

ANALISI TRAVE CONTINUA

Programma

ATC

per personal computer

Manuale introduttivo
(Settembre 2010)

Sono vietate le riproduzioni non autorizzate

Le eventuali riproduzioni di tutto o parte del presente documento dovranno riportare ben evidenziato l'autore qui sotto riportato.

PRESENTAZIONE

ATC è un programma per la progettazione di travi continue in cemento armato.

Esegue l'analisi strutturale delle travi continue su più appoggi, funzionante su personal computer, completo, ma soprattutto molto semplice nell'uso. Particolare importanza si è data all'introduzione dei dati ed alla stampa dei risultati, compreso le sezioni in cemento armato durante l'input e l'output. Alla visualizzazioni grafiche della struttura, delle sue deformate e dei diagrammi di sollecitazione e di resistenza sia alle tensioni ammissibili che agli stati limite.

ATC esegue la progettazione automatica (o in alternativa quella manuale) delle armature con verifica sia alle tensioni ammissibili che agli stati limite.

ATC esegue il disegno completo della trave e delle armature, disegno esportabile.

L'AUTORE DEL PROGRAMMA
ing. Tiziano Gaddi

GADDI software
via Era 15
23826 Mandello del Lario (LC)
ITALY

tel. 0341 731745
fax 0341 700905

e-mail gaddissoftware@tin.it
web: www.gaddissoftware.it

CARATTERISTICHE DEL PROGRAMMA E AVVERTIMENTI PER L'USO

Il programma non è garantito dagli autori ne loro rappresentanti. Gli autori non garantiscono che le funzioni contenute nel programma soddisfino le esigenze dell'utente o funzionino in tutte le loro combinazioni. L'utente dovrà inoltre controllare il programma ed ovviare a proprie spese ad eventuali errori o malfunzionamenti.

Il programma può funzionare solo con l'ausilio del supporto su cui viene fornito.

La perdita o l'alterazione del programma o di parte di esso, o del supporto, non dà diritto alla loro sostituzione. L'utente è responsabile della buona conservazione del programma e del supporto.

SIMBOLOGIA

Coordinate

Y , asse in direzione verticale verso il basso, della trave

Z , asse in direzione orizzontale verso destra, della trave

Direzioni

y , direzione asse y

z , direzione asse z

xx , rotazione attorno all'asse x

Materiali

E , modulo elastico normale

G , modulo elastico tangente

ρ_s , peso specifico materiale

Rigidezze molle supporti elastici

k_y , rigidezza molla in direzione y

k_{xx} , rigidezza molla attorno all'asse x

Grandezze statiche sezioni

A , area sezione

J_{yy} , momento di inerzia baricentrico misurato con y (momento di inerzia attorno all'asse x)

X_y , fattore di taglio in direzione y

Rapporti accelerazioni

A_y/g , rapporto dell'accelerazione in direzione y con l'accelerazione di gravità g

Forze

F_y , forza in direzione y

F_{xx} , momento attorno all'asse x

Spostamenti

δy , spostamento in direzione y

δ_{xx} , rotazione attorno all'asse x

Deformazioni

ϵ_z , deformazione assiale

c_y , curvatura nel piano zy , positiva se allunga le fibre a y positivo

Sollecitazioni

T_y , azione di taglio parallela a y
 M_y , momento flettente nel piano yz

Resistenze caratteristiche

R_{ck} , resistenza caratteristica cubica calcestruzzo
 f_{ck} , resistenza caratteristica calcestruzzo
 f_{sk} , resistenza caratteristica acciaio in barre

Resistenze di calcolo

f_{cd} , resistenza di calcolo calcestruzzo
 f_{sd} , resistenza di calcolo acciaio in barre

Coefficienti di sicurezza materiali

γ_c , coefficiente sicurezza calcestruzzo
 γ_s , coefficiente sicurezza acciaio

Capitolo 1

INTRODUZIONE ALLA VERSIONE 10.00

1.1) Premessa

Questo manuale introduce all'uso di ATC.

1.2) Aggiornamenti

Sono riassunti i principali aggiornamenti e revisioni che seguono le versioni di ATC.

1.2.1) Aggiornamento alla versione 10.00

Con la versione 10.00 il programma ATC è aggiornato con riferimento alle NTC08 e all'Eurocodice 2004. In particolare:

- sono disponibili le curve di resistenza dei materiali, proposte dalle nuove norme, per il calcolo del momento resistente allo SLU;
- sono potenziati i comandi di AutoSet per l'assegnazione dei dati;
- è possibile creare un file grafico *.GIF, per le varie finestre di ATC, leggibile dal CadNostrum (proprietario) ed attraverso lo stesso CadNostrum gestire il disegno oppure creare un file DXF.

FARE ATTENZIONE

Caricando un file dati di versioni precedenti, alcuni dati (e/o impostazioni e/o delle opzioni) sono assegnati al valore di default mentre altri sono assegnati a zero o non assegnati. E' importante che caricando un file dati di versioni precedenti l'utente riassegna e riverifichi tutti i dati di input.

1.3) Criteri d'uso del programma

Il programma ATC è un programma estremamente potente e versatile che permette il calcolo ed il disegno delle travi continue in cemento armato con il massimo rigore nei calcoli e nelle verifiche e con la massima personalizzazione nel disegno della carpenteria e delle armature della trave.

Un adeguato uso di ATC porterà ad un risparmio di calcolo e disegno non indifferente, sia per le usuali travi a sezione costante che per travi più complicate se per queste ultime si avrà la costanza di costruirsi, pian piano nel tempo, un corposo data-base tipologico.

Fondamentale è lo sfruttamento della tecnologia usata in ATC, che permette di codificare la maggior parte delle grandezze che descrivono la struttura sia per quanto riguarda il calcolo che il disegno.

Maggiori dettagli sono forniti più avanti nel manuale.

1.4) Preparazione all'uso di ATC

Per un razionale e veloce uso di ATC è opportuno preparare i file dati FileLoad che permettono di assegnare rapidamente i dati richiesti da ATC nel calcolo e disegno delle travi. Questi file non sono necessari ma molto utili per l'uso di ATC.

I file di autoload da mettere a disposizione di ATC sono:

- AutoLoad-ATC.ICA per l'impostazione del cartiglio;
- AutoLoad-ATC.STI per gli stili;
- AutoLoad-ATC.UDM per le unità di misura.

Brevi esempi sono presenti nei file installati. Per le spiegazioni vedere più avanti manuale.

1.5) Uso semplificato di ATC

Si descrivono i passi essenziali per l'uso semplificato di ATC, uso che è in generale quello più frequente.

Passo 0:

Avviare il programma ATC.

Passo 1:

Con il comando **Inserisci\Seleziona tipo trave**, selezionare il tipo di trave, se necessario, l'impostazione di default è "Standard" per una generica trave.

Passo 2:

Con il comando **Inserisci\Imposta calcolo trave**, vengono fornite le indicazioni per il calcolo, scelte ed opzioni, i coefficienti per i momenti, eventuale carico di peso proprio.

Alcune opzioni sono preimpostate in modo che ATC generi automaticamente i dati necessari per il calcolo (diversamente questi sono da assegnare manualmente).

Passo 3:

Con il comando **Inserisci\Geometria trave**, sono assegnate le grandezze relative alle campate della trave ed agli appoggi, nonché alle sezioni delle varie campate. In particolare per trave a sezione costante verrà assegnato un unico nome di sezione per tutte le campate. I valori in colore blu non modificabili, se necessita la loro modifica occorre ritornare al passo2 e modificare le impostazioni.

Per aggiungere una campata fare "clic" con il pulsante sinistro del mouse sopra il "+" posto sulla sinistra della finestra di dialogo.

Con il pulsante destro del mouse (valido in genere per tutte le finestre) si apre il menu contesto che permette la modifica.

Passo 4:

Con il comando **Inserisci\Materiali** si assegnano le grandezze dei materiali calcestruzzo e acciaio, in uno dei seguenti modi: o selezionando la classe di resistenza (consigliato), o con l'auto set dati assegnando il valore fondamentale o manualmente assegnando tutti i valori richiesti.

Passo 5:

Con il comando **Inserisci\Carichi uniformemente distribuiti** si assegna il valore del carico permanente e del carichi variabile distribuito su tutta la trave; il flag “Assegna carichi uniformemente distribuiti” deve essere attivato (vedi passo 2).

Passo 6:

Con il comando **Analisi\Progetto armature** si opera da parte dell'utente la scelta dell'armatura longitudinale e la disposizione delle staffe. Il programma ATC esegue, di conseguenza, il progetto delle armature.

Passo 7:

Con il comando **Analisi\Calcolo+Verifica** sono calcolate le sollecitazioni ed è eseguita la verifica della trave come precedentemente armata, fornendo i risultati del calcolo sia in forma numerica che in diagrammi.

Passo 8:

Con il comando **File\Esporta file GIF** viene esportato il disegno della trave in formato GIF “Graphic intermediate file” (file tipo *.GIF). Il formato GIF è compatibile con il programma di disegno CadNostrum.

Passo 9:

Con il comando **File\Anteprima di Stampa** l'utente può selezionare le parti della relazione di calcolo da stampare, fare eventuali modifiche ed eseguirne la stampa.

1.6) Dimensioni e limitazioni

Le dimensioni sono imposte e controllate da ATC. In particolare si hanno le seguenti limitazioni:

- il numero di campate è limitato a 20;
- il numero di armature longitudinali è limitato a 100;
- il numero di barre di armatura per posizione è limitato a 19;
- il numero di campiture per le staffe è limitato a 100;
- il numero di condizioni di carico separate è limitato a 8;
- il numero di associazioni di carico variabili è limitato a 16;

Il numero di sezioni di suddivisione delle aste è fisso e vale 81.

1.7) L'uso dei menu

L'introduzione dei dati è agevolato dai menu e dalle finestre di dialogo. Questi permettono di eseguire le varie operazioni senza un ordine rigido. Basta mantenere una sequenza logica relativa ai dati strutturali.

Per la maggior parte delle finestre di dialogo è possibile avvalersi di ulteriori aiuti tramite i menu contesto attivabili con il tasto destro del mouse.

Per le finestre grafiche è possibile avvalersi di aiuti tramite i menu contesto attivabili con il tasto destro del mouse, generalmente l'operazione così selezionata è da completare con l'uso del mouse.

Nel menu Disegno sono presenti, tra l'altro, i comandi di modifica degli stili, necessari per una migliore visualizzazione grafica degli oggetti. In ATC sono usati più moduli grafici:

- Disegno trave paginata e non;
- Sezione geometrica (corrente);
- Sezione in c.a. (corrente);
- Struttura;
- Spostamenti;
- Sollecitazioni e resistenze a taglio;
- Sollecitazioni e resistenze a flessione;
- Involuppi.

Per ognuno di questi moduli gli stili sono indipendenti.

Per le varie finestre di ATC, tra cui quelle sopra elencate, è possibile creare un file grafico *.GIF, leggibile dal CadNostrum (proprietario) ed attraverso lo stesso CadNostrum gestire il disegno oppure creare un file DXF.

Capitolo 2

IL PROGRAMMA ATC

2.1) Introduzione

Il programma esegue l'analisi statica delle travi continue in cemento armato:

- progetto delle sezioni e delle armature (oppure assegnazione manuale);
- calcolo delle sollecitazioni;
- verifica alle tensioni ammissibili ed agli stati limite ultimi;
- disegno della carpenteria e delle armature, completata con sezioni trasversali;
- lista completa delle armature longitudinali e delle staffe;
- personalizzazione avanzata adattabile alle varie esigenze.

con:

- trave a sezione variabile campata per campata;
- possibilità di svincolare gli estremi della trave (primo e ultimo nodo);
- vincoli per i nodi interni della trave di solo appoggio;
- molle (supporti elastici) in corrispondenza ai nodi;
- carichi concentrati e carichi distribuiti a tratti ad andamento costante e lineare (permettono la formazione di carichi generici);
- aumento dei momenti positivi di campata (momenti limite di campata) per confronto con i relativi di semplice appoggio;
- ridistribuzione dei momenti di continuità;
- raccordo sollecitazioni di continuità (momenti e tagli);
- traslazione momenti per effetto tagli (nel metodo SLU);
- combinazione automatica dei carichi e in alternativa combinazione manuale impostata dall'utente;
- generazione automatica dei carichi distribuiti;
- per le travi la possibilità di avere restringimenti di sezione (fori nella trave);
- per i travetti di solaio possibilità di "allargamento" della sezione in prossimità degli appoggi.

