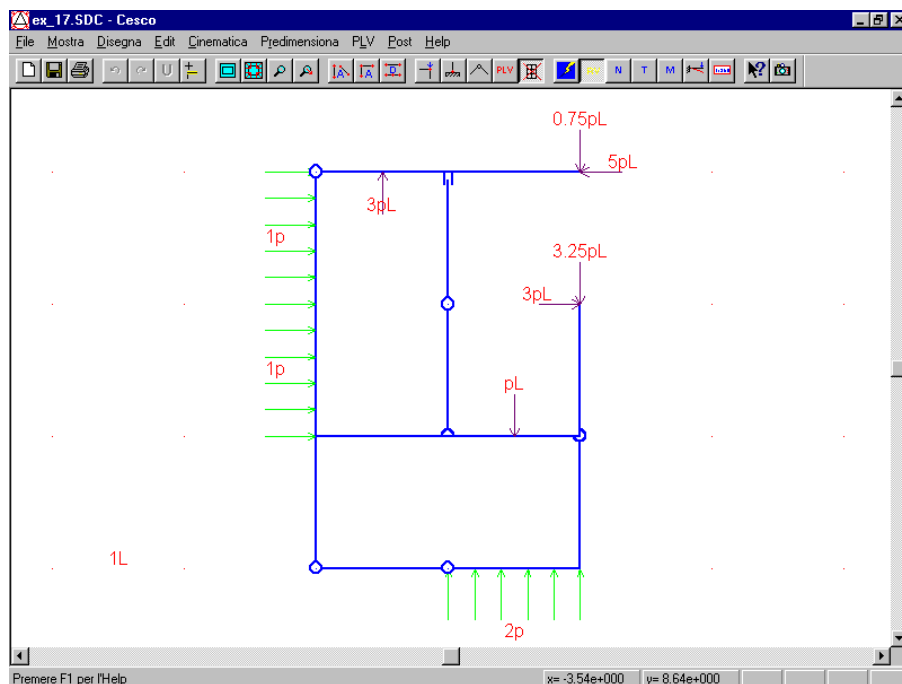


Paolo Rugarli

Cesco

Computer Education to Structural COstructions

Ver. 2.0



<http://www.castaliaweb.com>
Via Pinturicchio, 24
20133 Milano
staff@castaliaweb.com
Copyright © 2000-2002 – Castalia srl
Rev. 2.0 del 12-1-2002

1 Introduzione

1.1 Licenza d'uso

CONTRATTO DI CONCESSIONE IN USO

Si conviene quanto segue:

Castalia s.r.l. dà in uso al Concessionario n. 1 copia del pacchetto di programmi di elaborazione dati C.E.S.CO. nel seguito denominato Programma.

Il Programma è composto dai supporti magnetici o ottici, dalla protezione hardware, dalla licenza d'uso e da tutti i materiali di supporto consegnati sotto forma di documenti elettronici in vari formati.

La concessione è regolata dalle seguenti condizioni:

- 1) Castalia srl, per accordo con gli Autori, ha e mantiene in via esclusiva i diritti di copyright sul programma, sul manuale e su tutto il materiale scritto di accompagnamento al Programma. Il Programma è tutelato dalle leggi sul diritto d'Autore e sul copyright dell'Italia, dalle disposizioni dei trattati internazionali e da tutte le leggi nazionali applicabili. Il Programma è composto da vari moduli ciascuno dei quali è e rimarrà di proprietà degli Autori e non del Concessionario.
- 2) Il Concessionario ha diritto di usare una sola copia del Programma in un solo elaboratore. Il Concessionario non potrà usare il Programma in più di un elaboratore o terminale allo stesso tempo.
- 3) Nè il Programma nè una sua copia potrà essere sub-licenziato a terzi, nemmeno a titolo precario e gratuito o per un periodo limitato di tempo, nè in tutto nè in parte.
- 4) Il Concessionario si impegna alla custodia del Programma; nel caso che questo gli venga sottratto illecitamente, esso si impegna a darne tempestiva comunicazione a Castalia s.r.l., oltre che ad assumere le iniziative necessarie ad impedire o limitare la diffusione non autorizzata del Programma.
- 5) Il Programma non potrà essere modificato od incorporato in altri programmi, convertito, decodificato, decompilato, disassemblato o sottoposto ad alcun processo mirante alla sua riconversione in programma sorgente.
- 6) In caso di inottemperanza alle condizioni di cui sopra, il presente contratto di concessione verrà risolto per fatto e colpa del Concessionario, il quale dovrà restituire il Programma unitamente al suo supporto materiale e a tutta la documentazione annessa, senza diritto a rimborso alcuno tutto ciò salvo il risarcimento degli ulteriori danni e le eventuali azioni penali.
- 7) Il Programma è fornito "come è". Castalia s.r.l. e gli Autori, nonostante che il Programma sia stato sottoposto ad accurati controlli, declinano ogni responsabilità nell'ipotesi che i risultati delle elaborazioni ottenuti con l'utilizzazione dello stesso risultassero affetti da errori o carenze di qualsiasi genere, intendendosi con ciò che il Concessionario è comunque tenuto al controllo dei risultati dell'elaborazione.
- 8) Castalia srl garantisce che il prodotto e i supporti sui quali il software è fornito sono sostanzialmente privi di difetti significativi per un periodo di tre (3) mesi dalla data di consegna del prodotto. In caso di materiale o prodotto difettoso l'unico impegno di Castalia è quello – su sua scelta – di sostituire le parti difettose. Le parti sostituite diventeranno proprietà di Castalia srl.
- 9) Richieste di sostituzioni in garanzia dovranno essere fatte entro sette giorni dalla data di osservazione del difetto, accompagnate da prove soddisfacenti e precise indicazioni.

10) Eccetto quanto qui sopra stabilito non c'è alcuna altra garanzia, affermazione o condizione riguardante il Prodotto, o i servizi o prestazioni di Castalia srl o degli Autori, esplicite e implicite, ivi inclusa (e non solo) la garanzia implicita di capacità di assolvere un determinato compito.

11) Le responsabilità di Castalia srl e degli Autori per danni al concessionario o ad ogni altra parte, per qualsiasi causa, inclusa la negligenza, non potrà mai eccedere il prezzo pagato per l'unità di prodotto che ha causato il danno. In nessun caso Castalia o gli Autori saranno responsabili per qualsiasi danno causato dal mancato assolvimento dei suoi obblighi da parte del Concessionario, o per qualsiasi perdita di dati, profitti, risparmi, od ogni altro danno consequenziale o incidentale, o per ogni reclamo basato su azioni di terze parti.

12) Per qualsiasi controversia il foro competente è quello di Milano.

1.2 Ringraziamenti



CESCO è stato realizzato dall'ing. Paolo Rugarli, di Castalia s.r.l., nell'ambito di un lavoro cominciato nel 1995, poi interrotto, poi ripreso e portato a compimento. L'Autore ha discusso i contenuti del progetto con alcuni Docenti del Politecnico di Milano che desidera qui pubblicamente ringraziare.

Il Prof. Ing. Giulio Ballio Docente di Teoria e Progetto di Costruzioni in Acciaio, che ha creduto nel progetto, lo ha ulteriormente migliorato con il Suo contributo, e si è attivamente adoperato affinché questo potesse vedere la luce. E' del Prof. Giulio Ballio l'idea di far vedere a schermo l'ingombro strutturale, nonché di stimarlo recursivamente mediante opportuni insiemi di equazioni da egli stesso formulate per svariate tipologie costruttive. Queste equazioni sono state implementate in CESCO (menù Predimensiona).

Il Prof. Ing. Claudio Chesi, Docente di Scienza delle Costruzioni, che per primo cinque anni fa ebbe l'idea che fosse il momento di realizzare un software di questo tipo proponendone la creazione all'Autore, e che nel corso di tutto il progetto è sempre stato pronto nel dare preziosi pareri. Al Prof. Claudio Chesi l'Autore deve la pluriennale felice collaborazione che gli ha consentito di lavorare liberamente alla didattica pur non essendo rimasto nell'Università.

I Proff. Ingg. Claudio Bernuzzi e Maria Adelaide Parisi, Docenti rispettivamente di Laboratorio di Costruzioni dell'Architettura II e di Scienza delle Costruzioni, che hanno dato svariati utili consigli per migliorare il programma, con la più grande apertura e disponibilità.

L'Autore esprime a tutte queste persone il proprio sincero ringraziamento, inoltre, per l'atmosfera di produttività e di concreta fattività che ha contraddistinto tutte le riunioni che sono state fatte, marcando un periodo di lavoro che resterà indimenticabile.

Novara/Milano, Gennaio 2000.

1.3 Avvertenze

Relativamente alla terminologia usata nell'help e anche nel programma va detto quanto segue.

I termini “isostatico”, “ipostatico”, “iperstatico” e “labile” sono usati in maniera non del tutto simile in letteratura. Alcuni Autori definiscono “isostatica” una struttura che non solo presenta un numero di vincoli eguale al numero dei gradi di libertà, ma che è anche tale da evitare atti di moto rigidi, essendo staticamente “ben posta”. Altri autorevoli Autori usano come sinonimi “ipostaticità” e “labilità”.

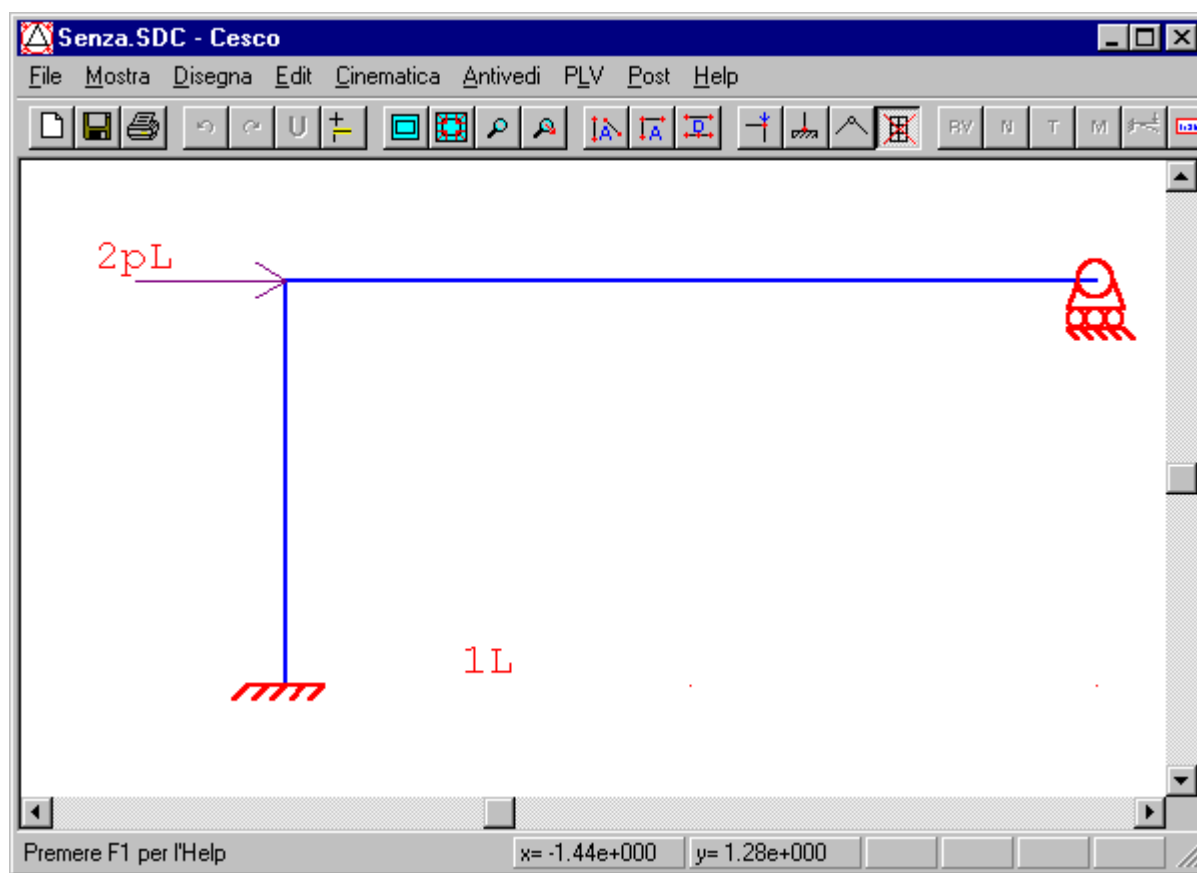
In CESCO i termini iso, ipo, iperstaticità hanno un significato meramente numerico, in accordo alla stretta etimologia dei termini: una struttura è isostatica quando il numero globale dei gradi di libertà è eguale al numero globale dei vincoli. E' ancora da dimostrare 1) che i vincoli siano ben distribuiti, in modo che anche localmente la struttura sia isostatica, e non magari una parte sia iperstatica ed una parte ipostatica; 2) che i vincoli siano correttamente disposti in modo da essere indipendenti. Il termine “labilità” viene usato in CESCO per indicare la presenza di moti rigidi su strutture isostatiche o iperstatiche. Viceversa una struttura è classificata “non labile”, ad esempio: “isostatica e non labile”, “iperstatica e non labile”, quando è priva di moti rigidi.

I Docenti e gli Allievi che vorranno usare CESCO tengano in conto quanto detto sopra per interpretare correttamente quando riportato dal programma.

Tutto quanto è scritto nell'help è esclusivamente a responsabilità dell'Autore, e pertanto ogni eventuale manchevolezza, omissione, imprecisione o semplificazione è esclusivamente dovuta ad esso.

Come ogni programma, anche CESCO, sebbene capillarmente testato, può dare luogo a malfunzionamenti. In questo caso preghiamo di darne notizia via E-mail all'indirizzo staff@castaliaweb.com, oppure connettendosi al sito <http://www.castaliaweb.com>.

1.4 Panoramica



C.E.S.CO è stato realizzato avendo in mente le esigenze degli Studenti e dei Docenti dei corsi di Statica, Scienza delle Costruzioni e Tecnica delle Costruzioni, delle Facoltà di Architettura ed Ingegneria del Politecnico di Milano.

Via via che il programma cresceva aumentava però la consapevolezza che lo strumento poteva ritenersi diretto anche ad una platea di utenti assai più ampia. Non solo perché anche gli Studenti ed i Docenti di altri Atenei si sarebbero potuti avvalere del programma, ma anche perché lo strumento, così docile, si prestava anche all'uso corrente da parte di chi non è un esperto di calcoli ma si trovi talvolta a doverne fare (Architetti, Geometri, eccetera).

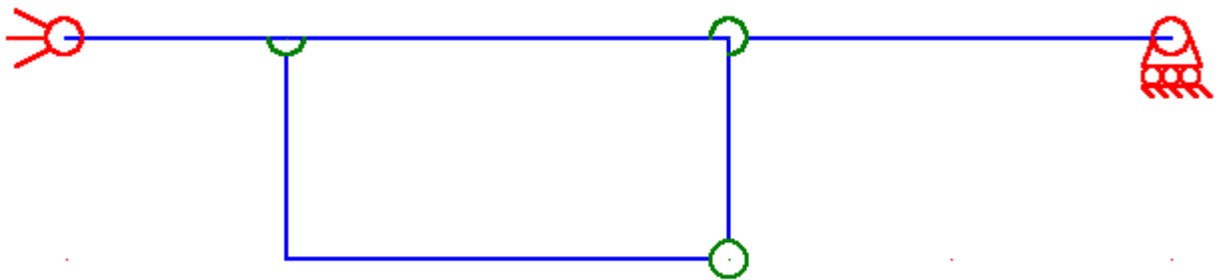
CESCO presenta diversi aspetti inediti nel panorama del software disponibile.

Esso non richiede a chi lo usa alcuna nozione relativa ai metodi di calcolo impiegati in background dal programma (metodo degli elementi finiti, calcoli matriciali, algebra lineare e geometria analitica), ma si propone di poter essere usato anche dal più giovane ed inesperto degli Allievi. Gli schemi che descrivono la struttura sono quelli familiari dei libri di testo, non vi sono difficoltà di sorta nell'interpretare simboli o linguaggi particolari.

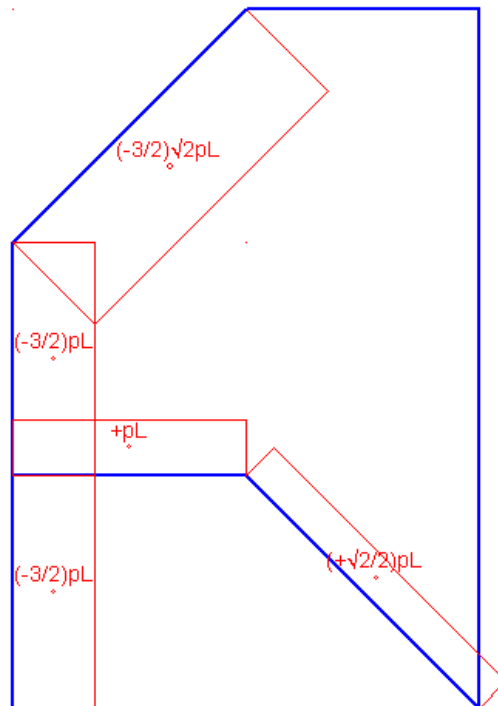
CESCO si presta ad essere usato sia dagli Studenti che dai Docenti, in quanto mette a disposizione di entrambi comandi specificamente progettati per risolvere alcuni dei problemi tipici degli uni e degli altri.

Vengono affrontati argomenti come l'analisi cinematica, il predimensionamento automatico, il Principio dei Lavori Virtuali, che hanno richiesto approcci studiati ad hoc e non reperibili nella tradizione dei software di calcolo di vasto impiego (tra i quali principalmente i cosiddetti sap-derivati).

Un software di questo tipo fornisce un virtualmente illimitato supporto per gli esercizi e gli esami, pur rimanendo valido anche in contesti assolutamente realistici. Gli Allievi che lo impiegheranno si devono attendere di poter facilmente tracciare schemi strutturali sui quali esercitarsi al fine di apprendere le discipline che formano l'oggetto di questo programma. Ormai abituati a lavorare con il software, gli Allievi troveranno uno strumento facile da usare, in grado di dare la risposta esatta in modo virtualmente illimitato, comprensibile, riproducibile e sistematico.



La contiguità del linguaggio grafico impiegato con quella dei libri di testo è stata oggetto di numerosi sforzi, tesi a ridurre le differenze ed a fornire risultati efficienti: questo lavoro potrebbe continuare ancora a lungo, ma si ritiene di aver raggiunto, a questo riguardo, tutti i principali obiettivi iniziali. Potrà sempre capitare uno schema ingarbugliato che darà luogo a disegni un pò affollati od oscuri, ma nella maggior parte dei casi questi saranno leggibili e chiari, proprio come quelli dei libri.



A partire dalla versione 1.5 è stata aggiunta la possibilità di avere i numeri in formato frazionario, anche in presenza dei più frequenti radicali irrazionali. Ciò consente in molti casi (non tutti) di avere i risultati esatti nella classica forma ottenibile con i calcoli fatti a mano, aggirando quindi i problemi legati al troncamento ed all'arrotondamento, tipici del calcolo numerico automatico.

Dietro la semplicità d'uso di questo programma, ed in modo drasticamente crescente con essa, vi sono numerosi sforzi e tecniche piuttosto complesse.

Il *tracciamento degli schemi* da parte dell'Allievo comporta un continuo remeshing automatico teso a definire e ripristinare le corrette incidenze, incidenze che l'Allievo, giustamente, non immagina neppure esistano.

L'analisi cinematica comporta la valutazione del rango di una matrice rettangolare mediante la tecnica denominata SVD (Singular Value Decomposition). La matrice è ottenuta da una formulazione che, facile o difficile che fosse il farlo, è stata appositamente studiata per CESCO.

La *soluzione* nelle modalità Predimensiona e Analisi è fatta mediante un solutore agli elementi finiti programmato apposta per CESCO, il quale usa il metodo di Choleskij. Tale solutore non si vede neppure, ma è lui che fa il lavoro di calcolo. Non si è ritenuto di dover affrontare anche per CESCO i problemi già in altri contesti affrontati, anche dall'Autore, e risolti, legati alla gestione di decine di migliaia di equazioni: la matrice è assemblata tutta,

non si usano tecniche di skyline, né è prevista una suddivisione in blocchi. Sono invece gestiti i vincoli obliqui ed il calcolo delle reazioni vincolari è fatto esplicitamente.

La *soluzione* delle modalità Equilibrio e Congruenza usa invece le sole equazioni di equilibrio (e tenendo in conto vincoli e svincoli obliqui), impiegando però, anche qui, una formulazione messa in piedi appositamente.

Quindi nel programma esistono due distinti solutori.

Il predimensionamento automatico è implementato mediante equazioni formulate appositamente dal Prof. Ballio per questo scopo, sia per elementi in acciaio che per elementi in calcestruzzo armato. Su strutture iperstatiche il predimensionamento automatico richiede un procedimento iterativo, che è stato appositamente programmato.

Il Principio dei Lavori Virtuali per sistemi deformabili è studiato dal programma esattamente come si farebbe con carta e penna, in modo da essere sempre contigui a ciò che si vuole insegnare a fare. Si vedono le strutture principale, fittizia, si vede il sistema di equazioni risolvibile in forma letterale, si vedono le incognite cinematiche ed iperstatiche, le quali vengono scelte dall'utente.

Tutti questi sforzi, ed altri ancora ai quali qui non si accenna, sono tesi allo scopo di creare un programma *facile da usare*. Anche per questo non si è voluto sovraccaricarlo di troppi comandi e funzionalità, che sono sembrate ridondanti rispetto allo scopo.

La possibilità di fare esperimenti numerici, vedendo come cambiano i risultati al variare dei dati di ingresso sembra un punto di capitale importanza a favore dell'impiego di un programma come CESCO. L'approccio analitico-deduttivo è certamente quello più alto si possa sperare di insegnare, e quello che dà, alla lunga, la maggior padronanza della materia. Tuttavia non tutti gli Allievi sono abituati a questo tipo di approccio, e comunque, la sensibilità progettuale non si acquista che con una vasta esperienza fatta di tentativi e tentativi. CESCO può aiutare a farsi una parte di questa esperienza. L'Allievo dovrà sforzarsi di capire il perché di certi risultati, cercando di intuire la ragione fisica che sta dietro un risultato. Non dovrà usare questo programma come un *flipper* all'unico scopo di produrre risultati: per questo, ammesso e non concesso che si debba mai fare, esistono *flipper* di ben diverse dimensioni. Se CESCO sarà usato come un *flipper* avrà fallito il suo scopo.

Il punto di vista del Docente è molto diverso da quello dell'Allievo, perché diverso è il suo compito. Un primo servizio che CESCO può rendere al Docente, è quello di dotarlo di

uno strumento di lavoro da usare per preparare e commentare a lezione esercizi, temi di esame, situazioni di progetto di particolare rilievo. Segnatamente per le esigenze di esame è stata pensata la modalità di stampa a quattro riquadri, che riepiloga sinteticamente i risultati di un calcolo, e che può essere usata, ad esempio, per affiggere in bacheca questi risultati.

Immagini prese da CESCO (comando Fotografa) possono essere riprodotte su dispense, libri, lucidi, e possono quindi evitare o ridurre il tedio di scrivere e calcolare a mano. I file corrispondenti possono essere archiviati, inviati per posta elettronica, ripresi e modificati, eccetera eccetera. Ulteriori passi sono allo studio, allo scopo di ampliare il raggio di azione di questo software anche ad altri ambiti.

Nell'esaminare il programma i Docenti vorranno tenere presente che si è voluto creare uno strumento didattico, e che pertanto alcune questioni, tipicamente quelle legate al predimensionamento ed al calcolo degli sforzi, si sarebbero potute illimitatamente ampliare, rimanendo pur sempre nell'ambito dell'opinabile. D'altro canto non si è mai voluto deresponsabilizzare chi usa il programma e fargli credere in alcuna *magnifica sorte e progressiva*: nessun programma mai potrà sostituirsi al progettista, anche se oggi molti venditori lo fanno credere.

In particolare il predimensionamento è stato pensato allo scopo di dare uno strumento a chi, completamente privo di nozioni di Scienza delle Costruzioni, si trovi a dover imbastire un progetto che abbia un minimo di attendibilità. Il predimensionamento serve a dare un'idea degli ingombri, **non** a fare a meno delle verifiche! Anche per questo l'altezza di profili IPE ed HEB viene indicata per il generalmente inesistente valore stimato dal programma(ad esempio IPE329...) e non per il valore reale dei profili commerciali: il passo successivo spetta allo Studente. Sarebbe stato facile mettere il profilo commerciale più vicino al valore calcolato, ma non si è voluto farlo. Allo stesso modo, l'orizzonte dei calcoli che vengono usati per stimare l'ingombro è ridotto per scelta, non per necessità o per svogliataggine.

Il numero, la disposizione ed il tipo di punti nei quali, su ogni sezione, vengono calcolati gli sforzi, è stato deciso dall'Autore in base a considerazioni di opportunità didattica, non in base a considerazioni di realismo progettuale.

Questa prima versione attende di essere usata, e sulla base delle osservazioni che giungeranno si potrà migliorare ulteriormente il programma. Chi nell'usare il programma

volesse suggerire migliorie o aggiunte può farlo inviando una E-mail all'indirizzo seguente:
info@castaliaweb.com.

NOTE ALLA VERSIONE 2.0

Milano, 12-1-2002

Il favore con il quale la versione 1.0 del programma è stata accolta, in specie dai Colleghi Ingegneri ed Architetti, ha indotto l'Autore a sviluppare ulteriormente C.E.S.CO., anche al fine di venire incontro in maniera più precisa alle varie esigenze che si sono prospettate.

La versione 1.0 di CESCO ha così germinato quattro diverse configurazioni:

- CESCO DEMO: è la configurazione dimostrativa del programma, gratuita e liberamente scaricabile dal sito di Castalia.
- CESCO LIGHT: è la configurazione del programma dedicata alla didattica. Della versione base conserva le modalità Equilibrio e Congruenza. In pratica consente di studiare strutture con il calcolo letterale, e si limita a strutture isostatiche o fino a tre volte iperstatiche. La iperstaticità viene risolta con il Principio dei Lavori Virtuali.
- CESCO STANDARD: è una configurazione intermedia, che corrisponde alla configurazione originaria del programma. Ha tutti gli strumenti per la didattica ma ha anche le modalità Predimensiona ed Analisi che consentono di studiare strutture reali.
- CESCO PLUS: è la versione puramente professionale di CESCO, alla quale al momento l'Autore sta ancora lavorando. Essa disporrà solo della modalità Analisi (non più della didattica) e sarà rivolta ai progettisti. Oltre ad un illimitato numero di casi e di combinazioni di carico, disporrà del tabulato in italiano o in inglese, di molti comandi di meshing come la copia, la rotazione ed il mirroring, un accresciuto archivio di sezioni, la possibilità di generare automaticamente strutture tipiche, diagrammi di sforzo massimo (e non solo diagrammi delle azioni interne), interfacciamento con Autocad[®], comandi per il cemento armato e così via.

Questo help si riferisce alle prime tre versioni: DEMO, LIGHT e STANDARD. E' previsto il rilascio della versione "PLUS" entro i prossimi tre mesi.

Oltre alla germinazione di nuove configurazioni, la versione 2.0 si differenzia dalla versione 1.0 per il miglioramento della possibilità di schematizzare strutture reali, grazie al miglioramento dei comandi per l'aggiunta di aste, l'aggiunta del comando per cancellare aste, e grazie alla possibilità di aggiungere archi.

Per rendere il programma sempre migliore l'Autore ha anche fatto tesoro delle osservazioni – tutte in verità assai costruttive – giuntegli da chi ha utilizzato il programma. Non tutti gli ampliamenti richiesti si sono già potuti realizzare, ma il lavoro prosegue, nella speranza di creare uno strumento sempre più utile per tutti.

1.5 Come usare questa guida

La guida è divisa nelle seguenti parti, ciascuna delle quali assolve un certo compito:

1.5.1.1.1 Introduzione

Vi sono inseriti argomenti di carattere generale e propedeutico all'uso del programma.

1.5.1.1.2 Come fare a...

E' la parte che elenca i vari problemi che si possono presentare, spiegando a quali comandi fare riferimento per risolverli.

1.5.1.1.3 Comandi

E' la ordinata lista di tutti i comandi del programma con le spiegazioni su come far funzionare il singolo comando nel dettaglio.

1.5.1.1.4 Glossario

E' un dizionarietto utile a ricordare il significato dei termini impiegati nel testo dell'help e nel programma stesso, senza alcuna pretesa di esaustività o di ineccepibilità formale.

La guida dispone inoltre di un elenco di parole chiave (keyword) che può utilmente essere usato per trovare quello che interessa.

1.6 Riferimenti bibliografici

La letteratura sugli argomenti trattati dal programma è vastissima, ed una bibliografia completa esula dallo scopo attuale. Qui si intende fornire un insieme di testi di approfondimento utili per migliorare le proprie conoscenze.

Per il predimensionamento ed il progetto:

L'Architettura dell'equilibrio e della deformazione, Migliacci A., Masson 1997

Per i Corsi di Statica e di Scienza delle Costruzioni:

Lezioni di Scienza delle Costruzioni, a cura dell'istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni del Politecnico di Milano, CLUP, 1977

Statica, Guagenti Grandori E., Buccino F., Garavaglia E., Novati, G., Mc Graw Hill, Milano 1995

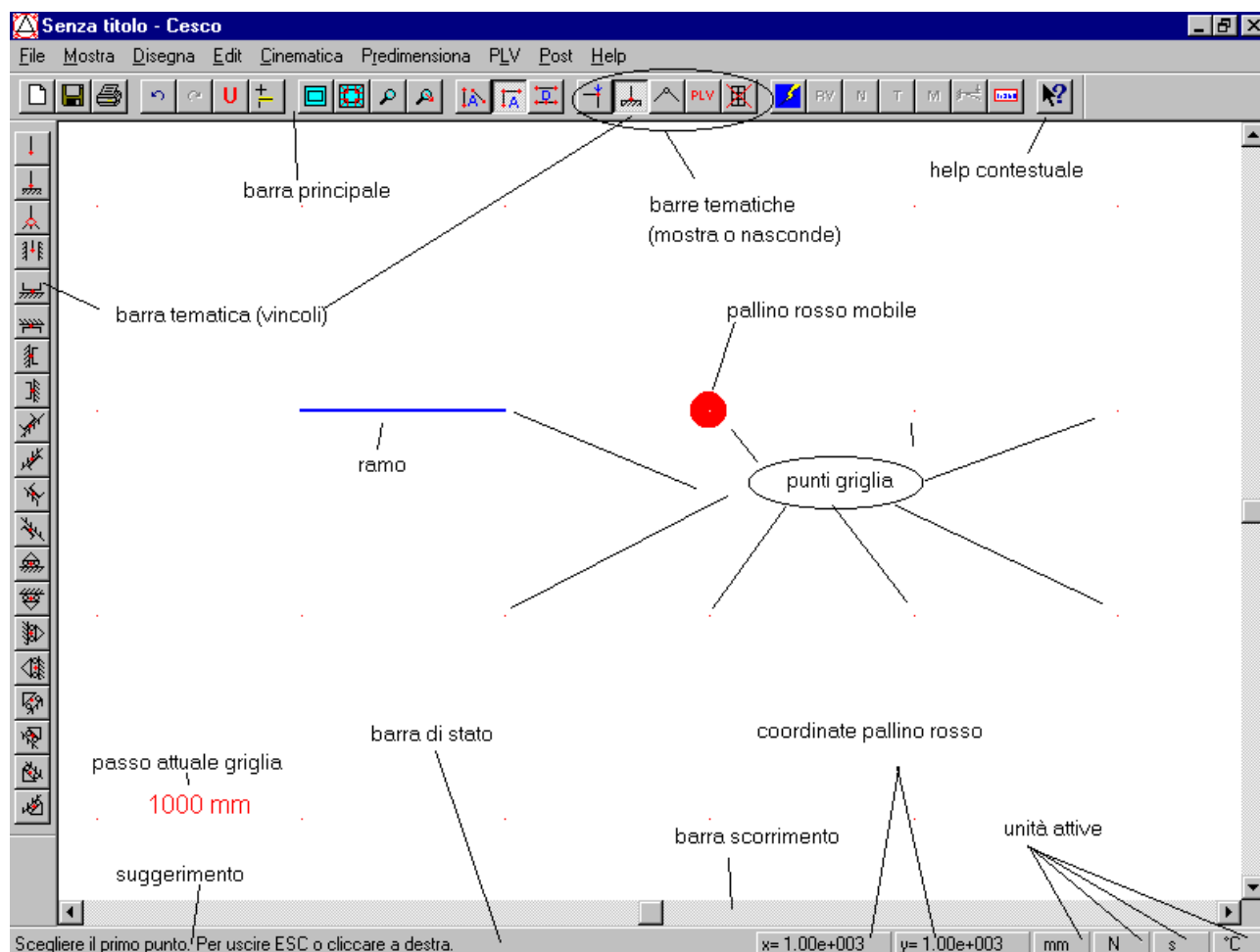
Scienza delle Costruzioni, Beer F. P., Johnston E. R. jr, Mc Graw Hill, Milano 1995

Meccanica delle Strutture, L. Corradi Dell'Acqua, Mc Graw Hill, 1992

Theory of Structures, S.P. Timoshenko, D.H. Young, McGraw Hill International Editions

Theory of Elasticity, S.P. Timoshenko, J.N. Goodier, Mc Graw Hill International Editions

1.7 L'interfaccia di CESCO



L'ambiente di lavoro prevede una cornice principale, un menù di comandi, una barra di stato, varie barre di comandi, due barre di scorrimento.

Moltissime caratteristiche di CESCO sono comuni a tutti i programmi per Windows (il funzionamento delle finestre, delle barre di scorrimento, delle finestre di dialogo eccetera eccetera).

Altre sono proprie di CESCO. **In CESCO, per esempio, il tasto destro del mouse ha sempre la funzione di interrompere un comando, ed è pertanto assimilabile al tasto ESC. Il tasto sinistro sinistro è assimilabile al tasto «INVIO» della tastiera.**

Nella barra di stato della finestra principale sono indicate le unità di misura attive in quel momento. Inoltre vi sono le coordinate del cursore, continuamente aggiornate, ed espresse nella unità di misura attiva. Vengono altresì riportati suggerimenti sul significato e l'uso dei comandi.

Le barre tematiche possono essere visibili oppure nascoste.

Tutti i colori sono lasciati alla decisione dell'utente, che può in questo modo personalizzare il programma, facendolo funzionare secondo i propri gusti.

Portando il mouse sopra un bottone si ha un suggerimento (tool tip) sul significato di quel bottone.

CESCO supporta il context sensitive help.

Diversi comandi fanno vedere un cerchio colorato in rosso che si muove col movimento del mouse. Talvolta questo circoletto compare due volte anzichè una, a causa della comparsa di dialoghi o per la particolare sequenza di comandi dati: è sufficiente rinfrescare lo schermo per tornare a vedere un solo pallino (comando Ridisegna).

1.8 Generalità sui comandi

In Cesco i comandi si dividono in due grandi categorie: i comandi modali ed i comandi non modali.

I comandi modali sono comandi nel corso dei quali non possono essere eseguiti altri comandi. I comandi non modali possono invece essere temporaneamente abbandonati. Alla prima categoria appartengono i comandi che non necessitano di dati di input, oppure comandi che sfociano in una finestra di dialogo di tipo modale (che si conclude cioè con «Ok» o «Cancel» e che non consente all'utente di andarsene senza chiudere il dialogo).

Alla seconda categoria appartengono comandi che attendono la decisione dell'utente (di un nodo, di un ramo, ecc.). Una importante decisione riguarda la fine del comando stesso. Alcuni comandi si aspettano certe informazioni e terminano quando le ricevono, altri terminano solo quando l'utente decide di smettere. Consultare l'help sui singoli comandi per avere dettagliate spiegazioni circa il loro comportamento.

I comandi non modali durano il tempo che l'utente vuole. Se un comando non modale attende di sapere dall'utente quale è la membratura alla quale applicare una sezione finchè non riceve questa informazione o viene interrotto esso rimarrà attivo.

Un comando non modale può sempre essere abortito cliccando il tasto destro del mouse o il tasto ESC.

In generale, nel corso dell'esecuzione di un comando non modale è possibile eseguire un altro comando, anche non modale, al termine del quale ci si ritroverà dove si era prima di lasciare il comando.

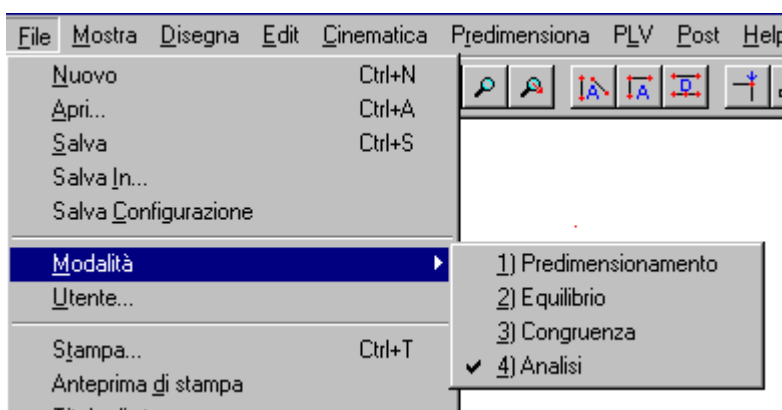
I comandi non modali possono dunque essere accatastati tra loro e con comandi modali. L'utente deve usare con accortezza questa possibilità, evitando di eseguire comandi contraddittori, e comunque non accatastandone più di due o tre. Al terzo comando accatastato il programma dà un messaggio che fa da promemoria.

Per sapere qual'è il comando attivo in un certo istante è possibile guardare la barra di stato: se si è in un comando non modale essa ricorda quale comando si sta eseguendo.

Per chiudere una serie di comandi accatastati basta premere ripetutamente il tasto destro del mouse (o ESC).

Nel caso di un comando non modale, che richiede il movimento del cursore, è possibile usare sia il mouse che la tastiera. Il movimento del mouse è emulato dalle freccette, il tasto sinistro dal tasto «INVIO», il tasto destro dal tasto »ESC«. L'uso della tastiera è pensato per chi non ha un mouse, eventualità questa piuttosto remota.

1.9 Modalità di funzionamento



Per poter ottimizzare le prestazioni del programma in funzione del tipo di utente, CESCO è stato dotato della capacità di funzionare secondo diverse modalità.

Il funzionamento del programma cambia non solo per quanto attiene i comandi disponibili, ma anche per quanto riguarda la sequenza di comandi che l'utente è obbligato a fare. Ad esempio nelle modalità *Equilibrio* e *Congruenza* non è possibile fare un solving se prima non si è fatta l'analisi cinematica. Nelle modalità *Predimensionamento* e *Analisi* invece, l'utente non è tenuto a fare l'analisi cinematica *prima* del solving, e ciò per motivi opposti: perché si presume molto inesperto nella prima delle due modalità, già sufficientemente esperto nella seconda.

CESCO consente di passare da una modalità ad un'altra nel corso del lavoro, e nel fare ciò vengono salvati tutti i dati del problema compatibili da una modalità ad un'altra. Esistono però alcune differenze nei solutori impiegati, che di fatto non consentono una piena equivalenza.

Nella modalità *Equilibrio* è possibile risolvere solo strutture isostatiche. In questa modalità non è consentito aggiungere cedimenti. La struttura può contenere vincoli e svincoli obliqui. L'unità di misura è fissa e il calcolo è letterale. La deformata non è disponibile. Si è obbligati a fare l'analisi cinematica.

Nella modalità *Congruenza* è possibile risolvere strutture isostatiche o, per mezzo del ply e dei comandi relativi, strutture fino a tre volte iperstatiche. In questa modalità è consentito aggiungere cedimenti. La struttura può contenere vincoli e svincoli obliqui. L'unità di misura è fissa e il calcolo è letterale. La deformata non è disponibile. Si è obbligati a fare l'analisi cinematica.

Nelle modalità *Predimensionamento* o *Analisi* è possibile risolvere strutture isostatiche o iperstatiche, senza limitazioni sul grado di iperstaticità. La soluzione (via elementi finiti) è totalmente automatica e non necessita del ply (che anzi è inaccessibile). Si possono assegnare cedimenti e vincoli obliqui. Non si possono risolvere strutture con svincoli obliqui. L'unità di misura è scelta liberamente ed il calcolo è numerico. La deformata è disponibile. Non si è obbligati a fare l'analisi cinematica.