Lo schema statico strutturale è quello delle travi continue su più appoggi, con opportunità di svincolare i nodi a terra (appoggi), con supporti elastici (molle) applicate ai nodi, carichi di tipo generico, cedimenti anelastici dei vincoli a terra, stati di coazione anelastiche.

L'analisi strutturale è condotta in campo elastico lineare, conformemente al metodo generale, sfruttando la tecnica degli elementi finiti. L'approccio teorico seguito è il metodo delle deformazioni. Le verifiche sono eseguite con le usuali ipotesi della scienza delle costruzioni, in particolare, ipotesi di materiali a comportamento elastico lineare e/o non lineare e ipotesi di sezioni piane.

Nel metodo delle tensioni ammissibili è fatto riferimento al D.M. 14.02.1992.

Nel metodo agli stati limite è fatto riferimento alle NTC08 (D.M. 14 GEN 2008) e all'Eurocodice 2004.

2.2) Sistemi di riferimento

Il sistema di riferimento adottato è una terna destrorsa di assi ortogonali X,Y,Z, di cui X,Y nel piano della sezione e Z lungo l'asse della trave:

- l'asse Y è rivolto verso il basso (che è anche direzione positiva dei carichi verticali);
- l'asse Z è diretto da sinistra (inizio trave) a destra (fine trave) nel disegno rappresentativo della trave. La posizione di coordinata $z=0$ coincide con il primo nodo della trave in corrispondenza dell'asse del primo appoggio (o corrispondente in presenza di svincolo).

I carichi agenti sono positivi se diretti nel verso del rispettivo asse (in particolare quelli verticali verso il basso).

I momenti nel piano yz hanno verso positivo quando tendono le fibre a y positivo (fibre inferiori).

I tagli sono positivi se la coppia che agisce su un elemento di lunghezza unitaria è oraria.

Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso del rispettivo asse, in particolare quelli verticali verso il basso.

Le tensioni sono positive di trazione e negative di compressione.

2.3) I nodi

I nodi (o punti nodali) sono le entità che permettono la descrizione della struttura mediante elementi finiti. Essi definiscono, in generale, gli estremi degli elementi. Sono generati automaticamente da ATC con numeri progressivi a partire da 1.

Ad ogni nodo sono associate due componenti di spostamento, che salvo quelle vincolate, sono conosciute come gradi di libertà del nodo. Esse sono:

- 1 - spostamento in direzione y;
- 2 - spostamento in direzione xx (rotazione attorno all'asse delle x).

Vincoli dei nodi: ogni componente di spostamento può essere così dichiarata:

- componente libera;
- componente fissa, cioè vincolata a terra con vincolo fisso;
- componente vincolata a terra ma con vincolo cedevole;

2.4) Gli elementi

Sono considerati i seguenti elementi:

- supporti elastici (molle);
- aste rettilinee (travi rettilinee).

Supporti molle

Sono elementi formati da una molla di traslazione e una molla di rotazione, a comportamento elastico lineare. Esse sono applicate al nodo e collegate a terra. Ad uno spostamento positivo di una componente nodale a cui è collegato il supporto, corrisponde una sollecitazione positiva nella corrispondente "componente" del supporto stesso (molla).

Aste rettilinee

Sono aste rettilinee aventi rigidità esclusivamente flessionale, a comportamento elastico lineare. Il sistema di riferimento è quello relativo formato dall'asse z coincidente con l'asse dell'asta, l'asse y normale a z e l'asse x normale uscente dal piano della struttura. Gli assi x e y si trovano quindi nel piano della sezione trasversale dell'asta.

Capitolo 3

ASSEGNAZIONE DEI DATI

3.1) Introduzione

I comandi di ATC relativi all'assegnazione dei dati, all'elaborazione, alla visualizzazione ed alla gestione sono divisi in menù e sottomenù. Sono tra loro raggruppati in modo coerente in modo da rendere intuitivo la procedura di analisi da parte dell'utente.

In questa sessione sono descritti i comandi di ATC, altre spiegazioni sull'uso del programma sono riportate in altre sessioni di questo manuale introduttivo.

L'assegnazione dei dati per ATC per eseguire il calcolo della trave continua e ottenerne il disegno della carpenteria e delle armature nel modo più completo ed efficiente, può essere affrontato in diversi modi, modi che vanno dalla soluzione completamente automatica a quella esclusivamente manuale oppure intermedie alle due precedenti.

La soluzione completamente automatica richiede l'assegnazione dei dati minimi di descrizione della trave, quali la lunghezza delle varie campate, la dimensione della sezione trasversale, le caratteristiche dei materiali calcestruzzo ed acciaio, i carichi agenti.

Per contro la soluzione completamente manuale permette di agire su tutte grandezze geometriche, strutturali e grafiche.

3.2) Nome del documento

Comando **Inserisci\Nome documento**

Ad ogni documento (o esempio di calcolo) può essere assegnato un nome (titolo), che compare anche nella stampa dei risultati e come titolo nel disegno della trave.

3.3) Testo cartiglio

Comando **Inserisci\Testo cartiglio**

Il testo del cartiglio è un'insieme di informazioni che possono essere riportate nel disegno della trave. Riguarda le intestazioni della tavola di disegno e la scala di rappresentazione.

3.4) Selezione del tipo di trave

Comando **Inserisci\Seleziona tipo trave**

ATC ammette le seguenti distinzioni del tipo di "trave":

- Standard;
- Trave con fori;
- Travetti solaio classici;
- Travetti solaio prefabbricati.

La selezione permette l'assegnazione di informazioni aggiuntive (vedere nel seguito).

La trave con fori ammette due fori (restringimento della sezione) per ogni campata. I fori non influiscono nel calcolo delle sollecitazioni ma ne è tenuto conto nella verifica delle sezioni nonché nel calcolo delle resistenze.

I travetti di solaio ammettono la possibilità di aumentare (allargare) la sezione in prossimità degli appoggi. Gli aumenti di sezione non influiscono nel calcolo delle sollecitazioni ma ne è tenuto conto nella verifica delle sezioni nonché nel calcolo delle resistenze.

Nel progetto delle armature dei travetti solaio prefabbricati, il programma ATC genera le armature contenute nei travetti prefabbricati con le opportune lunghezze.

3.5) Imposta calcolo trave

Comando **Inserisci\Imposta calcolo Trave**

Questo comando permette all'utente di assegnare le impostazioni base per il calcolo della trave, che sono:

- Metodo di calcolo

L'analisi della trave continua, ammette due possibilità, una prima che il calcolo sia eseguito secondo i criteri del metodo alle tensioni ammissibili (MTA), una seconda che il calcolo sia eseguito con il metodo agli stati limite ultimi (SLU).

- Tipo di calcolo

Il calcolo delle sollecitazioni della trave continua, ammette due possibilità, una prima che le sollecitazioni siano calcolate con un calcolo elastico lineare, una seconda che le sollecitazioni siano calcolate con un calcolo elastico non lineare.

Il calcolo elastico lineare ammette la linearità tra sollecitazioni e deformazioni. Il calcolo elastico non lineare considera la non linearità dei materiali calcestruzzo e acciaio, secondo le curve assegnate, e tra le sollecitazioni e le deformazioni il legame è del tipo elastico non lineare.

La versione attuale ammette il solo calcolo elastico lineare.

- Tipo di combinazione

Nel calcolo delle sollecitazioni delle travi continue è fondamentale la combinazione dei carichi variabili agenti sulla trave, in particolare la distinzione tra carichi agenti sulle diverse campate. Non ultimo il fatto che soprattutto nel metodo agli stati limite ultimi occorre generalmente considerare più possibilità di condizioni di carico.

Se si seleziona "Combina i carichi per campata" il programma ATC considera i carichi variabili agenti sulla singola campata e sul singolo nodo o tutti assenti o tutti presenti a seconda che per la sollecitazione in esame e nella sezione considerata si abbia la condizione più gravosa. I carichi variabili raggruppati per campata sono così considerati agenti in modo indipendente.

Se si seleziona “Combinazioni assegnate dall’utente” il programma ATC considera unicamente le combinazioni di carico assegnate dall’utente (che coincidono con le associazioni di carico).

Quindi, se si seleziona “Combina i carichi per campata” il programma esegue la combinazione automatica dei carichi. Sono calcolate le sollecitazioni risultanti sommando di volta in volta alle sollecitazioni prodotte dall’associazione dei carichi permanenti considerati sempre presenti i carichi di una delle associazione dei carichi variabili di cui questi ultimi raggruppati campata per campata e nodo per nodo e combinati nel modo più sfavorevole, cioè considerando i carichi variabili della singola associazione agenti sulla singola campata e sul singolo nodo indipendenti gli uni dagli altri (... ci sono o non ci sono).

Invece, se si seleziona “Combinazioni assegnate dall’utente” sono calcolate le sollecitazioni sommando di volta in volta ai carichi dell’associazione dei carichi permanenti i carichi di una delle associazione di carico variabili dichiarate.

Le sollecitazioni delle combinazioni ottenute nel modo sopra detto vengono poi a formare l’involuppo risultante.

(Vedere il significato di associazione di carico)

- Opzioni

Nella finestra di dialogo è possibile abilitare le opzioni seguenti.

– Abilitando “Momenti limite di campata” il programma aumenta i momenti di campata secondo le regole più avanti descritte.

– Abilitando “Riduzione momenti di continuità” il programma riduce i momenti di continuità secondo le regole più avanti descritte.

– Abilitando “Raccorda sollecitazioni di continuità” il programma raccorda le sollecitazioni di continuità secondo le regole più avanti descritte.

– Abilitando “Traslazione momenti per effetto taglio” il programma trasla i momenti secondo le regole più avanti descritte.

– Abilitando “Assegna coeff. momenti limite di campata” il programma predispone i relativi coefficienti per il calcolo dei momenti limite di campata (o momenti di guardia) diversificando tra le campate laterali (prima e ultima) e le campate centrali. Alle campate laterali viene assegnato il coefficiente **C_l** ed alle campate centrali viene assegnato il coefficiente **C_c** più avanti descritti. Disabilitando il comando i coefficienti per il calcolo dei momenti limite di campata sono assegnabili manualmente con il comando **Inserisci\Geometria trave**.

– Abilitando “Assegna coeff. riduzione momenti di continuità” il programma predispone i relativi coefficienti di riduzione dei momenti di continuità assegnando il coefficiente **C_r** più avanti descritto. Disabilitando il comando i coefficienti per il calcolo della riduzione dei momenti di continuità sono assegnabili manualmente con il comando **Inserisci\Geometria trave**.

– Abilitando “Assegna carichi uniformemente distribuiti” il programma predispone i dati relativi ai carichi uniformemente distribuiti sia per i carichi permanenti che per i carichi variabili. In questo caso le associazioni di carico e tutti i carichi (permanentemente e variabili) sono eliminati e sono generati i seguenti dati:

- a) due condizioni di carico separate (condizione separata 1 e 2), la prima per i carichi permanenti e la seconda per i carichi variabili;
- b) i coefficienti per l’associazione di carico per i carichi permanenti;
- c) i coefficienti per l’associazione di carico per i carichi variabili;

- d) i carichi della condizione separata 1 (permanenti), di cui il peso proprio attraverso il valore dell'accelerazione e il valore di **ps** (peso specifico trave) e i carichi uniformemente distribuiti sulle aste con valore **p** (carico permanente);
- e) i carichi della condizione separata 2 (variabili), carichi uniformemente distribuiti sulle aste con valore **q** (carico variabile).

Con questa opzione abilitata i dati di cui ai punti a), b), c), d), e) non sono modificabili. Per modificarli, anche una volta assegnati con questo metodo, disattivare l'opzione.

- Inclinazione puntoni in calcestruzzo e resistenza calcestruzzo d'anima

Nel metodo SLU occorre assegnare l'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo tramite il valore di $\cotg(\theta)$ che ATC assume o come valore fisso o come limite superiore a secondo dell'opzione selezionata.

Occorre pure assegnare la resistenza nella verifica a taglio del calcestruzzo d'anima tramite il rapporto $v_1 = f_{cd} / f_{cd}$.

- Coefficienti riduzione momenti di continuità

Il programma chiede di inserire:

il coefficiente **Cr** per la riduzione dei momenti di continuità;

- Coefficienti momenti di guardia

Il programma chiede di inserire:

il coefficiente **Cl** per il calcolo dei momenti limite per le campate laterali;

il coefficiente **Cc** per il calcolo dei momenti limite per le campate centrali;

- Peso specifico trave

Il programma chiede di inserire il valore **ps** del peso specifico della trave (che verrà combinato con il valore dei rapporti di accelerazione e poi applicato all'area delle sezioni della trave).

3.6) Geometria trave

Comando **Inserisci\Geometria trave**

Questo comando permette all'utente di assegnare i dati geometrici e di vincolo della trave.

Nella prima finestra di dialogo ogni riga rappresenta una campata della trave (in ordine e con la prima a sinistra, ecc.). Le campate possono essere aggiunte o tolte.

Per ogni campata si assegna:

- a) la lunghezza della campata, definita come la distanza tra le mezzerie dei due appoggi di competenza;
- b) i coefficienti per il calcolo dei momenti limite di campata (se abilitati e/o non bloccati);
- c) l'indicazione per il disegno della sezione di mezzeria della campata;
- d) il nome della sezione associata alla campata (codice alfanumerico), dati sezione poi da assegnare.

Inserire una campata vuole dire inserire la campata ed il suo appoggio di sinistra. ATC ricopia alcuni dati dalla campata precedente (se è presente) o successiva (se la campata che si sta inserendo

è la prima a sinistra), tra cui il nome della sezione, il vincolo e altre grandezze riportate nelle finestre di dialogo.

Nella seconda finestra di dialogo ogni riga rappresenta un “appoggio” o estremo di campata (in ordine e con il primo posto a sinistra della prima campata, ecc.).

Per ogni “appoggio” si assegna:

- e) il tipo di “appoggio” da scegliere tra quelli indicati;
- f) i coefficienti per il calcolo della riduzione dei momenti di continuità (se abilitati e/o non bloccati);
- g) la larghezza degli appoggi (misura lungo l’asse della trave);
- h) l’altezza dell’appoggio (serve per il solo disegno e nel caso che il tipo di appoggio è dichiarato “trave”);
- i) la sigla dell’”appoggio” (serve per il solo disegno).

Nella terza finestra si assegna, se necessario:

- j) l’estensione del bordo sinistro della trave **Bst**;
- k) l’estensione del bordo destro della trave **Bdt**.

Questi servono per il disegno e per la forma delle barre di armatura. Non influiscono nel calcolo delle sollecitazioni. Influiscono nel calcolo del volume della trave.

Nelle successive finestre di dialogo si assegna la geometria delle sezioni.

Si assegnano, per ogni sezione distinta:

- a) una eventuale descrizione;
- b) il tipo di sezione;
- c) X_o , ascissa origine relativa, che permette di posizionare la sezione in orizzontale (asse x);
- d) Y_o , ordinata origine relativa che permette di posizionare la sezione sulla verticale rispetto all’origine degli assi (serve per travi ad altezza variabile campata per campata);
- e) la larghezza della sezione;
- f) l’altezza della sezione;
- g) la larghezza dell’anima della sezione (solo per sezioni a T, Tr, L, Lr);
- h) l’altezza dell’ala della sezione (solo per sezioni a T, Tr, L, Lr);

Con: T sta per sezione a T;
Tr sta per sezione a T rovescio;
L sta per sezione a L;
Lr sta per sezione a L rovescio.

Per le travi dichiarate con fori sono richiesti i dati di descrizione dei fori, rettangolari. In ogni campata possono inserirsi due fori, uno posizionato sulla sinistra della campata ed uno posizionato sulla destra della campata. Sono richiesti, per ogni campata:

- a) la larghezza del foro di sinistra;
- b) la lunghezza del foro di sinistra;
- c) la posizione del foro di sinistra quale distanza misurata dall’estremo di sinistra della campata sino al bordo del foro;
- d) la larghezza del foro di destra;
- e) la lunghezza del foro di destra;
- f) la posizione del foro di destra quale distanza misurata dall’estremo di destra della campata sino al bordo del foro.

Sono da descrivere solo i fori effettivamente presenti, diversamente lasciare i valori a zero.

La larghezza dei fori non deve eccedere la larghezza della sezione competente diminuita della larghezza dell’anima per le sezioni a T, Tr, L, Lr.

Per le travi dichiarate travetti di solaio sono richiesti i dati di descrizione degli eventuali ringrossi posti agli estremi delle campate. In ogni campata possono descriversi due ringrossi, uno posizionato sulla sinistra della campata ed uno posizionato sulla destra della campata. Sono richiesti, per ogni campata:

- a) l'incremento della larghezza della sezione sul lato interno della campata del ringrosso di sinistra;
- b) l'incremento della larghezza della sezione all'estremo campata del ringrosso di sinistra;
- c) la lunghezza del ringrosso di sinistra a partire dall'estremo della campata di sinistra;
- d) l'incremento della larghezza della sezione sul lato interno della campata del ringrosso di destra;
- e) l'incremento della larghezza della sezione all'estremo campata del ringrosso di destra;
- f) la lunghezza del ringrosso di destra a partire dall'estremo della campata di destra.

Sono da descrivere solo i ringrossi effettivamente presenti, diversamente lasciare i valori a zero. I ringrossi non devono sovrapporsi.

Un possibile controllo della congruenza dei dati è fattibile con il comando

Inserisci\Aste rettilinee\Sezioni con armatura, per la visualizzazione delle sezioni modificate.

3.7) Materiali

Comando **Inserisci\Materiali**

Per i materiali componenti la trave (calcestruzzo e armature) risulta necessario definire le proprietà meccaniche. Questi sono usati per il calcolo dello stato di sollecitazione e deformazione della struttura e per la verifica degli elementi e/o calcolo della resistenza. Per i materiali sono generalmente richieste le grandezze per il metodo alle tensioni ammissibili o per il metodo agli stati limite. Nelle finestre di dialogo sono riportate le opportune indicazioni.

3.8) Carichi per “Assegna carichi uniformemente distribuiti”

Con l'opzione “Assegna carichi uniformemente distribuiti” attivata il programma chiede di inserire i carichi uniformemente distribuiti e i coefficienti parziali per le azioni.

3.8.1) Carichi uniformemente distribuiti

Comando **Inserisci\Carichi uniformemente distribuiti**

Con l'opzione “Assegna carichi uniformemente distribuiti” attivata, il programma chiede di inserire il valore **p** del carico permanente e **q** del carico variabile, che verranno assegnati come uniformemente distribuiti su tutta la trave.

3.8.2) Coefficienti parziali per le azioni

Comando **Inserisci\ Coefficienti parziali**

Con l'opzione “Assegna carichi uniformemente distribuiti” attivata, il programma chiede di inserire i coefficienti parziali per le azioni permanenti;

- γ_{G1} favorevole (gGf),

- γ_{G1} sfavorevole (g_{Gsf});
- e i coefficienti parziali per le azioni variabili:
- γ_Q favorevole (g_{Qf}),
 - γ_Q sfavorevole (g_{Qsf}).

Se g_{Gsf} è maggiore di g_{Gf} la quota parte di carico permanente pari alla differenza $g_{Gsf}-g_{Gf}$ in ATC è considerato carico variabile e quindi presente e/o non presente campata per campata.

3.9) Carichi e associazione di carico generici

Con l'opzione "Assegna carichi uniformemente distribuiti" non attivata il programma chiede di inserire i carichi e le associazioni di carico secondo le esigenze dell'utente.

3.9.1) Condizioni di carico separate

Comando **Inserisci\Condizioni di carico separate**

I carichi agenti sulla struttura sono suddivisi in gruppi chiamati "condizioni di carico separate". Le condizioni di carico sono poi associate attraverso coefficienti (nel metodo agli stati limite sono anche chiamati coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU) in "associazioni di carico" e distinte tra permanenti e variabili.

La somma dei carichi associati permanenti e dei carichi di una associazione di carico variabili è assunta come distribuzione di carico agente sulla trave per il calcolo dello stato di sollecitazione e deformazione. Con l'opzione "Combina i carichi per campata" i carichi variabili, campata per campata e nodo per nodo, sono considerati con il valore massimo o con il valore nullo in modo da ottenere la condizione più gravosa ed a fornire gli involucri relativi all'associazione di carico: si considerano più disposizioni di carico. Con l'opzione "Combinazioni assegnate dall'utente" alla struttura sono applicati i carichi secondo i coefficienti delle relative associazioni: si considera un'unica disposizione di carico.

Le sollecitazioni e deformazioni così calcolate, indipendenti le una dalle altre e non influenti tra di loro, sono poi usate per il calcolo degli involucri risultanti.

ESEMPIO

Si abbia una trave soggetta ad un carico permanente (P), ad un carico variabile (V1), a dei carichi concentrati (V2). Le possibilità di carico si riducano alle seguenti:

- agisce il carico permanente ed il carico variabile V1 nella sua totalità;
- agisce il carico permanente ed il carico variabile V2 nella sua totalità;
- agisce il carico permanente, il carico variabile V1 ridotto ed il carico variabile V2 ridotto.

Allo scopo si definiscono tre condizioni di carico:

- condizione di carico separata 1, con la descrizione dei permanenti;
- condizione di carico separata 2, con la descrizione dei carichi V1;
- condizione di carico separata 3, con la descrizione dei carichi V2;

Si definisce l'associazione dei carichi permanenti, di cui i coefficienti:

$$\gamma_1 \neq a; \quad \gamma_2 = 0; \quad \gamma_3 = 0$$

Si definiscono tre associazione dei carichi variabili, di cui i coefficienti:

$$\gamma_1 = 0; \quad \gamma_2 \neq b; \quad \gamma_3 = 0$$

$$\gamma_1 = 0; \quad \gamma_2 = 0; \quad \gamma_3 \neq c$$

$$\gamma_1 = 0; \quad \gamma_2 = br; \quad \gamma_3 \neq cr$$

dove a,b,c sono i valori dei coefficienti di combinazione delle azioni, br e cr gli stessi ridotti.

3.9.2) Associazioni di carico permanenti

Comando **Inserisci\Associazioni di carico permanenti**

I carichi permanenti, si ottengono associando le condizioni di carico separate con gli opportuni coefficienti di combinazione. Generalmente, se i carichi permanenti sono tutti descritti nella condizione di carico separata 1, i coefficienti di combinazione saranno tutti nulli escluso il primo. Si ricorda che il peso proprio viene conteggiato come prodotto dell'area della sezione per il peso specifico e per il rapporto di accelerazione. Quest'ultimo può assegnarsi nullo o non nullo, attraverso il valore dell'accelerazione, in una qualsiasi delle condizioni di carico separata a secondo delle esigenze.

3.9.3) Associazioni di carico variabili

Comando **Inserisci\Associazioni di carico variabili**

I carichi variabili, si ottengono associando le condizioni di carico separate con gli opportuni coefficienti di combinazione. Generalmente, se i carichi permanenti sono tutti descritti nella condizione di carico separata 1, il primo coefficiente di combinazione di ogni associazione sarà nullo.