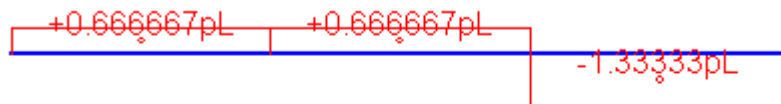
I comandi relativi al predimensionamento sono accessibili da tutte le modalità, e così quelli relativi allo sforzo.

Il passaggio da una modalità ad un'altra può comportare una perdita di dati, se questi non sono compatibili con la nuova modalità. Il programma può memorizzare la modalità preferita ed inizializzare i nuovi modelli in tale modalità (il comando Salva Configurazione salva anche la modalità attiva).

Per cambiare modalità si usano i comandi nel menu File-Modalità.

1.10 Unità di misura

In CESCO le unità di misura vengono gestite in modo nettamente diverso a seconda delle modalità.



T

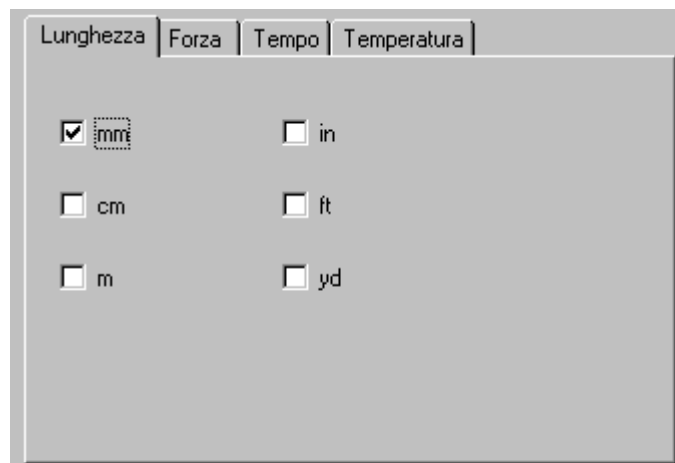
Calcolo letterale in azione

Nelle modalità *Equilibrio* e *Congruenza* si presume che chi usa il programma stia imparando a fare i calcoli impiegando il calcolo letterale (come avviene nei Corsi di Statica e di Scienza delle Costruzioni). Una unità di misura propriamente detta non è dunque necessaria, ed il programma non consente dunque, di accedere al comando usato per cambiarla. Per il calcolo letterale si usa il simbolo “L” ad indicare lunghezze, “p” ad indicare carichi distribuiti, “pL” ad indicare forze, “pL²” ad indicare coppie. Tali simboli corrispondono, nella base dati, a metri, tonnellate per metro, tonnellate, tonnellate metro. Pertanto se usando il calcolo letterale si vuole comunque avere un’idea delle quantità fisiche basta sostituire conseguentemente. Un discorso a parte, sempre in queste modalità, meritano i cedimenti vincolari. Per essi (per ragioni di realismo), la quantità “u” e la quantità “v” corrispondono in realtà a L/1000, vale a dire millimetri. La quantità β corrisponde a rad/1000 (millesimi di radianti). Per quanto riguarda i carichi termici, il simbolo ΔT corrisponde a 1°C. Se si descrive la struttura senza variare il materiale, si tenga presente che il programma usa come default l’acciaio ($E=206.000N/mm^2=20.998.981p/L$, $G=8.076.531p/L$). Se si descrive la struttura senza variare la sezione il programma usa IPE 200 per default, e pertanto $A=0.0029805L^2$, $J=J2=2.05144e-5L^4$. Ne consegue che in queste modalità, usando i default, risulta:

$$EA = 62.587pL$$

$$EJ = 430,78pL^3$$

$$GA = 24.072pL$$

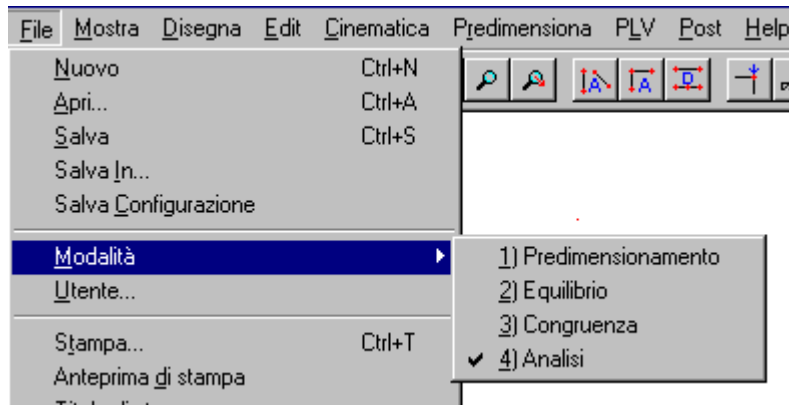


Lunghezza	Forza	Tempo	Temperatura
<input checked="" type="checkbox"/> mm			
<input type="checkbox"/> cm			
<input type="checkbox"/> m			

Se invece si usano le modalità *Predimensionamento* o *Analisi*, allora il calcolo è numerico e non letterale, e le unità di misura sono quelle riportate nella barra di stato della finestra principale. **Le unità possono essere cambiate, in queste modalità, quando si vuole: da quel momento in poi il programma le userà sia in input che in output, e si dovrà essere coerenti con la propria scelta.**

2 Come...

2.1 Come...Scegliere le modalità di funzionamento



Le modalità di funzionamento vengono scelte con i quattro comandi che si trovano nel menu **File-Modalità**. La scelta della migliore modalità dipende dalle proprie esigenze. Qui di seguito verrà tracciato l'*identikit* del tipico utilizzatore delle varie modalità.

Modalità Predimensionamento

Chi usa questa modalità si affaccia per la prima volta alla progettazione ed è privo di sostanziali nozioni di Statica e Scienza delle Costruzioni. Usando questa modalità potrà avvicinarsi ai problemi di queste discipline, avendo, diciamo così, una specie di licenza speciale.

Modalità Equilibrio

Chi usa questa modalità è probabilmente uno studente del corso di Statica o di Meccanica Razionale, che voglia impratichirsi dell'uso delle equazioni cardinali per risolvere strutture isostatiche con il calcolo letterale.

Modalità Congruenza

Chi usa questa modalità è probabilmente un Allievo del corso di Scienza delle Costruzioni, che voglia imparare bene ad usare il principio dei lavori virtuali, e che voglia capire come si calcolano gli sforzi.

Modalità Analisi

Chi usa questa modalità è un Allievo del corso di Tecnica delle Costruzioni, o di corsi simili, o un Professionista, che voglia usare il programma per fare dei calcoli su strutture in modo realistico.

Il predimensionamento è accessibile da tutte le modalità. I comandi sui diagrammi e sullo stato di sforzo sono accessibili da qualunque modalità. I comandi relativi al PLV sono accessibili solo dalla modalità Congruenza. I comandi relativi alla Analisi Cinematica sono accessibili da qualunque modalità. Il solving cambia a seconda delle modalità.

2.2 Come...Cominciare da zero

Si supponga di avviare CESCO partendo da zero e di voler fare un esercizio.

Se si avvia il programma per la prima volta la prima cosa da fare è scegliere la propria modalità di funzionamento ed impostarla. Poi si eseguirà il comando Salva Configurazione per fare in modo che i prossimi file siano creati usando la modalità desiderata.

Ciò fatto si aprirà un file qualsiasi (estensione .sdc) e si sceglieranno le impostazioni di schermo migliori (Come personalizzare l'interfaccia) per il proprio hardware ed i propri gusti.

Supponiamo ora che tutto questo sia stato fatto e che si voglia cominciare un nuovo modello partendo da zero. Cosa bisognerà fare?

Per prima cosa si comincia un nuovo modello con il comando Nuovo del menu **File**.

A questo punto si ha davanti a sé lo schermo bianco con una serie di punti che sono i punti della griglia.

Per prima cosa si comincerà ad aggiungere alcuni elementi utilizzando, probabilmente i punti della griglia come punti ai quali attaccarsi (Come descrivere la struttura).

Fatto questo si introdurranno gli svincoli tra le aste in modo da modellare l'effettivo tipo di collegamento tra queste (Come introdurre svincoli). Ciò è necessario perché inizialmente le aste sono rigidamente incastrate tra loro.

A questo punto si devono aggiungere dei vincoli (Come assegnare i vincoli), almeno in modo ed in numero tale da rendere la struttura isostatica.

Ciò fatto si vorranno applicare azioni o coazioni sulla struttura (Come applicare le azioni e le coazioni).

Se si vuole si potranno assegnare sezioni e materiali diversi alle varie aste (Come assegnare le sezioni, Come assegnare i materiali). Se si vuole si potranno invece assegnare delle tipologie per eseguire un predimensionamento automatico (Come predimensionare).

Si potrà (o dovrà, in funzione della modalità) fare l'analisi cinematica per stabilire se la struttura così tracciata è isostatica, iperstatica, ipostatica e se è labile.

A questo punto si potrà risolvere la struttura o predimensionarla, o applicare il plv, eccetera.

Il tracciato qui delineato è solo uno dei possibili. **In ogni momento è possibile, se è sensato farlo, assegnare carichi, vincoli, svincoli, aggiungere aste o fare l'analisi cinematica. Se qualcosa non si può ancora fare o non ha senso farlo, in genere il comando corrispondente è ingrigito (*grayed*) ed inaccessibile.**

2.3 Come...Descrivere la struttura

Per tracciare lo schema strutturale CESCO dispone di alcuni comandi, i quali consentono di aggiungere rami alla struttura. Il primo comando Congiunti fa aggiungere rami congiunti, vale a dire fa aggiungere rami in modo da formare una ininterrotta catena di elementi. Il secondo comando Disgiunti fa aggiungere rami disgiunti, vale a dire in modo totalmente libero.

Il comando Arco fa aggiungere archi che vengono automaticamente suddivisi in una serie di rami rettilinei.

Quando viene aggiunto un ramo rettilineo o un arco, questo è sempre rigidamente incastrato, non presenta alcuno svincolo. Per introdurre gli svincoli occorre servirsi degli appositi comandi (Come Introdurre Svincoli).

Quando si disegna lo schema si tenga presente che ad ogni ramo o arco corrisponde una membratura, pertanto se un lungo tratto rettilineo deve essere diviso in varie membrature, esso dovrà essere descritto anziché con un lungo tratto unico, con tanti tratti quante sono le membrature stesse.

Per esempio, se nel fare una travatura reticolare si vorrà avere un'unica sezione per tutta la briglia, allora questa dovrà essere descritta con un unico tratto. Se invece ogni campo di briglia potrà ricevere sezioni diverse, allora ogni campo dovrà essere descritto con una membratura, e quindi nel tracciare la briglia si dovranno fare tanti tratti quanti sono i campi.

2.4 Come...Applicare le azioni e le coazioni

Se nel modello esiste almeno un ramo, è possibile applicare delle azioni. Queste possono essere di vari tipi: forze, coppie, carichi distribuiti, gravità, cedimenti vincolari, salti di temperatura. Per l'applicazione di ciascuna azione esistono comandi differenti, secondo la seguente tabella:

AZIONE O COAZIONE	COMANDO/COMANDI
FORZA	<u>+X</u> e similari, menu Edit-Azioni-Forza
COPPIA	<u>Antioraria</u> , <u>Oraria</u>
CARICO DISTRIBUITO	<u>Px</u> , <u>Py</u>
GRAVITA'	<u>Applica gravità</u>
CEDIMENTO VINCOLARE	<u>Cedimento</u>
SALTO DI TEMPERATURA	<u>Termico</u>

Tutti i comandi della precedente tabella, ad eccezione di Applica gravità sono facilmente accessibili per mezzo della barra delle forze, che si può far comparire con il comando Barra delle Forze.

Per cancellare una azione precedentemente applicata basta riassegnarla ponendola eguale a zero.

2.5 Come...Assegnare i vincoli



In qualsiasi momento si possono modificare i vincoli della struttura impiegando l'insieme di comandi appositamente pensato per questo scopo. I comandi si trovano tutti sotto il menu **Edit-Vincolo**, e sono tanti quanti i possibili tipi di vincolo applicabili. Per applicare i vincoli si consiglia di far apparire la barra dei vincoli, mediante il comando Barra dei Vincoli

del menu **Mostra**. Con la barra disponibile basterà scegliere il vincolo che interessa e cliccare sul nodo al quale applicarlo. L'applicazione di un vincolo sovrascrive il vincolo precedente, per cui se si vuole eliminare un vincolo basta applicare il vincolo nullo. Per le modalità operative si veda uno qualsiasi dei comandi disponibili (modalità operative).

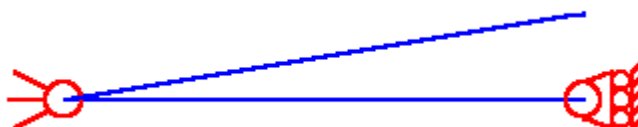
2.6 Come...Introdurre svincoli



In qualsiasi momento si possono modificare gli svincoli della struttura impiegando l'insieme di comandi appositamente pensato per questo scopo. I comandi si trovano tutti sotto il menu **Edit-Svincolo**, e sono tanti quanti i possibili tipi di svincolo applicabili. Per applicare i vincoli si consiglia di far apparire la barra degli svincoli, mediante il comando Barra degli Svincoli del menu **Mostra**. Con la barra disponibile basterà scegliere il vincolo che interessa e cliccare sull'estremo di ramo al quale applicarlo. L'applicazione di uno svincolo sovrascrive lo svincolo precedente, per cui se si vuole eliminare uno svincolo basta applicare lo svincolo nullo. Per le modalità operative si veda uno qualsiasi dei comandi disponibili (modalità operative).

2.7 Come...Fare l'analisi cinematica

CESCO dispone di una serie di comandi espressamente progettati per consentire di fare l'analisi cinematica. Per eseguire la analisi cinematica e sapere se la struttura è isostatica, ipostatica o iperstatica, e se contiene labilità, è sufficiente eseguire (ciò si può fare in ogni momento ed impiegando qualsiasi modalità), il comando Esegui.



Visualizzazione di moto rigido

Se nella struttura sono presenti moti rigidi, come dichiarato dal comando Esegui, è possibile chiedere al programma di fare vedere la spostata rigida, mediante il comando Moto

Rigido. Se si moti rigidi ve n'è più d'uno si può passare da uno all'altro con i comandi Successivo e Precedente. Se la scala di rappresentazione non è adatta la si può variare con il comando Scala.

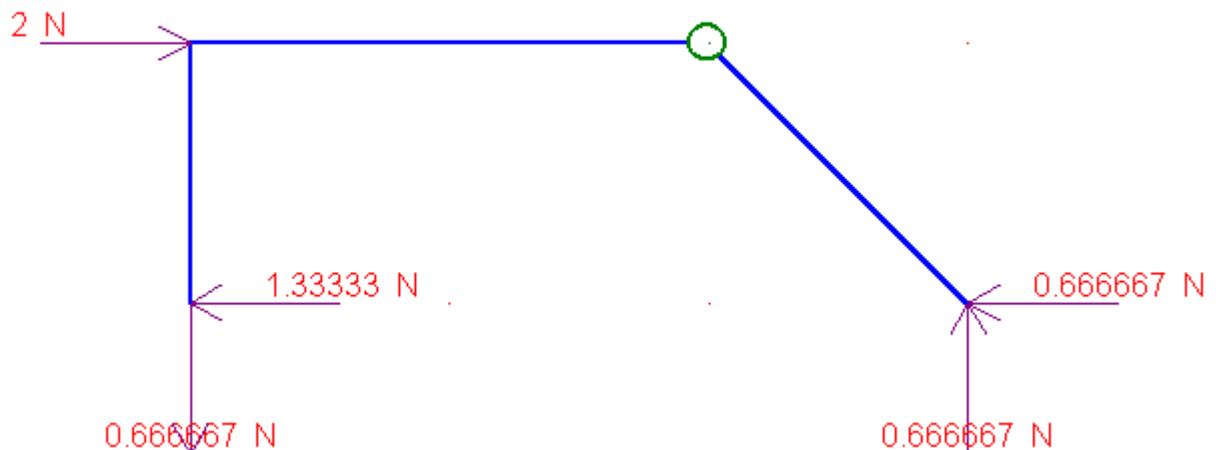
Il comando Numerazione "aste" serve a vedere la numerazione delle aste come fatta dal programma, e può aiutare ad avere una traccia per procedere da soli.

Il comando Interroga può essere usato, dopo aver eseguito l'analisi cinematica con Esegui, al fine di conoscere esattamente il numero di vincoli interni ed esterni, la presenza di cicli chiusi, ecc..

Un ultimo comando, Suggerimenti, tenta di dare dei suggerimenti su come ricondurre la struttura a schemi elementari, in modo da facilitarne lo studio del comportamento cinematico.

In tutte le modalità, l'analisi cinematica viene eseguita sulla struttura reale. Nella modalità Congruenza essa può dover essere eseguita anche sulla struttura resa isostatica.

2.8 Come...Ottenere le reazioni vincolari

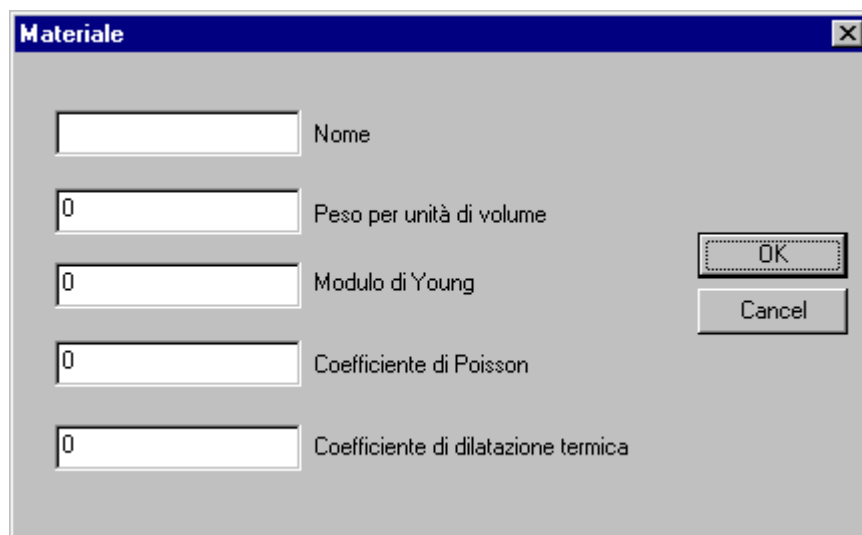


Ottenere le reazioni vincolari è molto semplice. Basta attivare il comando Reazioni Vincolari dopo aver eseguito il solving (Risolvi!). Questo comando corrisponde ad un flag che può essere attivato o meno. Per disattivarlo basta rieseguire il comando (on/off, off/on).

Le reazioni vincolari vengono mostrate a schermo con il loro verso giusto e con il loro valore, letterale o meno a seconda della modalità.

Le reazioni vincolari si possono avere oltre che sulla reale anche sulle strutture principale e fittizie.

2.9 Come...Assegnare i materiali



Quando vengono aggiunti gli elementi essi, per default, ricevono un materiale predefinito che è l'acciaio Fe360 delle nostre normative.

Se si lavora nelle modalità *Equilibrio* e *Congruenza* è probabile che si avrà raramente bisogno di modificare il materiale, giacchè si è interessati più al calcolo letterale che al calcolo numerico. Servono quindi strutture ipotetiche più che strutture reali, e l'avere ad esempio nel ply materiali diversi può semmai complicare le cose, ma non renderle più chiare.

Se invece si lavora nelle altre modalità si è probabilmente interessati a fare lo schema di una struttura reale o realistica, per la quale la scelta del materiale deve essere del tutto libera.

Indipendentemente dalla modalità che si sta usando, CESCO consente di attribuire alle membrature qualsiasi materiale elastico lineare, omogeneo ed isotropo si voglia. Per fare questo è disponibile il comando Applica Materiale. Se si vuole modificare il materiale già in precedenza assegnato si usa il comando Materiale. Entrambi i comandi si trovano nel menu **Edit**.

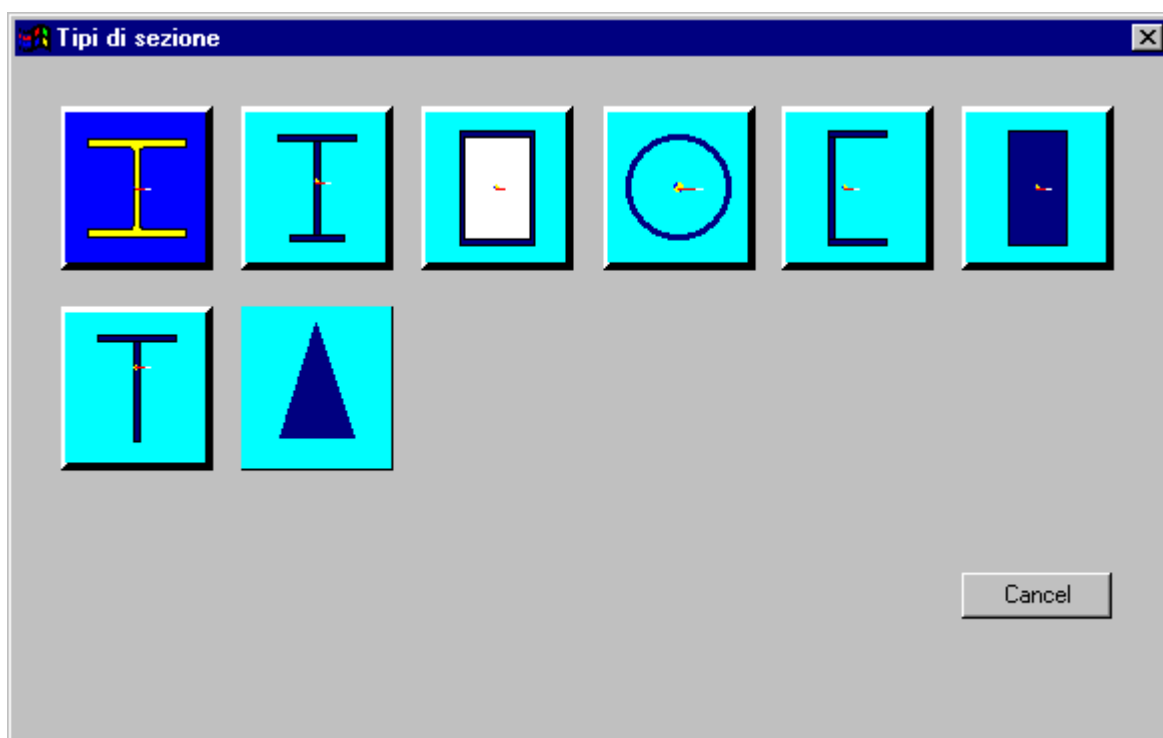
L'assegnazione di un materiale può essere fatta in qualsiasi momento, ma se viene fatta dopo aver eseguito il solving, questo deve essere, per ovvie ragioni, rieseguito.

2.10 Come...Assegnare le sezioni

Quando vengono aggiunti gli elementi essi, per default, ricevono una sezione predefinita che è la IPE200.

Se si lavora nelle modalità *Equilibrio* e *Congruenza* è probabile che si avrà raramente bisogno di modificare la sezione (a meno che non si voglia studiare il calcolo degli sforzi), giacchè si è interessati più al calcolo letterale che al calcolo numerico. Servono quindi strutture ipotetiche più che strutture reali, e l'avere ad esempio nel ply sezioni diverse, con diversi A e J da ramo a ramo, può semmai complicare le cose, ma non renderle più chiare.

Se invece si lavora nelle altre modalità si è probabilmente interessati a fare lo schema di una struttura reale o realistica, per la quale la scelta della sezione deve essere del tutto libera, nell'ambito dei tipi di sezione disponibili.



Indipendentemente dalla modalità che si sta usando, CESCO consente di attribuire alle membrature qualsiasi sezione appartenente ai tipi disponibili si voglia. Per fare questo è disponibile il comando Applica Sezione. Se si vuole modificare la sezione già in precedenza assegnata senza cambiarne il tipo, si usa il comando Sezione. Entrambi i comandi si trovano nel menu **Edit**.

L'assegnazione di una sezione può essere fatta in qualsiasi momento, ma se viene fatta dopo aver eseguito il solving, questo deve essere, per ovvie ragioni, rieseguito (anche se la struttura è isostatica).

2.11 Come...Predimensionare

CESCO dispone della possibilità di eseguire un predimensionamento automatico.

Per prima cosa si dovrà attribuire ad ogni membratura una tipologia, e ciò si fa usando il comando Tipologia. Questa fase è necessaria, in quanto il predimensionamento usa necessariamente le tipologie, e non le sezioni. Ad una membratura, infatti, si può assegnare una tipologia o una sezione. Assegnare una tipologia serve solo se si vuole fare un predimensionamento automatico. Assegnare una sezione serve se si vogliono fare conti esatti e se si vogliono avere informazioni sugli sforzi.

Una volta assegnate le tipologie si può innescare il predimensionamento automatico con il comando Esegui!, il quale comporta l'esecuzione di un processo iterativo (che può essere impostato con il comando Imposta Iterazione). Al termine del processo ci si ritrova nella seguente situazione: 1) la struttura è stata risolta e quindi sono accessibili i diagrammi e la deformata; 2) ferme restanti le tipologie assegnate in precedenza, *il programma avrà stimato la minima altezza del profilo capace di portare i carichi applicati*. Per vedere come cambino le dimensioni prima e dopo, si consiglia, prima di eseguire il comando che esegue la iterazione, di vedere l'ingombro degli elementi attivando l'opzione Ingombro Elementi Strutturali, nel menu **Mostra**.

Se ad esempio si è data la tipologia IPE a tutte le membrature (ma ciascuna può avere la sua, ovviamente), al termine del processo si saprà qual è la altezza di IPE stimata necessaria dal programma per portare i carichi applicati, ad esempio 307. Il valore dell'altezza dovrà poi essere modificato (verso l'alto) in modo da raggiungere il primo valore tecnologicamente sensato (per le sezioni in c.a. si arrotonda ai 5cm, per le sezioni in acciaio tipo IPE, HEA, HEB, HEM ci sono altezze predefinite).

A questo punto si potranno assegnare le sezioni (eliminando le tipologie) fidando di introdurre dimensioni realistiche perché già validate da un primo esame.

Nota bene

La stima dell'altezza dei profili da parte del programma viene fatta sulla base della condizione di carico corrispondente ai carichi applicati. Se i carichi applicati hanno un verso che può cambiare (vento, sisma) se ne dovrà tenere opportunamente conto nell'interpretare le dimensioni fornite dal programma. Ad esempio si immagini un telaio corrispondente ad un edificio di tre piani, e si impongano delle forze orizzontali sul lato sinistro, agenti in direzione delle x positive (verso destra), a simulare ad esempio il vento o il sisma. Il dimensionamento del programma terrà conto che le colonne di destra, a causa del momento ribaltante, saranno soggette ad una compressione maggiore delle colonne di sinistra, che, al limite, potranno perfino risultare tese. In questo caso le colonne di sinistra saranno anche molto più sottili delle colonne di destra. Ma il punto è che le azioni orizzontali, nella realtà, potranno agire anche con verso opposto, e dunque le colonne dovranno entrambe essere dimensionate come quelle che, nello schema in esame, stanno peggio: quelle di destra.

Si tenga inoltre conto che nel dimensionamento automatico si tiene in conto delle verifiche di resistenza e di quelle a stabilità (a compressione, non a svergolamento) ma non di quelle a deformabilità.

2.12 Come...Studiare gli sforzi in una sezione

Per sapere che sforzi ci sono su una sezione di un ramo si può usare, dopo aver eseguito il solving, l'apposito comando Sforzi Ramo, il quale è fatto apposta per dare queste informazioni nel modo più semplice e chiaro.

2.13 Come...Studiare i diagrammi

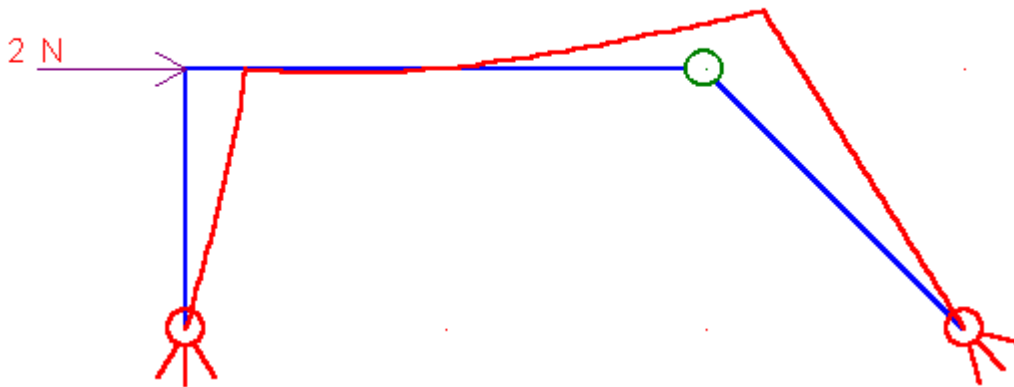
Un primo modo di studiare i diagrammi è vederli. Per fare questo occorre aver fatto il solving, dopodichè sono accessibili i comandi N, M, T.

Per variare la scala dei diagrammi si usa il comando Scala.

CESCO consente però di studiare i diagrammi anche in modo più dettagliato. Il comando Equazione, fa scegliere un ramo e su quel ramo, relativamente al diagramma attivo in quel momento (diagramma che dipende da quale dei comandi N, M, T sia stato attivato), dà l'equazione, i valori di massimo, minimo ed i punti di nullo.

Un ulteriore modo di avere informazioni relativamente ai diagrammi consiste nell'usare il comando Sforzi Ramo, il quale dà una finestra di dialogo che riepiloga i diagrammi e consente di *perlustrare* il ramo conoscendo i valori punto per punto.

2.14 Come...Studiare la deformata



La deformata è disponibile solo se il solving è stato fatto nelle modalità *Predimensionamento* o *Analisi*.

Un primo modo di studiare la deformata è vederla. Per questo, dopo aver fatto il solving, si usa il comando Deformata. Se il disegno non è scalato convenientemente si usi il comando Scala.

Un modo più preciso di studiare la deformata consiste nell'eseguire il comando Interroga Ramo, che dà dettagliate informazioni sugli spostamenti dei punti interni a un ramo.

2.15 Come...Applicare il PLV

L'applicazione del plv usando CESCO segue le stesse regole e gli stessi passi che si compirebbero usando carta e penna.

In primo luogo va detto che i comandi che si riferiscono al plv si trovano tutti nel menu omonimo. Questi comandi sono accessibili solo in modalità *Congruenza*.

Si possono dare tre casi: struttura isostatica della quale si vogliono calcolare spostamenti; struttura iperstatica della quale si vogliono calcolare iperstatiche; struttura

iperstatica della quale si vogliono calcolare spostamenti e iperstatiche. Indipendentemente dal tipo non si possono avere più di tre incognite, per cui vale la seguente tabella:

Problema di calcolo	Incognite possibili
Spostamenti su isostatica	Massimo tre spostamenti incogniti
Iperstatiche	Massimo tre incognite iperstatiche
Spostamenti su iperstatica	Con una iperstatica max 2 spostamenti, con due iperstatiche max 1 spostamento, con tre iperstatiche nessun spostamento

Strutture isostatiche: calcolo di spostamenti

Per fissare le idee cominciamo dapprima a descrivere ciò che si deve fare se si ha una struttura isostatica della quale si voglia calcolare uno o più spostamenti. Sulla struttura possono esserci azioni di qualsiasi tipo, ivi inclusi cedimenti vincolari.

Per prima cosa (Esegui) occorre eseguire la analisi cinematica sulla struttura reale (il testo dell'esercizio). A questo punto si aggiunge la incognita cinematica desiderata, o, se sono più di una, le incognite desiderate, usando una o più volte il comando Aggiungi Spostamento. Fatto questo a schermo si vedranno apparire i simboli delle incognite posizionati là dove richiesto.

Se in questa fase si cambia idea, basta eseguire il comando Rimuovi Spostamenti, per poter ricominciare daccapo. Questo comando si può usare anche dopo aver fatto un calcolo se se ne vuole fare un altro chiedendo altri spostamenti.

Definiti gli spostamenti incogniti ci si posiziona sulla struttura Resa Isostatica (comando Resa Isostatica) e si esegue la analisi cinematica anche sulla struttura resa isostatica. Questo passaggio è necessario, anche se, in questo caso, ridondante. Fatto questo, e dopo aver aggiunto le incognite cinematiche desiderate, è disponibile la struttura Fittizia1 (comando Fittizia1) e, se le incognite sono due la Fittizia2 (comando Fittizia2) e, se le incognite sono tre, anche la Fittizia3 (comando Fittizia3).

A questo punto si può vedere come sono diverse tra loro la struttura reale, principale, fittizia (1, 2 o 3), semplicemente passando da una all'altra con i comandi Reale, Principale, Fittizia1, Fittizia2, Fittizia3. La struttura resa isostatica coincide con la reale, in questo caso.

Se a questo punto si vuole risolvere il problema e vedere i risultati, ci si sposta nel menu **Post**, e si esegue il comando Risolvi!.

A questo punto si vedrà che le incognite sono state calcolate, basterà mettersi a vedere la struttura reale (comando Reale). Passando dalla reale, alla resa isostatica (in questo caso coincidente con la reale), alla principale, alle fittizie, si potranno avere le reazioni vincolari ed i diagrammi di ciascuna di queste differenti strutture. Per ciascuna di queste strutture si potranno fare delle stampe, e ciascuna di esse verrà trattata come una struttura a sé stante.

Inoltre, il comando Sistema Risolvente, farà vedere in forma simbolica il sistema di equazioni risolvente, usando i simboli delle azioni interne N , T , M , riferiti alla principale ($^{\circ}$) ed alle fittizie ($'$, $''$, $'''$), nonché i simboli assegnati a ciascun incognita (s , t , ecc.), i simboli che identificano i cedimenti vincolari (u , v , β), i simboli delle caratteristiche del materiale E , G , quelli della sezione A , J , χ . Gli integrali vengono estesi a tutta la struttura. Se non si è cambiato il valore di default per la sezione ed il materiale delle membrature, cosicchè tutte abbiano lo stesso materiale e la stessa sezione, allora le quantità suddette, E , G , A , J , χ , sono eguali per tutte le aste (per vedere la loro equivalenza in termini letterali si vada ad unità). In caso contrario bisognerà assegnare a ciascuna asta il suo valore. Il programma tiene conto delle sezioni e dei materiali effettivamente assegnati, asta per asta.

Se si è interessati al valore del lavoro interno dovuto ad un singolo ramo, cioè ai singoli contributi, è possibile usare il comando Lavoro Interno Ramo, che dà tale contributo in formato letterale per ogni ramo indicato. Il comando è attivo solo se è attiva una struttura fittizia, e dà il contributo di lavoro interno ottenuto associando gli sforzi di quella fittizia per le deformazioni della reale.

Strutture iperstatiche: calcolo delle incognite iperstatiche

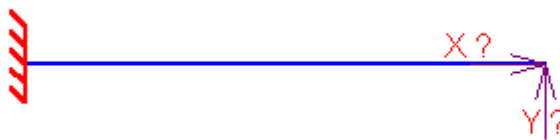
Proseguiamo ad esaminare le varie situazioni, ed occupiamoci ora di descrivere ciò che si deve fare se si ha una struttura iperstatica della quale si voglia calcolare lo stato di sforzo calcolando anche le incognite iperstatiche. Sulla struttura possono esserci azioni di qualsiasi tipo, ivi inclusi cedimenti vincolari.

Per prima cosa (Esegui) occorre eseguire la analisi cinematica sulla struttura reale (il testo dell'esercizio).



Prima della isostaticizzazione

A questo punto occorre isostaticizzare la struttura facendo la scelta delle incognite iperstatiche. Per scegliere le incognite iperstatiche bisogna degradare i vincoli esterni o interni esistenti, in modo da rendere la struttura isostatica e non labile. Per fare questo ci si posiziona in primo luogo sulla struttura resa isostatica, mediante il comando Resa Isostatica. Fatto questo si usano i normali comandi impiegati per assegnare i vincoli e gli svincoli, cambiando quelli esistenti in modo da degradare la struttura a isostatica.



Dopo la isostaticizzazione

Si osservi che così facendo non si perdono i vincoli originari, che si ritrovano semplicemente chiedendo di riposizionarsi sulla struttura Reale (comando Reale). Mentre si degradano i vincoli, si vedranno comparire le incognite iperstatiche, introdotte a ripristinare la congruenza violata con la perturbazione del vincolo. Ogni incognita iperstatica riceve un simbolo che dipende dalla natura traslazionale o rotazionale della incognita e dalla posizione (1, 2 o 3) assunta nel vettore delle incognite. Se si cambia idea strada facendo è possibile ripristinare la situazione originaria eliminando le incognite iperstatiche sino ad allora introdotte, ciò si fa con il comando Rimuovi Scelta Iperstatiche. Questo comando è utile anche se, dopo aver fatto un solving, se ne vuole fare un altro con altre incognite iperstatiche (tanto per constatare, ad esempio, che lo stato di sforzo nella reale non dipende dalla scelta fatta).

Definite le incognite iperstatiche si esegue la analisi cinematica anche sulla struttura resa isostatica. Ciò si fa con il comando Esegui del menu **Cinematica**, **essendo però con la struttura Resa Isostatica come struttura attiva**. Questo passaggio è indispensabile per controllare che la struttura sia stata effettivamente resa isostatica ed in modo da escludere labilità.

Fatto questo sono disponibili la struttura Principale (comando Principale), Fittizia1 (comando Fittizia1) e, se le incognite sono due la Fittizia2 (comando Fittizia2) e, se le incognite sono tre, anche la Fittizia3 (comando Fittizia3).

A questo punto si può vedere come sono diverse tra loro la struttura reale, resa isostatica, principale, fittizia (1, 2 o 3), semplicemente passando da una all'altra con i comandi Reale, Resa Isostatica, Principale, Fittizia1, Fittizia2, Fittizia3.

Se a questo punto si vuole risolvere il problema e vedere i risultati, ci si sposta nel menu **Post**, e si esegue il comando Risolvi!.

A questo punto si vedrà che le incognite sono state calcolate, basterà mettersi a vedere la struttura resa isostatica (comando Resa Isostatica). Passando dalla reale, alla resa isostatica, alla principale, alle fittizie, si potranno avere le reazioni vincolari ed i diagrammi di ciascuna di queste differenti strutture. Per ciascuna di queste strutture si potranno fare delle stampe, e ciascuna di esse verrà trattata come una struttura a sé stante.

Inoltre, il comando Sistema Risolvente, farà vedere in forma simbolica il sistema di equazioni risolvente, usando i simboli delle azioni interne N, T, M, riferiti alla principale ($^{\circ}$) ed alle fittizie ($'$, $''$, $'''$), nonché i simboli assegnati a ciascun incognita (X, W, ecc.), i simboli che identificano i cedimenti vincolari (u , v , β), i simboli delle caratteristiche del materiale E, G, quelli della sezione A, J, χ . Gli integrali vengono estesi a tutta la struttura. Se non si è cambiato il valore di default per la sezione ed il materiale delle membrature, cosicché tutte abbiano lo stesso materiale e la stessa sezione, allora le quantità suddette, E, G, A, J, χ , sono uguali per tutte le aste (per vedere la loro equivalenza in termini letterali si vada ad unità). In caso contrario bisognerà assegnare a ciascuna asta il suo valore. Il programma tiene conto delle sezioni e dei materiali effettivamente assegnati, asta per asta.

Strutture iperstatiche: calcolo delle incognite iperstatiche e di spostamenti

Questo è il caso più generale, ma si tratta semplicemente di adoperare i comandi già introdotti. Le incognite cinematiche si sommano a quelle statiche ed è indifferente se vengono definite prima le une o le altre. L'unica cosa necessaria è fare l'analisi cinematica sulla struttura resa isostatica e fare in modo che le incognite (cinematiche o statiche) non siano più di tre. Il solving si fa allo stesso modo, ed allo stesso modo si ottiene il sistema risolvente. Le fittizie si riferiranno a incognite indifferentemente statiche o cinematiche, nell'ordine in cui sono state richieste.

CESCO consente di studiare il ply anche impostando in diverso modo il calcolo del lavoro interno (comando Imposta) e cioè scegliendo quali contributi mettere e quali trascurare nel calcolo. Variando le impostazioni si può vedere come variano i risultati e farsi un'idea delle approssimazioni introdotte.

2.16 Come...Stampare

CESCO è dotato di stampa e di anteprima di stampa, ragion per cui è molto facile produrre delle stampe con il programma. I comandi sono nel menu **File**: Stampa e Anteprima di Stampa. E' anche possibile impostare la stampante (Setup Stampante). Grazie al comando Titolo di stampa è possibile aggiungere un titolo ad ogni stampa che si fa. Nelle stampe vengono riportate varie informazioni, tra le quali la data e l'ora ed il nome dell'utente (per variare il nome dell'utente usare il comando Utente).

Nello stampare si tenga presente che il font di stampa più opportuno può essere diverso dal font da usare a schermo. In genere per le stampe conviene usare, se disponibile, il font *Small Fonts*.

CESCO può stampare anche nella modalità a quattro riquadri, che si imposta con il comando (menu **Mostra**) Imposta quadri, e si attiva con il comando Quattro riquadri. Se si usa questa modalità si consiglia di eseguire un Includi prima di stampare in modo da centrare l'immagine senza perderne delle parti.

2.17 Come...Personalizzare l'interfaccia

La scelta della combinazione ottimale di colori, dimensioni dei simboli, scelta del font, preferenze sulla griglia, eccetera, dipende dai gusti personali e dall'hardware disponibile. Per variare le impostazioni grafiche del programma, esistono alcuni comandi, tutti reperibili nel menu **Mostra**.

Il comando Dimensioni, serve a variare la dimensione dei simboli (vincoli, svincoli, forze, ecc.), così da farli apparire più grandi o più piccoli. Esso serve anche a variare la dimensione dello zoom iniziale, in modo da personalizzare l'ampiezza di griglia mostrata appena viene iniziato un nuovo lavoro.

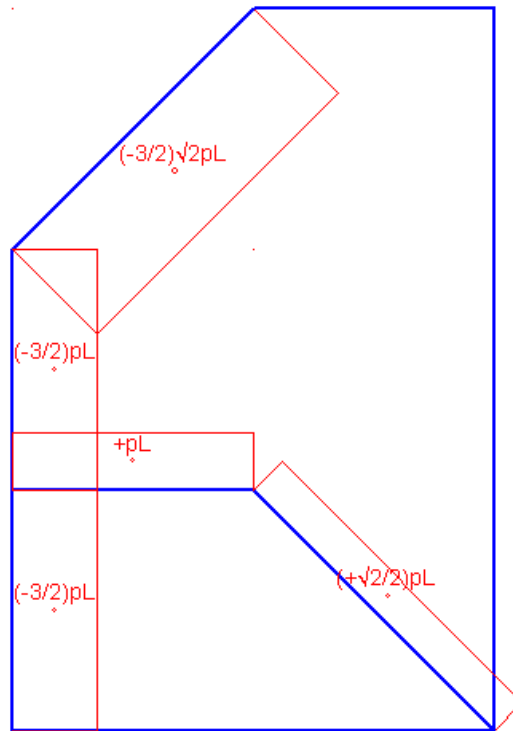
Il comando Colori, serve a variare il colore dei simboli.

Il comando Font serve a scegliere il font (tipo, colore e corpo) per le scritte. Si consiglia di usare un font True Type, altrimenti certe scritte inclinate potrebbero apparire dritte. Per le stampe si usi Small Fonts se si hanno problemi di risoluzione.

Il comando Griglia serve a variare il passo della griglia o le sue proprietà.

Tutte queste impostazioni vengono salvate permanentemente con il comando Salva Configurazione.

2.18 Come...Evitare numeri sovrapposti



Sebbene siano stati fatti molti sforzi per evitare che i numeri si sovrappongano non è completamente possibile evitare che, in certe circostanze, i numeri relativi ai diagrammi o alle reazioni vincolari si sovrappongano. Esiste però un'ampia gamma di possibilità che consentono sempre di evitare che questo accada:

- Si possono modificare i font di stampa per tipo e corpo: Font
- Si possono variare le scale dei diagrammi: Scala
- Si possono variare le dimensioni dei vettori delle forze e delle coppie: Dimensioni
- Si può variare il formato di stampa dei numeri: Formato
- Si può eseguire uno zoom: Zoom In

3 COMANDI DEL MENU' FILE

3.1 FILE-NUOVO



Con questo comando si comincia una nuova struttura. Se è presente una struttura che è stata modificata, viene chiesto se la si vuole salvare o meno.

3.2 FILE-APRI

Consente di aprire un file memorizzato su disco rigido o dischetto (anche in rete, se presente).

3.3 FILE-SALVA



Consente di salvare su disco il lavoro svolto.

3.4 FILE-SALVA IN

Consente di salvare la struttura in esame con un nome diverso da quello attuale. Il modello originario non verrà modificato.

3.5 FILE-SALVA CONFIGURAZIONE

Questo comando consente di salvare le impostazioni correnti, in modo che in una successiva sessione di lavoro queste possano essere ritrovate. Le impostazioni sono salvate nel file “cesco.sts” nella cartella di installazione. E’ sufficiente sostituire il file per sostituire le impostazioni. Se ad esempio si vogliono memorizzare due diverse impostazioni, sarà sufficiente salvare ciascun file “cesco.sts” con un nome diverso, eppoi copiare il file nuovamente con il nome “cesco.sts”. Naturalmente le impostazioni possono essere cambiate in ogni momento usando i comandi del caso. Se però queste non vengono salvate usando questo comando, esse verranno perse, ed ad una successiva apertura di CESCO verranno impiegate le impostazioni contenute nel file “cesco.sts”.

Le impostazioni salvate nel file “cesco.sts” mediante questo comando non sovrascrivono le scelte salvate in una certa struttura. Esse si riferiscono, invece, a quanto il programma propone per i *nuovi* file.

3.6 FILE-MODALITA’-PREDIMENSIONAMENTO

Fa passare alla modalità di funzionamento “Predimensionamento”. Questa scelta comporta un particolare funzionamento del programma.

Modalità di funzionamento

3.7 FILE-MODALITA’-EQUILIBRIO

Fa passare alla modalità di funzionamento “Equilibrio”. Questa scelta comporta un particolare funzionamento del programma.

Modalità di funzionamento

3.8 FILE-MODALITA’-CONGRUENZA

Fa passare alla modalità di funzionamento “Congruenza”. Questa scelta comporta un particolare funzionamento del programma.

Modalità di funzionamento

3.9 FILE-MODALITA’-ANALISI

Fa passare alla modalità di funzionamento “Analisi”. Questa scelta comporta un particolare funzionamento del programma.

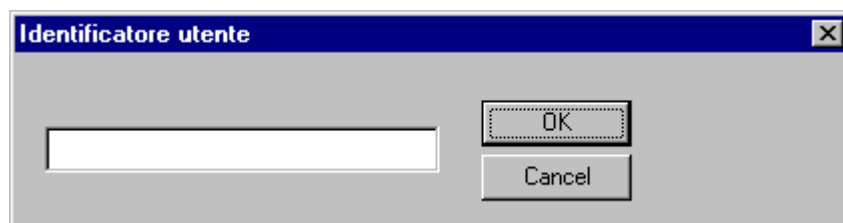
Modalità di funzionamento

3.10 FILE-UTENTE

Questo comando consente di specificare il nome dell’utente e/o una sigla identificativa. Nelle stampe viene sempre riportato il nome dell’utente. Il nome dell’utente

può essere salvato con la configurazione (Salva Configurazione), così da non doverlo ripetere ogni volta.

IDENTIFICATORE UTENTE (DIALOGO)



Questo dialogo serve a fornire l'identificatore dell'utente. L'identificatore qui fornito comparirà nelle stampe.

3.11 FILE-STAMPA



Questo comando serve a mandare in stampa quanto si vede a schermo. Nelle stampe vengono aggiunte informazioni come la data e l'ora, il copyright, legende per facilitare la lettura, il nome dell'utente, ecc.

3.12 FILE-ANTEPRIMA DI STAMPA

Questo comando consente di vedere in anteprima ciò che verrà stampato.

3.13 FILE-TITOLO DI STAMPA

Con questo comando si sceglie un titolo che verrà poi inserito nelle stampe successive. Per cambiare il titolo rieseguire il comando. Per eliminare il titolo inserire una stringa vuota.

3.14 FILE-SETUP STAMPANTE

Questo comando consente di impostare il funzionamento della stampante, nonché di scegliere quale stampante si voglia.

3.15 FILE-FOTOGRAFA



Questo comando comporta il trasferimento agli appunti del contenuto della finestra attiva. Da qualsiasi applicazione che gestisce bitmap (Word, Write, Excel, Paint, ecc.) sarà possibile incollare l'immagine così memorizzata.

3.16 FILE-ESCI

Con questo comando si esce dal programma.

4 COMANDI DEL MENU' MOSTRA

4.1 MOSTRA-BARRA STRUMENTI

Questo comando fa apparire o scomparire la barra di comandi principale.

Barre di comandi

4.2 MOSTRA-BARRA DI STATO

Questo comando fa apparire o scomparire la barra di stato..

4.3 MOSTRA-QUATTRO RIQUADRI

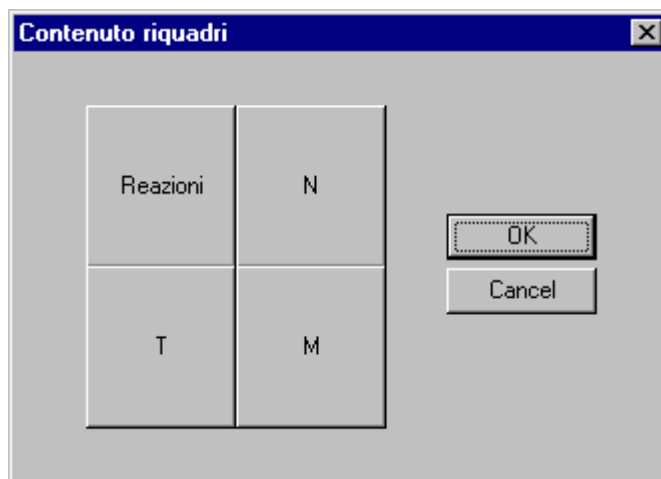
Questo comando attiva o disattiva la modalità a quattro riquadri. Nella modalità a quattro riquadri la struttura viene mostrata quattro volte, con quattro differenti contenuti, vale a dire facendo vedere cose diverse (i diagrammi di N, M, o T, la spostata, le reazioni vincolari, l'ingombro, ecc.). Questa modalità è utile per riassumere brevemente i risultati di una struttura, tipicamente, ad esempio, per dare i risultati di un tema di esame.

Prima di stampare in questa modalità di consiglia di usare in comando includi (Includi) e poi, se necessario, le barre di scorrimento e o lo zoom in modo da ottimizzare la stampa.

4.4 MOSTRA-IMPOSTA QUADRI

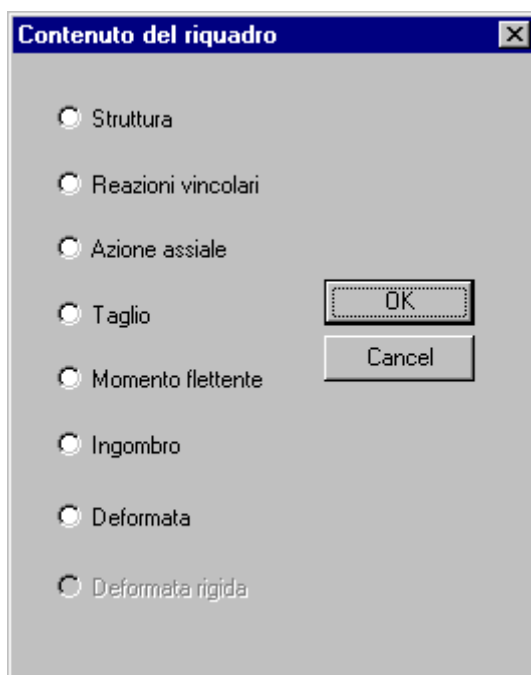
Questo comando serve a decidere cosa dovrà far vedere ciascun riquadro tra i quattro possibili. All'apertura del comando compare un primo dialogo che mostra quattro bottoni, uno per ogni riquadro. Se si vogliono cambiare le impostazioni di un riquadro si preme il bottone corrispondente accedendo ad un secondo dialogo che consente di fare la scelta.

CONTENUTO RIQUADRI (DIALOGO)



Questo dialogo mostra quattro bottoni, ciascuno dei quali rappresenta un riquadro. In ogni bottone è presente una scritta che indica cosa conterrà il riquadro corrispondente. Se si vuole cambiare il contenuto di un riquadro, è sufficiente premere il bottone corrispondente, ciò porterà al dialogo Contenuto del riquadro.

CONTENUTO DEL RIQUADRO (DIALOGO)



Questo dialogo consente di specificare quale sarà il contenuto di un riquadro. I contenuti possibili sono chiaramente elencati nel dialogo. Se un campo è inaccessibile vuol dire che non ha senso, in quel momento, per quella struttura.

4.5 MOSTRA-BARRA DELLE FORZE



Questo comando mostra o nasconde la barra delle forze. Avere visibile la barra delle forze consente di applicare le forze (ma anche i carichi distribuiti, i cedimenti e i carichi termici) con molta maggiore facilità.

Barre di comandi

4.6 MOSTRA-BARRA DEI VINCOLI



Questo comando mostra o nasconde la barra dei vincoli. Avere visibile la barra dei vincoli consente di applicare i vincoli esterni con molta maggiore facilità.

Barre di comandi

4.7 MOSTRA-BARRA DEGLI SVINCOLI



Questo comando mostra o nasconde la barra degli svincoli. Avere visibile la barra degli svincoli consente di applicare gli svincoli con molta maggiore facilità.

Barre di comandi

4.8 MOSTRA-BARRA PLV



Questo comando mostra o nasconde la barra plv. Avere visibile la barra plv consente di usare i comandi relativi al plv con molta maggiore facilità.

Barre di comandi

PLV

4.9 MOSTRA-NESSUNA BARRA



Questo comando toglie dallo schermo tutte le barre tematiche, ed è utile quando serve maggiore spazio di schermo e quando nessuno dei temi propri delle barre sia attuale, non si stiano applicando azioni, né vincoli o svincoli, né si stia usando il ply.

Barre di comandi

4.10 MOSTRA-GRIGLIA

Questo comando serve a specificare come la griglia debba essere visualizzata, che passo e che ruolo essa debba avere. Alla esecuzione del comando compare un dialogo che consente di fare tutte le scelte in questione.

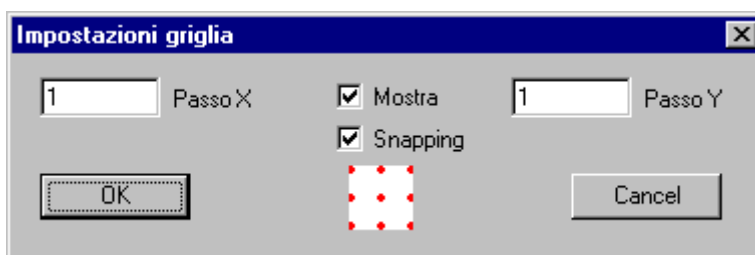
La griglia può essere visualizzata o meno. Può avere il passo che si vuole in entrambe le direzioni. Si può fare in modo che il cursore vada sempre a finire su un punto della griglia (snapping) oppure che questo sia libero di muoversi nel piano.

Avere lo snapping attivo è utile quando la struttura “sta” su una griglia di passo noto. Nella stragrande maggioranza dei casi, conviene avere lo snapping attivo, la griglia visibile ed un passo intermedio (né troppo piccolo, per non invadere lo schermo di puntini rossi, né troppo grande, per non doversi trovare a corto di punti).

Nel corso della definizione dello schema può essere utile infittire temporaneamente il passo della griglia, per poi tornare ad un passo più ampio.

Come fare a descrivere la struttura

IMPOSTAZIONI GRIGLIA (DIALOGO)



Questo dialogo consente di impostare il funzionamento della griglia. I flag Mostra e Snapping, servono a fare in modo che la griglia si veda o meno, e a fare in modo che lo snapping sia attivo, o meno. Gli altri due campi consentono di determinare il passo della griglia nelle due direzioni. Il passo è definito nella unità di misura attiva. Se si è in modalità Scienza o Statica, il passo è definito in unità L.

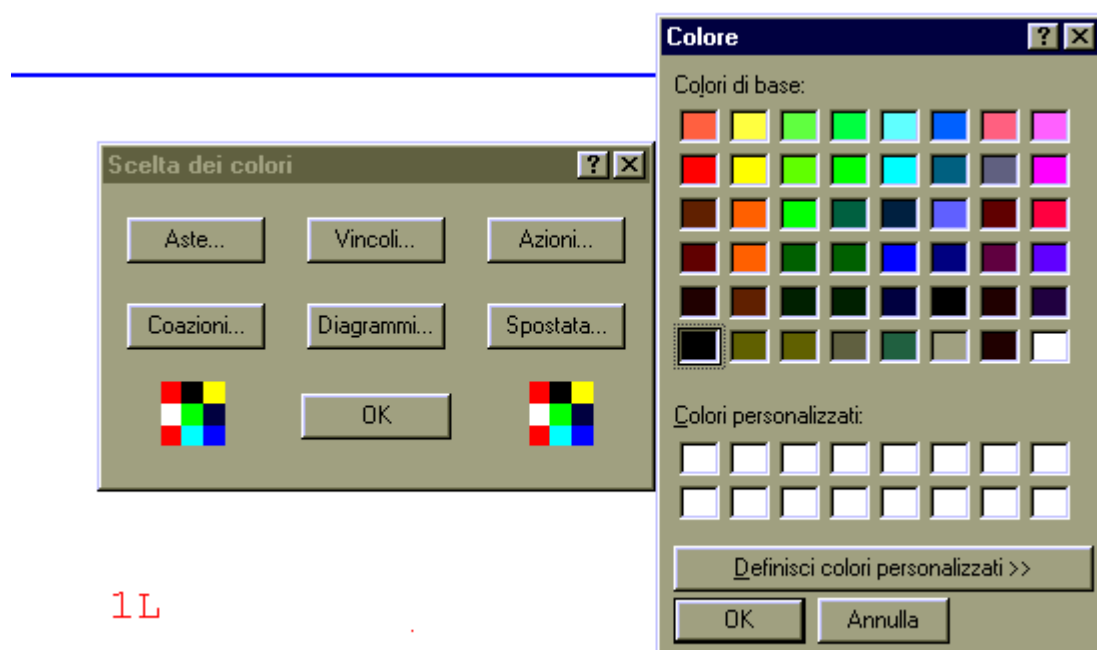
4.11 MOSTRA-COLORI

Questo comando consente di cambiare i colori usati dal programma per rappresentare varie entità.

Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo che consente di fare le scelte desiderate.

Le scelte fatte possono essere diverse a seconda che si voglia ottimizzare il comportamento a schermo o quello delle stampe.

SCELTA DEI COLORI (DIALOGO)



1 L

Con questo dialogo (a sinistra nella figura) si decide qual è l'oggetto del quale si vuole cambiare il colore. L'oggetto si sceglie premendo il bottone corrispondente. Alla pressione del tasto compare il dialogo di destra che consente di scegliere il colore vero e proprio.

4.12 MOSTRA-DIMENSIONI

Questo comando consente di cambiare la dimensione dei simboli usati dal programma per rappresentare varie entità. Dipendentemente dalla scheda grafica, dal monitor, e dai propri personali gusti, ciascuno può scegliere le impostazioni che preferisce e salvarle, una volta per tutte, con il comando Salva Configurazione.

Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo che consente di scegliere le dimensioni volute.

Le scelte fatte possono essere diverse a seconda che si voglia ottimizzare il comportamento a schermo o quello delle stampe.

DIMENSIONE DEI SIMBOLI (DIALOGO)



Questo dialogo consente di specificare la dimensione dei simboli. Conviene fare qualche prova per trovare le impostazioni migliori per il proprio schermo, eppoi salvare le scelte con Salva Configurazione.

La “dimensione dello zoom iniziale” serve a stabilire quanto grande debba essere l’area reale mostrata sullo schermo. E’ una impostazione che può essere salvata nel file di configurazione. Si consiglia di fare qualche prova (usare il comando Nuovo del menu file dopo aver modificato le impostazioni).

4.13 MOSTRA-FONT

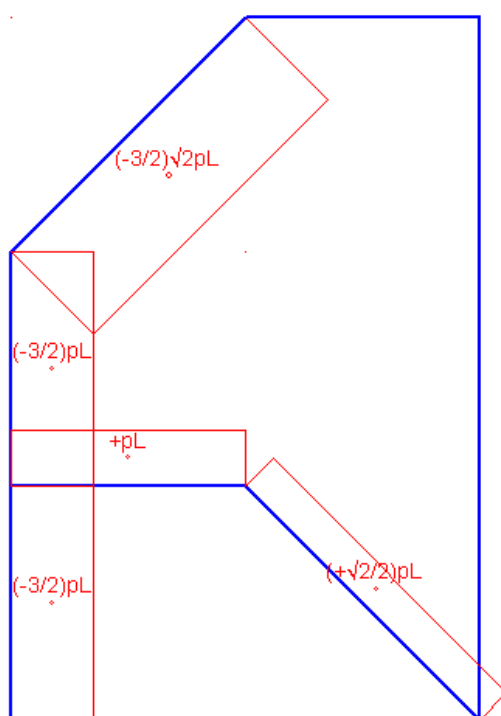
Questo comando consente di cambiare la dimensione il colore ed il tipo di font usati dal programma per stampare scritte e numeri. Dipendentemente dalla scheda grafica, dal monitor, e dai propri personali gusti, ciascuno può scegliere le impostazioni che preferisce e salvarle, una volta per tutte, con il comando Salva Configurazione.

Le scelte fatte possono essere diverse a seconda che si voglia ottimizzare il comportamento a schermo o quello delle stampe.

4.14 MOSTRA-FORMATO

Questo comando consente di cambiare il modo con cui vengono stampati i numeri. Molte volte può essere conveniente avere numeri con un formato ridotto anche al fine di evitare numeri “impastati”. Il comando influenza il modo in cui vengono resi i valori dei diagrammi delle azioni interne, le reazioni vincolari e le reazioni vincolari. Influenza anche il formato del modulo delle forze e delle coppie.

Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo che consente di scegliere il formato voluto.

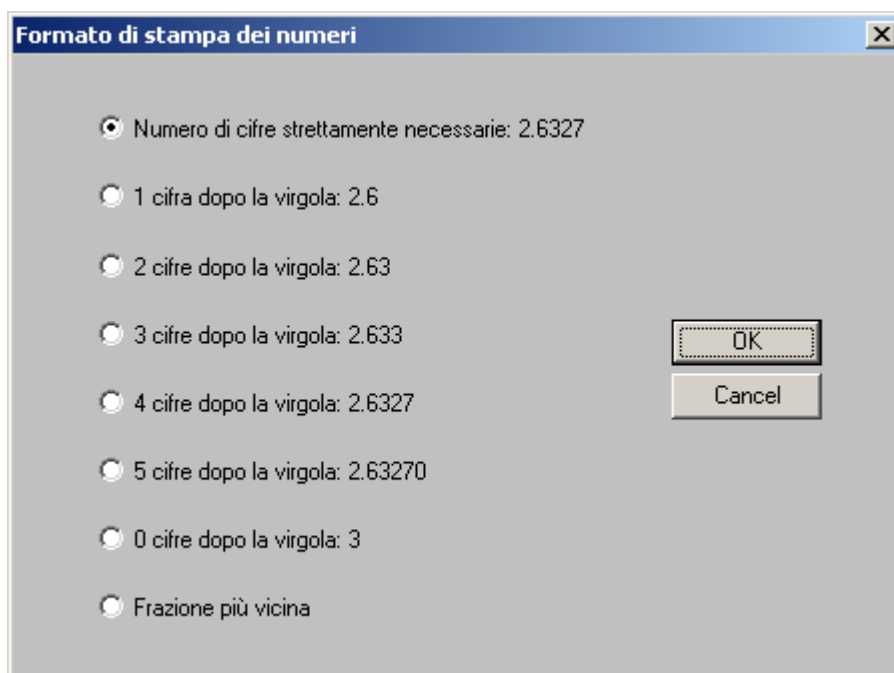


Tra i formati disponibili vi è anche quello frazionario. Va tenuto presente che in questa modalità il programma cerca di esprimere il numero dato come numero nella forma $(m/n)B$, dove m ed n sono degli interi e B è una base che può essere $1, \sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{5}$.

Sebbene il numero stampato sia in generale un'approssimazione, molte volte il numero è invece la esatta rappresentazione aritmetica del risultato, in un formato, oltre tutto, particolarmente compatto (si pensi ad esempio $\sqrt{2}/2=0.707106\dots$). Questo tipo di modalità di stampa è particolarmente adatta nelle modalità Equilibrio e Congruenza, quando si privilegiano i calcoli in forma chiusa su esercizi convenzionali, per i quali sono da attendersi risultati aventi questa forma (in questo caso le unità di misura saranno convenzionali, p, L). Negli altri casi, ed in presenza di numeri grandi ottenibili ad esempio con le unità di forza più

minute (ad esempio i N), questo tipo di formato può essere anche molto scomodo: si consiglia di usare un numero di cifre dopo la virgola coerente con le reali necessità.

FORMATO DI STAMPA DEI NUMERI (DIALOGO)



Questo dialogo influenza il modo in cui vengono stampati i risultati sui diagrammi delle azioni interne e sulle reazioni vincolari. Influenza inoltre anche il modo in cui vengono stampati i moduli delle azioni applicate (forze e coppie). Questa impostazione può essere salvata nel file di configurazione.

4.15 MOSTRA-NUMERAZIONE ELEMENTI STRUTTURALI

Questo comando consente di far vedere o meno la numerazione degli elementi strutturali. Gli elementi strutturali, o membrature, sono riunioni di rami allineati e contigui che hanno in comune sezione e materiale.

Come fare a descrivere la struttura

Membratura

4.16 MOSTRA-INGOMBRO ELEMENTI STRUTTURALI



Questo comando fa vedere l'aspetto in scala degli elementi strutturali, così da dare una idea dell'aspetto reale (e dunque anche della fattibilità) di una struttura.

All'interno dell'elemento viene inoltre stampata una sigla che dice che sezione abbia e di quale materiale sia fatta una membratura. Se la sezione è una tipologia viene accodato il suffisso "TIP".

Ingombro

Sezione

Tipologia

Membratura

5 COMANDI DEL MENU' DISEGNA

5.1 DISEGNA-RIDISEGNA



Questo comando comporta l'immediato refreshing dello schermo che viene ridisegnato. Può essere utile quando, nel corso di comandi non modali, restano visibili due cerchi luminosi o nessuno.

5.2 DISEGNA-INCLUDI



Questo comando, molto utile, consente di includere l'intera struttura, in modo che stia nello schermo nel modo generalmente migliore.

5.3 DISEGNA-ZOOM IN



Questo comando, non modale, consente di ingrandire una zona dello schermo. Appena eseguito il comando si preme una prima ed una seconda volta con il tasto sinistro del mouse, definendo una regione rettangolare, che è la regione da ingrandire a tutto schermo.

5.4 DISEGNA-ZOOM OUT



Questo comando, non modale, consente di rimpicciolire il disegno della struttura. Appena eseguito il comando si preme una prima ed una seconda volta con il tasto sinistro del mouse, definendo una regione rettangolare, che è la regione nella quale verrà fatta stare la finestra corrente.

6 COMANDI DEL MENU' EDIT

6.1 EDIT-ANNULLA



Questo comando consente di annullare l'ultimo comando eseguito. Sono previsti fino a 20 livelli di annulla.

6.2 EDIT-RIFA'



Questo comando comporta la riesecuzione dell'ultimo comando annullato.

6.3 EDIT-APPLICA MATERIALE

Questo dialogo consente di applicare un desiderato materiale alle membrature.

Appena eseguito il comando, il programma chiede se si vuole scorrere l'archivio dei materiali o se si vuole descrivere un nuovo materiale dandone le caratteristiche. Se si sceglie di scorrere l'archivio si potrà scegliere tra una lista di materiali disponibili. Se invece si sceglie di descrivere il materiale non in archivio, compare un opportuno dialogo.

Una volta scelto il materiale, o perché estratto dalla lista (comando Apply), o perché se ne sono date le caratteristiche numeriche in modo esplicito, il programma chiede se si vuole applicare il materiale a tutte le membrature oppure no. Se si dice di Sì, tutte le membrature avranno il materiale specificato, se si dice di no allora il comando diviene non modale, e si può cliccare una per una sulle membrature che interessano. Per uscire dal comando premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC.

Generalità sui comandi

MATERIALE (DIALOGO)

Questo dialogo è usato sia per dare informazioni sui dati di un materiale, sia per prendere i dati di un nuovo materiale. Tutti i dati devono essere forniti usando le unità di misura attive. Allo stesso modo, se il dialogo dà informazioni, queste sono tutte nelle unità di misura attive.

Unità di misura

6.4 EDIT-APPLICA SEZIONE

Questo comando serve ad assegnare alle membrature una sezione. Appena eseguito il comando compare un opportuno dialogo che consente di scegliere tra due possibilità.

La prima possibilità consiste nello scegliere la categoria di sezione che si vuole assegnare tramite uno dei pulsanti immagine. Ciò fatto compare un dialogo che dipende dal tipo di sezione, il quale consente di fornire le quote della sezione nella unità attiva.

Qui di seguito la lista dei possibili dialoghi:

Sezioni laminate ad H

Sezioni saldate ad H

Sezioni saldate a cassone

Tubi e tondi

Sezioni saldate ad U

Sezioni rettangolari o piatti

Sezioni saldate a T

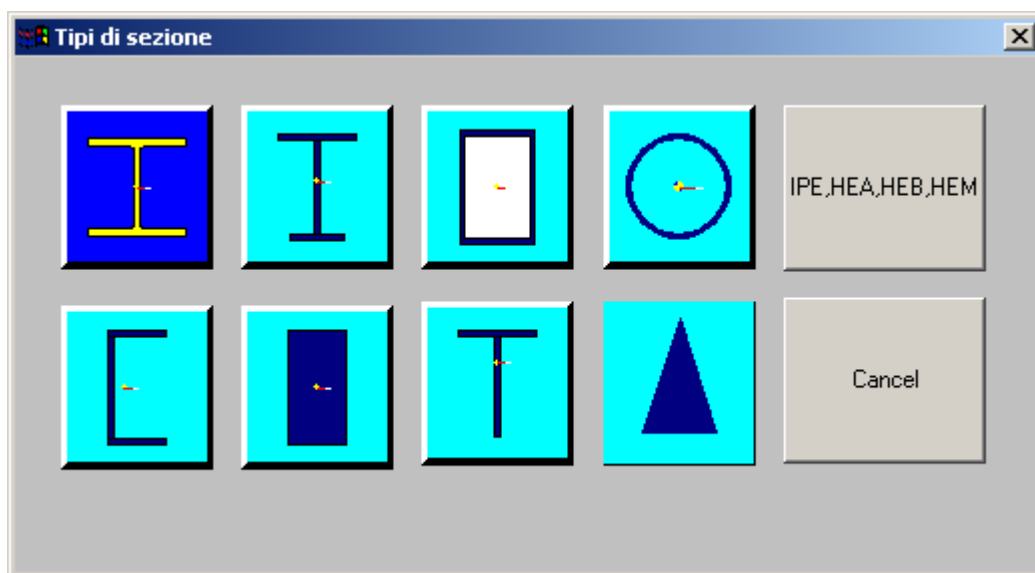
Sezioni generiche

La seconda possibilità consiste nello scegliere la sezione tra quelle disponibili in archivio, con il pulsante privo di immagine. Nella presente versione di CESCO sono disponibili in archivio le sezioni di tipo HEA, HEB, HEM, IPE.

Una volta definita la sezione il programma chiede se si vuole attribuire la sezione descritta a tutte le membrature oppure no. Se si dice di Sì, tutte le membrature avranno la sezione specificata, se si dice di no allora il comando diviene non modale, e si può cliccare una per una sulle membrature che interessano. Per uscire dal comando premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC.

Generalità sui comandi

TIPI DI SEZIONE (DIALOGO)



Questo dialogo consente di scegliere la sezione da attribuire. La sezione può essere una sezione standard (IPE, HEA, HEB, HEM) ed il tale caso occorre premere il pulsante corrispondente, privo di immagine; oppure può essere una sezione particolare, della quale occorre scegliere il tipo cliccando sul corrispondente bottone immagine. Ciò porterà

direttamente ad uno dei seguenti possibili dialoghi, nei quali occorre fornire le quote ed il nome:

Sezioni laminate ad H

Sezioni saldate ad H

Sezioni saldate a cassone

Tubi e tondi

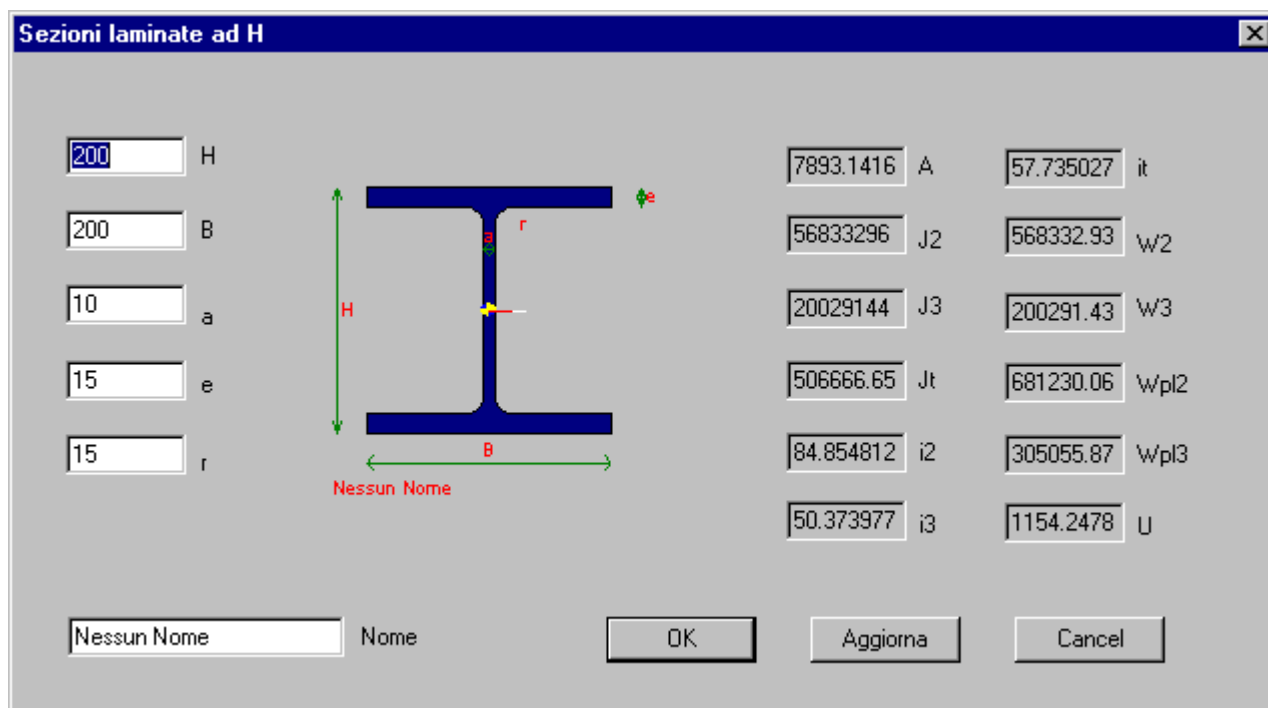
Sezioni saldate ad U

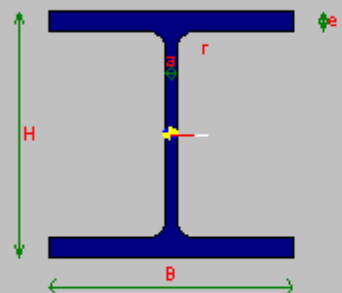
Sezioni rettangolari o piatti

Sezioni saldate a T

Sezioni generiche

SEZIONI LAMINATE AD H



Sezioni laminate ad H			
<input style="width: 80%;" type="text" value="200"/>	H	<input style="width: 80%;" type="text" value="7893.1416"/>	A
<input style="width: 80%;" type="text" value="200"/>	B	<input style="width: 80%;" type="text" value="57.735027"/>	it
<input style="width: 80%;" type="text" value="10"/>	a	<input style="width: 80%;" type="text" value="56833296"/>	J2
<input style="width: 80%;" type="text" value="15"/>	e	<input style="width: 80%;" type="text" value="20029144"/>	J3
<input style="width: 80%;" type="text" value="15"/>	r	<input style="width: 80%;" type="text" value="200291.43"/>	W3
		<input style="width: 80%;" type="text" value="506666.65"/>	Jt
		<input style="width: 80%;" type="text" value="681230.06"/>	Wpl2
		<input style="width: 80%;" type="text" value="84.854812"/>	i2
		<input style="width: 80%;" type="text" value="305055.87"/>	Wpl3
		<input style="width: 80%;" type="text" value="50.373977"/>	i3
<input style="width: 80%;" type="text" value="Nessun Nome"/> Nome		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Aggiorna"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una laminata ad H, sia di attribuirle alle membrature, sia di studiarne le proprietà.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perchè deriva dalle precedenti).

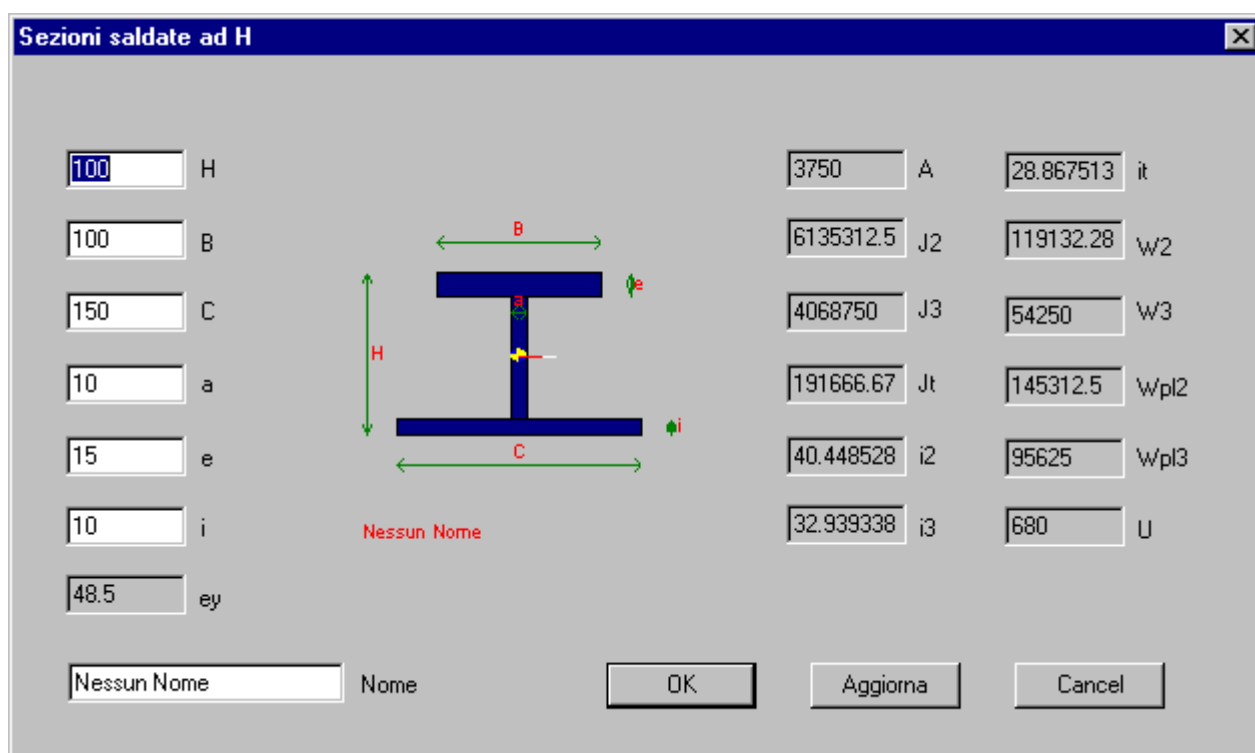
Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

A destra del disegno della sezione ci sono tutte le quantità derivate dal calcolo comuni a tutte le sezioni. A sinistra del disegno della sezione vi sono le quote.

Il pulsante **Aggiorna** consente di aggiornare i dati a sfondo grigio sulla base dei dati a sfondo bianco (parametri liberi).