3.9.4) I carichi

Comando **Inserisci\Carichi**

Nei carichi (generalizzati) sono considerate tutte quelle entità che producono nella struttura delle sollecitazioni, e precisamente: accelerazioni, carichi forze e momenti, cedimenti vincoli e distorsioni impresse.

Sono considerati, per ogni condizione di carico separata, i seguenti tipi di carico:

- 1) accelerazioni (rapporti di accelerazione con l'accelerazione di gravità);
- 2) carichi sui nodi;
- 3) carichi sulle aste rettilinee;
- 4) cedimenti vincoli a terra;
- 5) distorsioni anelastiche molle;
- 6) distorsioni anelastiche aste rettilinee.

3.9.4.1) Accelerazioni

La massa per l'accelerazione fornisce la forza

$$f = m \cdot a$$

se si moltiplica e si divide il secondo membro per g (accelerazione di gravità) si ottiene

$$f = ps \cdot (a/g)$$

essendo il peso specifico $ps = m \cdot g$. Nel sistema tecnico quest'ultima grandezza risulta più familiare. In ATC si forniscono quindi il peso specifico e il rapporto delle accelerazioni a/g nella direzione verticale, e precisamente:

$A Y/g$ = rapporto accelerazione in direzione Y;

Le forze dovute alle accelerazioni (tra cui i pesi propri) sono ottenute dal rapporto di accelerazione A/g , dall'area della sezione, dal peso specifico dichiarato. Se una delle precedenti grandezze è nulla la corrispondente forza è nulla.

3.9.4.2) Carichi applicati ai nodi

Sono la forza F_y e il momento F_{xx} , riferiti al sistema della trave.
Devono essere assegnati, per ogni carico:

il numero del nodo su cui agisce il carico;

F_y = forza in direzione y (positiva se verso il basso);

F_{xx} = forza in direzione xx (momento positivo se ruota in senso antiorario).

3.9.4.3) Carichi applicati alle aste rettilinee

Costituiti da forze e momenti distribuiti, nel sistema di riferimento dell'asta.

Sono considerate le seguenti direzioni di carico:

descrittore Y : forza in direzione y;

descrittore XX : forza in direzione xx;

Sono considerati i seguenti tipi di carico:

descrittore C : carico concentrato Q;

descrittore DC: carico distribuito costante q;

descrittore DL: carico distribuito lineare dal valore q_1 al valore q_2 ;

nel modo

descrittore A : carico agente su tutta l'asta;

descrittore I : carico agente tra la sezione di ascissa z_1 (valore carico q_1) e l'ascissa z_2 (valore carico q_2);

Devono essere assegnate, per ogni carico:

numero dell'asta su cui agisce il carico;

direzione = direzione carico (y o xx);

tipo = tipo carico (C, DC o DL);

modo = modo carico (A o I);

z_1 = ascissa di inizio applicazione carico distribuito o ascissa applicazione carico concentrato;

z_2 = ascissa di fine applicazione carico distribuito;

$Q/q/q_1$ = carico concentrato o carico distribuito costante o valore del carico distribuito nel punto di inizio del carico;

q_2 = valore del carico distribuito nel punto di fine del carico.

Le ascisse z sono misurate a partire dal nodo di partenza dell'asta (nodo di sinistra della campata).

3.9.4.4) Cedimenti dei vincoli a terra

Sono lo spostamento δy e la rotazione δ_{xx} , riferiti al sistema dell'asta. Possono applicarsi solo ai nodi dichiarati cedevoli. Devono essere assegnate, per ogni coppia di cedimenti del nodo:

numero del nodo su cui agisce la coppia dei cedimenti;
 δy , spostamento in direzione y (positivo se verso il basso);
 δ_{xx} , spostamento in direzione xx (positivo se la rotazione è antioraria).

Ogni componente di cedimento deve essere associata a componente di spostamento, del nodo, dichiarata come "componente di spostamento vincolata e vincolo cedevole", che corrisponde, come tipo di vincolo, al codice 2. Diversamente, bisogna assegnare il valore nullo per il corrispondente cedimento.

Non sono ammesse sovrapposizioni. Ad un vincolo può assegnarsi un solo cedimento per ogni condizione di carico separata.

3.9.4.5) Distorsioni supporti elastici

Sono le distorsioni δy e δ_{xx} , applicate al supporto, dimensionalmente sono spostamenti e rotazioni, considerate positive se allungano le rispettive molle.

Devono essere assegnate, per ogni coppia di distorsione:

numero del nodo a cui è applicata la molla su cui agisce la terna di distorsione;
 δy , distorsione in direzione y (non ammessa nella versione 1.00);
 δ_{xx} , distorsione in direzione xx.

Non sono ammesse sovrapposizioni. Ad un supporto può assegnarsi una coppia di distorsioni per ogni condizione di carico separata.

3.9.4.6) Distorsioni aste rettilinee

Per le distorsioni anelastiche applicate alle aste, vengono considerate le deformazioni Xy applicate uniformemente su tutta l'asta, come di seguito riportate:

- la curvatura c_y nel piano zy , positiva se allunga le fibre a y positivo ($c_y = Xy = -d^2y/dz^2$).

Devono essere assegnate, per ogni "distorsione":

numero dell'asta su cui agisce la distorsione;
 c_y , deformazione flessionale o curvatura nel piano zy .

Non sono ammesse sovrapposizioni, ad un'asta può assegnarsi una sola di distorsione per ogni condizione di carico separata.

3.10) Coordinate dei nodi

Comando **Inserisci\Coordinate dei nodi**

Le coordinate dei nodi sono generate da ATC in base alla geometria della trave e non sono modificabili.

Le coordinate dei nodi sono riferite al sistema generale di riferimento, il generico nodo di posizione k ha coordinate $(Y,Z)_k$. La numerazione (k) dei nodi è progressiva a partite da 1.

3.11) Vincoli dei nodi

Comando **Inserisci\Vincoli dei nodi**

I vincoli dei nodi sono generati da ATC coerentemente alle assegnazioni del tipo di appoggio (vedi Geometria trave).

I vincoli sono modificabili dall'utente, la modifica non deve essere in contrasto con i tipi di appoggio.

Con la definizione del tipo di appoggio i vincoli alla traslazione verticale possono assumere il valore:

- codice 0, per componente di spostamento libera (valido solo per i nodi estremi della trave);
- codice 1, per componente di spostamento fissa (valido per tutti i nodi della trave);

tutte le componenti di spostamento verticale (fisse o libere) possono essere modificate in componenti di spostamento cedevoli (codice 2) ed il valore del cedimento è da assegnare nei carichi. Diversamente il codice 0 non può essere cambiato in codice 1 e viceversa, tale modifica se necessaria è da farsi nell'assegnazione del tipo di appoggio.

Con la definizione del tipo di appoggio i vincoli alla rotazione dei nodi vengono assunte come componente di spostamento libere (codice 0). Tutte le componenti di spostamento alla rotazione possono essere modificate in componenti di spostamento fisse (codice 1) o cedevoli (codice 2) ed in quest'ultimo caso il valore del cedimento è da assegnare nei carichi.

3.12) Supporti elastici

Comando **Inserisci\Supporti elastici**

I supporti elastici, o molle, sono elementi formati da una molla di traslazione e una molla di rotazione. In ATC è ammessa la sola molla alla rotazione.

Se al generico nodo è applicata una molla alla rotazione occorre assegnare il valore della rispettiva rigidità k_{xx} (rigidità molla attorno all'asse x).

3.13) Aste rettilinee

E' possibile modificare e/o controllare alcuni dati relativi alle aste.

3.13.1) Aste rettilinee: Grandezze lineari

Comando **Inserisci \ Aste rettilinee \ Grandezze lineari**

Ogni campata della trave è strutturalmente descritta da un'asta a sezione costante avente rigidezza flessionale. Il sistema di riferimento è quello della trave con l'asse z coincidente con l'asse dell'asta, l'asse y normale a z verticale verso il basso e l'asse x normale uscente dal piano della struttura verso l'osservatore. Gli assi x e y si trovano nel piano della sezione trasversale dell'asta. Per aste elastiche lineari l'origine degli assi x, y coincide con il baricentro della sezione. La posizione dell'asta e la lunghezza sono determinate dai due nodi di estremità.

ATC genera le grandezze delle aste secondo i dati assegnati dall'utente. L'utente può intervenire e modificare queste grandezze.

Le grandezze statiche associate all'elemento asta, sono:

(assegnare valori ≥ 0 , di cui A,q,G > 0)

il numero progressivo, a partire da 1 da sinistra, assegnato da ATC e non modificabile;

A = area sezione trasversale;

Jyy= momento di inerzia attorno all'asse x (misurato con y);

Xy = fattore di taglio per la direzione dell'asse y;

E = modulo elastico normale;

G = modulo elastico tangente;

ps = peso specifico.

L'area A della sezione trasversale interviene nella definizione del peso della trave (assieme al peso specifico ed al rapporto di accelerazione) e del suo volume. A maggior precisione sul significato di Xy, la deformazione a taglio di un elemento unitario di trave in direzione y vale $Xy \cdot Ty / G \cdot A$, di cui Ty è la sollecitazione a taglio in direzione y.

3.13.2) Aste rettilinee: Sezioni con armatura

Comando **Inserisci \ Aste rettilinee \ Sezioni con armatura**

Con questo comando è possibile visualizzare una generica sezione di una generica asta. Sono visualizzate le grandezze geometriche della sezione selezionata nonché la disposizione delle armature della sezione. Sono riportate solo le armature strutturali che si trovano internamente alla sezione in verticale. La sezione così individuata è quella presa a base dei calcoli di resistenza.

Il comando permette un ulteriore controllo sull'esattezza dei dati.

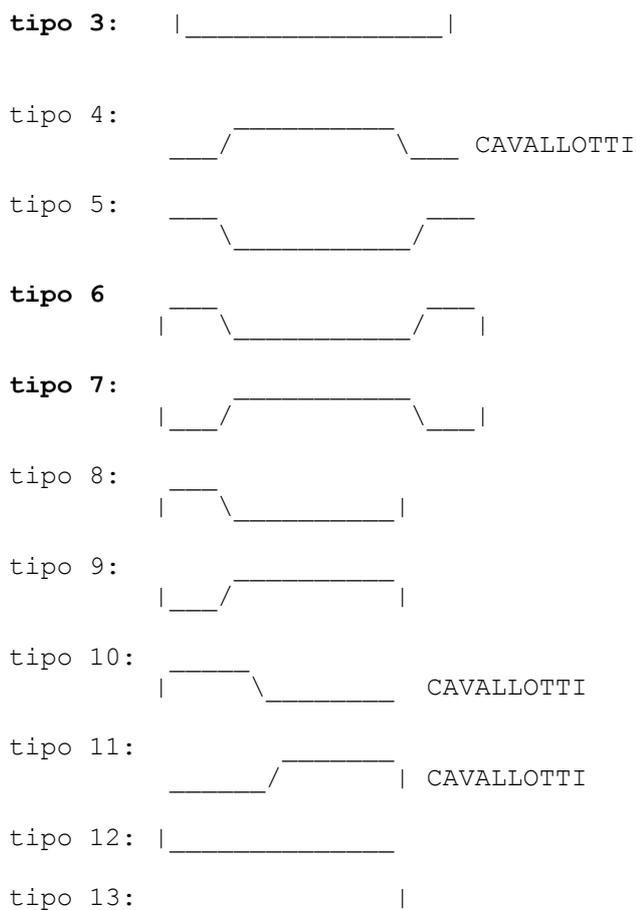
3.14) Armature

Questo comando permette all'utente di assegnare i dati relativi alle barre dell'armatura longitudinale, o di modificarle anche quando sono fatte generare automaticamente da ATC con il comando **Analisi \ Progetto armature**.