Per il significato dei simboli si veda anche [sezione](#)

SEZIONI AD H (SALDATE O MENO)



Sezioni saldate ad H					
<input style="width: 80%;" type="text" value="100"/>	H	<input style="width: 80%;" type="text" value="3750"/>	A	<input style="width: 80%;" type="text" value="28.867513"/>	it
<input style="width: 80%;" type="text" value="100"/>	B	<input style="width: 80%;" type="text" value="6135312.5"/>	J2	<input style="width: 80%;" type="text" value="119132.28"/>	w2
<input style="width: 80%;" type="text" value="150"/>	C	<input style="width: 80%;" type="text" value="4068750"/>	J3	<input style="width: 80%;" type="text" value="54250"/>	w3
<input style="width: 80%;" type="text" value="10"/>	a	<input style="width: 80%;" type="text" value="191666.67"/>	Jt	<input style="width: 80%;" type="text" value="145312.5"/>	wpl2
<input style="width: 80%;" type="text" value="15"/>	e	<input style="width: 80%;" type="text" value="40.448528"/>	i2	<input style="width: 80%;" type="text" value="95625"/>	wpl3
<input style="width: 80%;" type="text" value="10"/>	i	<input style="width: 80%;" type="text" value="32.939338"/>	i3	<input style="width: 80%;" type="text" value="680"/>	U
<input style="width: 80%;" type="text" value="48.5"/>	ey				
<input style="width: 80%;" type="text" value="Nessun Nome"/>		Nome			
		<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Aggiorna"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una sezione ad H, sia di attribuirle alle membrature, sia di studiarne le proprietà.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perchè deriva dalle precedenti).

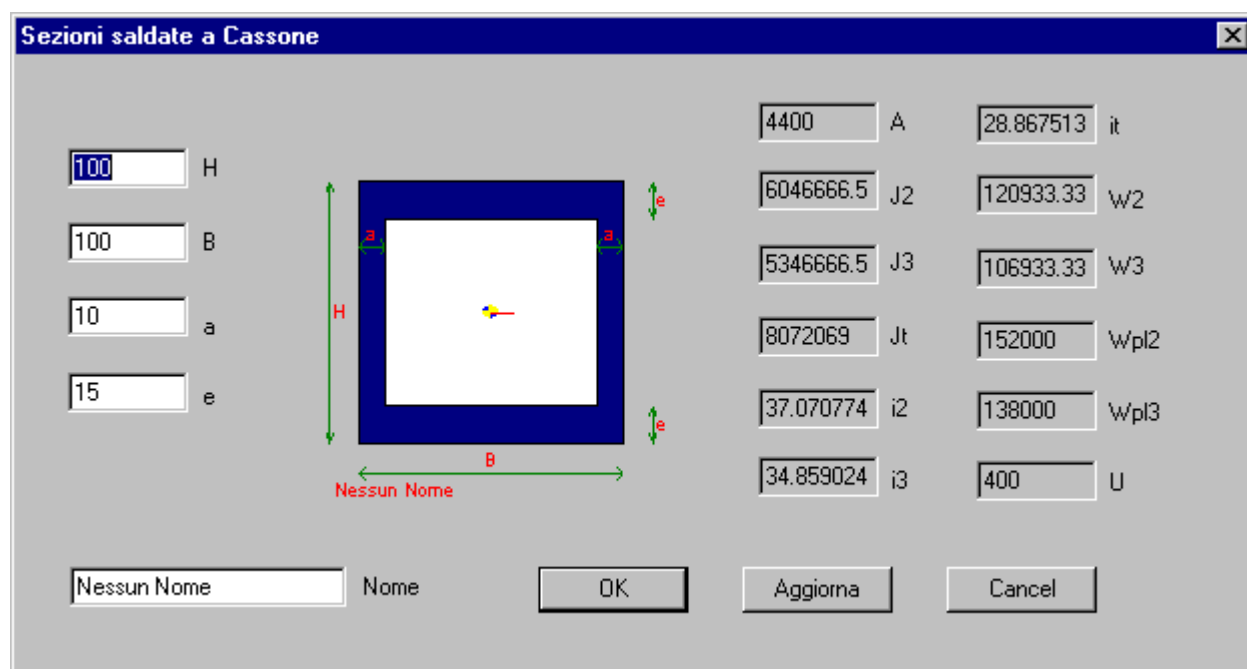
Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

A destra del disegno della sezione ci sono tutte le quantità derivate dal calcolo comuni a tutte le sezioni. A sinistra del disegno della sezione vi sono le quote e la distanza **ey** del baricentro dal bordo esterno inferiore della sezione.

Il pulsante **Aggiorna** consente di aggiornare i dati a sfondo grigio sulla base dei dati a sfondo bianco (parametri).

Per il significato dei simboli si veda anche sezione

SEZIONI A CASSONE



4400	A	28.867513	it
6046666.5	J2	120933.33	w2
5346666.5	J3	106933.33	w3
8072069	Jt	152000	wpl2
37.070774	i2	138000	wpl3
34.859024	i3	400	U

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una sezione a cassone, sia di attribuirle alle membrature, sia di studiarne le proprietà.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perché deriva dalle precedenti).

Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

A destra del disegno della sezione ci sono tutte le quantità derivate dal calcolo comuni a tutte le sezioni. A sinistra del disegno della sezione vi sono le quote.

Il pulsante **Aggiorna** consente di aggiornare i dati a sfondo grigio sulla base dei dati a sfondo bianco (parametri liberi).

Per il significato dei simboli si veda anche sezione

SEZIONI CIRCOLARI (PIENE O CAVE)

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una sezione circolare, sia di attribuirle alle membrature, sia di studiarne le proprietà.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perchè deriva dalle precedenti).

Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

A destra del disegno della sezione ci sono tutte le quantità derivate dal calcolo comuni a tutte le sezioni. A sinistra del disegno della sezione vi sono le quote.

Il pulsante **Aggiorna** consente di aggiornare i dati a sfondo grigio sulla base dei dati a sfondo bianco (parametri liberi).

Per il significato dei simboli si veda anche [sezione](#)

SEZIONI A U (SALDATE O MENO)

3700	A	28.867513	it
5760833.5	J2	115216.66	w2
3655157.7	J3	62466.898	w3
248333.32	Jt	139750	wpl2
39.458610	i2	102416.66	wpl3
31.430566	i3	580	U

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una sezione ad U, sia di attribuirle alle membrature, sia di studiarne le proprietà.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perchè deriva dalle precedenti).

Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

A destra del disegno della sezione ci sono tutte le quantità derivate dal calcolo comuni a tutte le sezioni. A sinistra del disegno della sezione vi sono le quote.

Il pulsante **Aggiorna** consente di aggiornare i dati a sfondo grigio sulla base dei dati a sfondo bianco (parametri).

Per il significato dei simboli si veda anche [sezione](#)

SEZIONI RETTANGOLARI PIATTI

2000	A	0	it
6666666.5	J2	66666.664	w2
16666.666	J3	3333.3332	w3
62400.042	Jt	100000	wpl2
57.735027	i2	5000	wpl3
2.8867514	i3	420	U

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una sezione a rettangolare (o un piatto), sia di attribuirle alle membrature, sia di studiarne le proprietà.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perchè deriva dalle precedenti).

Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

A destra del disegno della sezione ci sono tutte le quantità derivate dal calcolo comuni a tutte le sezioni. A sinistra del disegno della sezione vi sono le quote.

Il pulsante **Aggiorna** consente di aggiornare i dati a sfondo grigio sulla base dei dati a sfondo bianco (parametri liberi).

Per il significato dei simboli si veda anche [sezione](#)

SEZIONI A T (SALDATE O MENO)

2350	A	28.867513	it
1896278.8	J2	25482.517	w2
1257083.3	J3	25141.666	w3
140833.32	Jt	46318.75	wpl2
28.406463	i2	39625	wpl3
23.128534	i3	400	U

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una sezione a T, sia di attribuirle alle membrature, sia di studiarne le proprietà.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perchè deriva dalle precedenti).

Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

A destra del disegno della sezione ci sono tutte le quantità derivate dal calcolo comuni a tutte le sezioni. A sinistra del disegno della sezione vi sono le quote e la distanza **ey** dal bordo inferiore della sezione.

Il pulsante **Aggiorna** consente di aggiornare i dati a sfondo grigio sulla base dei dati a sfondo bianco (parametri liberi).

Per il significato dei simboli si veda anche sezione

SEZIONI GENERICHE

Sezioni generiche

<input type="text" value="0"/> A	<input type="text" value="0"/> it
<input type="text" value="0"/> J2	<input type="text" value="0"/> W2
<input type="text" value="0"/> J3	<input type="text" value="0"/> W3
<input type="text" value="0"/> Jt	<input type="text" value="0"/> Wpl2
<input type="text" value="0"/> i2	<input type="text" value="0"/> Wpl3
<input type="text" value="0"/> i3	<input type="text" value="0"/> U

Nessun Nome

Nome

OK Aggiorna Cancel

Questo dialogo consente sia di avere informazioni di dettaglio su una sezione totalmente generica, sia di attribuirle alle membrature.

Per *sezione totalmente generica* si intende qui una sezione della quale siano note esclusivamente le proprietà statiche, senza alcun dettaglio sulla reale conformazione della sezione stessa.

Quando il campo relativo ad una certa quantità ha lo sfondo bianco questo vuol dire che quella quantità può essere modificata, quando lo sfondo è grigio ciò indica che la quantità non può essere modificata (perchè deriva dalle precedenti).

Se il dialogo viene attivato solo per avere informazioni tutte le quantità hanno lo sfondo grigio e non possono essere modificate.

Per il significato dei simboli si veda anche sezione **EDIT-APPLICA GRAVITA'**

Questo comando è in realtà un flag, vale a dire una opzione. Se essa è attiva allora il peso proprio delle aste, diretto verso il basso, verrà aggiunto automaticamente ai carichi applicati. Se invece essa è inattiva, allora la gravità non verrà aggiunta. La modifica di questo flag, se fatta dopo il solving, comporta l'indisponibilità dei risultati: occorre rieseguire il solving stesso.

6.6 EDIT-SEZIONE

Questo comando ha un duplice scopo: serve ad interrogare il programma sulla sezione applicata ad una certa membratura, e serve anche a modificare le quote di questa sezione, senza doverla riattribuire dal principio.

Appena eseguito il comando si entra in una fase non modale che chiede di specificare una delle membrature. Ciò si fa premendo il tasto sinistro del mouse quando il pallino rosso è sopra la membratura che interessa. Ciò fatto si apre un dialogo, che dipende dal tipo di sezione (tipi di sezione) . Sarà così possibile modificare i dati non più aggiornati, o limitarsi a leggere i dati che interessano. Se si esce dal dialogo con OK, e si era eseguito il solving, questo dovrà essere rieseguito per accedere ai risultati. Se invece si esce con Cancel, nulla verrà modificato.

Per uscire dal comando è necessario premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC della tastiera.

Generalità sui comandi

6.7 EDIT-MATERIALE

Questo comando ha un duplice scopo: serve ad interrogare il programma sul materiale applicato ad una certa membratura, e serve anche a modificare i dati del materiale, senza doverlo riattribuire dal principio.

Appena eseguito il comando si entra in una fase non modale che chiede di specificare una delle membrature. Ciò si fa premendo il tasto sinistro del mouse quando il pallino rosso è sopra la membratura che interessa. Ciò fatto si apre un dialogo. Sarà così possibile modificare i dati non più aggiornati, o limitarsi a leggere i dati che interessano. Se si esce dal dialogo con OK, e si era eseguito il solving, questo dovrà essere rieseguito per accedere ai risultati. Se invece si esce con Cancel, nulla verrà modificato.

Per uscire dal comando è necessario premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC della tastiera.

Generalità sui comandi

6.8 EDIT-UNITA'



Questo comando serve per cambiare le unità di misura correnti. Il comando è accessibile solo nelle modalità. La Concezione Strutturale e Tecnica.

Non appena eseguito il comando appare un property sheet che consente di cambiare le unità come desiderato. Non appena le unità vengono cambiate, nella barra di stato compaiono le nuove unità. Da questo momento, tutti i dati che CESCO fornirà e tutti i dati che CESCO riceverà saranno nelle nuove unità di misura.

Unità di misura

6.9 EDIT-RAMI-DISGIUNTI



Questo comando fa aggiungere rami ciascuno dei quali coincide con una nuova membratura. Il comando è di tipo non modale e pertanto viene interrotto solo premendo il tasto destro del mouse o il tasto ESC della tastiera.

Questo comando consente di aggiungere rami disgiunti, senza cioè che due rami successivi abbiano alcun nodogl_node in comune.

Appena il comando viene eseguito compare un pallino, che si muove al movimento del mouse.

Il modo in cui il pallino si muove dipende dalle impostazioni della griglia. Se lo snapping è attivo il punto passerà da un punto della griglia ad un altro punto della griglia (il punto più vicino al cursore del mouse) a seconda di come lo muoviamo. Se invece lo snapping non è attivo allora il punto si muoverà con continuità nel piano.

In ogni istante le coordinate del punto (quelle del pallino rosso) sono indicate nella barra di stato.

Per definire un nuovo ramo occorre fornire i due estremi. Ogni estremo corrisponde alla posizione del pallino rosso quando viene premuto il tasto sinistro del mouse. Una volta definito il secondo estremo di un ramo si ricomincia, e occorre fornire il primo estremo del ramo successivo.

In pratica bastano una serie di click per aggiungere i rami che interessano.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Dalla versione 2 il comando è stato migliorato nel modo che segue.

- 1) Dopo aver scelto il primo nodo dell'elemento nella barra di stato compaiono la distanza dx e quella dy corrente dall'ultimo nodo aggiunto;
- 2) Per il primo nodo: se non ci si vuole attaccare alla griglia ma si vogliono dare le coordinate esatte, basta premere la barra spaziatrice: comparirà un dialogo che chiederà le coordinate nel punto nelle unità attive.
- 3) Per il secondo nodo: se non si ci vuole attaccare alla griglia basta premere la barra spaziatrice, comparirà un dialogo che consente di scegliere la preferita modalità di introduzione dei dati: (dx, dy), (angolo e distanza), (dx ed angolo), (dy ed angolo). Queste scelte possono essere fatte direttamente, senza passare dal dialogo precedente, premendo rispettivamente il tasto 1, 2, 3, o 4.

Generalità sui comandi

6.10 EDIT-RAMI-CONGIUNTI



Questo comando fa aggiungere rami ciascuno dei quali coincide con una nuova membratura. Il comando è di tipo non modale e pertanto viene interrotto solo premendo il tasto destro del mouse o il tasto ESC della tastiera.

Questo comando consente di aggiungere rami congiunti, fatti cioè in modo tale da formare un'unica spezzata poligonale.

Appena il comando viene eseguito compare un pallino, che si muove al movimento del mouse.

Il modo in cui il pallino si muove dipende dalle impostazioni della griglia. Se lo snapping è attivo il punto passerà da un punto della griglia ad un altro punto della griglia (il

punto più vicino al cursore del mouse) a seconda di come lo muoviamo. Se invece lo snapping non è attivo allora il punto si muoverà con continuità nel piano.

In ogni istante le coordinate del punto (quelle del pallino rosso) sono indicate nella barra di stato.

Per definire un nuovo ramo occorre fornire i due estremi. Il primo estremo del primo ramo della spezzata va fornito esplicitamente. Il primo estremo dei rami successivi coincide con il secondo estremo dei rami via via appena introdotti, cosicché fornito il primo punto si forniscono solo i secondi estremi.

In pratica bastano una serie di click per aggiungere i rami che interessano.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Dalla versione 2 il comando è stato migliorato nel modo che segue.

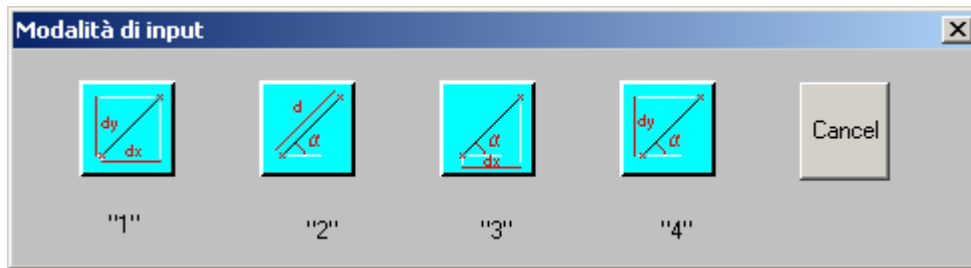
- 4) Dopo aver scelto il primo nodo dell'elemento nella barra di stato compaiono la distanza dx e quella dy corrente dall'ultimo nodo aggiunto;
- 5) Per il primo nodo: se non ci si vuole attaccare alla griglia ma si vogliono dare le coordinate esatte, basta premere la barra spaziatrice: comparirà un dialogo che chiederà le coordinate nel punto nelle unità attive.
- 6) Per il secondo nodo: se non si ci vuole attaccare alla griglia basta premere la barra spaziatrice, comparirà un dialogo che consente di scegliere la preferita modalità di introduzione dei dati: (dx, dy), (angolo e distanza), (dx ed angolo), (dy ed angolo). Queste scelte possono essere fatte direttamente, senza passare dal dialogo precedente, premendo rispettivamente il tasto 1, 2, 3, o 4.

Generalità sui comandi **RICHIESTA DI COORDINATE (DIALOGO)**



Questo dialogo consente di specificare le coordinate del punto richiesto dal programma nelle unità di misura attive.

6.12 MODALITA' DI INPUT (DIALOGO)

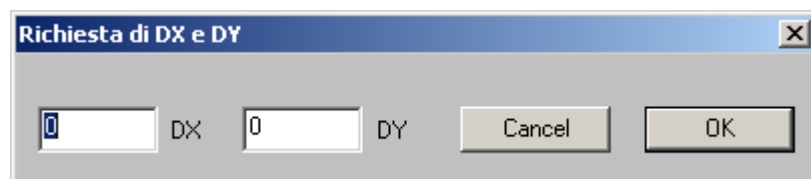


Questo dialogo consente di specificare in che modo sarà dato il punto successivo del ramo che si sta aggiungendo. Il punto è definito prendendo il punto precedente come riferimento. Sono possibili quattro modalità: (dx, dy), (angolo e distanza), (dx ed angolo), (dy ed angolo). Questo dialogo può essere saltato premendo direttamente i tasti, rispettivamente, 1 per (dx, dy), 2 per (angolo e distanza), 3 per (angolo e dx), 4 per (angolo e dy).

Ad ogni modalità corrisponde un differente dialogo successivo, secondo la seguente corrispondenza:

- 1 (dx, dy)
- 2 (angolo, distanza)
- 3 (angolo, dx)
- 4 (angolo, dy)

6.13 RICHIESTA DI DX E DY (DIALOGO)



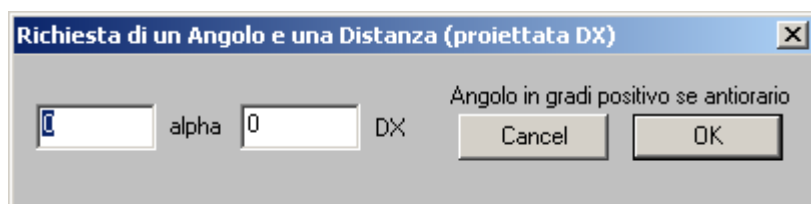
Questo dialogo consente di specificare le coordinate del secondo punto di un ramo dando la posizione di questo rispetto al nodo precedentemente introdotto. Vengono chieste le due distanze dx e dy nella unità di misura attiva.

6.14 RICHIESTA DI UN ANGOLO E UNA DISTANZA



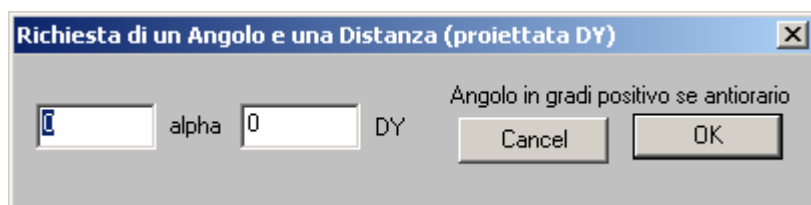
Questo dialogo consente di specificare le coordinate del secondo punto di un ramo dando la posizione di questo rispetto al nodo precedentemente introdotto. Viene chiesta la distanza dal primo punto e l'angolo formato dal ramo rispetto all'orizzontale.

6.15 RICHIESTA DI UN ANGOLO E UNA DISTANZA (PROIETTATA DX) (DIALOGO)



Questo dialogo consente di specificare le coordinate del secondo punto di un ramo dando la posizione di questo rispetto al nodo precedentemente introdotto. Viene chiesta la distanza dal primo punto proiettata lungo x e l'angolo formato dal ramo rispetto all'orizzontale. L'angolo è in gradi, positivo se antiorario.

6.16 RICHIESTA DI UN ANGOLO E UNA DISTANZA (PROIETTATA DY) (DIALOGO)



Questo dialogo consente di specificare le coordinate del secondo punto di un ramo dando la posizione di questo rispetto al nodo precedentemente introdotto. Viene chiesta la distanza dal primo punto proiettata lungo y e l'angolo formato dal ramo rispetto all'orizzontale. L'angolo è in gradi, positivo se antiorario.

6.17 EDIT-RAMI-DIVIDI



Questo comando consente di suddividere un ramo in parti, vale a dire consente di spezzare un ramo in parti eguali. Se il ramo coincide con una membratura questa verrà ad essere composta da un numero di rami pari al numero di suddivisioni. Se invece il ramo è solo parte di una membratura, che ha già un numero m di rami, questa verrà ad avere $n+m$ rami, essendo n il numero di suddivisioni.

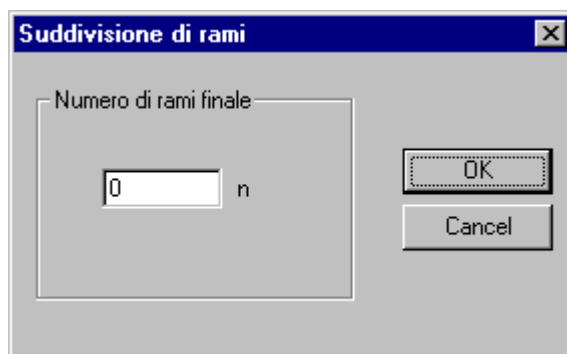
Il comando è non modale: appena eseguito si clicca sul ramo che interessa, poi, grazie ad un opportuno dialogo, si stabilisce il numero di suddivisioni.

Appena usciti dal dialogo con OK il comando termina automaticamente.

La suddivisione di rami esistente è indispensabile se si vogliono applicare forze all'interno di rami esistenti. Poiché è solo possibile applicare forze ad estremi di rami, sarà prima necessario spezzare i rami esistenti in parti eguali, così da creare il nodo che serve.

Generalità sui comandi

SUDDIVISIONE DI RAMI (DIALOGO)



Questo dialogo consente di specificare il numero di suddivisioni di un ramo. Se si specifica, ad esempio, 4, il ramo verrà diviso in quattro parti eguali.

6.18 EDIT-RAMI-ARCO

Questo comando fa aggiungere aste aventi la forma di archi di circonferenza, ciascuno dei quali coincide con una nuova membratura. Ogni arco è diviso in un certo numero di rami rettilinei, al fine di sposare con il necessario grado di precisione l'andamento curvo dell'arco.

Il comando chiede dapprima il centro della circonferenza, poi chiede un punto che giace sulla circonferenza, poi chiede a ripetizione l'angolo di apertura iniziale dell'arco e l'angolo di apertura finale dell'arco che si intende aggiungere. Aggiunto un arco se ne può aggiungere un successivo, contiguo o meno con il precedente, e così via, finchè non si esce. Tutti gli archi aggiunti durante l'esecuzione di uno stesso comando hanno in comune il centro della circonferenza ed il raggio della stessa. Due archi successivi possono o meno avere l'estremo in comune: per default il programma propone che l'arco successivo sia contiguo con il precedente (ovvero che l'angolo iniziale del successivo sia eguale all'angolo finale del precedente), ma l'utente può scegliere a piacere.

Gli angoli si misurano in gradi, positivi se antiorari, prendendo come riferimento il raggio orizzontale orientato verso destra. Essi sono compresi tra -360° e $+360^\circ$.

Dopo aver dato, per ciascun arco, il suo angolo iniziale ed il suo angolo finale, occorre decidere in quanti rami rettilinei l'arco sarà suddiviso.

Vediamo passo passo come funziona il comando.

All'avvio del comando il programma si aspetta il centro della circonferenza.

Il centro della circonferenza può essere dato sia cliccando su un punto della griglia, sia dandone le coordinate per mezzo della tastiera: in questo caso occorrerà premere la barra spaziatrice per fare in modo che compaia il dialogo opportuno.

Una volta dato il centro della circonferenza occorre dare il raggio. Ciò si fa o cliccando in corrispondenza al punto che rappresenta il punto che giace sulla circonferenza, o specificando per mezzo di un opportuno dialogo la distanza dx e dy dal centro del punto della circonferenza. Se dx è diverso da zero e dy è eguale a zero, dx rappresenta il raggio della circonferenza; viceversa, se dx=0 e dy è diverso da zero il raggio è dy; se sia dx che dy sono diversi da zero allora il raggio della circonferenza è $r=\sqrt{dx^2+dy^2}$.

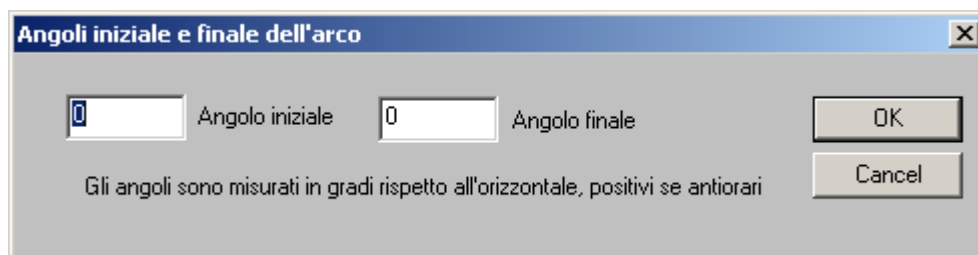
Fatto ciò si apre il dialogo che consente di fornire l'angolo iniziale e finale dell'arco da aggiungere.

Infine compare il dialogo che chiede in quanti rami dividere l'arco (cfr. DIALOGO SUDDIVISIONE DI RAMI).

A questo punto l'arco viene aggiunto e si chiede di nuovo l'angolo iniziale e finale dell'arco successivo, e così via. Per interrompere il comando basta uscire con "annulla" da uno dei due dialoghi precedenti.

Si ribadisce che nel comando si possono dare più archi di seguito: ciascun arco (anche se suddiviso in più rami) verrà trattato come una membratura singola.

ANGOLI INIZIALE E FINALE DELL'ARCO (DIALOGO)



Questo dialogo consente di specificare l'angolo iniziale e l'angolo finale dell'arco che si intende aggiungere. Ad esempio, per dare una semicirconferenza con diametro orizzontale inferiore rispetto all'arco si daranno i due angoli (0, 180) come angolo iniziale e finale, rispettivamente. Se si vuole dare un arco con diametro orizzontale superiore rispetto all'arco si daranno i valori (180, 360), o anche (-180, 0).

6.19 EDIT-RAMI-SELEZIONA



Questo comando consente di selezionare rami cliccandoci sopra. Appena un ramo è selezionato, esso cambia colore assumendo una colorazione mista giallo-rossa. Per deselegionare un ramo selezionato è sufficiente cliccarci nuovamente sopra.

Selezionare rami serve per i comandi che agiscono – appunto – sui rami precedentemente selezionati, ad esempio il comando che cancella i rami cancella i rami correntemente selezionati.

6.20 EDIT-RAMI-CANCELLA



Questo comando serve a cancellare i rami precedentemente selezionati con il comando Seleziona. Se vi sono carichi applicati ai rami cancellati questi saranno altresì automaticamente eliminati. Se la cancellazione di rami comporta la cancellazione di una membratura, perché tutti i rami dei quali è composta sono stati eliminati, allora la numerazione delle membrature verrà automaticamente aggiornata in modo che non vi siano “buchi”. Se invece solo alcuni elementi di una membratura vengono cancellati ed altri no si possono dare due casi.

Nel primo caso i rami cancellati sono tutti in sequenza e rappresentano uno dei due estremi della membratura. In tal caso i rami rimasti conservano il numero di membratura originario.

Nel secondo caso i rami cancellati comportano l'esistenza di uno o più “salti” nella membratura originaria, che viene così ad essere divisa in un certo numero di parti tra loro scollegate. In questo secondo caso il programma riconosce i rami appartenenti a pezzi unici e per ciascuno dei pezzi disgiunti superiore al primo aggiunge una nuova membratura.

In questo ultimo caso la successiva riaggiunta di un elemento, a colmare il buco lasciato dalla precedente cancellazione, *non* comporta la riunificazione degli elementi nella membratura originaria.

6.21 EDIT-AZIONI-FORZA-+X



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette come l'asse x. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

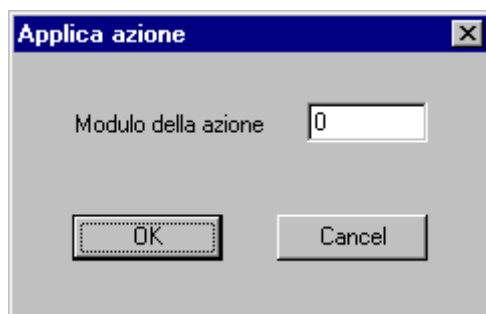
Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

APPLICA AZIONE (DIALOGO)



Questo dialogo serve a specificare il valore di una azione. L'unità di misura deve essere coerente con il tipo di azione e con le unità di misura correnti. Se viene dato un valore negativo l'azione avrà verso opposto rispetto a quello scelto. Se il modulo è pari a zero l'azione verrà eliminata dal nodo.

6.22 EDIT-AZIONI-FORZA--X



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette come l'asse x. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.23 EDIT-AZIONI-FORZA-+Y



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette come l'asse y. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.24 EDIT-AZIONI-FORZA--Y



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette come l'asse y. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.25 EDIT-AZIONI-FORZA-(+X+Y)



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette a +45°. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa

fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.26 EDIT-AZIONI-FORZA-(+X-Y)



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette a -45° . Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.27 EDIT-AZIONI-FORZA-(-X+Y)



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette a $+135^\circ$. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.28 EDIT-AZIONI-FORZA-(-X-Y)



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette a $+225^\circ$. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.29 EDIT-AZIONI-FORZA-QUALSIASI



Questo comando serve ad aggiungere forze dirette in modo arbitrario. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro

del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

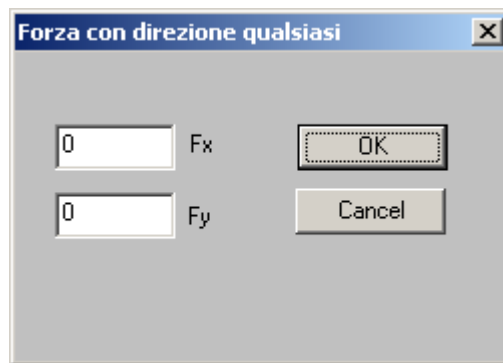
Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare le forze precedentemente applicate.

Generalità sui comandi

FORZA CON DIREZIONE QUALSIASI (DIALOGO)



Questo dialogo serve a specificare il valore di una forza diretta in modo arbitrario. L'unità di misura deve essere coerente con il tipo di azione e con le unità di misura correnti. Occorre fornire le componenti della forza in direzione X ed Y. Se entrambe le componenti sono pari a zero l'azione eventualmente presente verrà eliminata dal nodo.

6.30 EDIT-AZIONI-COPPIA-ANTIORARIA



Questo comando serve ad aggiungere momenti antiorari. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare i momenti precedentemente applicati: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.31 EDIT-AZIONI-COPPIA-ORARIA



Questo comando serve ad aggiungere momenti orari. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare i momenti precedentemente applicati: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.32 EDIT-AZIONI-PX



Questo comando serve ad aggiungere carichi distribuiti diretti come l'asse x. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul ramo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

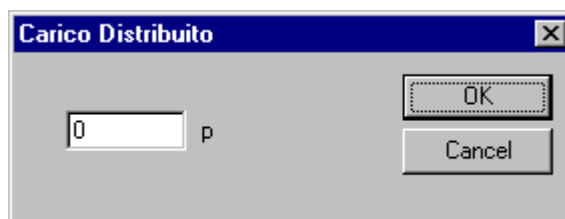
Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il ramo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare i carichi distribuiti precedentemente applicati: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

CARICO DISTRIBUITO (DIALOGO)



Questo dialogo serve a definire il valore di un carico distribuito. Il valore del carico distribuito deve essere dato utilizzando le unità di misura attive. Se si dà un valore negativo il carico avrà un verso opposto a quello indicato nel disegno. Se si vuole eliminare un carico precedentemente introdotto basta dare un modulo pari a zero.

6.33 EDIT-AZIONI-PY



Questo comando serve ad aggiungere carichi distribuiti diretti come l'asse y. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul ramo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il ramo compare un opportuno dialogo, che serve a prendere il valore della azione. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK la azione verrà aggiunta e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare i carichi distribuiti precedentemente applicati: basta dare un modulo nullo.

Generalità sui comandi

6.34 EDIT-AZIONI-TERMICO



Questo comando serve ad applicare una distribuzione termica su un ramo. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul ramo più vicino, indicando il luogo ove verrà messa l'azione se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

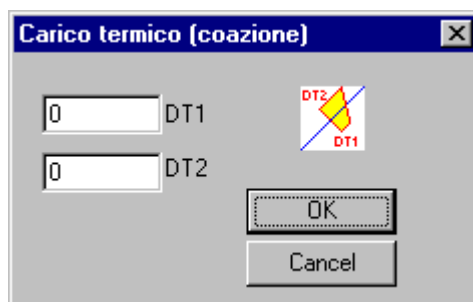
Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il ramo compare un opportuno dialogo, che serve a saper come è fatta la distribuzione di temperatura. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si danno i valori e poi si preme OK il carico termico verrà aggiunto ed il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare i carichi termici precedentemente applicati: basta dare una distribuzione nulla.

Generalità sui comandi

CARICO TERMICO (DIALOGO)



Questo dialogo serve a definire una distribuzione termica su un ramo. I valori da fornire devono essere coerenti con l'unità di misura attiva.

I due valori T1 e T2 sono due temperature. Precisamente, come chiarito dal disegno, il valore T2 va sulle fibre di sopra (o, in caso di ramo verticale, sulle fibre di sinistra), mentre il valore T1 va sulle fibre di sotto (o di destra).

Se i due valori sono identici la distribuzione genera solo una elongazione termica. Se i due valori sono eguali ed opposti la distribuzione genera solo una flessione termica, se i due valori sono diversi si generano sia una elongazione che una flessione.

Lo stato finale del ramo deve essere calcolato: è infatti possibile che, per congruenza, non vi sia alcuna elongazione o flessione totale, e che invece insorgano delle azioni interne.

6.35 EDIT-AZIONI-CEDIMENTO



Questo comando serve ad aggiungere cedimenti. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messo il cedimento se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Un cedimento può essere applicato solo su un nodo vincolato in qualche modo. Se si sceglie un nodo non vincolato il programma dà un avviso.

Scelto il nodo compare un opportuno dialogo che serve a specificare il cedimento. Se si vuole si può ancora interrompere il comando premendo il tasto cancella. Se invece si dà il valore e poi si preme OK il cedimento verrà aggiunto e il comando termina.

Questo comando può essere usato anche per cancellare i cedimenti precedentemente applicati: basta dare un cedimento nullo.

Generalità sui comandi

AGGIUNTA DI CEDIMENTI (DIALOGO)



Questo dialogo serve ad assumere i dati relativi ad un cedimento. L'utente deve specificare il cedimento in direzione orizzontale (u), in direzione verticale (v) ed il cedimento rotazionale (β).

I cedimenti traslazionali vanno specificati nella unità attiva (mm, cm, ecc.). Se si sta lavorando nella modalità Statica o Scienza, i numeri da fornire vengono interpretati in millesimi di unità L. Così se si dà un valore 1 in queste modalità comparirà il valore “1u”, che corrisponde a “L/1000”, ovvero, in definitiva ad 1mm.

Il cedimento rotazionale, allo stesso modo, è espresso in radianti se si sta lavorando con vere unità di misura, è invece espresso in unità β , vale a dire centesimi di radiante, se si sta lavorando nelle modalità Statica e Scienza. Se si sta lavorando in queste modalità e si dà un cedimento rotazionale pari a 1, comparirà la scritta “1 β ”. Se si passa alla modalità Tecnica senza fare variazioni comparirà la scritta “0.01rad”.

Dipendentemente dal tipo di vincolo applicato, è possibile che certe componenti di cedimento non abbiano senso. In questo caso il campo corrispondente ha lo sfondo grigio, ed è *read only*.

6.36 EDIT-VINCOLO-NESSUNO



Questo comando serve ad eliminare i vincoli esterni da un nodo.

Modalità operative

Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un nodo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul nodo più vicino, indicando il luogo ove verrà messo il vincolo se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto il nodo, il vincolo (nullo in questo caso) verrà istantaneamente applicato ad esso, al posto del vincolo precedentemente applicato.

Generalità sui comandi

6.37 EDIT-VINCOLO-INCASTRO



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un incastro.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.38 EDIT-VINCOLO-CERNIERA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con una cerniera.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.39 EDIT-VINCOLO-MANICOTTO



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un manicotto. Un manicotto può essere aggiunto solo su nodi ai quali è attaccato un solo ramo o due rami allineati.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.40 EDIT-VINCOLO-PATTINO-GIU'



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.41 EDIT-VINCOLO-PATTINO-SU



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.42 EDIT-VINCOLO-PATTINO-SINISTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.43 EDIT-VINCOLO-PATTINO-DESTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.44 EDIT-VINCOLO-PATTINO-GIU'-DESTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.45 EDIT-VINCOLO-PATTINO-GIU'-SINISTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.46 EDIT-VINCOLO-PATTINO-SU-DESTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.47 EDIT-VINCOLO-PATTINO-SU-SINISTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un pattino posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.48 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-GIU'



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.49 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SU



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.50 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SINISTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.51 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-DESTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.52 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-GIU'-DESTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.53 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-GIU'-SINISTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.54 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SU-DESTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.55 EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SU-SINISTRA



Questo comando serve a vincolare un certo nodo con un carrello posizionato come in figura.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che serve ad eliminare i vincoli (modalità operative).

6.56 EDIT-SVINCOLO-NESSUNO



Questo comando serve ad vincolare completamente (incastrare) un ramo rispetto agli altri attaccati allo stesso nodo.

Modalità operative

Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un estremo di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sull'estremo più vicino del ramo più vicino, indicando il luogo ove verrà messo lo svincolo se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto l'estremo, lo svincolo (nullo in questo caso) verrà istantaneamente applicato ad esso, al posto dello svincolo precedentemente applicato.

Generalità sui comandi

6.57 EDIT-SVINCOLO-COMPLETO



Questo comando serve a svincolare completamente (staccare) un ramo rispetto agli altri attaccati allo stesso nodo. Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un estremo di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sull'estremo più vicino del ramo più vicino, indicando il luogo ove verrà messo lo svincolo se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Scelto l'estremo, lo svincolo (completo in questo caso) verrà istantaneamente applicato ad esso, al posto dello svincolo precedentemente applicato.

Generalità sui comandi

6.58 EDIT-SVINCOLO-CERNIERA



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con una cerniera (svincolo rotazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.59 EDIT-SVINCOLO-CERNIERA SU TUTTI



Questo comando serve a fare in modo che tutti gli estremi di rami affluenti ad un nodo siano svincolati a cerniera (svincolo rotazionale).

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.60 EDIT-SVINCOLO-MANICOTTO



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un manicotto (svincolo assiale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.61 EDIT-SVINCOLO-PATTINO 0°



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un pattino (svincolo traslazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.62 EDIT-SVINCOLO-PATTINO +45°



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un pattino (svincolo traslazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.63 EDIT-SVINCOLO-PATTINO -45°



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un pattino (svincolo traslazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.64 EDIT-SVINCOLO-CARRELLO 0°



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un carrello (svincolo traslazionale e rotazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.65 EDIT-SVINCOLO-CARRELLO $+90^{\circ}$



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un carrello (svincolo traslazionale e rotazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.66 EDIT-SVINCOLO-CARRELLO -90°



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un carrello (svincolo traslazionale e rotazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.67 EDIT-SVINCOLO-CARRELLO +45°



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un carrello (svincolo traslazionale e rotazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

6.68 EDIT-SVINCOLO-CARRELLO -45°



Questo comando serve a fare in modo che l'estremo di un ramo sia vincolato con un carrello (svincolo traslazionale e rotazionale) rispetto agli altri estremi di rami attaccati allo stesso nodo.

Per le modalità operative, si rimanda al comando che applica uno svincolo nullo (modalità operative).

7 COMANDI DEL MENU' CINEMATICA

7.1 CINEMATICA-ESEGUI

Questo comando comporta la immediata analisi cinematica della struttura attiva (nella modalità Scienza la struttura attiva può essere la struttura Resa Isostatica, la Principale o una Fittizia, cinematicamente identiche tra loro, anziché la reale).

Appena eseguita l'analisi cinematica compare un messaggio che classifica la struttura come isostatica, iperstatica o ipostatica, ed avvisa se sono presenti moti rigidi, chiedendo di osservarli. Ciò si fa con il comando Moto Rigido.

7.2 CINEMATICA-MOTO RIGIDO

Questo comando comporta la visualizzazione del primo moto rigido (se presente, se non ve ne sono il comando è inaccessibile).

7.3 CINEMATICA-SUCCESSIVO

Questo comando comporta la visualizzazione del moto rigido successivo a quello correntemente mostrato. Una struttura può infatti dare luogo a più moti rigidi indipendenti tra loro.

7.4 CINEMATICA-PRECEDENTE

Questo comando comporta la visualizzazione del moto rigido precedente a quello correntemente mostrato. Una struttura può infatti dare luogo a più moti rigidi indipendenti tra loro.

7.5 CINEMATICA-SCALA

Questo comando consente di specificare la scala con la quale verrà mostrato un moto rigido. Se il moto rigido non si vede bene ampliare la scala, altrimenti, se va fuori schermo, ridurla.

7.6 CINEMATICA-NUMERAZIONE “ASTE”

Questo comando è una opzione che può essere attivata o meno. Se è attiva verrà indicata la numerazione delle aste, numerazione che ha utilità esclusivamente nell’ambito della analisi cinematica. La numerazione delle aste non deve essere confusa con la numerazione delle membrature.

7.7 CINEMATICA-INTERROGA

Questo comando dà informazioni dettagliate sui risultati della analisi cinematica. Alla sua esecuzione (possibile solo dopo aver eseguito il comando Esegui) compare un opportuno dialogo che riepiloga le informazioni sui risultati della analisi.

ANALISI CINEMATICA (DIALOGO)

Input	Label	Value
1	Numero di aste	1
3	Numero di gradi di libertà	3
4	Numero di vincoli esterni	4
0	Numero di cicli chiusi	0
1	Grado nominale di iperstaticità	1
0	Numero totale di moti rigidi	0
0	Moto rigido corrente	0

Questo dialogo è usato per riepilogare i risultati relativi alla analisi cinematica. Esso serve anche per sapere quanti sono gli eventuali moti rigidi indipendenti e quale sia il moto correntemente rappresentato.

7.8 CINEMATICA-SUGGERIMENTI

Questo dialogo comporta la comparsa di un messaggio con alcuni suggerimenti su come fare la analisi cinematica “a mano” avvalendosi di schemi elementari. Non sempre il programma è in grado di dare suggerimenti, ma molte volte sì.

8 COMANDI DEL MENU' PREDIMENSIONA

8.1 PREDIMENSIONA-TIPOLOGIA

Questo comando serve per assegnare alle membrature una tipologia. Tale assegnazione costituisce un condizione necessaria per poter eseguire il predimensionamento automatico, infatti se esistono membrature che non hanno avuta assegnata una tipologia, il predimensionamento non può essere eseguito.

Appena il comando viene eseguito ci si trova di fronte un *property sheet* composto da due dialoghi: un dialogo per le tipologie in acciaio, un dialogo per le tipologie in calcestruzzo. Questi due dialoghi consentono di specificare esattamente la tipologia che si vuole assegnare.

Usciti con “OK” dal *property sheet* compare un messaggio che chiede se si vuole attribuire la tipologia descritta a tutte le membrature o, invece, se la si vuole attribuire solo ad alcune. Se si risponde sì la tipologia verrà attribuita a tutte le membrature. Se si dice no il comando entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di una membratura. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sulla membratura più vicina, indicando la membratura alla quale verrà assegnata la tipologia se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Per uscire dalla fase non modale del comando (che consente di cliccare più volte, su più membrature) e interromperlo, si deve premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC della tastiera.

L’assegnazione di una tipologia comporta l’immissione di dimensioni iniziali che possono non essere punto *adatte* alla struttura in esame. Solo dopo aver eseguito il predimensionamento le dimensioni saranno *adatte*, nei limiti in cui il predimensionamento svolge il suo compito.

L'assegnazione di una tipologia rende non più aggiornati i valori dei diagrammi e della deformata, che pertanto non saranno più accessibili. Per riottenerli sarà necessario eseguire il predimensionamento automatico, o, in alternativa, un solving.

Generalità sui comandi

ACCIAIO (DIALOGO)

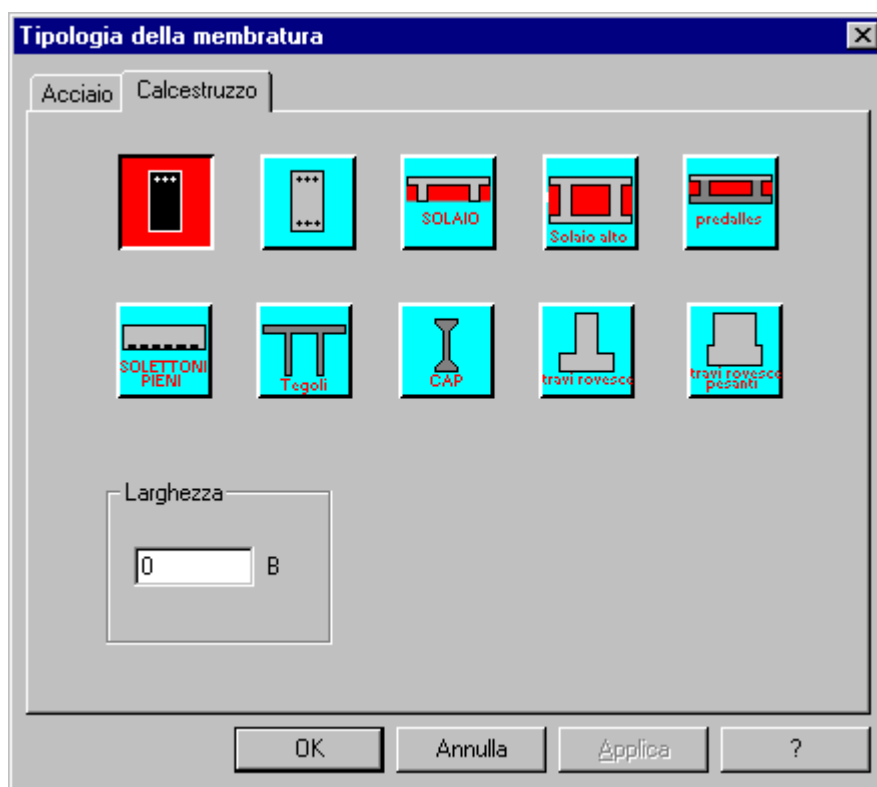


Questo dialogo è impiegato per descrivere una tipologia che usa sezioni realizzate in acciaio. Occorre scegliere un tipo sezionale premendo il bottone-immagine corrispondente, specificare uno dei tre possibili tipi di acciaio, specificare un coefficiente di libera inflessione β , ed un fattore di riduzione a flessione k .

Il coefficiente di libera inflessione serve a determinare la snellezza della membratura alla quale viene assegnata la tipologia. Esso si riferisce a sbandamenti nel piano della struttura e non tiene in conto quanto avviene fuori piano. Nel predimensionamento si assume che lo sbandamento fuori piano della membratura sia impedito.

Il fattore di riduzione a flessione è un numero che consente di ridurre artificialmente le caratteristiche di resistenza a flessione, in modo da soddisfare implicitamente anche le verifiche di deformabilità.

CALCESTRUZZO (DIALOGO)



Questo dialogo è impiegato per descrivere una tipologia che usa sezioni realizzate in calcestruzzo. Occorre scegliere un tipo sezionale premendo il bottone-immagine corrispondente, e specificare la larghezza B dell'elemento, usando le unità di misura attive.

La larghezza B è la misura della sezione in direzione normale al piano dello schema strutturale.

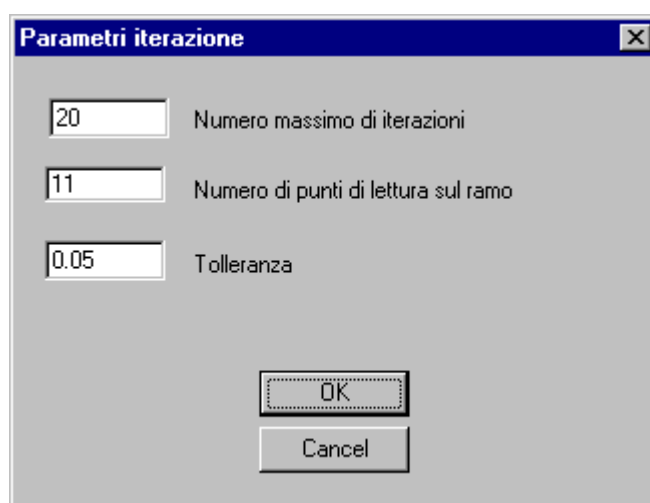
8.2 PREDIMENSIONA-IMPOSTA ITERAZIONE

Il predimensionamento automatico comporta l'esecuzione di un procedimento iterativo, volto a raggiungere l'omogeneità e la coerenza tra le dimensioni degli elementi, le sollecitazioni di calcolo e le verifiche usate per predimensionare.

Come tutti i procedimenti iterativi anche questo può essere impostato diversamente, a seconda degli obiettivi che si vogliono raggiungere. Le impostazioni predefinite vanno bene nella maggior parte dei casi, ma non si può escludere che in certi particolari casi sia necessario aumentare il numero massimo di iterazioni o variare la tolleranza.

Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo che consente di fissare i nuovi valori da usare per la prossima iterazione.

PARAMETRI ITERAZIONE (DIALOGO)



Questo dialogo serve ad impostare l'iterazione che porta al predimensionamento automatico.

Il campo “**numero massimo di iterazioni**” specifica qual è il numero di iterazione massimo da eseguire, raggiunto il quale, anche in assenza di convergenza, il processo si arresta.

Il campo “**numero di punti di lettura sul ramo**”, stabilisce il numero di punti in cui viene letto il valore delle azioni interne, al fine di eseguire le verifiche previste dal predimensionamento.

Il campo “**Tolleranza**” specifica il numero usato come riferimento per valutare l'errore commesso: se l'errore relativo è inferiore alla tolleranza il procedimento iterativo viene arrestato.

Date le approssimazioni insite nell'approccio, non ha alcun senso specificare tolleranze tipo 1e-12, centinaia di punti di lettura, o limiti superiori per il numero di iterazioni pari a centinaia.

8.3 PREDIMENSIONA-ESEGUI!

Questo comando dà avvio al procedimento iterativo che, a partire dalle tipologie assegnate, lo schema ed i carichi applicati, dà le probabili dimensioni degli elementi.

L'esecuzione di questo comando comporta anche, automaticamente, il calcolo dei diagrammi, delle reazioni vincolari e della spostata (pertanto è inutile fare dopo un solving), tuttavia il principale risultato di questo comando sono le altezze delle varie membrature, **altezze che dopo l'esecuzione del comando saranno diverse da quelle di tentativo inizialmente introdotte.**

Il predimensionamento tiene in conto solo alcuni dei fenomeni da controllare, pertanto una verifica è sempre necessaria. Scopo del predimensionamento è dare un'idea dell'ingombro che realisticamente avranno le membrature, in modo da consentire di modificare quanto dovuto prima di portare avanti un progetto non fattibile.

9 COMANDI DEL MENU' PLV

9.1 PLV-AGGIUNGI SPOSTAMENTO



Questo comando viene usato per aggiungere alla lista delle incognite una nuova incognita cinematica, vale a dire una traslazione o una rotazione, relativa o assoluta.

Il comando è attivo solo nella modalità Congruenza, e solo se il numero totale di incognite è inferiore a tre. E' inoltre necessario che sia attiva la struttura reale (comando Reale). Se non è attiva la struttura reale il comando è inaccessibile.

Alla esecuzione del comando il programma entra in una fase non modale, che serve ad ottenere la scelta di un punto del piano. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Una volta scelto il punto desiderato, il programma chiede se si vuole uno spostamento assoluto o uno spostamento relativo. Se lo spostamento è assoluto il programma cerca il nodo più vicino al punto specificato. Se lo spostamento è relativo il programma cerca l'estremo di ramo più vicino al punto considerato.

Il programma esegue dei controlli di coerenza e chiede solo ciò che è sensato chiedere. Ad esempio se si sceglie uno spostamento assoluto su un nodo che è incastrato il programma dà un messaggio di errore ed il comando termina. Se è libera una sola componente di spostamento (cerniera, pattino, manicotto), il programma capisce che è quella l'incognita. Se ve ne sono due (carrello) o tre (estremo liero) chiede se interessa la traslazione o la rotazione.

Nella definizione dello spostamento può capitare che il programma chieda un angolo, mediante un opportuno dialogo. Ciò avviene quando si chiede la traslazione di un punto che può traslare liberamente in due direzioni. L'angolo, in tal caso, serve a specificare la direzione dello spostamento incognito.

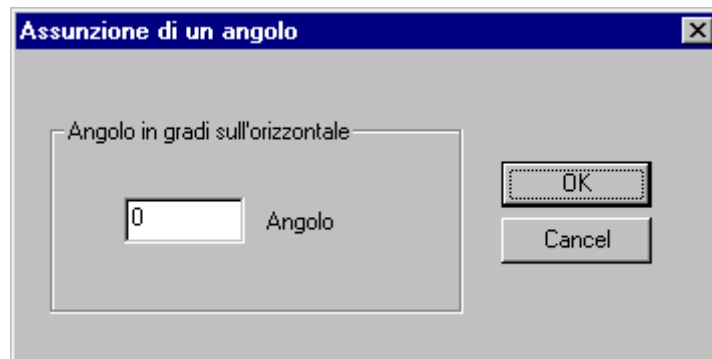
Alla nuova incognita cinematica vien fatto corrispondere un nuovo simbolo di incognita, che dipende dalla posizione dell'incognita aggiunta (prima, seconda o terza incognita), e dal fatto che essa sia traslazionale o rotazionale.

Per le incognite cinematiche i simboli usati sono quelli della tabella seguente:

POSIZIONE	TIPO	SIMBOLO
1	TRASLAZIONALE	s
2	TRASLAZIONALE	t
3	TRASLAZIONALE	v
1	ROTAZIONALE	ϕ
2	ROTAZIONALE	γ
3	ROTAZIONALE	η

L'incognita viene mostrata sia sulla struttura reale che sulla resa isostatica.

ASSUNZIONE DI UN ANGOLO (DIALOGO)



Questo dialogo è usato per specificare un angolo. L'angolo va specificato in gradi (90 è un angolo retto) e misurato a partire dall'orizzontale, positivo se antiorario.

9.2 PLV-RIMUOVI SPOSTAMENTI



Questo comando comporta la rimozione di tutte le incognite cinematiche dalla lista delle incognite. E' utile se si vogliono chiedere altri spostamenti, se si è cambiata idea, o se si vuole ricominciare ad applicare il plv partendo da capo.

9.3 PLV-RIMUOVI SCELTA IPERSTATICHE



Questo comando comporta la rimozione di tutte le incognite iperstatiche dalla lista delle incognite. E' utile se si vogliono chiedere altri iperstatiche, diverse da quelle precedentemente specificate, se si è cambiata idea, se la scelta precedente si è rivelata errata, o se si vuole ricominciare ad applicare il plv partendo da capo.

9.4 PLV-REALE



L'applicazione del plv comporta l'impiego di varie strutture (la reale, la resa isostatica, la principale, la o le fittizie) ciascuna delle quali assolve un certo compito ed ha un certo significato.

Questo comando comporta la visualizzazione della struttura reale, con i suoi vincoli ed i suoi carichi, le sue reazioni vincolari i suoi diagrammi di azione interna (se la struttura è stata risolta).

9.5 PLV-RESA ISOSTATICA



L'applicazione del plv comporta l'impiego di varie strutture (la reale, la resa isostatica, la principale, la o le fittizie) ciascuna delle quali assolve un certo compito ed ha un certo significato.

Questo comando comporta la visualizzazione della struttura resa isostatica, con i suoi vincoli ed i suoi carichi, le sue reazioni vincolari i suoi diagrammi di azione interna (se la struttura è stata risolta).

In questa struttura si vedono chiaramente le incognite iperstatiche e quelle cinematiche.

9.6 PLV-PRINCIPALE



L'applicazione del plv comporta l'impiego di varie strutture (la reale, la resa isostatica, la principale, la o le fittizie) ciascuna delle quali assolve un certo compito ed ha un certo significato.

Questo comando comporta la visualizzazione della struttura principale, con i suoi vincoli ed i suoi carichi, le sue reazioni vincolari i suoi diagrammi di azione interna (se la struttura è stata risolta).

9.7 PLV-FITIZIA 1



L'applicazione del plv comporta l'impiego di varie strutture (la reale, la resa isostatica, la principale, la o le fittizie) ciascuna delle quali assolve un certo compito ed ha un certo significato.

Questo comando comporta la visualizzazione della prima struttura fittizia (la fittizia che è associata alla prima incognita, sia essa iperstatica o cinematica), con i suoi vincoli ed i suoi carichi, le sue reazioni vincolari i suoi diagrammi di azione interna (accessibili se la struttura è stata risolta).

9.8 PLV-FITIZIA 2



L'applicazione del plv comporta l'impiego di varie strutture (la reale, la resa isostatica, la principale, la o le fittizie) ciascuna delle quali assolve un certo compito ed ha un certo significato.

Questo comando comporta la visualizzazione della seconda struttura fittizia (la fittizia che è associata alla seconda incognita, sia essa iperstatica o cinematica), con i suoi vincoli ed i suoi carichi, le sue reazioni vincolari i suoi diagrammi di azione interna (accessibili se la struttura è stata risolta).

9.9 PLV-FITIZIA 3



L'applicazione del plv comporta l'impiego di varie strutture (la reale, la resa isostatica, la principale, la o le fittizie) ciascuna delle quali assolve un certo compito ed ha un certo significato.

Questo comando comporta la visualizzazione della terza struttura fittizia (la fittizia che è associata alla terza incognita, sia essa iperstatica o cinematica), con i suoi vincoli ed i suoi carichi, le sue reazioni vincolari i suoi diagrammi di azione interna (accessibili se la struttura è stata risolta).

9.10 PLV-IMPOSTA

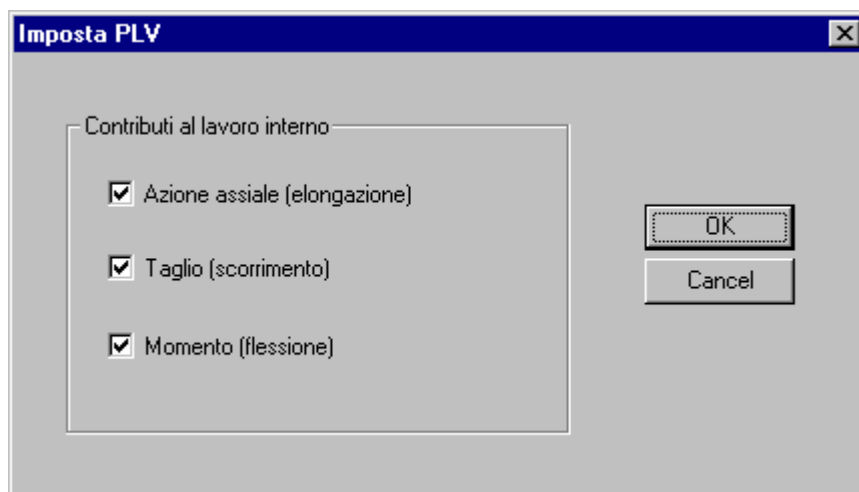


Nell'applicazione del principio dei lavori virtuali è talvolta possibile trascurare i termini di lavoro interno associati a certe componenti di sollecitazione. Naturalmente così facendo si introducono degli errori che possono essere, in certe circostanze, trascurabili, mentre in altre non lo sono affatto. Questo comando serve a stabilire quali termini del lavoro interno associato alle deformazioni elastiche si vogliono lasciare e quali invece si vogliono togliere. Non è possibile toglierli tutti e tre, mentre lasciandoli tutti e tre la soluzione sarà “esatta”.

Fatta la scelta il programma lavorerà coerentemente, ed anche il sistema risolvante difetterà dei termini che si è scelto di omettere.

Alla esecuzione del comando compare un opportuno dialogo che consente di fare le scelte desiderate.

IMPOSTA PLV (DIALOGO)



In questo dialogo si decide se includere o meno i termini di lavoro corrispondenti alla azione interna indicata.

Trascurare qualche termine porta ad un errore che può essere maggiore o minore, a seconda di come è fatta e sollecitata la struttura.

Se è presente un segno di spunta allora la corrispondente componente di lavoro verrà aggiunta al lavoro interno.

9.11 PLV-SISTEMA RISOLVENTE



Questo comando comporta l'immediata visualizzazione del sistema di equazioni dei lavori virtuali che risolve il problema posto (il sistema è mostrato in un dialogo). Ogni incognita figura con il simbolo che si vede a schermo. La prima equazione corrisponde alla prima struttura fittizia, la seconda (se presente) alla seconda fittizia e la terza (se presente) alla terza fittizia.

Gli integrali sono estesi a tutta la struttura, il che vuol dire che andranno calcolati per ogni ramo e poi sommati.

Il sistema risolvnte dipende dalle impostazioni del plv che si sono scelte (Plv Imposta).

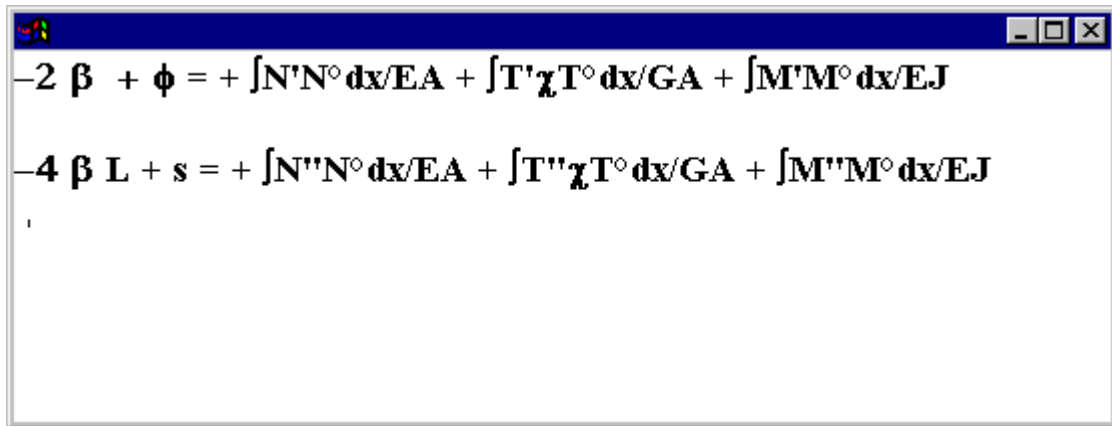
Nell'esaminare il sistema si tenga presente che:

le quantità con il carattere "°", come N° , T° , M° , si riferiscono alla struttura principale;

le quantità con un apice "'", come N' , T' , M' , si riferiscono alla prima struttura fittizia;

le quantità con due apici "''", come N'' , T'' , M'' , si riferiscono alla seconda struttura fittizia;

le quantità con tre apici “'''”, come N''', T''', M''', si riferiscono alla terza struttura fittizia;



In questo dialogo sono date informazioni che possono essere trasferite a Word e stampate, grazie al meccanismo di copia e incolla.

9.12 PLV-LAVORO INTERNO RAMO



Questo comando viene usato per conoscere il contributo al lavoro interno di un singolo ramo. Perché il comando possa essere eseguito è necessario che il plv sia stato applicato e che sia attiva o la fittizia 1, o la fittizia 2, o la fittizia 3. Il comando dà in forma letterale il contributo del ramo scelto al lavoro interno ottenuto facendo lavorare gli sforzi della struttura fittizia attiva per le deformazioni della struttura reale.

Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Il pallino va a mettersi sul ramo più vicino, indicando il ramo che verrà scelto se si preme il tasto sinistro del mouse. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Il lavoro interno dipende anche dalle impostazioni del plv che si sono scelte (Plv
Imposta).

10 COMANDI DEL MENU' POST

10.1 POST-RISOLVI!



Questo comando fa sì che la struttura venga immediatamente risolta, consentendo di accedere alle reazioni vincolari, alle azioni interne ed alla deformata.

10.2 POST-N



Questo comando comporta la visualizzazione dei diagrammi di azione assiale.

10.3 POST-T



Questo comando comporta la visualizzazione dei diagrammi di azione tagliante.

10.4 POST-M

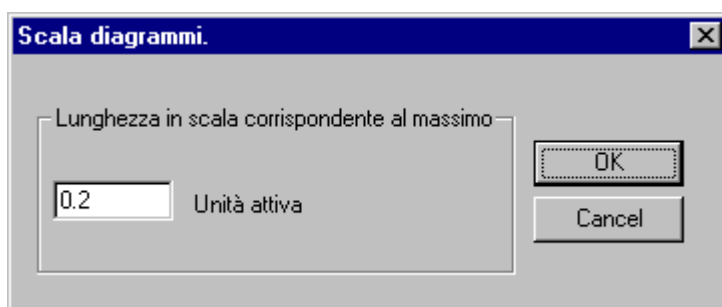


Questo comando comporta la visualizzazione dei diagrammi di momento flettente.

10.5 POST-SCALA

Questo comando comporta la comparsa di un dialogo che consente di fissare la scala con la quale verranno rappresentati i diagrammi.

SCALA DIAGRAMMI (DIALOGO)



Questo dialogo è usato per fissare la scala con cui vengono rappresentati i diagrammi. La scala viene fissata scegliendo la lunghezza, misurata usando l'unità attiva, che corrisponde al massimo valore del diagramma. Questa definizione fa sì che si possa eseguire uno zoom per meglio vedere i diagrammi, ove questi risultino di difficile lettura.

10.6 POST-EQUAZIONE

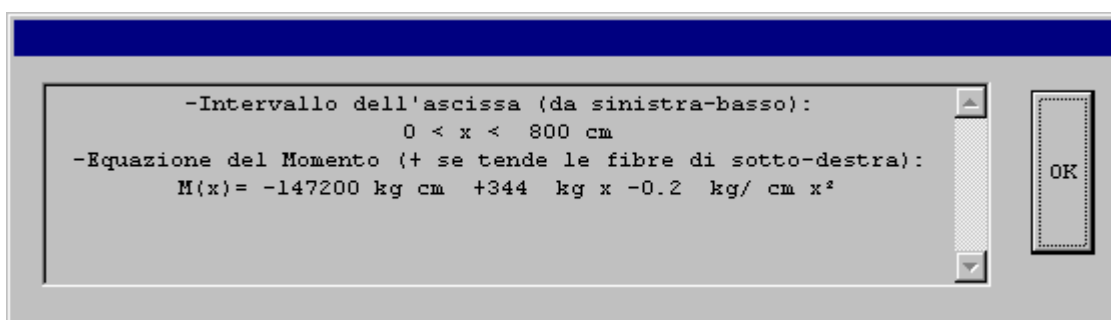
Questo comando dà l'equazione della componente di azione interna attiva (N, T, M) sulla struttura attiva (reale, principale o fittizia), per il ramo scelto dall'utente.

Perché il comando sia attivo è necessario che a schermo si vedano i diagrammi di una componente di azione interna (quella della quale verrà data l'equazione).

Alla esecuzione del comando compare un dialogo che dà tutte le informazioni sull'equazione che descrive la variazione della componente di azione interna lungo il ramo, i punti di massimo o minimo, i punti di nullo.

Il ramo è sempre orientato da sinistra verso destra e/o dal basso verso l'alto: lo si tenga presente nell'interpretare il significato della ascissa "x".

PRESENTAZIONE INFORMAZIONI



Questo dialogo è usato per fornire informazioni scritte.

10.7 POST-DEFORMATA



Questo comando fa immediatamente vedere la deformata nelle modalità in cui ciò è possibile. La deformata è disponibile nelle modalità **Predimensiona** e **Analisi**.

La ragione per la quale in queste modalità è disponibile la deformata e nelle altre no è la seguente: in queste modalità il problema viene risolto per mezzo del metodo degli elementi finiti, che ha per incognite gli spostamenti nodali (dai quali si può risalire alla deformata). Nelle altre modalità il problema viene risolto per mezzo di mere relazioni di equilibrio, che considerano incognito il vettore delle azioni interne agli estremi dei rami.

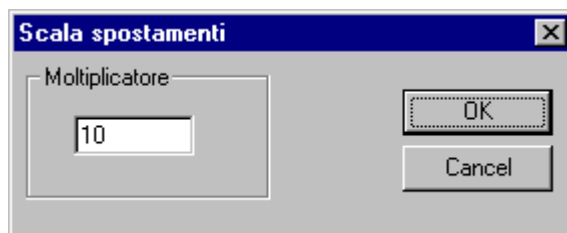
Se si è interessati alla deformata e la modalità usata non consente di averla, basta cambiare modalità e rieseguire il solving (Risolvi!).

Per avere dettagliate informazioni sui valori di spostamento dei punti interni ai rami, eseguire il comando Interroga ramo.

10.8 POST-SCALA

Questo comando è impiegato per variare la scala con la quale viene rappresentata la deformata. Alla esecuzione del comando compare un dialogo che chiede i dati necessari.

SCALA SPOSTAMENTI (DIALOGO)



Questo dialogo serve a specificare la scala con la quale verranno rappresentati gli spostamenti, il fattore di amplificazione della deformata. La deformata viene tracciata trovando le coordinate dei punti dopo lo spostamento. La quantità di spostamento viene moltiplicata per il fattore amplificativo qui specificato prima di essere sommata alla posizione indeformata.

Il numero da fornire è adimensionale.

10.9 POST-INTERROGA RAMO

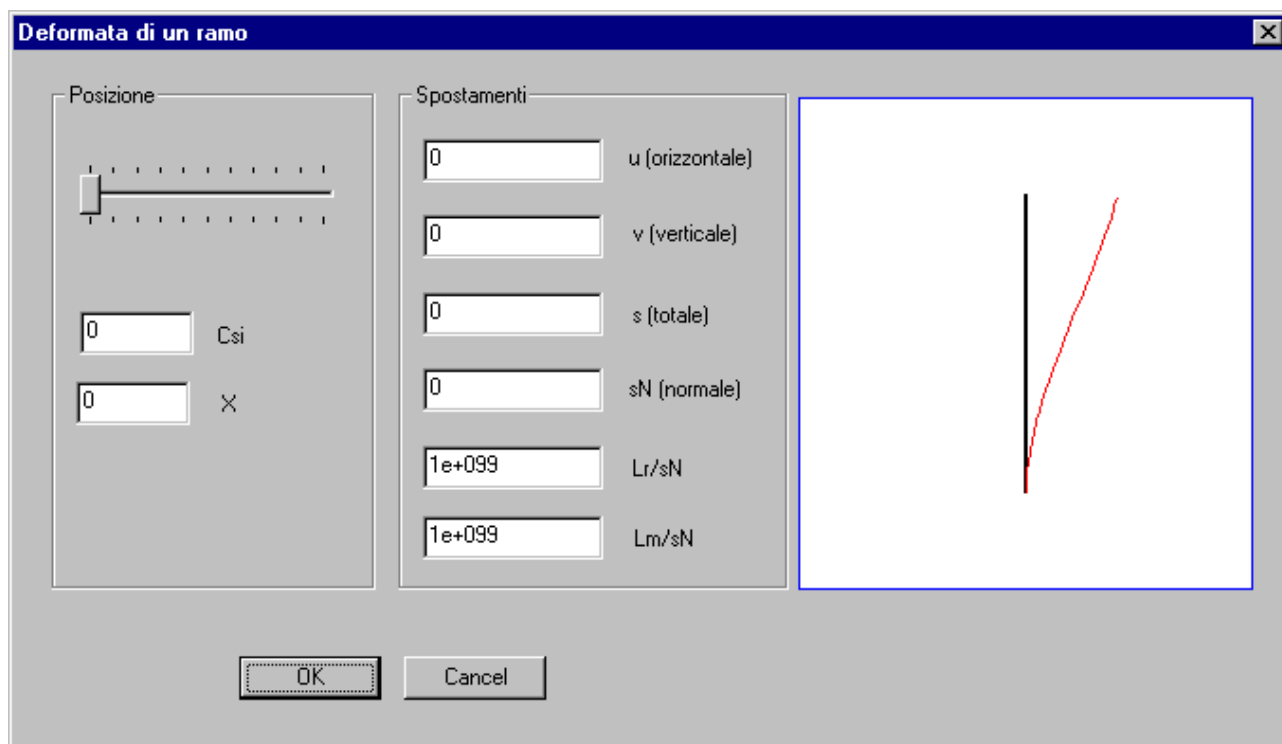
Questo comando è molto utile: esso viene impiegato per conoscere dettagliatamente gli spostamenti dei punti all'interno di un ramo.

Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Una volta premuto il tasto sinistro del mouse, il programma va a cercare il ramo più vicino al pallino rosso, ed a questo punto apre una finestra di dialogo che dà le informazioni di dettaglio desiderate, circa gli spostamenti dei punti interni al ramo scelto. Usciti dal dialogo si può scegliere un altro ramo, premendo nuovamente il tasto sinistro del mouse, al che si aprirà nuovamente la finestra di dialogo, usciti dalla quale si potrà nuovamente scegliere un ramo, e così via, *sino a che, nel corso della fase non modale, ovvero a dialogo assente, non si premerà il tasto destro del mouse o, equivalentemente, il tasto ESC.*

DEFORMATA DI UN RAMO (DIALOGO)



Questo dialogo compare dopo aver scelto un ramo perché si desiderano conoscere meglio i valori di spostamento dei punti interni ad esso.

Il dialogo è sostanzialmente diviso in tre parti, la parte sinistra (**Posizione**), la parte centrale (**Spostamenti**), il disegno a destra.

La parte di sinistra (**Posizione**) serve a specificare il punto all'interno del ramo del quale si vogliono conoscere gli spostamenti. Ciò si fa muovendo il controllo a slitta da un estremo all'altro. Al movimento del controllo varia il punto sul ramo, come chiaramente mostrato dal cursore che si vede nel disegno e dai valori numerici corrispondenti ai campi **Csi** ed **X**. Il campo **Csi** indica la ascissa adimensionale del punto corrente: essa è un numero puro compreso tra 0 (primo estremo) ed 1 (secondo estremo). Il campo **X** indica la distanza (nella unità attiva) del punto corrente dal primo estremo. Risulta $X = Csi * L$.

La parte centrale (**Spostamenti**) è costituita da una serie di valori numerici di spostamento che variano al variare del punto sul ramo. I significati sono i seguenti:

u	traslazione orizzontale (nella unità attiva)
v	traslazione verticale (nella unità attiva)
s	traslazione totale (nella unità attiva)
sN	traslazione in direzione normale all'asse del ramo (nella unità attiva)
Lr/sN	rapporto adimensionale tra la lunghezza del ramo ed sN

Lm/sN rapporto adimensionale tra la lunghezza della membratura alla quale il ramo appartiene e sN.

Gli ultimi due dati sono molto utili per le verifiche di deformabilità.

La parte di destra è un disegno del ramo e della sua deformata in una scala opportuna.

10.10 POST-REAZIONI VINCOLARI



L'esecuzione di questo comando (che corrisponde ad una opzione, un flag binario che può essere acceso o spento) fa immediatamente vedere le reazioni vincolari sulla struttura attiva.

10.11 POST-ENERGIA DI DEFORMAZIONE

Questo comando consente di conoscere l'energia di deformazione incassata dalla struttura. Vengono considerati tutti i contributi di tutti i rami. Il valore viene fornito in joule ed in chilocalorie.

10.12 POST-SFORZI RAMO

Questo comando è molto utile: esso viene impiegato per conoscere dettagliatamente le sollecitazioni e gli sforzi all'interno di un ramo.

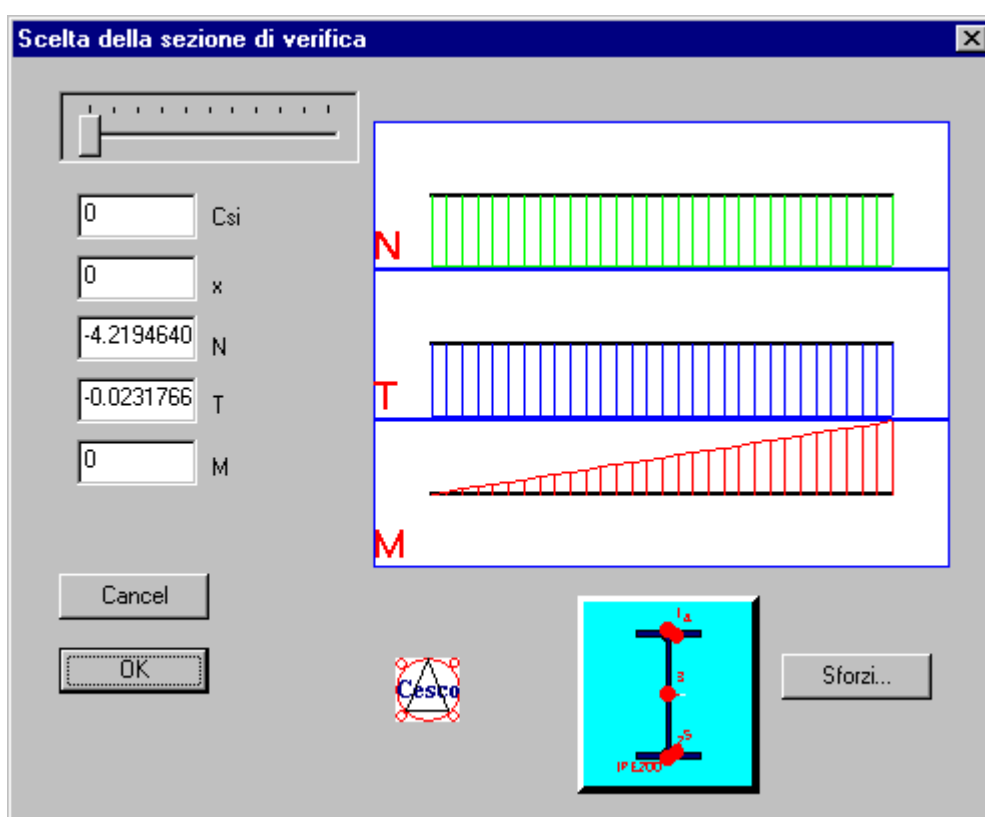
Alla esecuzione del comando si entra in una fase non modale che serve ad ottenere la scelta di un ramo. In questa fase muovendo il mouse si vede un pallino rosso muoversi sullo schermo. Per interrompere il comando in questa fase basta premere il tasto destro del mouse o il tasto ESC. Per accettare la posizione indicata dal pallino premere il tasto sinistro del mouse.

Se capita di non vedere il pallino o di vederne due, basta premere il tasto della barra principale che corrisponde al comando Ridisegna, e ciò mentre si sta eseguendo il comando, senza bisogno di uscire.

Una volta premuto il tasto sinistro del mouse, il programma va a cercare il ramo più vicino al pallino rosso, ed a questo punto apre una finestra di dialogo che dà le informazioni

di dettaglio desiderate, circa le azioni interne e gli sforzi internamente al ramo scelto. Usciti dal dialogo si può scegliere un altro ramo, premendo nuovamente il tasto sinistro del mouse, al che si aprirà nuovamente la finestra di dialogo, usciti dalla quale si potrà nuovamente scegliere un ramo, e così via, *sino a che, nel corso della fase non modale, ovvero a dialogo assente, non si premerà il tasto destro del mouse o, equivalentemente, il tasto ESC.*

SCELTA DELLA SEZIONE DI VERIFICA (DIALOGO)



Questo importante dialogo serve a più scopi: ad ottenere i valori delle azioni interne nei vari punti di un ramo, ad avere i diagrammi delle azioni interne, a richiamare i dati della sezione applicata al ramo in esame, a richiamare un ulteriore dialogo, specializzato nella resa dei valori degli sforzi.

Il controllo a slitta posto in alto a sinistra fa variare il punto del ramo sul quale vengono letti i valori di azione assiale, taglio, momento flettente. I diagrammi delle tre azioni interne sono mostrati nel disegno posto a destra.