Sono supportati i seguenti tipi di armatura:

tipo 1: _____

tipo 2: _____



3.14.1) Armature: Armature

Comando **Inserisci \ Armature \ Armature**

Nella 1^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di armatura longitudinale della trave (in ordine di inserimento), composta da una o più barre uguali. Nella rappresentazione a video la “posizione” è indicata in colore grigio. Nel disegno stampato la “posizione” non viene segnata.

Le armature possono essere aggiunte o tolte (vedi tasto destro del mouse).

Per ogni armatura, si assegna:

- il tipo di armatura, secondo la tabella delle armature longitudinali;
- l’indicazione: se **disabilitata** (l’armatura compare esclusivamente in questo elenco), se **strutturale** (considera l’armatura nel calcolo delle resistenze e nelle verifiche), **non strutturale** (l’armatura è usata per il solo disegno, è trascurata nei calcoli statici);
- il numero delle barre (per posizione di armatura);
- il diametro della singola barra;
- l’etichetta da assegnare all’armatura (etichetta di posizione).

Nella 2^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di armatura longitudinale della trave (in ordine di inserimento).

Per ogni armatura, si assegna:

- le dimensioni delle barre di armatura, in ordine partendo da D1 e secondo gli schemi riportati nella tabella delle armature longitudinali.

Nella 3^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di armatura longitudinale della trave (in ordine di inserimento). Vengono assegnati i codici per i vari segmenti componenti l’armatura, a partire dal primo segmento. Oltre l’ultimo segmento i codici sono lasciati a zero.

I codici validi sono:

- 1, per segmenti verticali o segmenti non considerati nelle verifiche di resistenza;
- 11, per segmenti superiori orizzontali, da considerare nelle verifiche di resistenza a flessione;
- 12, per segmenti intermedi orizzontali, da considerare nelle verifiche di resistenza a flessione;
- 13, per segmenti inferiori orizzontali, da considerare nelle verifiche di resistenza a flessione;
- 21, per segmenti inclinati, da considerare nelle verifiche di resistenza a taglio.

Nella 4^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di armatura longitudinale della trave (in ordine di inserimento). Vengono assegnati i dati per il corretto posizionamento dell’armatura all’interno della trave. Per le origini delle armature vedi la tabella delle armature.

Per ogni armatura, si assegna:

- a) il numero della campata a cui fare riferimento per posizionare l’armatura in direzione trasversale verticale;
- b) il numero della campata a cui fare riferimento per posizionare l’armatura in direzione longitudinale (cioè lungo l’asse della trave);
- c) la posizione dell’origine di partenza (origine trave) di riferimento nel posizionamento verticale dell’armatura;
- d) la posizione dell’origine di partenza (origine trave) di riferimento nel posizionamento longitudinale dell’armatura;
- e) la posizione dell’origine di arrivo (origine armatura (vedi tabella armature)) di riferimento nel posizionamento verticale e longitudinale dell’armatura;
- f) la distanza in verticale tra l’origine di partenza (origine trave) e l’origine di arrivo (origine armatura) positiva se verso l’interno della sezione (... o verso il basso);
- g) la distanza longitudinale tra l’origine di partenza (origine trave) e l’origine di arrivo (origine armatura) positiva se verso destra (direzione positiva dell’asse della trave o asse delle z).

Nella 5^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di armatura longitudinale della trave (in ordine di inserimento). Vengono assegnati i dati per gli ancoraggi dell’armatura, distinti tra l’ancoraggio di inizio barra (generalmente a sinistra) e fine barra (generalmente a destra) coerentemente all’ordine di numerazione dei nodi dell’armatura indicati nella tabella delle armature. Per ulteriori informazioni sugli ancoraggi vedere il capitolo 4.

Per il primo estremo di ogni armatura, si assegna:

- la lunghezza del tratto terminale da trascurare per l’ancoraggio;
- la lunghezza di ancoraggio;

Per il secondo estremo di ogni armatura, si assegna:

- la lunghezza del tratto terminale da trascurare per l’ancoraggio;
- la lunghezza di ancoraggio.

Nella 6^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di armatura longitudinale della trave (in ordine di inserimento). Vengono assegnati i codici contenenti i comandi utili per il disegno delle armature.

I comandi sono:

1) **ORDINA = x** : ove x è un numero intero positivo non maggiore del numero di armature presenti, che definisce la priorità di disegno dell’armatura nella vista laterale. La precedenza spetta alle armature che contengono questo comando con valori di x più bassi.

2) **ALLINEA = x[,espressione]** : questo comando allinea il disegno dell’armatura che lo contiene al disegno dell’armatura di posizione x nell’elenco, con possibilità di traslazione verticale di un valore pari al risultato dell’**espressione** (in metri) se presente.

3) **UNISCI = x** : questo comando unisce l'armatura che lo contiene all'armatura di posizione x nell'elenco, in modo tale che questa assume la stessa etichetta e pure unita nella lista ferri. Condizione necessaria per la correttezza del comando è che l'armatura che contiene il comando e l'armatura x siano uguali.

Più comandi devono essere separati dal punto e virgola.

ATC genera queste istruzioni con il comando del progetto delle armature. L'utente può comunque agire manualmente con la loro introduzione e/o modifica.

Questo comando aggiorna le coordinate di posizione trasversale orizzontale (ascisse x) delle barre di armatura di tutte le "posizioni".

3.14.2) Armature: Posizione trasversale

Comando **Inserisci \ Armature \ Posizione trasversale**

Nella finestra di dialogo ogni riga rappresenta la "posizione" di armatura longitudinale della trave (in ordine di inserimento).

Per ogni armatura, si possono assegnare e/o riassegnare le coordinate di posizione trasversale orizzontale (ascisse x) per ogni barra di armatura della "posizione".

3.15) Staffe

Comando **Inserisci \ Staffe**

Questo comando permette all'utente di assegnare i dati relativi alle staffe, o di modificarle anche quando sono fatte generare automaticamente da ATC con il comando **Analisi\Progetto armature**.

Nella 1^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la "posizione" di staffatura della trave (in ordine di inserimento), chiamata campitura e composta da uno o più campi. Le campiture possono essere aggiunte o tolte.

Per ogni campitura, si assegna:

- a) il tipo di staffa, secondo la tabella delle staffe;
- b) l'indicazione: se **disabilitata** (la campitura compare esclusivamente in questo elenco), se **strutturale** (considera le staffe della campitura nel calcolo delle resistenze e nelle verifiche), **non strutturale** (la campitura è usata per il solo disegno, è trascurata nei calcoli statici);
- c) il diametro della staffa della campitura;
- d) l'etichetta da assegnare alla staffe della campitura (etichetta di posizione).

Nella 2^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la "posizione" di staffatura della trave (in ordine di inserimento) o campitura.

Per ogni campitura, si assegna:

- e) le dimensioni della staffa della campitura, in ordine partendo da D1 e secondo gli schemi riportati nella tabella delle staffe.

Nella 3^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la "posizione" di staffatura della trave (in ordine di inserimento) o campitura. Vengono assegnati i dati per il corretto posizionamento della campitura all'interno della trave. Le origini delle staffe sono indicate nella tabella delle staffe.

Per ogni campitura, si assegna:

- f) il numero della campata a cui fare riferimento per posizionare le staffe della campitura in direzione trasversale orizzontale e verticale (cioè interno alla sezione);
- g) il numero della campata a cui fare riferimento per posizionare la campitura in direzione longitudinale (cioè lungo l'asse della trave);
- h) il codice di posizione delle staffe della campitura all'interno della sezione;
- i) la posizione dell'origine di partenza (origine trave) di riferimento nel posizionamento longitudinale della campitura;
- j) la posizione dell'origine di arrivo (origine campitura) di riferimento nel posizionamento longitudinale della campitura;
- k) la coordinata x (orizzontale) per il posizionamento manuale delle staffe all'interno della sezione;
- l) la coordinata y (verticale) per il posizionamento manuale delle staffe all'interno della sezione;
- m) la distanza longitudinale tra l'origine di partenza (origine trave) e l'origine di arrivo (origine campitura) positiva se verso destra (direzione positiva dell'asse della trave o asse delle z).

Nella 4^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di staffatura della trave (in ordine di inserimento) o campitura. Vengono assegnati la lunghezza dei campi ed il relativo passo staffe all'interno del campo, per un massimo di cinque campi per campitura.

Per ogni campitura, si assegna:

- n) la lunghezza dei campi dal campo 1 al campo 5 (il numero dei campi componenti la campitura è stabilito dai primi campi a lunghezza non nulla, quindi i campi a partire dal primo a lunghezza nulla sono trascurati);
- o) il passo delle staffe di ogni campo (se le staffe all'interno di un campo valido (lunghezza>0) non ci sono assegnare 0 al valore del passo);

Nella 5^a finestra di dialogo ogni riga rappresenta la “posizione” di staffatura della trave (in ordine di inserimento) o campitura. Vengono assegnati i codici contenenti i comandi utili per il disegno delle staffe della trave.

I comandi sono:

- 1) **ORDINA = x** : ove x è un numero intero positivo non maggiore del numero di campiture presenti, che definisce la priorità di disegno della campitura delle staffe nella vista laterale. La precedenza spetta alle campiture che contengono questo comando con valori di x più bassi.
- 2) **ALLINEA = x** : questo comando allinea il disegno, nella vista laterale, della campitura che lo contiene al disegno della campitura di posizione x nell'elenco.
- 3) **UNISCI = x** : questo comando unisce le staffe della campitura che lo contiene alle staffe della campitura di posizione x nell'elenco, in modo tale che questa assume la stessa etichetta e pure unità nella lista ferri. Condizione necessaria per la correttezza del comando è che le staffe della campitura che contiene il comando e le staffe della campitura x siano uguali.

Più comandi devono essere separati dal punto e virgola.

ATC genera queste istruzioni con il comando del progetto delle armature. L'utente può comunque agire manualmente con la loro introduzione e/o modifica.

3.16) Impostazione del cartiglio

Comando **Inserisci \ Impostazione cartiglio \ ...**

Il comando **Inserisci \ Intestazione cartiglio \ Edita** modifica l'intestazione del cartiglio del documento corrente.

Il comando **Inserisci \ Intestazione cartiglio \ Carica**

carica da file nel documento corrente l'intestazione del cartiglio.
 Il comando **Inserisci \ Intestazione cartiglio \ Salva**
 salva su file l'intestazione del cartiglio del documento corrente.

3.17) Paginazione del cartiglio

Comando **Inserisci \ Paginazione cartiglio \ ...**

Il comando **Inserisci \ Paginazione cartiglio \ Edita**
 modifica l'impostazione di paginazione del cartiglio del documento corrente.
 Il comando **Inserisci \ Paginazione cartiglio \ Carica**
 carica da file nel documento corrente l'impostazione di paginazione del cartiglio.
 Il comando **Inserisci \ Paginazione cartiglio \ Salva**
 salva su file l'impostazione di paginazione del cartiglio del documento corrente.

3.18) Le opzioni

Comando **Inserisci \ Opzioni \ Coefficiente ampl./riduz.**

Questo comando permette di modificare i coefficienti della scala di rappresentazione grafica degli spostamenti, dei tagli e dei momenti.

Comando **Inserisci \ Opzioni \ Tipo curve di resistenza materiali**

Nei calcoli agli stati limite è possibile specificare il tipo di curve, tensione-deformazione, di resistenza dei materiali da utilizzare nei calcoli.

Comando **Inserisci \ Opzioni \ Numero sezioni asta**

Questo comando permette di selezionare il numero di sezioni per la visualizzazione e la stampa dei risultati delle grandezze relative alle aste. La selezione non modifica la precisione dei risultati. Occorre comunque fare attenzione in quanto un numero ridotto di sezioni potrebbe non comprendere quelle sezioni dove la verifica della resistenza non è soddisfatta.