I due campi **Csi** ed **x**, specificano il punto esatto del ramo. Il primo **Csi**, è una ascissa adimensionale compresa tra 0 (primo estremo) ed 1 (secondo estremo). Il secondo, **x**, è la distanza dal primo estremo nella unità di misura corrente.

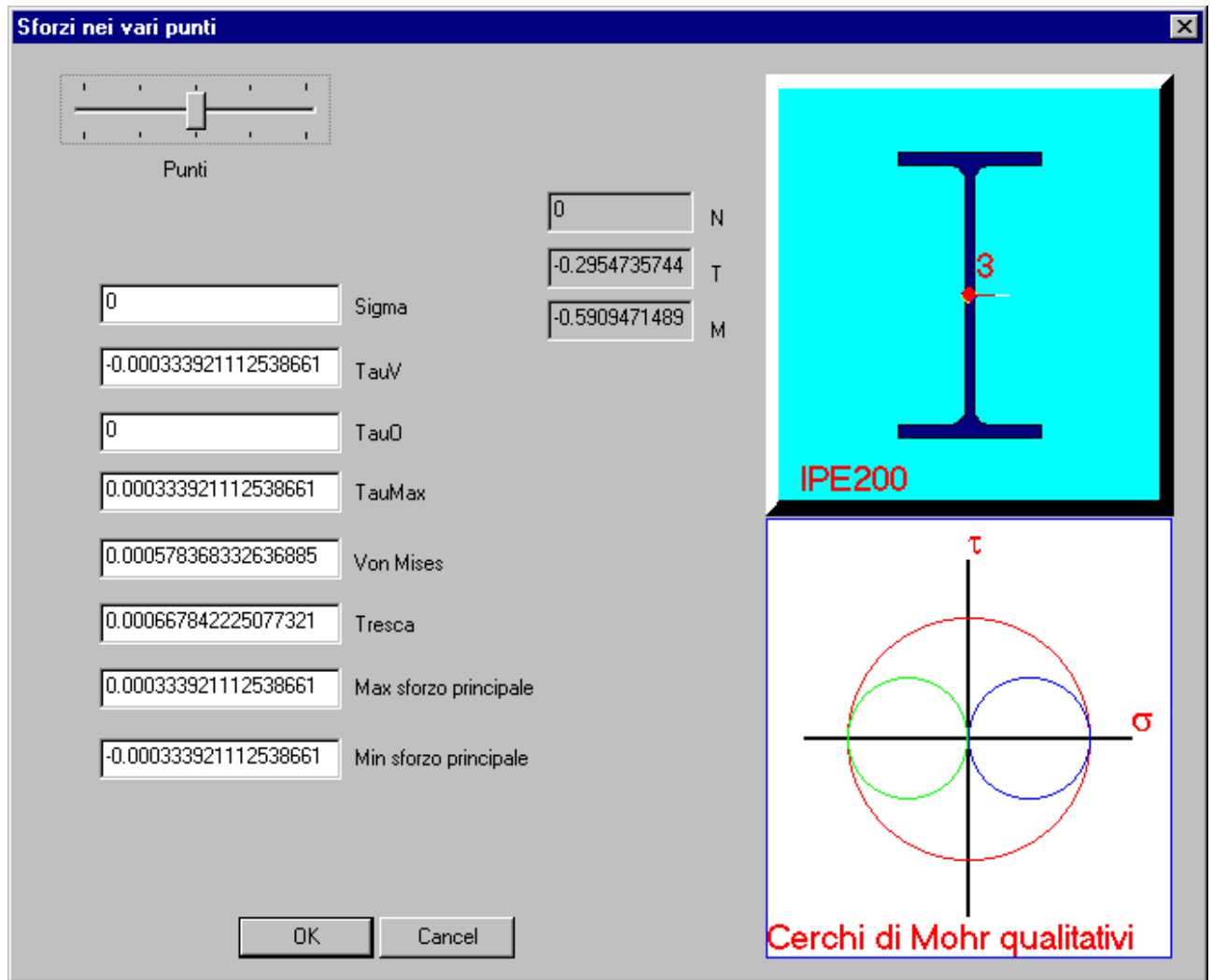
In corrispondenza al punto specificato, i tre campi N,T,M, danno i valori di azione assiale, taglio, momento flettente, nella unità di misura attiva.

Una volta scelto il punto sul ramo, è possibile chiedersi quale stato di sforzo corrisponda ai valori di azione assiale, taglio, momento flettente, vale a dire, quale valore di tensione normale e tangenziale si legga nei vari punti di *quella* sezione. Per conoscere questi sforzi basta premere il pulsante **Sforzi**, che richiama un importante dialogo opportunamente ideato per questo scopo.

Non per tutte le sezioni è possibile avere i valori dello sforzo: per le sezioni generiche, rappresentate convenzionalmente da un triangolo, ciò non è possibile. In questo caso la pressione del tasto non porta ad alcun risultato.

Se si vogliono richiamare i dati della sezione basta premere il tasto sinistro del mouse sul **pulsante immagine** corrispondente alla sezione stessa. Si aprirà un dialogo (dipendente dal tipo di sezione), nel quale verranno riepilogati tutti i dati relativi alla sezione stessa.

SFORZI NEI VARI PUNTI (DIALOGO)



Si arriva a questo dialogo dopo aver scelto un ramo, ed un punto dell'asse del ramo al quale corrispondono certe azioni interne N, T, M.

Questo dialogo serve a conoscere lo stato di sforzo nei vari punti della sezione, corrispondente ai valori di azioni interne determinati nel dialogo che precede questo.

Il controllo a slitta in alto a sinistra serve a scegliere uno dei punti della sezione. I punti sono predefiniti e dipendono dal tipo di sezione che si sta studiando. Il punto corrente, quello al quale si riferiscono gli sforzi evidenziati, è indicato dal pallino rosso che compare sul disegno della sezione: muovendo il controllo a slitta cambia il punto, cambiano gli sforzi, ed il pallino rosso si muove.

Scelto un punto sulla sezione, il programma calcola gli sforzi in quel punto e li stampa nei campi numerici. Il significato dei simboli è il seguente:

Sigma

indica la tensione normale nel punto

TauV

indica la tensione tangenziale diretta verticalmente

TauO	indica la tensione tangenziale diretta orizzontalmente
TauMax	indica la massima tensione tangenziale nel punto (su una opportuna giacitura)
Von Mises	indica il valore dello sforzo ideale di Von Mises
Tresca	indica il valore dello sforzo ideale di Tresca
Max sforzo principale	indica il massimo sforzo principale
Min sforzo principale	indica il minimo sforzo principale

I dati numerici sono da intendersi nella unità di misura attiva.

Le tensioni tangenziali (sforzo) sono calcolate con la formula di Jouravskij. Nei punti di singolarità si prende la tensione maggiore.

Il valore di TauMax è quello massimo sui tre piani di lettura.

I valori di sforzo ideale di Von Mises e Tresca (criteri di resistenza) sono quelli abitualmente impiegati nelle verifiche alle tensioni ammissibili, e devono pertanto essere raffrontati con il valore della tensione ammissibile. Per acciai Fe360 il valore è pari a 160N/mm², per acciai Fe430 190N/mm², per acciai Fe510 il valore di raffronto è 240N/mm².

Il disegno in alto a destra rappresenta la sezione; se si fa click sopra di esso si apre una finestra di dialogo che dà maggiori informazioni circa la sezione rappresentata.

Il disegno in basso a destra dà un'idea dei cerchi di Mohr qualitativi relativi allo stato di sforzo nel punto in esame. Il cerchio rosso si riferisce allo stato di sforzo letto sul piano della sezione. I cerchi verde e blu si riferiscono a piani ortogonali a quello della sezione.

Accanto al disegno della sezione vengono riportati, per semplicità di uso, i valori delle azioni interne sull'intera sezione che sono serviti per il calcolo.

11 COMANDI DEL MENU' HELP

11.1 HELP-INDICE

Questo comando richiama l'help all'indice generale.

11.2 HELP-COME USARE L'HELP

Questo comando spiega tutte le caratteristiche dell'help ed il modo corretto di usarlo.

11.3 HELP-HELP CONTESTUALE



Questo comando è molto utile. Esso consente di avere informazioni sui comandi e sui bottoni, semplicemente cliccandoci sopra.

11.4 HELP-INFORMAZIONI SU CESCO

Questo è il comando da usare per vedere la versione del programma.

INFORMAZIONI SU CESCO(DIALOGO)



In questo dialogo è indicato il Copyright e la versione del programma.

12 GLOSSARIO

Avvertenza

Si è ritenuto che potesse essere utile, per l' Allievo, disporre di un agile strumento in grado di rinfrescare la memoria su un certo numero di concetti e di definizioni dei quali il programma fa ampio uso, non solo in *background*, ma anche in modo esplicito, nella stessa nomenclatura dei suoi comandi. Questa intenzione non deve essere fraintesa: questo glossario non è e non vuole essere autosufficiente. Esso non può sostituire lo studio sui libri di testo che trattano diffusamente argomenti qui solo accennati. Inoltre il *taglio* che è stato dato a queste glosse è un taglio volutamente schematico e spesso colloquiale, solo al fine di fornire a chi legge una bussola, e indurlo ad approfondire meglio.

ANALISI CINEMATICA

ASSE PRINCIPALE

ASTA

AZIONE ASSIALE

BARICENTRO

BARRE

CARICO CRITICO

CARICO DISTRIBUITO

CARRELLO

CEDIMENTO

CERNIERA

COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA

COEFFICIENTE DI LIBERA INFLESSIONE

CONGRUENZA

CORPO RIGIDO

CRITERI DI RESISTENZA

DEFORMATA

DEFORMAZIONE

DIAGRAMMI

ELONGAZIONE

ENERGIA DI DEFORMAZIONE

EQUAZIONI CARDINALI DELLA STATICA

FATTORE DI TAGLIO

FITTIZIA

FLESSIONE

FORZA

INCASTRO

INCOGNITA IPERSTATICA

INGOMBRO

IPERSTATICITA'

IPOSTATICITA'

ISOSTATICITA'

ISOSTATICIZZAZIONE

LABILITA'

LAVORO

LUNGHEZZA DI LIBERA INFLESSIONE

MANICOTTO

MEMBRATURA

METODO ω

MODALITA' DI FUNZIONAMENTO

MODULO DI RESISTENZA

MODULO PLASTICO

MOMENTO DI INERZIA

MOMENTO

MOMENTO FLETTENTE

MOTO RIGIDO

NODO

PATTINO

PATTINO DOPPIO

PLV

PREDIMENSIONAMENTO

PRINCIPALE

RAGGIO DI INERZIA

RAMO

REALE

REAZIONE

REAZIONE VINCOLARE

RESA ISOSTATICA

SCORRIMENTO

SEZIONE

SFORZO

SNELLEZZA

STATICA

SVINCOLO

TAGLIO

TERRA

TIPOLOGIA

UNITA' DI MISURA

VINCOLO

ANALISI CINEMATICA

Per analisi cinematica si intende l'insieme dei passi che si compiono al fine di determinare se una struttura sia ipostatica, isostatica o iperstatica e se in essa siano presenti delle labilità.

L'analisi cinematica è fondamentale in quanto esclude che nella struttura vi possano essere degli atti di moto rigidi capaci di portare al collasso in tutto o in parte la struttura.

Sebbene la analisi cinematica possa essere interamente compiuta per mezzo di strumenti di calcolo automatico, è molto importante saper ricondurre le strutture ordinarie all'assemblaggio di più schemi elementari, e ciò al fine di poter rapidamente escludere la presenza di labilità.

Il primo passo di una analisi cinematica è il conteggio complessivo dei gradi di libertà e dei gradi di vincolo. Per sistemi piani il numero dei gradi di libertà è pari a tre per il numero di corpi distinti che compongono la struttura. Nel caso di sistemi di aste, 3 per il numero di aste. Il numero dei gradi di vincolo è invece eguale alla somma di tutte le molteplicità dei vincoli interni e di quelli esterni (vincolo).

Il secondo passo consiste nell'accertarsi che i vincoli siano ben posti e ben distribuiti, in modo da evitare labilità o ipostaticità localizzate.

ASSE PRINCIPALE

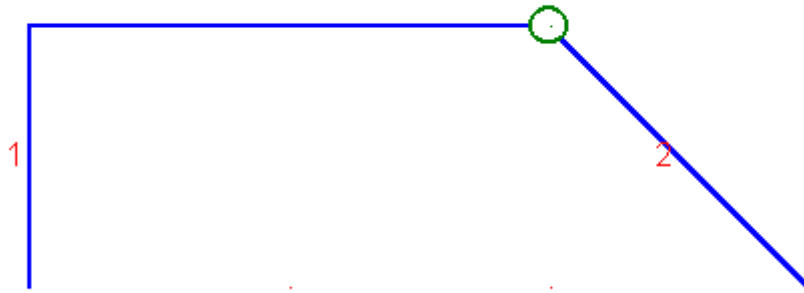
Sia data una sezione e si consideri un generico asse r inclinato di α sull'orizzontale e passante per il baricentro. Al variare dell'angolo varia il momento di inerzia della sezione rispetto all'asse r . Esistono due angoli α tali per cui il momento di inerzia è massimo e minimo. A questi due angoli corrispondono due particolari assi, che diciamo asse 2 ed asse 3, detti *assi principali*. Si può dimostrare che tali assi sono tra loro perpendicolari.

Se la sezione ha un asse di simmetria allora questo è un asse principale.

Gli assi principali annullano il momento di inerzia centrifugo, e viceversa se questo è nullo allora gli assi rispetto al quale è calcolato sono principali.

Se una sezione è inflessa secondo uno degli assi principali allora l'asse neutro è parallelo all'asse di inflessione e perpendicolare all'asse di sollecitazione (flessione).

ASTA



In questo esempio ci sono due aste ma almeno tre membrature

Si definisce *asta*, nell'ambito della analisi cinematica, ogni riunione di barre tra loro rigidamente incastrate, così da formare, da un punto di vista cinematico, un corpo unico. Come si vede il concetto di asta ha in CESCO valore in ambito puramente cinematico, e non va confuso con quello di membratura, che invece deve essere rettilinea e può contenere svincoli al suo interno.

Il numero complessivo dei gradi di libertà di una struttura nel piano è pari al numero di *aste*, nel senso qui chiarito, per 3. CESCO fornisce, indipendentemente dalla numerazione delle membrature, la numerazione delle aste, se richiesta.

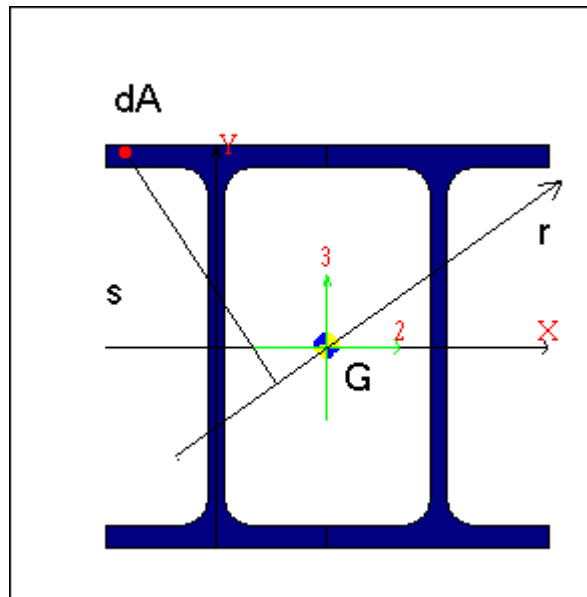
AZIONE ASSIALE

Sia dato un prisma di De Saint Venant nel piano soggetto ad uno stato di sforzo, e si tagli il prisma in un punto generico. Le azioni interne che le due facce del prisma si scambiano, eguali e contrarie sulle due facce, sono riducibili ad una coppia, momento flettente, una forza normale alla faccia (*azione assiale*) ed una forza, detta taglio, giacente sulla faccia.

L'azione assiale è responsabile di una elongazione elastica.

CESCO assume positiva la trazione nei diagrammi dell'azione assiale.

BARICENTRO



Si definisce baricentro di una sezione un punto del piano a cui appartiene la sezione che gode della proprietà di annullare il momento statico della sezione rispetto a qualsiasi asse passante per esso.

Sia dato un generico asse r , e sia s la distanza (positiva se il generico punto ad essa associato è al di sopra di r , negativa in caso contrario) dei generici punti della sezione da r . Sia dA la generica areola infinitesima. Se r passa per il baricentro vale la seguente equazione

$$\int s dA = 0$$

Se il risultato S dell'integrale non è nullo allora l'asse r deve essere spostato parallelamente a se stesso di una quantità (con segno) pari a S/A , essendo A l'area della sezione.

BARRE

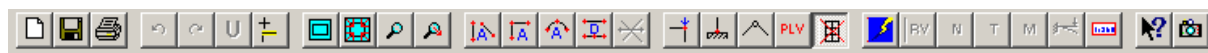
Per barra si intende un controllo costituito da un certo insieme di bottoni immagine, ciascuno dei quali corrisponde ad un comando. L'uso delle barre evita di dover cercare nel menù il comando che interessa eseguire, sveltendo il lavoro.

Avvicinando il mouse ad ogni bottone si ha un suggerimento che dice che comando corrisponda al bottone in questione. Premendo con il tasto sinistro del mouse quando il cursore è sul bottone si esegue il comando corrispondente.

Tutte le barre possono essere prese e spostate in altro luogo, sebbene la loro posizione iniziale sia stata stabilita in modo che si ritiene già buono.

CESCO ha le seguenti barre:

Barra principale



È la barra che include i comandi più frequentemente usati, oltre ai comandi che attivano o disattivano le altre barre.

Barra delle forze



E' la barra che include tutti i comandi che comportano l'applicazione di una azione o di una coazione sulla struttura.

Barra dei vincoli



E' la barra che racchiude i comandi da usare per applicare un vincolo esterno.

Barra degli svincoli



E' la barra che racchiude i comandi da usare per applicare svincoli ai rami.

Barra plv



E' la barra che racchiude i comandi da usare per applicare il plv.

CARICO CRITICO (EULERIANO)

Con il nome di carico critico si intende il carico raggiunto il quale una membratura compressa sbanda lateralmente.

In termini più rigorosi si può dire che il carico critico è il più piccolo valore del carico in corrispondenza del quale sono possibili configurazioni di equilibrio non rettilinee.

Il valore del carico critico dipende da una moltitudine di fattori, come la lunghezza della membratura, i vincoli, il materiale, il valore di snellezza, le autotensioni, le imperfezioni, ecc., così che esso è in generale di assai difficile valutazione.

Se la snellezza è sufficientemente elevata il carico critico è ben approssimato dalla formula di Eulero, che ne fissa il valore in funzione del momento di inerzia, della lunghezza di libera inflessione l_0 e del modulo elastico E. Risulta

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EJ}{l_0^2}$$

Nella formula il momento di inerzia da usare è quello relativo al piano in cui sbanda la membratura. Se la membratura può sbandare in ogni direzione allora occorre provare ogni combinazione di J e di l_0 associato, fino a trovare il valore minimo di P_{cr} . Se tutti i piani sono egualmente vincolati allora occorre usare il momento di inerzia minimo della sezione.

In alternativa si può scrivere il valore dello sforzo critico, vale a dire il carico critico diviso per l'area (la formula è identica, solo scritta in altro modo)

$$S_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

essendo λ la snellezza della membratura nel piano di sbandamento considerato. Se l'asta può sbandare in ogni direzione allora occorre mettere la snellezza massima al variare del piano di sbandamento.

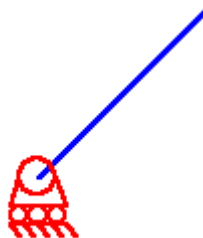
CARICO DISTRIBUITO

Un carico può essere applicato direttamente in un punto (*carico concentrato*) o può essere distribuito su una zona di struttura. In quest'ultimo caso si parla di *carico distribuito*. Sulle aste un carico distribuito ha la dimensione fisica di una forza per unità di lunghezza. Se il carico è assegnato in modo che nessun tratto sia diversamente caricato dagli altri, si parla di

carico uniformemente distribuito. CESCO supporta presentemente solo carichi uniformemente distribuiti.

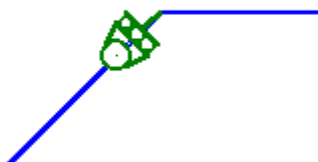
CARRELLO

Un carrello impedisce la traslazione di un punto in una certa direzione. Un carrello è pertanto equivalente a un grado di vincolo.



carrello a terra

Il carrello può essere “a terra” (“terra”), ed in questo caso la traslazione impedita è assoluta, vale a dire definita rispetto al sistema di riferimento.



carrello relativo

Oppure un carrello può essere relativo, se un punto di un corpo è costretto a non traslare in una certa direzione relativamente ad un altro. Un carrello relativo consente la traslazione relativa ma solo in direzione perpendicolare alla direzione impedita.

CEDIMENTO

Un vincolo ideale è in grado di affermare se stesso senza eccezioni: esso comporta delle limitazioni alla cinematica del corpo al quale è applicato, e basta. Nella realtà nessun vincolo è ideale. Può così capitare che sotto l'azione dei carichi applicati il vincolo *ceda*. Il cedimento di un vincolo può essere causa di grossi problemi alla struttura a cui è applicato, sia perché possono insorgere spostamenti inaccettabili, sia perché il regime di sforzo può

cambiare considerevolmente rispetto a quello progettato (si pensi ai recenti crolli di edifici, dovuti al cedimento del terreno, pare, sotto ad un plinto).

Il calcolo dei cedimenti vincolari è un problema arduo che riguarda altre discipline (tipicamente la *geotecnica*). Per noi un cedimento è sempre un dato, nel senso che si immagina un valore di cedimento (valutato con altri sistemi) e si vede quello che succede a causa di esso.

Un cedimento può essere traslazionale o rotazionale.

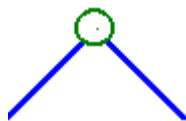
CERNIERA

Una cerniera impedisce due traslazioni: il corpo vincolato solo con una cerniera può solo ruotare attorno al punto ove è la cerniera, non traslare. Una cerniera è pertanto equivalente a due gradi di vincolo.



cerniera a terra

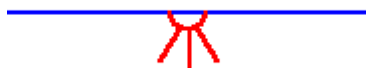
La cerniera può essere “a terra” (“terra”), ed in questo caso il punto del corpo al quale è applicata la cerniera non può traslare rispetto al sistema di riferimento: le traslazioni impedito sono traslazioni assolute, vale a dire definite rispetto al sistema di riferimento adottato.



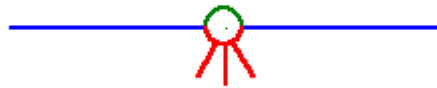
cerniera relativa

Oppure una cerniera può essere *relativa* se un punto di un corpo è costretto a traslare nello stesso modo di un punto di un altro corpo, cosicchè la traslazione relativa sia nulla.

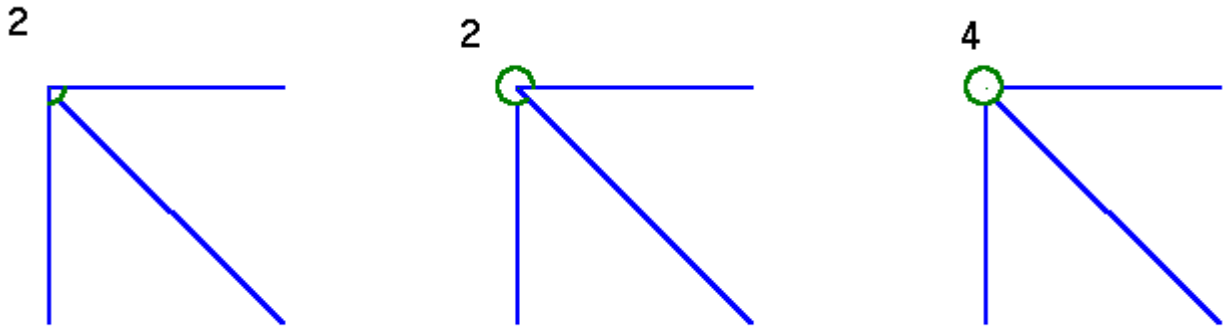
Se una cerniera a terra è applicata ad un punto di un'asta, essa può essere *passante* o meno.



Se la cerniera non è passante essa equivale a solo due gradi di vincolo.



Se la cerniera è passante essa equivale a 4 gradi di vincolo (due per la cerniera relativa e due per la cerniera a terra). Una cerniera passante spezza in due l'asta alla quale è applicata.



Se una cerniera relativa è applicata a più aste convergenti in un punto, il numero di vincoli corrispondenti è eguale a $2(n-1)$ dove n è il numero di aste. Nella figura è indicato il numero di vincoli corrispondenti a varie possibilità.

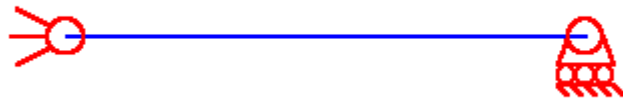
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA

Tutti i corpi se riscaldati si dilatano, se raffreddati si contraggono. Il *coefficiente di dilatazione termica* α misura la elongazione termica per unità di temperatura, cioè la deformazione termica associata ad una variazione di temperatura pari a un grado ($^{\circ}\text{C}$, o $^{\circ}\text{F}$: il valore dipende dall'unità scelta).

COEFFICIENTE DI LIBERA INFLESSIONE

Si definisce coefficiente di libera inflessione il rapporto tra la lunghezza di libera inflessione e la lunghezza della membratura.

Il coefficiente di libera inflessione dipende dal modo in cui è vincolata la membratura. Qui di seguito si danno alcuni importanti esempi.



Qui il coefficiente vale 1



Qui il coefficiente vale 2



Qui il coefficiente vale 0.7



Qui il coefficiente vale 0.5

A parità di ogni altro parametro (sezione, materiale, carico applicato e lunghezza), la crescita del coefficiente di libera inflessione comporta la crescita del pericolo di instabilità.

CONGRUENZA

La presenza di vincoli in una struttura (sia interni che esterni) obbliga questa a deformarsi rispettando certe condizioni cinematiche, sia nei punti associati ai vincoli esterni, sia nel modo stesso in cui questa si deforma (ad esempio senza lacerarsi, senza compenetrarsi, ecc.).

D'altro canto è possibile pensare a deformate e spostamenti che **non** rispettino tali vincoli interni ed esterni, ma che soddisfino altre condizioni, come ad esempio l'equilibrio.

Chiamiamo *congruenza* la circostanza in base alla quale un insieme di spostamenti e di deformazioni rispetta tutte le condizioni cinematiche imposte dai vincoli, sia esterni che interni.

CORPO RIGIDO

Per corpo rigido si intende un corpo che non si può deformare, e che pertanto non può incassare lavoro sotto forma di energia di deformazione o di variazioni permanenti di forma o di volume.

Nessun corpo è rigido in realtà, ma tutti i corpi possono comportarsi, sotto certe condizioni, come corpi rigidi: basta che il loro movimento non comporti alcuna deformazione.

CRITERI DI RESISTENZA

Dato uno stato di sforzo in un punto, è possibile chiedersi se il materiale sarà o meno in grado di sostenere quello stato di sforzo. Dipendentemente dal materiale e dalla teoria impiegata, è possibile descrivere delle condizioni che, se insoddisfatte, comportano l'incapacità del materiale di sostenere un certo stato di sforzo. Queste condizioni prendono il nome di criteri di resistenza.

Non esiste un criterio di resistenza valido per tutti i materiali: a seconda che un materiale sia duttile o fragile i criteri di resistenza appropriati possono essere anche molto diversi tra loro.

Per materiali metallici (e quindi duttili) si usa in genere il criterio di Von Mises, che considera come indicatore del pericolo il lavoro specifico di deformazione compiuto dal deviatore degli sforzi. Tale criterio, per travi alla De Saint Venant, porta a considerare la quantità

$$s_{VM} = \sqrt{s^2 + 3t^2}$$

che viene assunta come indice del cimento, e raffrontata con un valore limite, generalmente pari alla tensione di limite elastico divisa per un opportuno coefficiente di sicurezza.

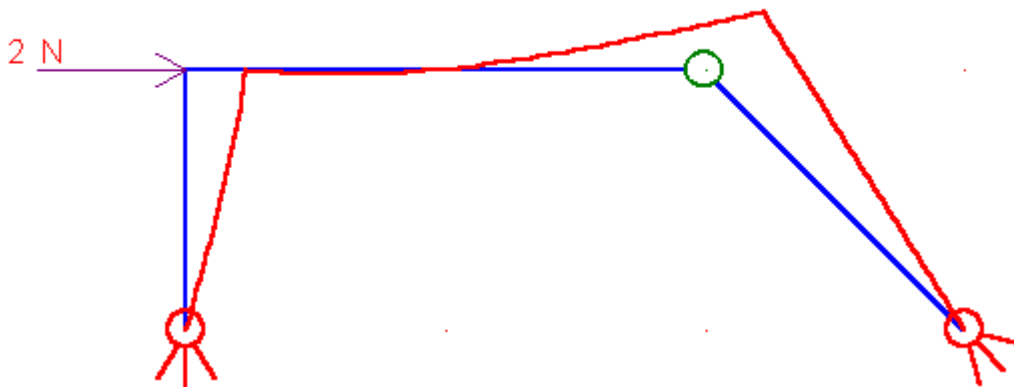
Altro criterio usato per materiali metallici è quello di Tresca, che assume come indice di pericolo la massima tensione tangenziale al variare del piano di lettura degli sforzi, vale a dire, per prismi di De Saint Venant la quantità

$$s_T = \sqrt{s^2 + 4t^2}$$

Per materiali fragili si usa spesso il criterio di Galilei, che consiste nel verificare che gli sforzi principali a trazione e compressione siano contenuti entro certi limiti dati.

Esistono poi criteri basati sulla massima deformazione (De Saint Venant,), sul lavoro di deformazione (Beltrami), criteri che determinano direttamente l'involuppo degli stati di sforzo ammissibili (Mohr), ecc. ecc..

DEFORMATA



Si chiama deformata la forma assunta da un corpo o da un sistema di corpi in seguito alla applicazione su di esso di un insieme di azioni. Se un corpo elastico si deforma esso incamera sempre una certa energia di deformazione.

DEFORMAZIONE

La deformazione è una misura della variazione di forma o di volume subita da un corpo in seguito ad un movimento. Se la deformazione è identicamente nulla il movimento è detto “rigido”. La deformazione misura, inoltre, la quantità di spostamento unitario subita da un corpo in ogni suo punto. Sono possibili vari tipi di misura della deformazione, a seconda che gli spostamenti possano o meno considerarsi piccoli. Per una trattazione esaustiva sulla deformazioni si rimanda ai testi di teoria.

Se si ha a che fare con prismi alla De Saint Venant la deformazione può essere definita in modo intuitivo, immaginando che la sezione del prisma trasli nella direzione dell'asse del prisma (elongazione), in direzione normale all'asse del prisma (scorrimento) o ruoti mantenendosi piana (flessione). Da queste *deformazioni generalizzate* (perché relative non ad un punto ma ad una sezione) è poi possibile risalire alle deformazioni nei vari punti della

sezione. Il fatto che la sezione subisca atti di moto siffatti è una mera ipotesi, che sta alla base della teoria derivata dall'ipotesi stessa.

DIAGRAMMI (DELLE AZIONI INTERNE)

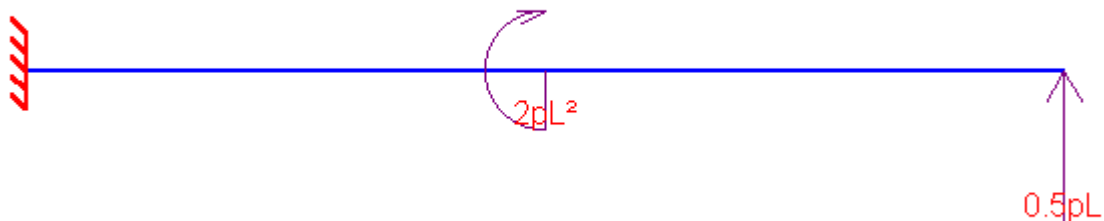
Dato un sistema di aste in equilibrio nel piano, soggette ad un sistema di forze applicate, queste sono soggette ad uno stato di sforzo. Trattandosi di prismi alla De Saint Venant, lo stato di sforzo nei punti del prisma può essere puntualmente calcolato pur di conoscere gli sforzi generalizzati azione assiale, taglio, momento flettente (e, per sistemi tridimensionali il *momento torcente*). Gli sforzi generalizzati (o *azioni interne*) variano lungo l'asse del prisma, secondo leggi che dipendono dallo schema strutturale e dai carichi applicati.

Al fine di valutare rapidamente l'andamento degli sforzi generalizzati è uso riportare sull'asse del prisma l'andamento di ciascuno degli sforzi generalizzati, intendendo come ascissa la distanza dall'estremo, e come ordinata il valore puntuale dello sforzo generalizzato. Tali andamenti prendono brevemente il nome di diagrammi. Ve n'è uno per l'azione assiale, uno per il taglio, uno per il momento flettente.

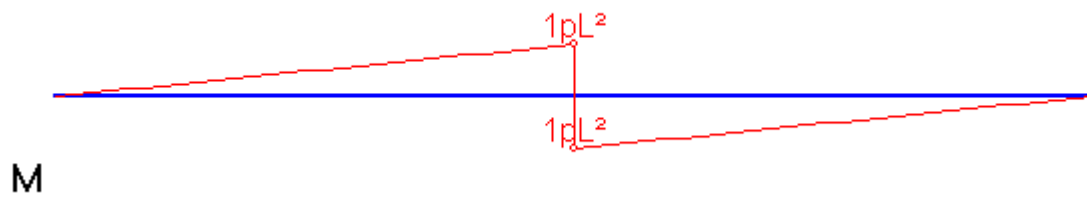
I diagrammi devono, per ragioni di equilibrio, soddisfare alcune regole che qui verranno succintamente riepilogate:

la derivata prima del diagramma del momento flettente coincide con il valore del taglio;

la derivata seconda del diagramma di momento flettente coincide, a meno del segno dovuto alla convenzione, con il valore della componente normale all'asta del carico distribuito.

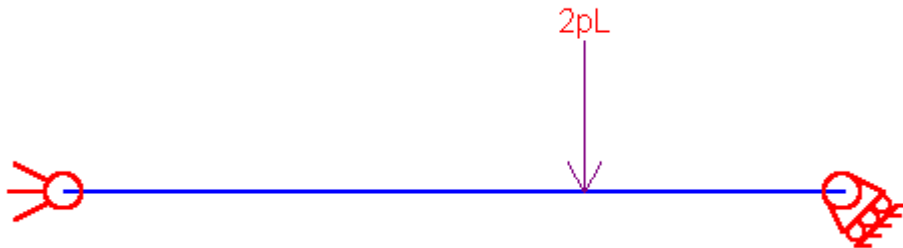


Struttura con coppia concentrata

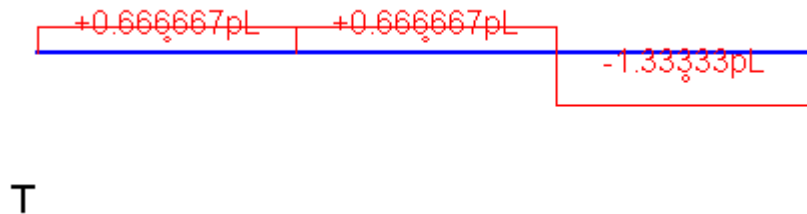


Salto nel diagramma di momento

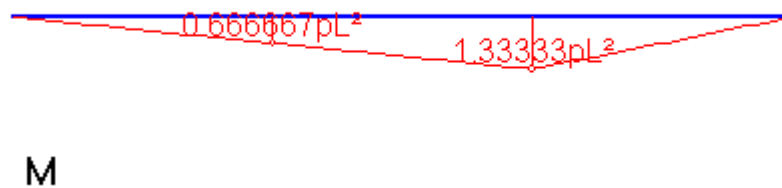
ad una coppia concentrata corrisponde una discontinuità di prima specie del valore del momento (“salto”);



Struttura con forza concentrata



Salto nel diagramma del taglio



Cuspide nel diagramma di momento

ad una forza concentrata normale all'asse corrisponde un salto nel diagramma del taglio, di valore pari alla forza applicata, ed una cuspide nel diagramma di momento flettente;

ad una forza concentrata parallela all'asse corrisponde un salto nel diagramma della azione assiale;

Per interpretare i diagrammi è necessario fissare delle convenzioni di segno, una per ciascun tipo di diagramma (Azione assiale, taglio, momento flettente).

ELONGAZIONE

Dato un concio dx di un prisma di De Saint Venant si chiama elongazione la deformazione del prisma che comporta una traslazione infinitesima dn della sezione in direzione dell'asse del prisma. Il rapporto tra la elongazione dn e dx , dn/dx , è la deformazione longitudinale ϵ .

La elongazione può essere elastica, se essa è causata da una azione assiale, può essere termica se è causata da un riscaldamento o da un raffreddamento uniforme del concio.

Alla elongazione elastica è associata una distribuzione di sforzi normali σ identici su tutti i punti della sezione, avente risultante pari alla azione assiale N . Risulta

$$dn = Ndx/EA$$

$$\epsilon = N/EA$$

$$\sigma = N/A$$

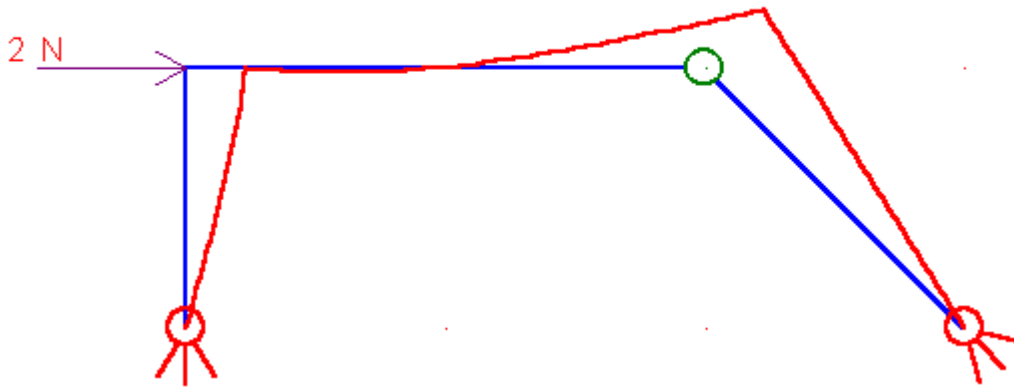
Alla elongazione termica libera non sono associati sforzi, essa risulta pari a

$$dn = \alpha \Delta T dx$$

L'elongazione complessiva è pari alla somma delle due elongazioni, quella elastica e quella termica:

$$dn = dn_e + dn_t = \frac{Ndx}{EA} + \alpha \Delta T dx$$

ENERGIA DI DEFORMAZIONE



Per poter deformare un corpo occorre svolgere un lavoro, spendere una certa energia. Questa energia può essere dissipata in calore e provocare variazioni permanenti di configurazione, oppure può essere incamerata sotto forma di variazioni elastiche di configurazione, per poter poi essere resa quando il corpo riassume la configurazione originaria. Un esempio del primo tipo è il filo di ferro che, piegato, resta piegato e si scalda. Un esempio del secondo tipo è il classico elastico che si tende eppoi si accorcia liberando energia che può servire a far muovere un oggetto.

Se il materiale è elastico l'energia di deformazione è funzione di stato, dipende cioè soltanto dalla configurazione deformata assunta dal corpo e non dal modo in cui si è raggiunta tale deformazione (i percorsi di carico). Se il materiale è elastico lineare, e si sta esaminando un tratto di trave alla De Saint Venant, allora l'energia di deformazione L può essere espressa dalla seguente relazione:

$$L = \frac{1}{2} \int \frac{N^2 dx}{EA} + \frac{1}{2} \int \frac{cT^2 dx}{GA} + \frac{1}{2} \int \frac{M^2 dx}{EJ}$$

dove N , M , e T sono l'azione assiale, il taglio ed il momento flettente, E il modulo di Young, G il modulo di elasticità tangenziale, A l'area della sezione, J il momento di inerzia, dx un tratto di lunghezza infinitesima d'asta, χ il fattore di taglio. L'integrale è esteso a tutto il tratto di trave.

L'energia di deformazione si misura in joule (Nm) o in calorie (piccole o grandi).

EQUAZIONI CARDINALI DELLA STATICA

Le equazioni cardinali della statica del corpo rigido sono che equazioni che fissano le condizioni necessarie e sufficienti affinché un corpo soggetto ad un insieme di forze e momenti sia in equilibrio.

Se il corpo si muove nel piano le quazioni cardinali sono tre:

La risultante delle forze in direzione x deve essere nulla.

La risultante delle forze in direzione y deve essere nulla.

La risultante dei momenti rispetto ad un punto qualsiasi (purchè proprio, non posto all'infinito) del piano deve essere nulla.

In alternativa, equivalentemente si può dire che deve essere nulla la risultante dei momenti applicati rispetto a tre qualsiasi punti del piano, propri o impropri, purchè tra loro distinti.

FATTORE DI TAGLIO

Dato un concio infinitesimo dx di trave di area A , soggetto ad una azione tagliante T , e detta dE l'energia di deformazione incassata dal concio a causa della sola applicazione di T , si definisce fattore di taglio χ la quantità tale per cui risulti

$$dE = \frac{1}{2} \chi \frac{T^2}{GA} dx$$

La necessità di definire un fattore di taglio deriva dal fatto che non esiste una formula unica e semplice in grado di descrivere come vari la tensione tangenziale dovuta al taglio da punto a punto sulla sezione. Si preferisce allora introdurre un coefficiente correttivo che tenga conto di volta in volta di come è fatta la distribuzione di sforzi tangenziali, al fine di valutare il lavoro di deformazione.

Se si usa la teoria semplificata di Jouravskij e si esprime la tensione tangenziale con la formula omonima, allora il fattore di taglio diviene:

$$c = \int \frac{S^{*2} dA}{b^2 A r^4}$$

Usando tale teoria per la sezione rettangolare il fattore di taglio è eguale a 1.2. Si può dimostrare che il fattore di taglio è sempre maggiore di 1.

FITTIZIA

Si definisce fittizia la struttura che deriva dalla isostaticizzazione della struttura originaria, caricata da una forza unitaria, appunto: fittizia, messa in posizione opportuna.

Si può dire quanto segue.

a) Fittizie associate a incognite iperstatiche.

Se la forza unitaria corrisponde ad una incognita iperstatica, allora le azioni interne della fittizia sono pari alla quotaparte di azioni interne della struttura originaria dovute all'iperstatica, divise per il valore dell'iperstatica stessa. Infatti l'effetto sulla struttura originaria dovuto alla iperstatica è proprio eguale al valore della incognita iperstatica per gli effetti dovuti all'iperstatica posta eguale ad 1 (ovvero della forza fittizia).

Sia N° la azione assiale di un ramo nella struttura principale, N l'azione assiale nella struttura originaria. Per il principio di sovrapposizione degli effetti:

Se la struttura è isostatica	$N = N^\circ$
Se la struttura ha una iperstatica X	$N = N^\circ + N'X$
Se la struttura ha una iperstatica X ed una Y	$N = N^\circ + N'X + N''Y$
E così via.	

L'azione assiale nella fittizia N' non è che $N'X/X$, ovvero la parte di azione assiale totale N dovuta a quella iperstatica, parte che vale $N'X$, divisa per X .

b) Fittizie associate a incognite iperstatiche o cinematiche

La fittizia viene introdotta per avere un sistema di forze \mathbf{F} (la forza unitaria e le reazioni vincolari ad essa associate) in equilibrio con un sistema di azioni interne (le azioni interne della fittizia stessa, il sistema di sforzi generalizzati σ). Questo sistema equilibrato (\mathbf{F} ,

σ) è poi usato con gli spostamenti della struttura originaria e con le sue deformazioni totali, per scrivere una equazione dei lavori virtuali.

L'introduzione di una o più strutture fittizie consente di adoperare il plv per calcolare incognite iperstatiche o cinematiche (spostamenti).

FLESSIONE

Si chiama flessione la deformazione di un concio di trave alla De Saint Venant tale per cui una faccia di un tratto di trave viene a ruotare rispetto ad un'altra (in modo che la rotazione avvenga rispetto ad un asse giacente sulla faccia stessa, non rispetto all'asse del prisma).

Usualmente la flessione è studiata facendo l'ipotesi che le facce ruotino rimanendo piane.

Cinematicamente parlando, la deformazione flessionale (o anche flessione) $d\phi$ può essere definita come l'angolo formato tra loro da due facce distanti una quantità infinitesima dx .

La flessione può essere dovuta al fatto che sul concio sia applicato un momento flettente (*flessione elastica*) o a causa del fatto che la sezione sia sottoposta ad una distribuzione di temperatura non uniforme (*flessione termica*).

Non è questa la sede per percorrere la teoria della flessione elastica, qui basterà fornire alcuni brevi richiami.

La flessione elastica è un fenomeno tale per cui le due facce di un concio di trave sollecitate da un momento avente vettore giacente nel loro piano (momento flettente) vengono a ruotare l'una rispetto all'altra.

Se si usa la teoria della elasticità, si può vedere che valgono i seguenti risultati (alcuni di questi valgono anche sotto condizioni più ampie, ma non è questa la sede per una discussione):

- Esiste un asse sulla sezione ove lo sforzo si mantiene nullo (asse neutro).
- Se vi è solo un momento applicato, e non una azione assiale, allora l'asse neutro passa per il baricentro della sezione.
- Se il vettore momento è parallelo ad uno degli assi principali della sezione allora anche l'asse neutro è parallelo all'asse principale (flessione retta).
- Se vi è solo un momento applicato parallelo ad un asse principale, e non un taglio, lo sforzo è puramente normale, e aumenta linearmente con la distanza y dall'asse neutro secondo la formula: $\sigma = My/J$, dove M è il momento applicato, J il momento di inerzia della sezione rispetto all'asse principale.
- Se il vettore momento non è parallelo ad uno degli assi principali può essere scomposto in due componenti ciascuna parallela ad uno degli assi principali, e la tensione normale si ottiene sommando i due contributi di ciascuna flessione retta (flessione deviata).

Come detto, anche un riscaldamento od un raffreddamento può essere causa di una flessione, detta in questo caso *termica*. Ciò avviene a causa del diverso allungamento subito dalle fibre superiori del prisma rispetto a quelle inferiori.

La deformazione flessionale complessiva può dunque essere espressa come somma della parte elastica e della parte anelastica (termica). Qui di seguito l'espressione della deformazione $d\phi$:

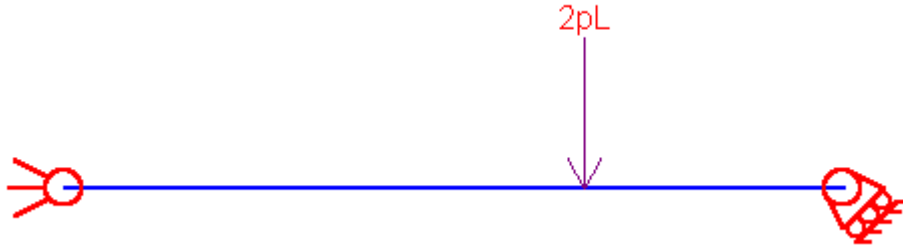
$$dj = dj_e + dj_t = \frac{Mdx}{EJ} + \frac{2\alpha\Delta Tdx}{h}$$

dove α è il coefficiente di dilatazione termica, h è l'altezza della sezione, immaginata rettangolare, ΔT è il valore pari a $(T_1 - T_2)/2$, essendo T_1 e T_2 i valori della temperatura ai due estremi della sezione.

FORZA

Il concetto di forza è intuitivo. Possiamo definire *forza* ciò che provoca un'accelerazione in un corpo libero di muoversi, o uno stato di sforzo in un corpo vincolato alla traslazione nella direzione della forza.

In meccanica la forza è una quantità vettoriale, essa è cioè individuata da un *modulo* (l'intensità della forza) e da un *versore*, vale a dire un vettore di modulo unitario che indica la direzione ed il verso in cui la forza agisce.



In CESCO le forze sono rappresentate per mezzo dei versori e del modulo, che viene esplicitamente riportato a fianco del versore.

Alle forze, essendo quantità vettoriali, si applicano tutte le regole del calcolo vettoriale, come la somma, la sottrazione, il prodotto.

La forza si misura in newton (N), definito come la forza capace di imprimere ad una massa di un kg la accelerazione di un metro al secondo quadrato. Oltre al newton si usano i chilonewton (kN), i decanewton (daN), eccetera. In ambito tecnico, per lunga tradizione, spesso si usano ancora, i chili (kg, $1\text{kg} = 9.81\text{N}$) e le tonnellate (t).

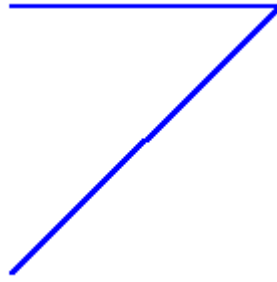
INCASTRO

Un incastro impedisce due traslazioni e una rotazione. Un incastro è pertanto equivalente a tre gradi di vincolo.



incastro a terra

L'incastro può essere "a terra" ("terra"), ed in questo caso le traslazioni e le rotazioni impedita sono assolute, vale a dire definite rispetto al sistema di riferimento.



incastro relativo

Oppure un incastro può essere relativo, se le traslazioni e la rotazione impedita sono relative, vale a dire di un corpo rispetto ad un altro. Se due o più corpi distinti vengono incastrati tra loro (ad esempio mediante saldatura) essi costituiscono un corpo unico: il movimento relativo di uno rispetto agli altri è stato totalmente annullato.

INCOGNITA IPERSTATICA

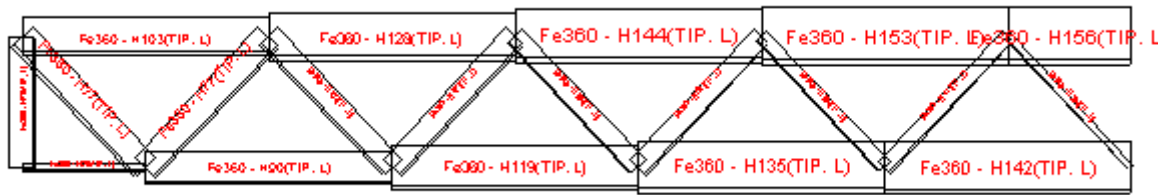
In un sistema iperstatico, le incognite statiche sono in numero superiore alle condizioni di equilibrio che si possono scrivere. Poiché l'azione dei vincoli si traduce in forze e coppie che, al pari dei carichi esterni, vengono esercitate sulla struttura, si può assumere che la struttura iperstatica sia equivalente alla stessa struttura, resa isostatica mediante isostaticizzazione, sulla quale sono applicate, accanto alle forze originarie, note, delle forze incognite, dette incognite iperstatiche, che traducono l'effetto che i vincoli soppressi avevano sulla struttura. Perché i vincoli soppressi siano correttamente rispettati le incognite iperstatiche devono assumere dei valori molto particolari, che dipendono dalla struttura e dai carichi applicati sulla struttura: esse devono fare sì che la deformata da loro causata si sovrapponga alla deformata causata dai carichi applicati (Principale) proprio in modo da rispettare tutti i vincoli originariamente esistenti. In una parola le incognite iperstatiche devono fare in modo che la *congruenza* sia rispettata.

INGOMBRO

La realizzabilità di una struttura dipende anche dal suo ingombro, vale a dire dalle dimensioni dei suoi elementi.

Le scelte progettuali condizionano le dimensioni degli elementi, e possono essere inconciliabili con l'estetica o con la funzionalità, o con la stessa pratica realizzabilità.

Un esempio tipico è quello della trave reticolare, che, se non sufficientemente alta, può richiedere dimensioni addirittura incompatibili con la stessa realizzabilità della struttura.



Nella figura si vede una trave reticolare che è chiaramente vicina ad essere irrealizzabile, poiché i correnti sono tra loro troppo ravvicinati rispetto alla dimensione trasversale degli elementi.

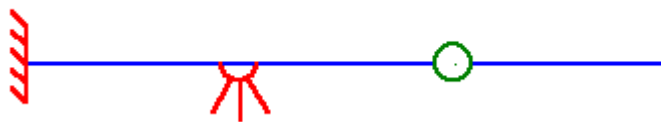
CESCO fa vedere l'ingombro degli elementi strutturali dando una chiara idea della situazione.

IPERSTATICITA'

Si definisce iperstaticità la condizione per la quale una struttura composta da un insieme di corpi vincolati tra loro ed a terra si trovi ad avere un numero di vincoli superiore al numero complessivo di gradi di libertà. Per numero di vincoli si intende la somma di tutte le molteplicità di ciascun vincolo della struttura in esame.

Se una struttura è iperstatica è impossibile calcolare le sue azioni interne usando esclusivamente le equazioni di equilibrio del corpo rigido (nel piano esse sono in numero pari a tre per ogni distinto corpo dal quale il sistema è formato): occorre tenere in conto la sua deformabilità.

Una struttura che sia iperstatica può comunque avere atti di moto rigido. Per escluderli è necessaria una analisi cinematica.



Esempio di struttura iperstatica con ipostaticità localizzata: i vincoli sono mal distribuiti anche se globalmente in numero superiore ai gradi di libertà.

IPOSTATICITA'

Si definisce ipostaticità la condizione per la quale una struttura composta da un insieme di corpi vincolati tra loro ed a terra si trovi ad avere un numero di vincoli inferiore al numero complessivo di gradi di libertà. Per numero di vincoli si intende la somma di tutte le molteplicità di ciascun vincolo della struttura in esame.

Se una struttura è ipostatica essa è certamente dotata di moti rigidi e non può stare in piedi.



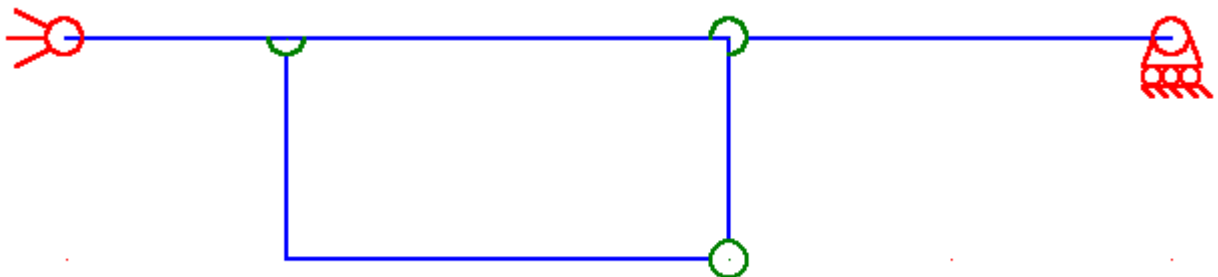
Esempio di struttura ipostatica

ISOSTATICITA'

Si definisce isostaticità la condizione per la quale una struttura composta da un insieme di corpi vincolati tra loro ed a terra si trovi ad avere un numero di vincoli pari al numero complessivo di gradi di libertà. Per numero di vincoli si intende la somma di tutte le molteplicità di ciascun vincolo della struttura in esame.

Se una struttura è isostatica è possibile calcolare le sue azioni interne usando esclusivamente le equazioni di equilibrio del corpo rigido (nel piano esse sono in numero pari a tre per ogni distinto corpo dal quale il sistema è formato).

Una struttura che sia isostatica può comunque avere atti di moto rigido. Per escluderli è necessaria una analisi cinematica.



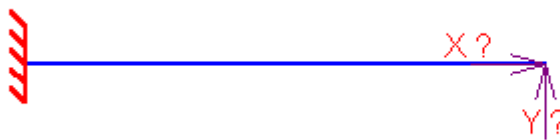
Esempio di struttura isostatica con ipostaticità localizzata: i vincoli sono mal distribuiti anche se globalmente in numero pari ai gradi di libertà.

ISOSTATICIZZAZIONE

Si chiama *isostaticizzazione* il procedimento in base al quale una struttura iperstatica può essere resa isostatica mettendo al posto dei vincoli reputati in eccesso le reazioni vincolari da essi esercitate. Poiché per soddisfare la congruenza le reazioni evidenziate devono necessariamente assumere particolari valori, tali reazioni sono incognite, e prendono il nome di incognite iperstatiche.



Struttura iperstatica



Struttura isostaticizzata in modo corretto



Struttura isostaticizzata in modo scorretto (labile)

La scelta dei vincoli in eccesso è arbitraria: una struttura può essere isostaticizzata in molti modi diversi. Sebbene le incognite iperstatiche cambino, non cambia il quadro complessivo dello stato di sforzo, né il valore delle reazioni vincolari sulla struttura originaria.

La isostaticizzazione non può essere fatta generando schemi labili, né evidenziando un numero di incognite superiore a quanto strettamente necessario per ottenere una struttura isostatica.

LABILITA'

La labilità è la situazione per la quale i vincoli di una struttura, pur essendo in numero teoricamente sufficiente ad impedire moti rigidi, sono disposti in modo tale da consentire uno o più di essi. La labilità è dunque legata alla errata disposizione dei vincoli, non al loro essere in numero insufficiente.

Le strutture labili sono destinate a muoversi, indipendentemente dal fatto che negli schemi di calcolo la labilità sia attivata.

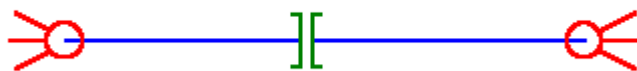
Qui di seguito sono mostrati alcuni tipici esempi di struttura labile, ed alcuni esempi un po' più articolati.



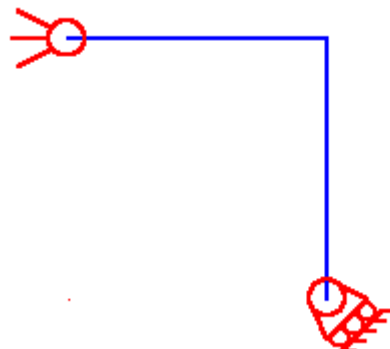
1:Esempio classico di struttura labile



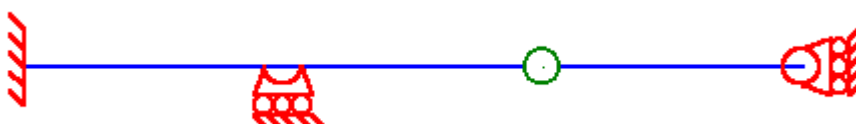
2:Esempio classico di struttura labile



3:Esempio classico di struttura labile equivalente a 2

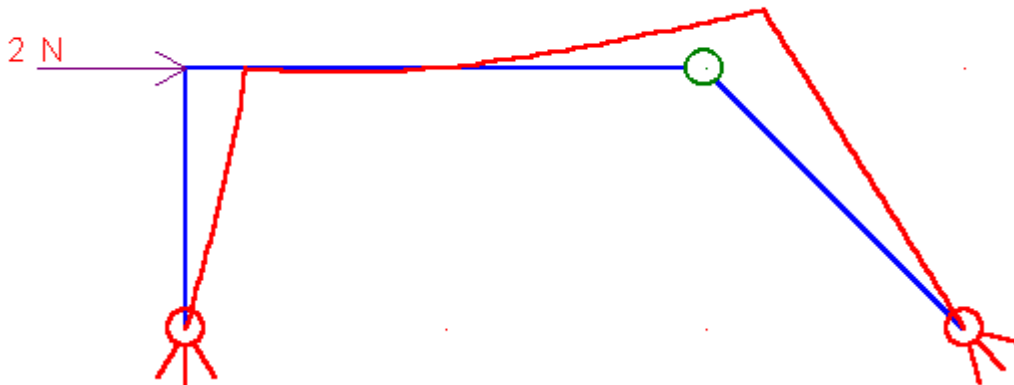


4:Esempio di struttura labile assimilabile a 1



5:Esempio di struttura iperstatica e labile (labilità di tipo 1)

LAVORO



Sia data una forza applicata in un certo punto P. Supponiamo che il punto P si sposti di una quantità infinitesima ds , in modo che ds sia lo spostamento in direzione parallela ad F , dp lo spostamento in direzione perpendicolare. Chiamiamo lavoro elementare la quantità

$$dL = F ds$$

Si noti che solo la parte di spostamento parallela alla direzione di F entra nel lavoro, la parte perpendicolare invece no. Infatti, se si considera il vettore \mathbf{F} , ed il vettore $d\mathbf{s}$, risulta

$$dL = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$$

ove con il simbolo “ \cdot ” si è indicato il prodotto scalare.

Come si vede il lavoro è una quantità scalare (un numero, non un vettore) che ha le dimensioni fisiche di una forza per uno spostamento. L’unità di misura del lavoro è il joule, pari a 4.18cal, dove una caloria (cal) è la quantità di energia necessaria per innalzare di un grado centigrado la temperatura di un cc di acqua distillata.

Ma cosa è un lavoro? Ci sembra particolarmente convincente la definizione di Gilberto Bernardini: “Come vedremo la risposta a questa domanda è, nella maggior parte dei casi, la seguente: il lavoro è il processo in base al quale una certa quantità di energia ‘si trasferisce’ da un corpo ad un altro” (Fisica Generale, Ed. Libreria Eredi V. Veschi, Roma, 1974).

Ciò è particolarmente vero per i sistemi elastici che incassano questo lavoro sotto forma di energia di deformazione e la restituiscono quando sono liberi di riprendere la loro configurazione indeformata.

LUNGHEZZA DI LIBERA INFLESSIONE

Si definisce lunghezza di libera inflessione la lunghezza della semionda di senoide che corrisponde alla forma assunta dalla membratura in caso di un suo sbandamento per instabilità euleriana.

La lunghezza di libera inflessione è spesso espressa come lunghezza della membratura moltiplicata per il coefficiente di libera inflessione.

La lunghezza di libera inflessione è molto importante per determinare il carico critico euleriano.

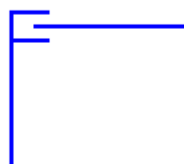
MANICOTTO

Si ha un manicotto quando l'estremo di un'asta è vincolato a traslare in direzione parallela all'asse dell'asta stessa, ovvero quando sono impediti la rotazione e la traslazione normale all'asse dell'asta. Un manicotto è qualcosa di molto simile ad un pattino, e può essere visto come un pattino con piano di scorrimento parallelo all'asta a cui è applicato. Un manicotto, come un pattino, impedisce una traslazione ed una rotazione. Un manicotto è pertanto equivalente a due gradi di vincolo, ed è cinematicamente assimilabile ad una cerniera posta in un punto improprio del piano (posto all'infinito in direzione normale all'asta).



manicotto a terra

Il manicotto può essere “a terra” (“terra”), ed in questo caso la traslazione e la rotazione impediti sono assolute, vale a dire definite rispetto al sistema di riferimento.



manicotto relativo

Oppure un manicotto può essere relativo, se la traslazione e la rotazione impedita sono relative, vale a dire di un corpo rispetto ad un altro.

MEMBRATURA

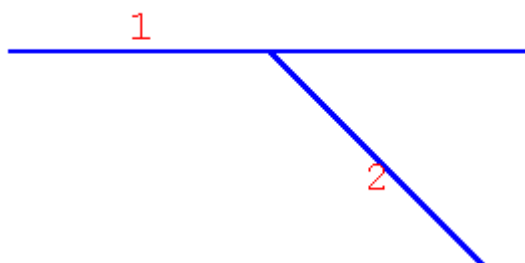
In CESCO si intende per membratura (o equivalentemente *elemento strutturale*) un tratto rettilineo di elemento monodimensionale avente un'unica sezione ed un unico materiale.

Una membratura può essere spezzata in più rami senza che per questo venga a perdersi la sua identità di membratura.

Se ad esempio, si aggiunge un'asta che ha un estremo che va a cadere sull'asse di una membratura esistente, questa viene spezzata automaticamente in due rami, ciascuno dei quali ha in comune il punto di intersezione dell'asta appena aggiunta con quella originaria. Benchè ora composta da due rami la membratura originaria continua ad esistere.



Esiste un solo ramo ed una sola membratura



Ora esistono tre rami e due membrane. La numerazione della prima membratura viene riportata sul baricentro del suo primo ramo (la posizione del numero è cambiata)

Se *ab initio* si fosse descritto il tratto orizzontale mediante due pezzi, allora le membrane sarebbero state tre.

Le membrane vengono definite quando si descrive la struttura mediante i comandi di aggiunta.

Se si vuole descrivere un lungo tratto rettilineo come composto da più membrane sarà sufficiente descriverlo in più tratti, facendo tappa in punti intermedi.

METODO ω

Questo metodo è usato nella pratica tecnica per eseguire implicitamente le verifiche di stabilità. Come si è visto la determinazione del carico critico è molto difficile se si esce dal campo elastico ed ideale. D'altro canto tutte le membrature reali hanno imperfezioni e dunque occorre tenerne conto. Il metodo ω consiste nell'amplificare di un fattore $\omega > 1$, appunto, il carico applicato, in modo da calcolare una tensione di compressione maggiore di quella effettivamente esistente. La correzione è studiata in modo tale da aumentare con l'aumentare della snellezza, in modo da tenere implicitamente in conto anche le verifiche di stabilità. E' da notare che le curve $\omega = \omega(\lambda)$ sono curve che derivano da quelle sperimentali, e quindi sono valide in tutti i campi di snellezza.

MODALITA' DI FUNZIONAMENTO

Per modalità di funzionamento si intende la possibilità di far funzionare il programma in modo ottimizzato in funzione di particolari esigenze.

Le esigenze previste sono quattro, e quattro le diverse modalità di funzionamento.

Predimensionamento

In questa modalità di funzionamento si suppone che chi usa il programma sia piuttosto inesperto ed a digiuno di nozioni teoriche. Pertanto non vi sono limitazioni sulle strutture da poter risolvere, e neppure obblighi di coerenza particolari: l'utente ha una specie di lasciapassare, che gli consente di cominciare a farsi le ossa sul problema. Le unità di misura sono a libera scelta. Non è accessibile la parte sul PLV.

In questa modalità è possibile tentare di risolvere strutture ipostatiche (ipostaticità) o labili (labilità), ricevendo consigli sul da farsi.

E' soprattutto per questa modalità che è stata pensato il predimensionamento.

Equilibrio

Questa modalità è pensata per gli Studenti del Corso di Statica. Si possono risolvere solo strutture isostatiche (isostaticità). L'utente è obbligato ad eseguire l'analisi cinematica. Le unità di misura sono letterali (p, pL, pL²) e non possono essere cambiate.

Questa modalità è stata pensata per gli Allievi che devono imparare a risolvere le strutture calcolandole a mano mediante il calcolo letterale.

Congruenza

Questa modalità è pensata per gli Studenti del Corso di Scienza delle Costruzioni. Si possono risolvere strutture isostatiche (isostaticità) o con al più tre iperstatiche. L'utente è obbligato ad eseguire l'analisi cinematica. Le unità di misura sono letterali (p, pL, pL²) e non possono essere cambiate. E' disponibile la soluzione per mezzo del PLV, con tutte le equazioni del caso, e, dunque, è possibile calcolare spostamenti, sempre con il PLV.

Questa modalità è stata pensata per gli Allievi che devono imparare a risolvere le strutture iperstatiche calcolandole a mano mediante il calcolo letterale ed il PLV. Nel caso in cui vengano attribuite sezioni, è possibile avere gli sforzi in vari punti della sezione ed avere i cerchi di Mohr qualitativi. Viene data la tensione di Von Mises, quella di Tresca, gli sforzi principali.

Analisi

Questa modalità è pensata per gli Studenti del Corso di Tecnica delle Costruzioni. Si possono risolvere strutture anche a molte iperstatiche. L'utente non è obbligato ad eseguire l'analisi cinematica. Le unità di misura sono scelte liberamente. I comandi relativi al PLV non sono disponibili.

Questa modalità è stata pensata per gli Allievi che devono imparare a verificare le strutture con un po' di realismo, e che quindi non devono avere l'assillo di progettare solo strutture isostatiche o con poche iperstatiche. E' anche la modalità più adatta per chi voglia usare questo programma per calcoli realistici su strutture realistiche.

MODULO DI RESISTENZA (ELASTICO)

Esso è definito come il rapporto tra il momento elastico (vale a dire il massimo momento applicabile senza che alcun punto arrivi al limite elastico) e la tensione pari al limite elastico.

Può essere calcolato facendo il rapporto tra il momento di inerzia rispetto ad un certo asse principale e la distanza massima d dei punti della sezione rispetto a tale asse.

Per la sezione rettangolare inflessa intorno all'asse orizzontale, ad esempio $W = bh^2/6$.

MODULO PLASTICO

Esso è definito come il rapporto tra il momento plastico (vale a dire, grosso modo, il momento massimo applicabile su una sezione) e la tensione di snervamento. In pratica è un numero sempre maggiore del modulo di resistenza elastico che si misura in cm^3 , (mm^3, m^3 , ecc.).

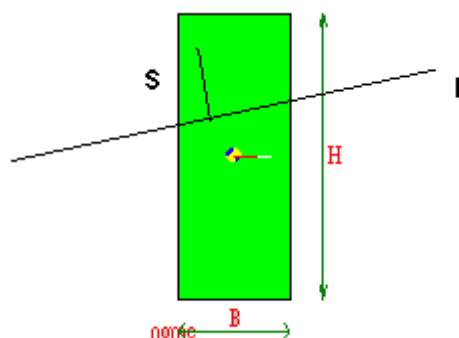
Per calcolarlo su sezioni aventi almeno un asse di simmetria si fa nel seguente modo. Si trova l'asse che taglia la sezione in due parti di eguale area. Si sommano i moduli dei momenti statici delle due parti rispetto all'asse trovato: il risultato è il momento plastico. Ad esempio per una sezione rettangolare il W plastico rispetto all'asse orizzontale è pari a $bh^2/4$.

MOMENTO DI INERZIA

Si definisce momento di inerzia di una sezione rispetto ad un asse r che giace sul suo piano la quantità

$$J_r = \int s^2 dA$$

dove s è la distanza della generica area infinitesima dA dall'asse r .



Se l'asse r è normale al piano della sezione si parla di *momento di inerzia polare*, essendo chiamato polo il punto in cui l'asse interseca il piano della sezione.

Se si considerano due assi tra loro perpendicolari, r ed s , si definisce *momento di inerzia centrifugo* della sezione rispetto a tali assi la quantità

$$J_{rs} = \int r s dA$$

essendo r la distanza dall'asse s , ed s la distanza dall'asse r della generica area infinitesima dA .

In analogia con quanto previsto dalla formula della flessione, si definisce anche un *momento di inerzia torsionale*, che però assume formulazioni diverse in funzione della teoria semplificata della torsione alla quale si fa riferimento.

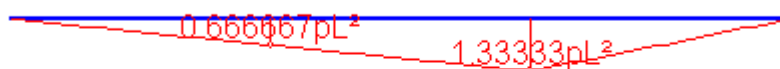
MOMENTO (DI UNA FORZA)

Al pari di quello di forza, il concetto di momento o *coppia*, è intuitivo. Chiamiamo momento (di una forza: in meccanica esiste anche il *momento della quantità di moto*, e , in generale, si può definire il momento di qualunque quantità vettoriale) ciò che è capace di generare un'accelerazione angolare in un corpo libero di ruotare. Anche la coppia, come la forza, può indurre uno stato di sforzo in un corpo che non può ruotare.

Nel piano, il momento di una forza rispetto ad un punto (punto che è l'immagine di un asse normale al piano), viene calcolato moltiplicando vettorialmente la forza per il vettore che connette il punto di applicazione della forza con il punto, ovvero, in alternativa, moltiplicando scalarmente il modulo della forza per la distanza della retta di applicazione della forza dal punto considerato, eppoi considerando il vettore normale al piano di rotazione, positivo se la rotazione è antioraria.

MOMENTO FLETTENTE

Sia dato un prisma di De Saint Venant soggetto ad uno stato di sforzo, e si tagli il prisma in un punto generico. Le azioni interne che le due facce del prisma si scambiano, eguali e contrarie sulle due facce, sono riducibili ad una coppia, *momento flettente*, una forza normale alla faccia (azione assiale) ed una forza, detta taglio, giacente sulla faccia.

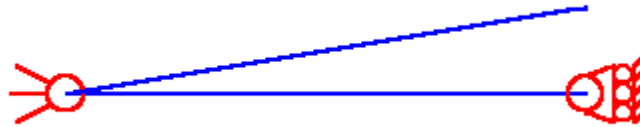


M

Qui sono tese le fibre di sotto.

CESCO riporta il diagramma di momento sempre dalla parte delle fibre tese.

MOTO RIGIDO



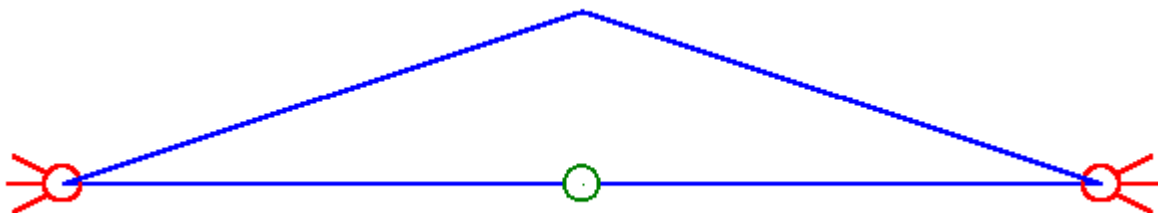
Se una struttura o parte di essa può muoversi liberamente, senza cioè che sia necessario compiere alcun lavoro, essa è dotata di moti rigidi. Se è possibile un moto rigido, nessun vincolo interno od esterno si oppone al movimento, che è pertanto destinato ad avvenire.

I moti rigidi possono essere, se non voluti, causa di crollo o di inutilizzabilità per le strutture.

Qui di seguito si danno due esempi di strutture dotate di moti rigidi, e degli stessi moti.



Struttura labile



Struttura labile

NODO

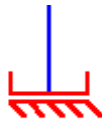
Nell'ambito di CESCO definiamo nodo ogni punto che corrisponde all'estremo di un ramo. Il ramo può essere stato precedentemente aggiunto esplicitamente, o generato per mezzo di una intersezione automatica (dovuta alla presenza di due rami intersecantisi), o per mezzo di una suddivisione in parti (Dividi). Se più rami convergono in un punto là vi è uno e un solo nodo.

Un nodo può corrispondere ad un punto sulla griglia, ma ovviamente non tutti i punti della griglia sono nodi.

Chi è familiare con il metodo degli elementi finiti ha ben chiaro il concetto di nodo, che coincide con quello di CESCO. L'unica differenza è che in CESCO sono automaticamente risistemate le incidenze (grazie alla intersezione automatica), e non è possibile avere nodi doppi.

PATTINO

Un pattino impedisce la traslazione in una certa direzione ed una rotazione. Un pattino è pertanto equivalente a due gradi di vincolo, ed è cinematicamente assimilabile ad una cerniera posta in un punto improprio del piano (posto all'infinito in direzione normale al piano di scorrimento).



pattino a terra

Il pattino può essere “a terra” (“terra”), ed in questo caso la traslazione e la rotazione impedita sono assolute, vale a dire definite rispetto al sistema di riferimento.

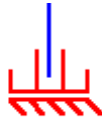


pattino relativo

Oppure un pattino può essere relativo, se la traslazione e la rotazione impedita sono relative, vale a dire di un corpo rispetto ad un altro.

PATTINO DOPPIO

Un pattino doppio (o “doppio pattino”) impedisce la sola rotazione. Un pattino doppio è pertanto equivalente a un solo grado di vincolo.



pattino doppio a terra

Il pattino doppio può essere “a terra” (“terra”), ed in questo caso la rotazione impedita è assoluta, vale a dire definita rispetto al sistema di riferimento.



pattino doppio relativo

Oppure un pattino doppio può essere relativo, se la rotazione impedita è relativa, vale a dire di un corpo rispetto ad un altro.

CESCO presentemente non supporta i pattini doppi.

PLV

Il principio dei lavori virtuali (plv) è un principio di fondamentale importanza in tutta la meccanica.

Esso assume due diverse formulazioni a seconda che si parli di sistemi rigidi o di sistemi deformabili.

Nel caso di sistemi rigidi, e pertanto per definizione incapaci di incassare energia sotto forma di deformazione elastica o plastica, il plv si enuncia così:

Condizione necessaria e sufficiente perché un sistema di corpi rigidi sia in equilibrio sotto un insieme di forze date è che il lavoro compiuto da tali forze sia nullo *per ogni* insieme di spostamenti infinitesimi e compatibili con i vincoli.

Se invece il sistema di corpi è deformabile il principio dei lavori virtuali si enuncia così:

Condizione necessaria e sufficiente affinché un sistema di corpi deformabili sia in equilibrio sotto l'insieme di forze date è che *per ogni* insieme di spostamenti infinitesimi e compatibili con i vincoli risulti che il lavoro esterno sia eguale al lavoro interno.

Uno spostamento infinitesimo e compatibile con i vincoli è detto *virtuale* per definizione. Da qui il nome di *principio dei lavori virtuali*.

Si può anche dimostrare quanto segue.

Dato un sistema di corpi deformabili, siano dati per esso un sistema di forze applicate \mathbf{F} , un sistema di sforzi interni σ , un sistema di spostamenti \mathbf{U} ed un sistema di deformazioni ϵ . Se \mathbf{F} è in equilibrio con σ e \mathbf{U} congruente con ϵ , allora il lavoro esterno compiuto dalle forze \mathbf{F} per gli spostamenti \mathbf{U} è certamente eguale al lavoro interno compiuto dagli sforzi σ per le deformazioni ϵ .

Si noti, in particolare, che non è necessario che il sistema di forze e sforzi *causi* il sistema di spostamenti e deformazioni: essi possono essere affatto indipendenti.

Il principio dei lavori virtuali è di universale applicabilità perché non è legato ad alcuna particolare ipotesi sul comportamento del materiale.

PREDIMENSIONAMENTO

Il termine predimensionamento è stato usato per indicare il procedimento con il quale è possibile dare una ragionevole stima dell'ingombro delle membrature di una struttura, dati i carichi applicati, lo schema strutturale e le tipologie assegnate alle membrature.

Si è usato il termine predimensionamento e non il termine dimensionamento o previsione perché l'uno sembrava troppo, l'altro troppo poco. Un *dimensionamento* infatti deve tenere bene in conto tutti i fenomeni che possono portare in crisi una struttura, mentre una previsione è cosa abbastanza equivoca: gli oroscopi *prevedono*.

Poiché per sistemi iperstatici le azioni interne dipendono dalle dimensioni, e dato che queste dipendono dalle azioni interne, ne segue che il programma è in grado di stabilire le dimensioni solo grazie ad un procedimento iterativo: partendo da dimensioni di tentativo si calcolano le azioni interne e poi da queste nuove dimensioni, e così via fino a convergenza.

PRINCIPALE

Si definisce principale la struttura che deriva dalla isostaticizzazione della struttura originaria, soggetta a tutte le forze, le coppie ed i carichi distribuiti della struttura originaria.

La struttura principale genera la quotaparte di sollecitazione dovuta ai carichi esterni, e la quota di deformazione elastica dovuta ai carichi esterni. Per ottenere il valore totale occorre ancora sommare l'effetto delle incognite iperstatiche.

Sia N° la azione assiale di un ramo nella principale, N l'azione assiale nella struttura originaria.

Se la struttura è isostatica	$N=N^\circ$
Se la struttura ha una iperstatica X	$N=N^\circ+N'X$
Se la struttura ha una iperstatica X ed una Y	$N=N^\circ+N'X+N''Y$

RAGGIO DI INERZIA

Il raggio di inerzia i di una sezione rispetto ad un asse r , è pari per definizione a

$$\sqrt{\frac{J_r}{A}}$$

essendo J_r il momento di inerzia della sezione rispetto all'asse r , ed A l'area della sezione. Il raggio di inerzia è una lunghezza ed è una misura dell'intensità di momento di inerzia a parità di area, ed è fondamentale nella definizione della snellezza.

RAMO

Per ramo si intende in CESCO un tratto di membratura compreso tra due nodi.

Una membratura può essere divisa in rami, mentre non può accadere il contrario.

Può capitare che una membratura venga automaticamente divisa in rami dal programma, ciò avviene quando una nuova membratura interseca la precedente.

Può anche capitare che sia l'utente a desiderare di spezzare una membratura in rami: ciò avviene quando si vogliono applicare delle forze all'interno di una membratura, e non si trovano nodi interni ad essa. In tal caso sarà necessario spezzare la membratura in rami.

Per chi è dimestico con l'argomento si può dire che i rami sono, in realtà, *elementi finiti*.