Comando **Inserisci \ Opzioni \ Paginazione disegno**

Selezionando l'opzione **Disegno non paginato** il disegno della trave viene eseguito in modo completo secondo la disposizione prefissata da ATC.
 Selezionando l'opzione **Disegno paginato** il disegno della trave viene eseguito secondo l'impostazione di paginazione del cartiglio.

ATTENZIONE: per far eseguire l'output su stampante del disegno della trave nella stampa della relazione, occorre che sia selezionata l'opzione **Disegno paginato**.

Comando **Inserisci \ Opzioni \ Disposizione staffe**

Selezionando l'opzione **Disposizione compatta** il disegno delle staffe delle sezioni della trave è fatta in posizione "compatta".

Selezionando l'opzione **Disposizione estesa verticale** il disegno delle staffe delle sezioni della trave è fatta disegnando le staffe una sotto l'altra.

Capitolo 4

IL CALCOLO E LA VERIFICA

4.1) Progetto delle armature

Comando **Analisi \ Progetto armature**

Il comando esegue il progetto delle armature longitudinali e delle staffe. L'utente può personalizzare il progetto delle armature assegnando gli opportuni dati nelle finestre di dialogo collegate al comando stesso.

A seguito del comando, tutte le armature (longitudinali e staffe) presenti sono cancellate; sono rassegnate:

- le armature;
- le staffe;
- la posizione delle armature e i codici;
- le staffe e i codici.

Nella prima finestra di dialogo sono presentate alcune scelte:

- **Armatura superiore**, con una delle due possibilità o nessuna:
 - **Passante**, sono barre diritte o piegate agli estremi poste al bordo superiore della trave, disposte campata per campata con allungamenti sulle campate vicine (dove è possibile);
 - **Interrotta**, sono barre diritte poste al bordo superiore della trave, disposte campata per campata internamente agli appoggi. Questo tipo di armatura è in generale accompagnata dai cavallotti superiori diritti.
- **Armatura inferiore**, con una delle due possibilità o nessuna:
 - **Passante**, sono barre diritte o piegate agli estremi poste al bordo inferiore della trave, disposte campata per campata con allungamenti sugli appoggi e poco oltre (dove è possibile);
 - **Interrotta**, sono barre diritte poste al bordo inferiore della trave, disposte campata per campata internamente agli appoggi con aggiunte le barre diritte o piegate agli estremi di cucitura sugli appoggi.
- **Cavallotti superiori**, con nessuna o una o più delle seguenti possibilità:
 - **Piegati corti** (armature tipo 4, 10 e 11 di tabella) posti al bordo superiore della trave in corrispondenza degli appoggi;
 - **Piegati medi** (armature tipo 4, 10 e 11 di tabella) posti al bordo superiore della trave in corrispondenza degli appoggi;
 - **Piegati lunghi** (armature tipo 4, 10 e 11 di tabella) posti al bordo superiore della trave in corrispondenza degli appoggi;
 - **Diritti** (armature tipo 1 e 2 di tabella) posti al bordo superiore della trave in corrispondenza degli appoggi.

La parte superiore dritta dei cavallotti piegati, misurata a partire dall'asse appoggio vale all'incirca e salvo ulteriori imposizioni:

- $Bz/2+0.6*d*[(1-0.67*\cotg(\alpha))]$, per cavallotti piegati corti
 - $Bz/2+0.6*d*[(1-0.67*\cotg(\alpha))+(1+\cotg(\alpha))]$, per cavallotti piegati medi
 - $Bz/2+0.6*d*[(1-0.67*\cotg(\alpha))+(1+\cotg(\alpha))+(1+\cotg(\alpha))]$, per cavallotti piegati lunghi
- dove Bz è la larghezza dell'appoggio misurata in direzione longitudinale, d è l'altezza utile della sezione, α è l'angolo del segmento piegato rispetto all'orizzontale.

La lunghezza del cavallotto dritto vale all'incirca e salvo ulteriori imposizioni:

- $2*\max(Lcs,Lcd)/5+2*Lanc$

dove Lcs e Lcd sono rispettivamente la lunghezza della campata a sinistra e a destra dell'appoggio considerato, Lanc è la lunghezza di ancoraggio della barra di armatura.

I cavallotti superiori non sono disposti agli estremi liberi della trave.

- **Armatura d'anima e ala**, con una delle due possibilità o nessuna:
 - **Passante**, sono barre diritte poste in corrispondenza dell'ala e dell'anima della trave, disposte campata per campata con allungamenti sugli appoggi e poco oltre (dove è possibile);
 - **Interrotta**, sono barre diritte poste in corrispondenza dell'ala e dell'anima della trave, disposte campata per campata internamente agli appoggi con aggiunte le barre diritte di cucitura sugli appoggi;
 - **Strutturale**, abilitando l'opzione le barre d'anima e ala sono considerate nel calcolo delle resistenze della trave, diversamente sono considerate ai soli fini del disegno.
- **Diametri**, sono da assegnare i diametri che si vogliono assegnare alle varie armature longitudinali. ATC usa e mantiene questi diametri mentre agisce sul numero delle barre.

Nella seconda finestra di dialogo sono presentate alcune scelte:

- **Tipo campitura staffe**, con una delle seguenti possibilità:
 - **Unico campo**, un solo campo per campitura;
 - **3 campi**, un campo centrale e un campo ai lati per campitura, il campo centrale con lunghezza paria $0.50*Lc$, i campi ai lati con lunghezza paria $0.25*Lc$;
 - **5 campi**, un campo centrale e due campi ai lati per campitura, il campo centrale con lunghezza paria $0.40*Lc$, i campi ai lati con lunghezza pari a $0.15*Lc$ ciascuno;
 ATC predispone una campitura per ogni campata.
- **Staffe in progetto**, con nessuna o una o più delle seguenti possibilità:
 - **Staffa esterna anima**, ordina ad ATC di predisporre le staffe (strutturali) nell'anima delle sezioni ad avvolgere tutta l'anima;
 - **Staffa interna anima**, ordina ad ATC di predisporre le staffe (strutturali) nell'anima delle sezioni ad avvolgere solo la parte interna;
 - **Staffa ala**, ordina ad ATC di predisporre le staffe (non strutturali) nell'ala delle sezioni (solo per sezioni a T, Tr, L, Lr).
- **Tipo staffe**, sono da assegnare il tipo di staffe da scegliere secondo la tabella delle staffe.
- **Diametro staffe**, sono da assegnare i diametri che si vogliono assegnare alle varie staffe. ATC usa e mantiene questi diametri mentre agisce sul passo delle staffe all'interno dei campi delle varie campiture. Le staffe d'anima esterne e interne, se tutte e due abilitate, mantengono lo stesso passo.

- **Passo staffe**, è da assegnare il passo massimo delle staffe, che per le staffe d'anima è considerato il valore massimo di progetto mentre per le staffe d'ala è preso come il passo proprio.

Nella terza finestra di dialogo sono presentate alcune scelte:

- **Minimi armatura longitudinale;**
 - **Minimi staffe R.I.;**
 - **Minimi staffe Eurocodice;**
- e le opzioni selezionate impongono i minimi indicati.

4.2) Calcolo sollecitazioni

Comando **Analisi \ Calcolo sollecitazioni**

Il comando esegue il calcolo delle sollecitazioni e spostamenti per ogni associazione di carico e di inviluppo risultante, in particolare:

- gli spostamenti elastici della struttura;
- le sollecitazioni taglianti;
- le sollecitazioni flessionali.

Vedi anche “Visualizza risultati”.

4.3) Calcolo delle sollecitazioni e verifica delle resistenze

Comando **Analisi \ Calcolo + Verifica**

Il comando esegue il calcolo delle sollecitazioni e la verifica delle resistenze. Se le resistenze sono insufficienti è segnalata la prima sezione dove si verifica tale insufficienza. I diagrammi forniscono la visione completa dello stato di sollecitazione e di resistenza.

Vedi anche “Visualizza risultati”.

4.4) Visualizza dati

Comando **Analisi \ Visualizza dati**

Il comando visualizza i dati assegnati e generati.

4.5) Visualizza risultati

Comando **Analisi \ Visualizza risultati**

Il comando visualizza i risultati del calcolo, tra cui le sollecitazioni e le resistenze.

Vedi anche “I risultati dell'analisi strutturale”.

4.6) La visualizzazione grafica dei risultati

Il comando **Analisi \ Disegno trave**, visualizza il disegno della trave;

I comandi: - **Analisi \ Grafico struttura deformata \ ...;**
 - **Analisi \ Grafico sollecitazioni di taglio \ ...;**
 - **Analisi \ Grafico sollecitazioni flessionali \ ...;**

visualizzano rispettivamente: gli spostamenti, le sollecitazioni e le resistenze a taglio (se state calcolate), le sollecitazioni e le resistenze a flessione (se state calcolate), relativamente all'involuppo risultante ed alle varie associazioni di carico. Se c'è una sola associazione di carico variabili i corrispondenti diagrammi coincidono con quelli dell'involuppo risultante.

Capitolo 5

LE UNITA' DI MISURA E GLI STILI

5.1) Il menu **Unità**

Il menu **Unità** contiene i sottomenu **Unità di Misura** e **Stili**. Le unità di misura sono le informazioni necessarie per la visualizzazione delle grandezze non adimensionali. Gli stili sono le informazioni necessarie per la rappresentazione grafica del disegno della trave e grafici vari. Gli stili e le unità di misura sono personalizzabili dall'utente.

5.2) Il menù **Unità\ Unità di Misura \...**

Il comando di menù **Unità\Unità di Misura\Carica Unità...** permette di caricare le unità di misura da un file all'interno del documento corrente.

Il comando di menù **Unità\Unità di Misura\Salva Unità...** permette di registrare gli stili del documento corrente su file (compreso il file FileLoad relativo alle unità di misura).

Le unità di misura del documento corrente sono modificabili con i comandi di menu **Unità\Unità di Misura\... .**

Le unità di misura possono essere modificati, salvati su di un file e richiamati dal file in qualunque momento durante l'elaborazione. I comandi sopra detti permettono all'utente di crearsi uno o più file delle unità di misura ed applicare le unità al documento in elaborazione a secondo dell'esigenza.

5.3) Il menù **Unità\Stili\...**

Il comando di menù **Unità\Stili\Carica Stili...** permette di caricare gli stili da un file nel documento corrente.

Il comando di menù **Unità\Stili\Salva Stili....** permette di registrare gli stili del documento corrente su file (compreso il file FileLoad relativo agli stili).

Gli stili del documento corrente sono modificabili con i comandi di menu **Disegno\Stili\... .**

Gli stili possono essere modificati, salvati su di un file e richiamati dal file in qualunque momento durante l'elaborazione. I comandi sopra detti permettono all'utente di crearsi uno o più file di stile ed applicarlo al documento in elaborazione a secondo dell'esigenza.

Capitolo 6

I FILE AUTOLOAD E FILELOAD

6.1) Introduzione

I file AutoLoad e/o FileLoad contengono informazioni che possono essere “caricate” dal programma in modo automatico o a seguito dell’opportuno ordine.

I file AutoLoad di ATC sono:

Autoload– ATC.STI

Autoload– ATC.UdM

Autoload–ATC.ICA

che vengono caricati automaticamente all’avvio di ATC e ad ogni nuovo documento, mentre non sono considerati FileLoad.

Tutti i file AutoLoad e FileLoad possono essere modificati e/o integrati dall’utente.

I file AutoLoad devono stare nella directory ...**ATC** e generalmente sono modificabili solo con l’autorizzazione dell’amministratore. I file FileLoad possono stare in qualunque directory.

6.2) Il file AutoLoad–ATC.STI

I file AutoLoad–ATC.STI contiene le informazioni relative agli stili necessari per la rappresentazione grafica del disegno della trave e delle sue armature nonché dei vari grafici. E’ modificabile dall’utente, il comandi del menù sono **Unità\Stili\Carica Stili...** e **Unità\Stili\Salva Stili...** che permettono di caricare gli stili in un documento oppure di registrare gli stili del documento corrente su file.