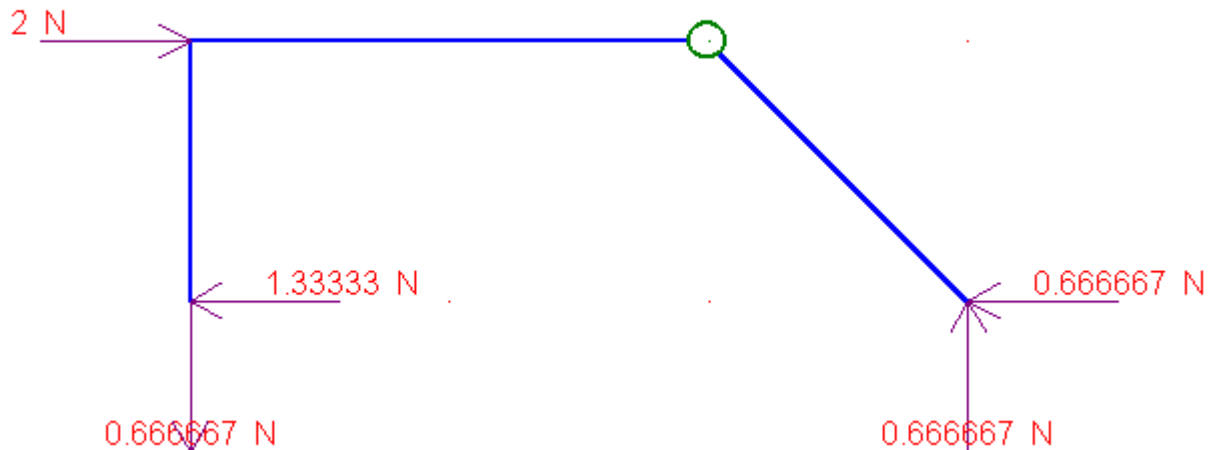
REALE

Per risolvere una struttura con il ply, è necessario impiegare varie diverse strutture oltre a quella originaria (le fittizie, la principale). E' detta allora *reale* la struttura di partenza, quella alla quale si è effettivamente interessati.

REAZIONE

Si chiama reazione la forza o la coppia esercitata da un corpo sul quale sono applicate delle azioni. Per il noto principio risalente a Newton, ad ogni azione corrisponde una reazione eguale e contraria.

REAZIONE VINCOLARE



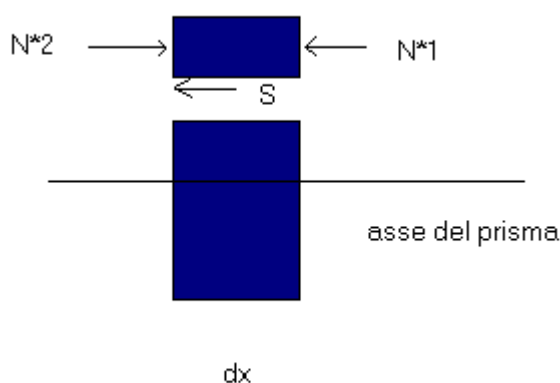
I vincoli fanno sì che una struttura non si muova anche se soggetta a carichi esterni ad essa. Per poter esercitare questo compito i vincoli reagiscono alle azioni comunicate loro dalla struttura per mezzo di reazioni ad esse eguali e contrarie: le reazioni vincolari. Le reazioni vincolari sono sempre tali da garantire l'equilibrio e la *congruenza*, vale a dire il rispetto delle condizioni cinematiche espresse dal vincolo. In sistemi isostatici le reazioni vincolari possono essere trovate grazie alle sole equazioni di equilibrio. In sistemi iperstatici è invece necessario conoscere come il corpo si deforma.

RESA ISOSTATICA

Per risolvere una struttura con il ply, è necessario isostaticizzare la struttura reale, se questa è iperstatica. In CESCO è detta *resa isostatica*, la struttura reale isostaticizzata con tutti i carichi applicati e con le reazioni vincolari incognite chiaramente evidenziate.

SCORRIMENTO

Sia dato un tronco di trave con le due facce “1” e “2” distanti dx , soggetto a due momenti flettenti diversi sulle due facce. Ciascuno di questi momenti flettenti genera (flessione) delle tensioni normali sulla faccia alla quale è applicato. Immaginando di dividere il tronchetto e perciò la sezione in due parti (affettando il tronchetto con un piano parallelo all’asse del prisma), e considerata una delle due parti in cui si è diviso il tronchetto, si vede che la somma delle tensioni normali sulla faccia “1”, $N1^*$, è diversa dalla somma delle tensioni normali sulla faccia “2”, $N2^*$. Se non insorgessero tensioni tangenziali parallele all’asse del prisma, agenti sul piano che ha tagliato il tronchetto, e con risultante $S = N2^* - N1^*$, una parte del tronchetto slitterebbe, *scorrerebbe*, rispetto all’altra.



Ciò accade se il momento flettente è diverso sulle due sezioni “1” e “2”. Se invece il momento è eguale sulle due facce, uguale è la somma delle tensioni normali sulle due facce, $N1^*=N2^*$, e nullo lo scorrimento S .

Allora si intuisce che lo scorrimento è legato alla variazione di momento, dM .

Una semplice manifestazione dello scorrimento si ha prendendo un libro e flettendolo: le pagine (le fibre) scorrono le une sulle altre ed il libro si piega facilmente. Se invece si incollano le pagine del libro queste scorrono con molta maggior fatica, e l'inflessione è resa assai più difficile.

Le tensioni tangenziali che si sviluppano per generare la forza che si oppone allo scorrimento S , sono parenti molto strette delle tensioni tangenziali che si generano su ciascuna faccia a causa del taglio.

In effetti si può vedere che

$$dM = T dx$$

essendo dx la lunghezza di un tratto di trave infinitesimo, dM la variazione di momento tra le due facce distanti dx . Quindi la stessa variazione di momento dM che è responsabile dello scorrimento, è anche responsabile del taglio.

Il taglio è a sua volta responsabile della insorgenza di tensioni tangenziali sulla sezione (τ). Per equilibrio si vede che tali tensioni tangenziali dovute al taglio T sulla corda staccata dal piano con cui si è affettato il tronchetto, sono eguali a quelle che impediscono lo scorrimento e che generano la forza S .

Non esiste un modo unico semplice per valutare le tensioni tangenziali da punto a punto, in quanto la loro distribuzione, la *forma* della loro distribuzione, varia fortemente da sezione a sezione. Generalmente si usa in ambito tecnico una formula che dà il valore medio della tensione tangenziale su una corda, la formula di Jouravskij:

$$t = \frac{TS^*}{bJ}$$

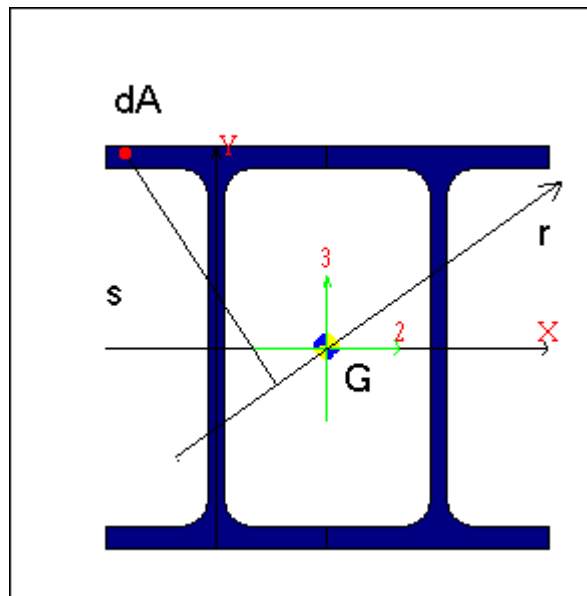
Questa formula è ottenuta sviluppando la relazione $S = N2^* - N1^*$, e immaginando costante la τ lungo la corda (τ *media*).

Per una compiuta illustrazione della formula si rimanda ai testi di teoria.

Per la valutazione del lavoro di deformazione, è possibile definire lo *scorrimento medio* sulla sezione, dt , facendo uso del fattore di taglio χ , nel seguente modo:

$$dt = \chi T dx / GA$$

SEZIONE



Per sezione si intende la forma assunta da un corpo prismatico quando esso viene tagliato da un piano normale al suo asse. La forma e le dimensioni della sezione determinano le sue proprietà statiche, le quali, a loro volta, influiscono direttamente sugli spostamenti subiti dal prisma e, nel caso di struttura iperstatica (iperstaticità) sulle azioni interne presenti nel prisma.

In CESCO il concetto di sezione è diverso da quello di tipologia.

Le sezioni si applicano con il comando Applica Sezione, al quale si rimanda per una lista delle sezioni disponibili.

Ogni sezione ha una serie di caratteristiche che le sono proprie e che possono essere calcolate.

0.1	A	0	it
0.0020833	J2	0.0083333	W2
0.0003333	J3	0.0033333	W3
0.000996	Jt	0.0125	Wpl2
0.1443375	i2	0.005	Wpl3
0.0577350	i3	1.4	U
1.2000000	X2	1.2000000	X3

Nella figura si vede un dialogo nel quale vengono forniti i dati di calcolo relativi ad una sezione. I dati che si trovano a sinistra sono le quote che individuano la sezione, i dati che si trovano a destra sono invece i dati di calcolo. Mentre le quote da dare variano a seconda della forma della sezione, i dati di calcolo sono sempre gli stessi. Qui di seguito viene chiarito il significato dei simboli:

A	area della sezione
J2	<u>momento di inerzia</u> intorno all' <u>asse principale 2</u>
J3	<u>momento di inerzia</u> intorno all' <u>asse principale 3</u>
Jt	<u>momento di inerzia</u> torsionale
i2	<u>raggio di inerzia</u> associato a J2
i3	<u>raggio di inerzia</u> associato a J3
it	<u>raggio di inerzia</u> associato a Jt
W2	<u>modulo di resistenza</u> per flessioni intorno all'asse 2
W3	<u>modulo di resistenza</u> per flessioni intorno all'asse 3
Wpl2	<u>modulo plastico</u> per flessioni intorno all'asse 2
Wpl3	<u>modulo plastico</u> per flessioni intorno all'asse 3
U	superficie di verniciatura per unità di lunghezza
X2	<u>fattore di taglio</u> per taglio secondol'asse 2
X3	<u>fattore di taglio</u> per taglio secondo l'asse 3

Poiché CESCO è un programma che tratta solo i problemi piani, si tenga presente che i dati di calcolo A, J, X, W sono i seguenti:

$$A=A$$

$$J=J_2$$

$$W=W_2$$

$$X=X_3$$

SFORZO

In termini maccheronici si può definire sforzo la forza per unità di superficie presa da ogni singola particella di corpo solido. Una definizione più rigorosa usa il concetto di limite, ed esula dagli scopi di questo glossario: qui basterà dire quanto segue, rimandando ai testi di teoria per una trattazione esaustiva.

Lo sforzo in un dato punto varia al variare della giacitura della superficie sulla quale esso viene letto. Se si conosce lo sforzo su tre facce tra loro perpendicolari allora è noto lo sforzo su una faccia comunque inclinata. Pertanto si definisce tensore dello sforzo l'insieme di tre sforzi su tre facce perpendicolari. Noto il tensore è possibile calcolare lo stato di sforzo su qualunque faccia, comunque inclinata, passante per il punto in esame.

Lo sforzo su una faccia ha sempre una componente normale alla faccia, detto sforzo normale ed indicato generalmente con σ , ed una componente tangente la faccia, detto sforzo tangenziale ed indicato generalmente con τ .

Al variare della giacitura della faccia di lettura variano sia σ che τ . Si può dimostrare che esistono tre facce tra loro ortogonali per le quali la τ si annulla e la σ assume valori di massimo e minimo. I valori di σ corrispondenti sono detti sforzi principali ($\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}$).

L'unità di misura dello sforzo è la forza per unità di superficie (N/mm^2 , Kg/cm^2 , ecc.).

Gli sforzi misurano il cimento al quale è sottoposto il materiale prescindendo dal contesto strutturale nel quale esso si trova: dato uno stato di sforzo ed un criterio di resistenza è possibile dire se lo sforzo può essere sopportato dal materiale anche senza sapere nulla sul contesto nel quale il punto sotto analisi si trova.

Nell'ambito della teoria della elasticità gli sforzi sono legati alle deformazioni da una relazione lineare. Più in generale si chiama legame costitutivo il legame esistente tra sforzi e deformazioni.

SNELLEZZA

Si definisce snellezza il rapporto tra la lunghezza di libera inflessione di un elemento compresso ed il suo raggio di inerzia. La snellezza è un numero puro ed ha di norma valori compresi tra 20 e 200, dipendentemente dall'importanza dell'elemento compresso e dall'entità del carico che è chiamato a sopportare.

La snellezza è un importantissimo indicatore dell'attitudine di un elemento a sbandare sotto carichi di compressione ed è pertanto un fondamentale parametro di progetto.

STATICA

Si chiama statica la disciplina che studia sotto quali condizioni un corpo od un sistema di corpi è in equilibrio sotto l'azione di un insieme di forze o momenti dati. E' inoltre compito della statica la determinazione dello stato di sollecitazione all'interno di questi corpi.

SVINCOLO

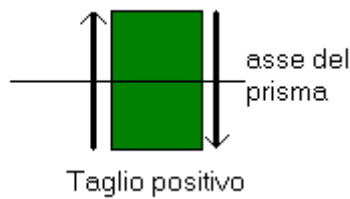
Ogni medaglia possiede due facce: così come il vincolo è una limitazione alla possibilità di muoversi uno svincolo è una limitazione alla *incapacità* di muoversi. Due aste incastrate possono così essere svincolate alla rotazione, se si mette tra loro una cerniera, alla sola traslazione in una direzione, se si mette un pattino, alla traslazione ed alla rotazione se si mette tra loro un carrello.

Quando si aggiungono rami questi vengono tra loro incastrati. Se il vincolo mutuo è più debole dell'incastro, allora occorre introdurre degli svincoli rispetto all'incastro, il che si fa mettendo dei vincoli interni di minor molteplicità. Per questa ragione si è scelto di porre sotto il nome di svincoli l'insieme dei comandi che fanno modificare i vincoli interni: perché il programma parte da una situazione di pieno incastro, che va poi degradata.

TAGLIO

Sia dato un prisma di De Saint Venant soggetto ad uno stato di sforzo, e si tagli il prisma in un punto generico. Le azioni interne che le due facce del prisma si scambiano, eguali e contrarie sulle due facce, sono riducibili ad una coppia (momento flettente), una forza normale alla faccia (azione assiale) ed una forza, detta *taglio*, giacente sulla faccia.

La presenza del taglio è legata al fatto che il momento flettente varia lungo l'asse del prisma, così che si genera uno *scorrimento* delle fibre (scorrimento).



CESCO assume positivo il taglio orario nei diagrammi del taglio, secondo la convenzione indicata in figura.

TERRA

Nell'analisi cinematica si usa spesso il termine “terra” per indicare un sistema di riferimento rispetto al quale si valuta il moto.

E' importante capire che “terra” può essere qualsiasi cosa, persino un corpo in movimento. Quello che interessa infatti è per definizione il moto del sistema in esame (le aste degli esercizi, ad esempio) rispetto al riferimento, non il moto del riferimento in sé. Poiché ciò che l'esperienza fa più frequentemente ritenere fisso è il suolo, il sistema di riferimento è la “terra” (che però, non è affatto ferma).

Si immagini il tavolino di uno scompartimento ferroviario. Esso è incastrato al vagone, e quindi incastrato “a terra” se si esamina il suo moto rispetto allo scompartimento: un signore seduto nello scompartimento dichiarerà che il tavolino è incastrato, tanto è vero che ci ha appoggiato sopra la sua bibita. Ciò non toglie che un altro osservatore, seduto in panchina in una stazione di transito, possa dichiarare che il tavolino sfreccia, insieme al vagone al quale è attaccato, a cento chilometri all'ora. Se si osserva il moto rispetto ad un sistema di riferimento, bisogna “salire” su quel sistema di riferimento e descrivere ciò che si vede in modo coerente.

“Terra” è dunque ciò che noi conveniamo di assumere come riferimento fisso in un dato momento.

TIPOLOGIA

Per tipologia si intende un insieme di proprietà associate ad un tipo sezionale. Queste proprietà consentono al programma di stabilire la legge con la quale certe tipiche grandezze di calcolo variano in funzione dell'altezza.

In termini più semplici si può dire che una tipologia è una particolare forma sezionale sulla quale sono state fatte, da parte del programma, certe ipotesi di regolarità.

La differenza tra una sezione ed una tipologia è che il calcolo delle caratteristiche di una sezione è fatto sulla base delle quote che individuano la sezione stessa, mentre il calcolo delle caratteristiche di una certa tipologia sezionale, data una certa altezza, dipende dalle ipotesi aggiuntive che sono state fatte su quella tipologia.

Una tipologia consente, fissata una altezza, di determinare tutti i parametri di calcolo, ma non consente di eseguire le verifiche, giacchè assegnare una tipologia al fine di valutare le dimensioni probabili (predimensionamento) non significa scegliere una vera e propria sezione, bensì soltanto avere un suggerimento su quelle che probabilmente saranno le dimensioni di una sezione: la scelta di tali dimensioni e l'effettiva attribuzione di una sezione alle membrature è un passo ulteriore che spetta a chi fa il progetto.

Diciamo subito che le ipotesi fatte coprono il campo ingegneristicamente realistico e significativo che possono assumere i valori di progetto, cosicchè l'impiego delle tipologie è ingegneristicamente accettabile. Le ipotesi fatte, delle quali qui verrà dato solo qualche cenno, danno luogo a stime realistiche sulle probabili dimensioni necessarie, dato il tipo in esame.

Le tipologie attualmente previste sono indicate nei bottoni presenti nelle seguenti immagini:



Tipologie disponibili per sezioni in acciaio



Tipologie disponibili per sezioni in cemento armato

- Gli angolari sono a lati eguali;
- I tubi sono quadrati;

Per le tipologie in c.a. è necessario specificare la larghezza. Per le tipologie in acciaio è necessario specificare il materiale e il coefficiente di libera inflessione (snellezza).

Applicando le tipologie è possibile ottenere tutti i possibili risultati, coerentemente con le scelte fatte, ad eccezione degli sforzi sulla sezione (Verifica ramo).

Si ricorda che l'assegnazione di una tipologia comporta anche l'assegnazione di una altezza iniziale di tentativo del tutto arbitraria, pari a 200mm. Il valore stimato per l'altezza dell'elemento si ottiene chiedendo al programma di stimarlo con l'apposito comando (Esegui!).

Non a tutte le tipologie disponibili corrispondono nel programma veri e propri tipi sezionali. Ciò perché il concetto di verifica è più stringente di quello di predimensionamento, e coprire tutte le tipologie con altrettante verifiche è scopo che esula dagli obiettivi di questo software.

UNITA' DI MISURA

Cosa sia l'unità di misura è, riteniamo, scontato: è un campione fisso ed immutabile nel tempo e nello spazio rispetto al quale vengono misurate grandezze dimensionalmente omogenee. Meno scontato è come CESCO tratti l'unità di misura nelle varie modalità. Si veda:

Unità di misura

VINCOLO

Un vincolo è un dispositivo atto a limitare in tutto o in parte il movimento di un corpo rispetto ad un altro corpo o rispetto ad un sistema di riferimento. Se si esaminano le varie possibilità di movimento di un corpo rigido nel piano, e si idealizza l'azione del vincolo come capace impedire alcuni particolari movimenti (la traslazione o la rotazione, o entrambe) si arriva a definire i vincoli comunemente usati (vincoli ideali):

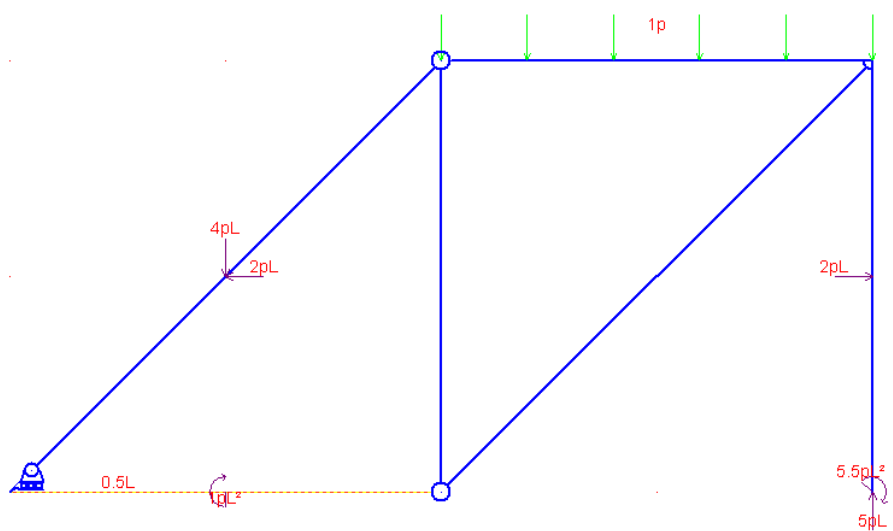
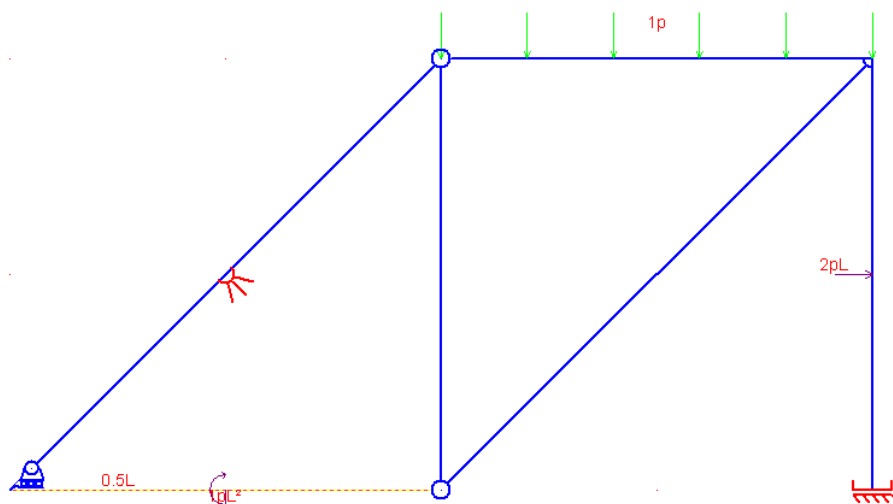
Movimento impedito	Molteplicità	Vincolo ideale corrispondente
--------------------	--------------	-------------------------------

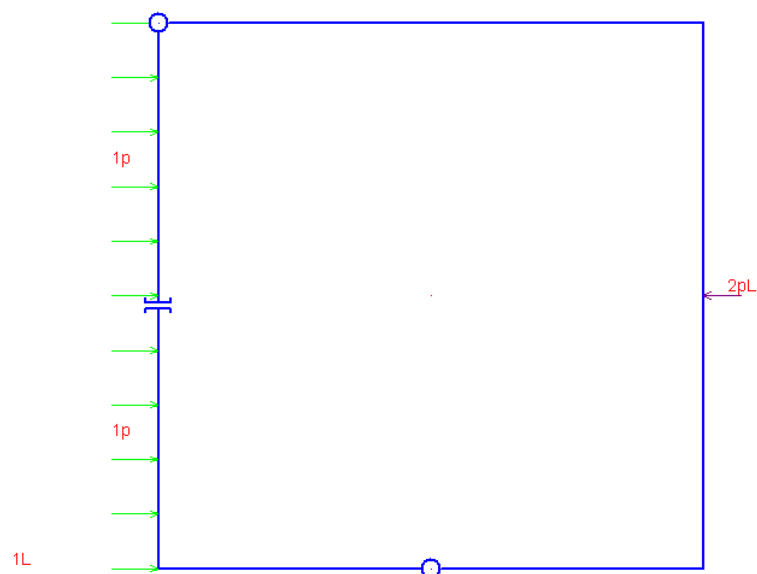
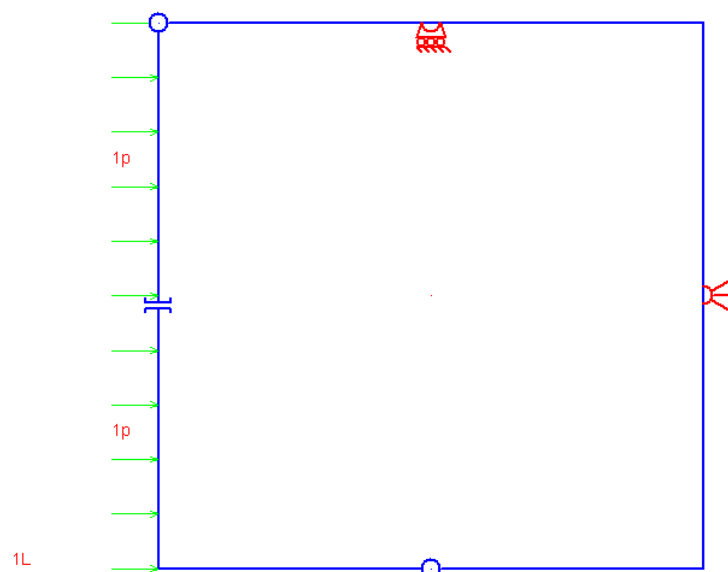
Una traslazione	1	<u>CARRELLO</u>
Una rotazione	1	<u>DOPPIO PATTINO</u>
Due traslazioni	2	<u>CERNIERA</u>
Una rotazione ed una traslazione	2	<u>PATTINO</u>
Una rotazione ed una traslazione	2	<u>MANICOTTO</u>
Una rotazione e due traslazioni	3	<u>INCASTRO</u>

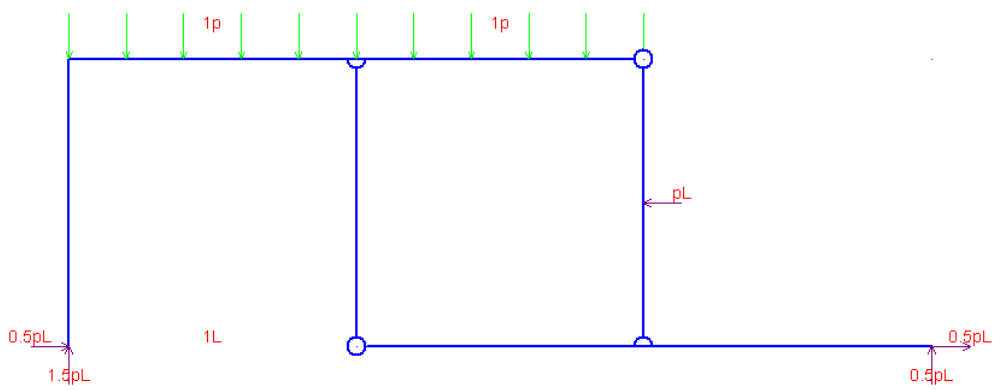
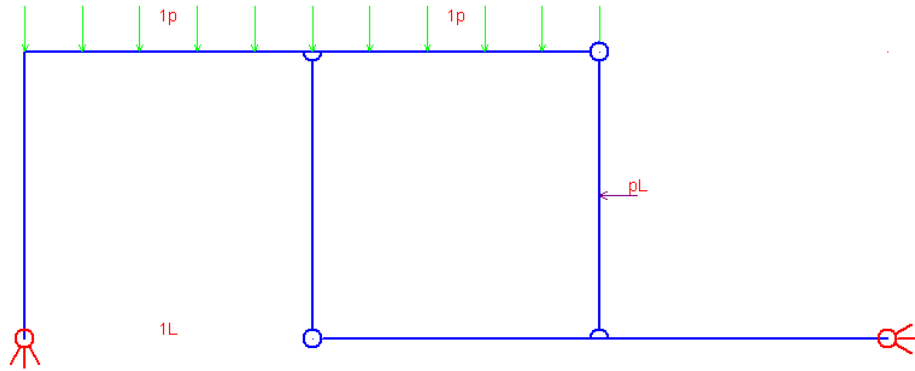
Se il vincolo non limita la capacità di muoversi del corpo rispetto al sistema di riferimento (“terra”), ma limita il movimento relativo di un corpo rispetto ad un altro, si parla di *vincolo relativo*. Quindi è possibile definire anche i vincoli relativi ideali, in analogia a quanto visto per i vincoli “esterni”.

Per esempio, la ruota di una bicicletta è incernierata al telaio, e da esso non può staccarsi, ma è libera di muoversi, insieme alla bicicletta, ovunque.

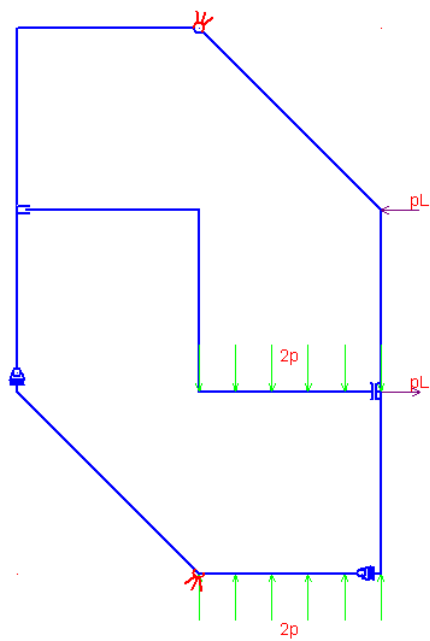
13 ESEMPI



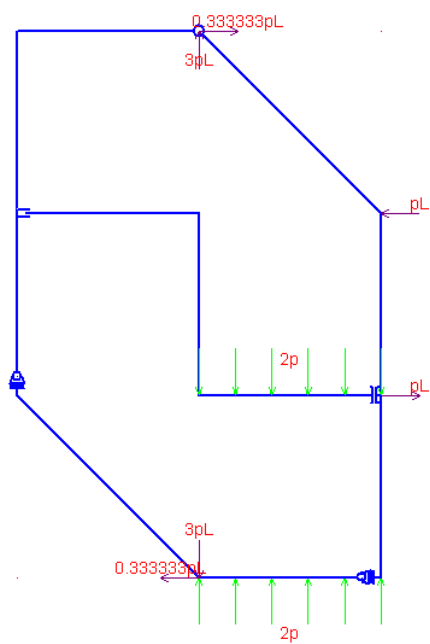




1L



1L





1	INTRODUZIONE	2
1.1	LICENZA D'USO.....	3
1.2	RINGRAZIAMENTI	5
1.3	AVVERTENZE	6
1.4	PANORAMICA.....	7
1.5	COME USARE QUESTA GUIDA	13
1.6	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	14
1.7	L'INTERFACCIA DI CESCO	14
1.8	GENERALITÀ SUI COMANDI.....	16
1.9	MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO	17
1.10	UNITÀ DI MISURA.....	18
2	COME.....	21
2.1	COME...SCEGLIERE LE MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO	22
2.2	COME...COMINCIARE DA ZERO.....	23
2.3	COME...DESCRIVERE LA STRUTTURA	24
2.4	COME...APPLICARE LE AZIONI E LE COAZIONI	25
2.5	COME...ASSEGNARE I VINCOLI.....	26
2.6	COME...INTRODURRE SVINCOLI	26
2.7	COME...FARE L' ANALISI CINEMATICA.....	26
2.8	COME...OTTENERE LE REAZIONI VINCOLARI	27
2.9	COME...ASSEGNARE I MATERIALI	28
2.10	COME...ASSEGNARE LE SEZIONI.....	29
2.11	COME...PREDIMENSIONARE	30
2.12	COME...STUDIARE GLI SFORZI IN UNA SEZIONE	32
2.13	COME...STUDIARE I DIAGRAMMI	32
2.14	COME...STUDIARE LA DEFORMATA	32
2.15	COME...APPLICARE IL PLV	33
2.16	COME...STAMPARE	38
2.17	COME...PERSONALIZZARE L'INTERFACCIA.....	39
2.18	COME...EVITARE NUMERI SOVRAPPOSTI	40
3	COMANDI DEL MENU' FILE.....	41
3.1	FILE-NUOVO	42
3.2	FILE-APRI.....	42
3.3	FILE-SALVA.....	42
3.4	FILE-SALVA IN	42
3.5	FILE-SALVA CONFIGURAZIONE	42
3.6	FILE-MODALITA'-PREDIMENSIONAMENTO	43
3.7	FILE-MODALITA'-EQUILIBRIO	43
3.8	FILE-MODALITA'-CONGRUENZA.....	43

3.9	FILE-MODALITA'-ANALISI	43
3.10	FILE-UTENTE	44
3.11	FILE-STAMPA.....	44
3.12	FILE-ANTEPRIMA DI STAMPA	44
3.13	FILE-TITOLO DI STAMPA	44
3.14	FILE-SETUP STAMPANTE.....	45
3.15	FILE-FOTOGRAFA	45
3.16	FILE-ESCI	45
4	COMANDI DEL MENU' MOSTRA	46
4.1	MOSTRA-BARRA STRUMENTI	47
4.2	MOSTRA-BARRA DI STATO.....	47
4.3	MOSTRA-QUATTRO RIQUADRI	47
4.4	MOSTRA-IMPOSTA QUADRI.....	47
4.5	MOSTRA-BARRA DELLE FORZE.....	49
4.6	MOSTRA-BARRA DEI VINCOLI.....	49
4.7	MOSTRA-BARRA DEGLI SVINCOLI.....	49
4.8	MOSTRA-BARRA PLV	49
4.9	MOSTRA-NESSUNA BARRA.....	50
4.10	MOSTRA-GRIGLIA	50
4.11	MOSTRA-COLORI.....	51
4.12	MOSTRA-DIMENSIONI.....	52
4.13	MOSTRA-FONT	53
4.14	MOSTRA-FORMATO	54
4.15	MOSTRA-NUMERAZIONE ELEMENTI STRUTTURALI.....	56
4.16	MOSTRA-INGOMBRO ELEMENTI STRUTTURALI	56
5	COMANDI DEL MENU' DISEGNA.....	58
5.1	DISEGNA-RIDISEGNA	59
5.2	DISEGNA-INCLUDI	59
5.3	DISEGNA-ZOOM IN.....	59
5.4	DISEGNA-ZOOM OUT	59
6	COMANDI DEL MENU' EDIT	60
6.1	EDIT-ANNULLA.....	61
6.2	EDIT-RIFA'	61
6.3	EDIT-APPLICA MATERIALE.....	61
6.4	EDIT-APPLICA SEZIONE	62
6.5	EDIT-APPLICA GRAVITA'	71
6.6	EDIT-SEZIONE.....	72
6.7	EDIT-MATERIALE	72
6.8	EDIT-UNITA'	73

6.9	EDIT-RAMI-DISGIUNTI	73
6.10	EDIT-RAMI-CONGIUNTI	74
6.11	RICHIESTA DI COORDINATE (DIALOGO)	76
6.12	MODALITA' DI INPUT (DIALOGO)	76
6.13	RICHIESTA DI DX E DY (DIALOGO)	77
6.14	RICHIESTA DI UN ANGOLO E UNA DISTANZA	77
6.15	RICHIESTA DI UN ANGOLO E UNA DISTANZA (PROIETTATA DX) (DIALOGO).....	77
6.16	RICHIESTA DI UN ANGOLO E UNA DISTANZA (PROIETTATA DY) (DIALOGO).....	78
6.17	EDIT-RAMI-DIVIDI.....	78
6.18	EDIT-RAMI-ARCO	79
6.19	EDIT-RAMI-SELEZIONA.....	81
6.20	EDIT-RAMI-CANCELLA	81
6.21	EDIT-AZIONI-FORZA-+X.....	82
6.22	EDIT-AZIONI-FORZA--X.....	83
6.23	EDIT-AZIONI-FORZA-+Y	83
6.24	EDIT-AZIONI-FORZA--Y	84
6.25	EDIT-AZIONI-FORZA-(+X+Y)	85
6.26	EDIT-AZIONI-FORZA-(+X-Y)	86
6.27	EDIT-AZIONI-FORZA-(-X+Y)	86
6.28	EDIT-AZIONI-FORZA-(-X-Y).....	87
6.29	EDIT-AZIONI-FORZA-QUALSIASI.....	88
6.30	EDIT-AZIONI-COPPIA-ANTIORARIA	89
6.31	EDIT-AZIONI-COPPIA-ORARIA	90
6.32	EDIT-AZIONI-PX	91
6.33	EDIT-AZIONI-PY	92
6.34	EDIT-AZIONI-TERMICO	93
6.35	EDIT-AZIONI-CEDIMENTO.....	94
6.36	EDIT-VINCOLO-NESSUNO.....	96
6.37	EDIT-VINCOLO-INCASTRO	96
6.38	EDIT-VINCOLO-CERNIERA	97
6.39	EDIT-VINCOLO-MANICOTTO	97
6.40	EDIT-VINCOLO-PATTINO-GIU'	97
6.41	EDIT-VINCOLO-PATTINO-SU.....	97
6.42	EDIT-VINCOLO-PATTINO-SINISTRA.....	98
6.43	EDIT-VINCOLO-PATTINO-DESTRA	98
6.44	EDIT-VINCOLO-PATTINO-GIU' -DESTRA.....	98
6.45	EDIT-VINCOLO-PATTINO-GIU' -SINISTRA	98
6.46	EDIT-VINCOLO-PATTINO-SU-DESTRA	99
6.47	EDIT-VINCOLO-PATTINO-SU-SINISTRA	99
6.48	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-GIU'	99
6.49	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SU.....	99

6.50	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SINISTRA	100
6.51	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-DESTRA	100
6.52	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-GIU' -DESTRA.....	100
6.53	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-GIU' -SINISTRA	100
6.54	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SU-DESTRA	101
6.55	EDIT-VINCOLO-CARRELLO-SU-SINISTRA	101
6.56	EDIT-SVINCOLO-NESSUNO	101
6.57	EDIT-SVINCOLO-COMPLETO	102
6.58	EDIT-SVINCOLO-CERNIERA	103
6.59	EDIT-SVINCOLO-CERNIERA SU TUTTI	103
6.60	EDIT-SVINCOLO-MANICOTTO	103
6.61	EDIT-SVINCOLO-PATTINO 0°	103
6.62	EDIT-SVINCOLO-PATTINO +45°	104
6.63	EDIT-SVINCOLO-PATTINO -45°	104
6.64	EDIT-SVINCOLO-CARRELLO 0°	104
6.65	EDIT-SVINCOLO-CARRELLO +90°	104
6.66	EDIT-SVINCOLO-CARRELLO -90°	105
6.67	EDIT-SVINCOLO-CARRELLO +45°	105
6.68	EDIT-SVINCOLO-CARRELLO -45°	105
7	COMANDI DEL MENU' CINEMATICA	106
7.1	CINEMATICA-ESEGUI	107
7.2	CINEMATICA-MOTO RIGIDO.....	107
7.3	CINEMATICA-SUCCESSIVO	107
7.4	CINEMATICA-PRECEDENTE.....	107
7.5	CINEMATICA-SCALA	107
7.6	CINEMATICA-NUMERAZIONE "ASTE".....	108
7.7	CINEMATICA-INTERROGA	109
7.8	CINEMATICA-SUGGERIMENTI	109
8	COMANDI DEL MENU' PREDIMENSIONA.....	110
8.1	PREDIMENSIONA-TIPOLOGIA.....	111
8.2	PREDIMENSIONA-IMPOSTA ITERAZIONE.....	113
8.3	PREDIMENSIONA-ESEGUI!	115
9	COMANDI DEL MENU' PLV	116
9.1	PLV-AGGIUNGI SPOSTAMENTO	117
9.2	PLV-RIMUOVI SPOSTAMENTI.....	118
9.3	PLV-RIMUOVI SCELTA IPERSTATICHE	119
9.4	PLV-REALE.....	119
9.5	PLV-RESA ISOSTATICA	119
9.6	PLV-PRINCIPALE.....	120

9.7	PLV-FITTIZIA 1	120
9.8	PLV-FITTIZIA 2	120
9.9	PLV-FITTIZIA 3	121
9.10	PLV-IMPOSTA	121
9.11	PLV-SISTEMA RISOLVENTE	122
9.12	PLV-LAVORO INTERNO RAMO	123
10	COMANDI DEL MENU' POST	125
10.1	POST-RISOLVI!	126
10.2	POST-N.....	126
10.3	POST-T	126
10.4	POST-M.....	126
10.5	POST-SCALA	126
10.6	POST-EQUAZIONE.....	127
10.7	POST-DEFORMATA.....	128
10.8	POST-SCALA	128
10.9	POST-INTERROGA RAMO.....	129
10.10	POST-REAZIONI VINCOLARI.....	131
10.11	POST-ENERGIA DI DEFORMAZIONE.....	131
10.12	POST-SFORZI RAMO	131
11	COMANDI DEL MENU' HELP	136
11.1	HELP-INDICE.....	137
11.2	HELP-COME USARE L'HELP	137
11.3	HELP-HELP CONTESTUALE.....	137
11.4	HELP-INFORMAZIONI SU CESCO	137
12	GLOSSARIO	139
13	ESEMPI.....	192