6.3) Il file AutoLoad–ATC.UdM

I file AutoLoad–ATC.UdM contiene le informazioni relative alle unità di misura utilizzate dal programma. E’ modificabile dall’utente, il comandi del menù sono **Unità\Unità di Misura\Carica Unità...** e **Unità\Unità di Misura\Salva Unità...** che permettono di caricare le unità di misura in un documento oppure di registrare le unità di misura del documento corrente su file.

6.4) Il file AutoLoad–ATC.ICA

I file AutoLoad–ATC.ICA contiene le informazioni relative all’intestazione del cartiglio utilizzato dal programma.

Il comando **Inserisci\IntestazioneCartiglio\Edita** modifica l’intestazione del cartiglio del documento corrente.

Il comando **Inserisci\IntestazioneCartiglio\Carica** carica da file nel documento corrente l'intestazione del cartiglio.

Il comando **Inserisci\IntestazioneCartiglio\Salva** salva su file l'intestazione del cartiglio del documento corrente.

Capitolo 7

I RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

I risultati sono forniti in forma numerica e in diagrammi. Vengono stampati, relativamente:

- agli involuppi delle associazioni di carico;
- agli involuppi risultanti;

i seguenti:

- 1) mappa degli spostamenti;
- 2) spostamenti dei nodi;
- 3) azioni sui vincoli dei nodi;
- 4) sollecitazioni supporti elastici (molle);
- 5) sollecitazioni trave (aste rettilinee);
- 6) spostamenti e deformazioni trave (aste rettilinee);

ed altro.

7.1) Mappa degli spostamenti

Per ogni componente di spostamento nodale, viene fornito: il valore 0, se la componente è vincolata a terra con vincolo fisso, diversamente, il valore del grado di libertà corrispondente. I gradi di libertà della struttura sono numerati progressivamente a partire da 1.

7.2) Spostamenti dei nodi

Per ogni nodo vengono stampati i valori delle componenti di spostamento δy , δx , con riferimento al sistema della trave.

7.3) Azioni sui vincoli

Per ogni nodo, vengono stampati i valori delle componenti delle azioni sui vincoli (vincoli a terra). Che sono F_y , F_{xx} , riferite al sistema della trave. Si precisa che le azioni suddette sono le forze che la struttura esercita sui vincoli.

Nel caso che una o più componenti di spostamento del nodo non risultano vincolate, le corrispondenti "azioni" sono nulle. Un valore diverso da zero indica la presenza di errori numerici di risoluzione; questo permette di dare un giudizio sulla bontà della soluzione ottenuta.

7.4) Sollecitazioni supporti elastici

Per il supporto molla vengono stampati i valori delle componenti di sollecitazioni F_y , F_{xx} , positive se di "trazione". Comunque, con le convenzioni di segno precedentemente indicate, le forze precedenti sono le azioni agenti sul supporto elastico.

7.5) Sollecitazioni trave

Con riferimento al sistema di assi x,y,z dell'asta, sono fornite le sollecitazioni T_y, M_y in tutte le sezioni di ascissa z (possono essere scelte dall'utente un numero di sezioni di stampa variabile sino a 81); avendo le seguenti convenzioni:

T_y : azione di taglio parallelo all'asse y , positivo se la corrispondente forza agente sulla sezione con asse z uscente risulta diretta come l'asse y ;

M_y : momento flettente nel piano yz , positivo se tende le fibre a y positivo (fibre inferiori);

7.6) Spostamenti e deformazioni trave

Sono forniti gli spostamenti e le deformazioni in fase elastica lineare.

Con riferimento al sistema di assi x,y,z dell'asta, sono forniti lo spostamento δy , la rotazione δ_{xx} , e la curvatura c_y , avendo le seguenti convenzioni:

δy : spostamento in direzione verticale positivo verso il basso (direzione y), compreso l'eventuale contributo della deformazione per taglio;

δ_{xx} : rotazione della sezione trasversale attorno all'asse x , positiva se antioraria, per il solo effetto flessionale;

c_y : curvatura della sezione trasversale, positiva se allunga le fibre inferiori, misura la variazione di rotazione delle sezioni trasversali per il solo effetto flessionale.

Nel caso di fattore di taglio non nullo la funzione spostamento $y(z)=\delta y(z)$ misura lo spostamento verticale dell'asse dell'asta somma della quota parte dovuta all'effetto flessionale $y_F(z)$ e alla quota parte dovuta all'effetto tagliante $y_T(z)$.

Valgono le seguenti uguaglianze:

$$\delta y(z) = y(z) = y_F(z) + y_T(z)$$

$$\delta_{xx}(z) = -y'_F(z) = -dy_F(z)/dz$$

$$c_y(z) = -y''_F(z) = -d^2y_F(z)/dz^2$$

7.7) Verifica a flessione trave

Si differenziano le verifiche del metodo alle tensioni ammissibili e del metodo agli stati limite.

Il simbolo "x" segnala se la sezione (tra quelle stampate) non è verificata.

7.7.1) Verifica a flessione metodo delle tensioni ammissibili

Sono riportate:

$M(\text{InvMin})$,	inviluppo risultante dei momenti sollecitanti minimi;
$M(\text{InvMax})$,	inviluppo risultante dei momenti sollecitanti massimi;
$\sigma_c(\text{InvMin})$,	sollecitazione di compressione nel calcestruzzo per effetto di $M(\text{InvMin})$;
$\sigma_s(\text{InvMin})$,	sollecitazione di trazione nell'acciaio per effetto di $M(\text{InvMin})$;
$\sigma_c(\text{InvMax})$,	sollecitazione di compressione nel calcestruzzo per effetto di $M(\text{InvMax})$;
$\sigma_s(\text{InvMax})$,	sollecitazione di trazione nell'acciaio per effetto di $M(\text{InvMax})$;
M_- ,	momento resistente negativo (a tendere le fibre superiori);
M_+ ,	momento resistente positivo (a tendere le fibre inferiori).

7.7.2) Verifica a flessione metodo agli stati limite

Sono riportate:

$M(\text{InvMin})$,	inviluppo risultante dei momenti sollecitanti minimi;
$M(\text{InvMax})$,	inviluppo risultante dei momenti sollecitanti massimi;
M_- ,	momento resistente negativo (a tendere le fibre superiori);
TR,	il tipo di rottura limite relativo a M_- : C in compressione del calcestruzzo, T in trazione dell'acciaio;
Coeff.Vett.,	coefficiente relativo a M_- ;
M_+ ,	momento resistente positivo (a tendere le fibre inferiori);
TR,	il tipo di rottura limite relativo a M_+ : C in compressione del calcestruzzo, T in trazione dell'acciaio;
Coeff.Vett.,	coefficiente relativo a M_+ .

Il coefficiente Coeff.Vett. è calcolato per momenti resistenti e sollecitanti dello stesso segno:

- per momenti resistenti e sollecitanti negativi,
 - per momenti resistenti e sollecitanti positivi,
- e vale: $\text{Coeff.Vett.} = M_R / M_S$.

Il tipo di rottura non è molto significativo quando si usa la curva di resistenza dell'acciaio che non prevede il limite di allungamento (vedi Elastoplastica con tratto finale orizzontale) o con forte possibilità di allungamento (vedi Elastoplastica con tratto finale inclinato e acciaio B450C).

7.8) Verifica a taglio trave

Si differenziano le verifiche del metodo alle tensioni ammissibili e del metodo agli stati limite. Il simbolo "x" segnala se la sezione (tra quelle stampate) non è verificata.

7.8.1) Verifica a taglio metodo delle tensioni ammissibili

Sono riportate:

$T(\text{InvMin})$,	inviluppo risultante dei tagli sollecitanti minimi;
$T(\text{InvMax})$,	inviluppo risultante dei tagli sollecitanti massimi;
$\tau_c(\text{InvMin})$,	tensioni tangenziali nel calcestruzzo per effetto di $T(\text{InvMin})$;
$\tau_c(\text{InvMax})$,	tensioni tangenziali nel calcestruzzo per effetto di $T(\text{InvMax})$;
T_- ,	taglio resistente negativo (coppia tagliante antioraria);
T_+ ,	taglio resistente positivo (coppia tagliante oraria).
$T(\tau_{co})$,	taglio resistente per solo effetto calcestruzzo, relativo alla tensione tangenziale τ_{co} ;
$T(\tau_{cl})$,	taglio resistente per solo effetto calcestruzzo, relativo alla tensione tangenziale τ_{cl} .

7.8.2) Verifica a taglio metodo agli stati limite

Sono riportate:

- T(InvMin), involuppo risultante dei tagli sollecitanti minimi;
- T(InvMax), involuppo risultante dei tagli sollecitanti massimi;
- Vrdc, resistenza di calcolo a taglio compressione del calcestruzzo d'anima;
- Vrdw, resistenza di calcolo a taglio trazione delle sole staffe;
- Vrdp-, contributo dei piegati al taglio resistente negativo (contributo massimo);
- Vrdp+, contributo dei piegati al taglio resistente positivo (contributo massimo);
- Vrd-, resistenza di calcolo a taglio trazione, taglio resistente negativo (coppia tagliante antioraria);
- Vrd-/Vsd, rapporto taglio resistente (di calcolo) e taglio sollecitante (di progetto) se negativo ($T(\text{InvMin}) < 0$);
- Vrd+, resistenza di calcolo a taglio trazione, taglio resistente positivo (coppia tagliante oraria);
- Vrd+/Vsd, rapporto taglio resistente (di calcolo) e taglio sollecitante (di progetto) se positivo ($T(\text{InvMax}) > 0$).

Sono inoltre riportate le grandezze usate da ATC per la verifica:

- Larg.anima, larghezza dell'anima della sezione;
- d, altezza utile (sia per momenti positivi che negativi);
- z, braccio coppia interna (sia per momenti positivi che negativi);
- cotg θ , con θ angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave;
- Area staffe, area delle staffe, in centimetri quadrati per ogni metro lineare.

Capitolo 8

CRITERI DI CALCOLO

8.1) Introduzione

Sono ammessi il metodo delle tensioni ammissibili (MTA) ed il metodo agli stati limite ultimi (SLU). Per tutti e due i metodi le sollecitazioni sono calcolate con un'analisi elastica lineare. Le verifiche sono distinte tra i due metodi.

8.2) Il calcolo delle sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni nella trave è fatto con un'analisi elastica lineare tenendo conto dei vincoli e delle eventuali molle presenti.

La i -esima associazione di carico comprende i carichi dell'associazione di carico permanente ed i carichi della i -esima associazione di carico variabili.

Se il tipo di combinazione scelto è: **Combina i carichi per campata**, per ogni associazione di carico vengono considerate assieme ai carichi permanenti tutte le possibili disposizioni dei carichi variabili e si calcolano i relativi stati di sollecitazione (e spostamenti). I carichi variabili sono raggruppati campata per campata e nodo per nodo, cioè tutti i carichi variabili agenti sulla stessa campata sono considerati o tutti presenti o tutti assenti e tutti i carichi variabili agenti sullo stesso nodo sono considerati o tutti presenti o tutti assenti.

Se il tipo di combinazione scelto è: **Combinazioni assegnate dall'utente**, per ogni associazione di carico vengono considerate assieme ai carichi permanenti la disposizione di tutti i carichi variabili agenti contemporaneamente e si calcola il relativo stato di sollecitazione.

Ogni singolo stato di sollecitazione viene poi modificato con una redistribuzione di momenti se l'opzione **Riduzione momenti di continuità** è attivata. Allo scopo i momenti di continuità, cioè tutti i momenti negativi in corrispondenza degli estremi delle varie aste sono ridotti secondo i relativi coefficienti di riduzione e sono di conseguenza adeguate le sollecitazioni (momento e taglio) campata per campata. Vengono redistribuiti tutti momenti di continuità salvo quelli sul primo e secondo nodo se il primo nodo è libero alla traslazione verticale e salvo quelli del penultimo e ultimo nodo se l'ultimo nodo è libero alla traslazione verticale.

Ogni singolo stato di sollecitazione viene poi ulteriormente modificato raccordando le sollecitazioni di continuità (momento e taglio) se l'opzione **Raccorda sollecitazioni di continuità** è attivata. Allo scopo i momenti di continuità, cioè tutti i momenti negativi in corrispondenza degli estremi delle varie aste sono raccordati. Vengono raccordati tutti momenti di continuità salvo quelli del primo nodo se il primo nodo è libero alla rotazione e salvo quelli dell'ultimo nodo se l'ultimo nodo è libero alla rotazione. Vengono raccordati tutti i tagli di continuità salvo quelli del primo nodo se il primo nodo è libero alla traslazione verticale e salvo quelli dell'ultimo nodo se l'ultimo nodo è libero alla traslazione verticale.

Il raccordo viene fatto per una lunghezza pari al relativo appoggio. I momenti sono raccordati con un andamento parabolico ed i tagli sono raccordati con andamento lineare, considerando la reazione dell'appoggio uniformemente distribuita sulla sua estensione (larghezza dell'appoggio in direzione longitudinale).

Gli stati di sollecitazione così ottenuti sono combinati ad ottenere l'involuppo della relativa associazione di carico (ovviamente con l'opzione Combinazioni assegnate dall'utente lo stato di sollecitazione e l'involuppo sono la medesima cosa).

Gli involuppi delle associazioni di carico sono poi combinate ad ottenere gli involuppi risultanti.

Inoltre, se l'opzione **Momenti limite di campata** è attivata, sono calcolati i momenti limite di campata (momenti di guardia) per le singole associazioni di carico e per l'involuppo risultante. Vengono calcolati i momenti di guardia per tutte le campate salvo per la prima campata se il primo nodo è libero e salvo per l'ultima campata se l'ultimo nodo è libero. I momenti positivi sono aumentati di una quota parte del momento di semplice appoggio (asta considerata svincolata ai suoi estremi), in modo tale che almeno in una sezione dell'asta il momento così calcolato sia pari a quello imposto. Ad esempio, se per la campata in esame il coefficiente per il momento limite di campata è pari a 1/12 cioè si vuole che il momento positivo sia pari a 8/12 del momento di semplice appoggio almeno in una sezione dell'asta, l'aumento sarà un momento proporzionale a quello di semplice appoggio e tale per cui almeno in una sezione z il momento di guardia sia pari a 8/12 del momento di semplice appoggio.

Nel metodo agli stati limite occorre traslare i momenti per tener conto dell'effetto del taglio sul valore delle risultanti delle trazioni nelle armature longitudinali. Con l'opzione **Traslazione momenti per effetto taglio** attivata, gli involuppi dei momenti relativi alle associazioni di carico ed i relativi involuppi risultanti nonché gli involuppi dei momenti limite di campata ed i relativi involuppi risultanti sono traslati con la regola della traslazione per un valore pari a:

$$a_1 = z \cotg\theta / 2$$

dove z è il braccio assunto della coppia interna.

La traslazione dei momenti, in ATC, è così applicata.

Il diagramma involuppo dei momenti minimi è sostituito con il diagramma valore minimo della stessa funzione ed il diagramma involuppo dei momenti massimi è sostituito con il diagramma massimo della stessa funzione nell'intervallo tra $z-a_1$ e $z+a_1$, dove z è la coordinata della generica sezione della trave.

8.3) Ipotesi di calcolo nella verifica a flessione

Sono presi in conto i soli segmenti orizzontali delle armature dichiarate con i seguenti codici:

- codice 11: segmenti orizzontali superiori;
- codice 12: segmenti orizzontali intermedi;
- codice 13: segmenti orizzontali inferiori.

vedere il comando **Inserisci Armature**.

Nelle zone di ancoraggio la "resistenza" dell'armatura è considerata ad andamento lineare con valore massimo all'inizio dell'ancoraggio e valore zero alla fine dell'ancoraggio.

8.3.1) Metodo delle tensioni ammissibili

Le tensioni nei materiali sono calcolate prescindendo dal contributo a trazione del conglomerato, assumendo come area della sezione quella corrispondente al conglomerato compresso e alle aree metalliche tese e compresse, di cui tutti i materiali affetti dal coefficiente di omogeneizzazione.

Sono considerate le normali ipotesi della scienza delle costruzioni:

- sezioni piane;
- assenza di scorrimento tra i materiali componenti la sezione;
- legame elastico lineare tra sforzi e deformazioni.

La prima ipotesi si traduce nel fatto che lo stato di deformazione è uno stato di deformazione piano.

Nel calcolo dei momenti resistenti, si assume come condizione limite il raggiungimento, in almeno un punto di uno dei materiali costituenti la sezione, della tensione corrispondente a quella ammissibile, per tutti gli altri punti tensioni inferiori alle ammissibili.

8.3.2) Metodo agli stati limite ultimi

Il calcolo dei momenti resistenti ultimi è fatto considerando opportuni stati di deformazione tali per cui almeno un materiale risulta al limite della sua deformazione in un punto della sezione: calcestruzzo o acciaio. Le tensioni nei materiali sono calcolate prescindendo dal contributo a trazione del conglomerato.

Sono considerate le ipotesi:

- sezioni piane;
- assenza di scorrimento tra i materiali componenti la sezione;
- legame elastico non lineare tra sforzi e deformazioni;
- deformazione massima del calcestruzzo: vedi curve di resistenza;
- deformazione massima dell'acciaio: vedi curve di resistenza.

La prima ipotesi si traduce nel fatto che lo stato di deformazione è uno stato di deformazione piano. Le deformazioni nei materiali sono calcolate prescindendo dal contributo a trazione del conglomerato.

8.3.2.1) Diagrammi di calcolo sforzi-deformazioni del calcestruzzo

1) **Parabola rettangolo**: si adotta, in compressione, il diagramma parabola-rettangolo definito da un arco di parabola, di secondo grado o grado n , passante per l'origine, avente asse parallelo a quello delle tensioni, e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni tangente alla parabola nel punto di sommità; il vertice della parabola ha ascissa ε_{c2} , l'estremità del segmento ha ascissa ε_{cu2} , l'ordinata massima del diagramma è pari a $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$. In compressione la deformazione massima ammessa è ε_{cu2} . In trazione si assume resistenza nulla e la deformazione è limitata, in ATC, al valore $\varepsilon = 0,05$ (5%).

2) **Triangolo rettangolo**: si adotta, in compressione, il diagramma triangolo-rettangolo, definito da un segmento di retta inclinata uscente dall'origine e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni posta in sommità; la parte lineare termina all'ascissa ε_{c3} , l'estremità del segmento orizzontale ha ascissa ε_{cu3} , l'ordinata massima del diagramma è pari a $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$. In compressione la deformazione massima ammessa è ε_{cu3} . In trazione si assume resistenza nulla e la deformazione è limitata, in ATC, al valore $\varepsilon = 0,05$ (5%).

8.3.2.2) Diagrammi di calcolo sforzi-deformazioni dell'acciaio ordinario

1) **Elasto plastica tratto finale orizzontale**: si adotta il diagramma elasto plastico, così definito in trazione (analogamente in compressione):

- $\sigma = \varepsilon \cdot E$ per deformazioni comprese tra 0 e f_{syd}/E ;
- $\sigma = f_{syd}$ per deformazioni comprese tra f_{syd}/E e ε_{uk} ;

essendo σ la resistenza, ε la deformazione ed E il modulo elastico. La deformazione di calcolo, in ATC, è limitata ad ε_{uk} .

2) **Elasto plastica con tratto finale inclinato**: si adotta il diagramma bilineare, così definito in trazione (analogamente in compressione):

- $\sigma = \varepsilon \cdot E$ per deformazioni comprese tra 0 e f_{syd}/E ;
- $\sigma = f_{syd} + (f_{std} - f_{syd}) \cdot (\varepsilon - f_{syd}/E) / (\varepsilon_{uk} - f_{syd}/E)$ per deformazioni comprese tra f_{syd}/E e ε_{ud} ;

essendo σ la resistenza, ε la deformazione, ε_{uk} la deformazione in corrispondenza alla massima resistenza f_{stk} ed ε_{ud} la massima deformazione di calcolo.

8.4) Ipotesi di calcolo nella verifica a taglio

Sono presi in conto i soli segmenti inclinati delle armature e comunque dichiarate con il seguente codice:

- codice 21: segmenti inclinati resistenti a taglio;

vedere il comando **Inserisci\Armature**.

Se la zona di ancoraggio viene ad interessare la parte inclinata la "resistenza" dell'armatura è calcolata assumendo il valore minimo della sua resistenza nel tratto inclinato in base all'ancoraggio.

La zona di portanza per la generica barra di armatura, in ATC, è assunta pari a:

$$dz = 0.6 d (1 + \cotg \alpha),$$

quale proiezione sull'asse della trave di tutto il tratto inclinato della barra ($= d \cotg \alpha$) e della restante parte del puntone compresso, con:

d , altezza utile della sezione;

α , angolo di inclinazione del lato inclinato della barra sull'orizzontale.

E' bene che risulti $\cotg \alpha < 1.50$, valore non controllato in ATC, affinché il tratto di portanza comprenda anche una parte del puntone..

8.4.1) Metodo delle tensioni ammissibili

La verifica a taglio segue il criterio del R.I. e la resistenza a taglio delle armature è calcolata con le seguenti formule:

il contributo delle staffe verticali vale:

$$T_{R,Staffe} = (A_{sw} / s) z \sigma_{s,amm}$$

il contributo delle armature piegate, valida per una zona di portanza $dz = 0.6 d (1 + \cotg \alpha)$, vale:

$$T_{R, \text{piegato}} = A_{sP} \sigma_{s, \text{amm}} \sin \alpha$$

con la limitazione che almeno il 40% della sollecitazione di taglio deve essere assorbito dalle staffe verticali.

Con:

$$z = 0.9 d$$

d , altezza utile della sezione;

α , angolo di inclinazione del lato inclinato della barra sull'orizzontale;

$A_{st} = A_{sw}/s$, area delle staffe per unità di lunghezza della trave;

V_{sP} , area sezione ferro piegato.

$\sigma_{s, \text{amm}}$, tensione ammissibile dell'acciaio.

8.4.2) Metodo agli stati limite ultimi

Per elementi con armatura verticale (staffe) resistente a taglio, la resistenza a taglio V_{Rd} della sezione è la minore dei due valori:

$$V_{Rsd} = A_{st} \cdot z \cdot f_{syd} \cdot \cotg \theta$$

$$V_{Rcd} = \alpha_c \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \cotg \theta (1 + \cotg^2 \theta)$$

quindi:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

dove secondo il D.M. 14GEN2008 z vale $0,9 \cdot d$;

essendo:

$A_{st} = A_{sw}/s$, è l'area trasversale delle staffe verticali disposte su un metrolineare di trave;

b_w larghezza minima della sezione;

z braccio coppia interna della sezione (per EN2004);

d altezza utile della sezione (per D.M. 14GEN2008);

f_{cd} resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo;

f_{syd} tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio (staffe);

θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave;

α_c coefficiente che tiene conto della compressione assiale;

$v_1 = f'_{cd}/f_{cd}$, coefficiente che tiene conto della riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato.

Per le funzioni di base ed i vari coefficienti vedi Eurocodice EN 1992-1-1, edizione dicembre 2004, e D.M. 14 gennaio 2008.

Il contributo delle armature piegate, valida per una zona di portanza $dz = 0.6 d (1 + \cotg \alpha)$, vale:

$$V_{RdP} = A_{sP} f_{yd} \sin \alpha$$

dove:

α , angolo di inclinazione del lato inclinato della barra sull'orizzontale;
 A_{sP} , area sezione ferro piegato.

e con la limitazione che almeno il 50% del valore della sollecitazione V_{Sd} deve essere assorbito dalle staffe verticali.

---000---