

ing. Alberto Cucinella – Via Aniello Falcone 386 – Napoli 80127
366 1952898 –ing.alberto@cucinella.org

Vengono nel seguito sinteticamente riassunte le principali caratteristiche del package "solaio" (rev. 2.0) :

Capacità di calcolo: è possibile risolvere strutture costituite da un massimo numero di campate pari a 20.

Opzioni "standard" di elaborazione: è possibile definire, *esternamente* ai files di dati, un elenco di operazioni da compiere ed i relativi parametri per i solai da calcolare. Si possono quindi adottare tali opzioni oppure altre specifiche per la risoluzione delle strutture archiviate. Notevole è il vantaggio nel caso in cui occorra modificare per tutto un gruppo di solai i parametri di progetto (per esempio le tensioni dei materiali): infatti se si sono adottate le opzioni *standard* basterà modificare solo tali parametri e far rieseguire il calcolo, senza sostituire i valori contenuti nei singoli file.

Condizioni di carico: vengono calcolate, in aggiunta alle condizioni necessarie per determinare l'involuppo delle massime e minime sollecitazioni, anche le condizioni relative rispettivamente alla distribuzione di *sol*i carichi permanenti g ed accidentali q (separatamente considerate). In particolare vengono evidenziate le reazioni vincolari R_g , R_q e R_v (ottenute combinando opportunamente le R_g e le R_q) utili per determinare gli *scarichi* del solaio sulla sottostante trave, senza dover ricorrere agli empirici *coefficienti di continuità*, semplificando e rendendo più rigorosa la fase di *analisi dei carichi* sulle travi.

Gestione delle relazioni e dei grafici: selezionando le opzioni della configurazione di lavoro è possibile dirigere la relazione verso la stampante o verso un file su disco; analogamente i diagrammi potranno essere (oltre che visualizzati su monitor) stampati o archiviati su memoria di massa. In caso di archiviazione della relazione e/o dei diagrammi su file, attraverso una routine di gestione è successivamente possibile visualizzarli su monitor e/o farli stampare. Ciò consente di avere risultati in tempi incredibilmente brevi (non attivando la stampante) e invoglia a migliorare la qualità del calcolo, studiando in tempo reale più soluzioni, senza sprecare tempo e carta; è possibile inoltre *combinare* opportunamente i diagrammi ottenuti, componendo in ciascuna schermata gli involuppi dei diagrammi sia del momento che del taglio.

Schede grafiche e colori: analogamente a quanto effettuato nel package "GRID", la procedura supporta le schede CGA, EGA e VGA, gestendo i relativi colori che possono essere personalizzati dall'Utente, assegnandone uno per ciascuna condizione di carico analizzata.

Package "solaio" rev. 2.0

ing. Alberto Cucinella – Via Aniello Falcone 386 – Napoli 80127
366 1952898 –ing.alberto@cucinella.org

1. Funzionalità del modulo (#).

Il package "solaio" fu scritto nel 1980 su computer HP serie 80 e fu inserito successivamente nelle Procedure di Analisi Strutturale (**P.A.S.**) in ambiente MS DOS nel 1986. Per oltre un decennio il modulo ha conservato le medesime caratteristiche sia in termini di prestazioni che di funzionalità; la realizzazione del package "**E.S.A.P.**" e successivamente la trasformazione del "**GRID**" (rev. 2.0) hanno introdotto un nuovo *stile* sia di gestione che di presentazione dei moduli di calcolo strutturale, cui si è ritenuto di uniformare anche quello per il calcolo dei solai, d'impiego vastissimo e ricorrentissimo nella pratica tecnica.

L'impiego sempre più diffuso dei computer *notebook* e *lap-top* portatili (quindi non necessariamente connessi alla stampante), hanno indotto a prevedere l'output della elaborazione (testo e grafici) anche verso la memoria di massa, consentendo così di eseguire l'elaborazione senza far stampare nulla, ma autocomponendo un testo in formato ASCII, consultabile tanto all'interno della procedura (modulo gestione delle relazioni) che dall'esterno con un comune word processing o text editor. La relazione così ottenuta ha inoltre il pregio di essere modificabile (attraverso i comuni sistemi di videoscrittura citati), potendo eliminare parti ritenute non appropriate al contesto analizzato, oppure introducendo dei commenti, utili a meglio descrivere il calcolo eseguito.

La *strategia* adottata riduce altresì in modo consistente i tempi di elaborazione ed il consumo di carta, potendo stampare infine la relazione in forma definitiva, operando più ipotesi di carico e strutturali, scartando quelle non valide (anche per errori materiali commessi). Ciò invoglia ad *ottimizzare* l'analisi effettuata, potendo analizzare in tempi brevissimi più soluzioni, ottenendo i relativi risultati praticamente in tempo reale.

Il modulo di consultazione consente altresì di comporre i grafici d'inviluppo, potendo associare quello del momento con quello del taglio in una tavola unica, quale quadro sinottico del comportamento della struttura.

Il presente manuale sostituisce il corrispondente del modulo **P.A.S.**, evidenziando con il simbolo (#) i paragrafi contenenti modifiche o variazioni rispetto alle versioni precedenti.

Il package descritto nella presente nota è stato realizzato e compilato in ambiente **MICROSOFT QuickBasic rev. 4.5.**

1.1. Generalità (#).

Il package effettua il calcolo di strutture riconducibili allo schema statico di trave continua su appoggi rigidi; i vincoli estremi (il primo e l'ultimo) possono essere l'appoggio semplice, l'incastro e la *molla* elastica. Lo sbalzo può essere introdotto tanto come appoggio semplice che come vincolo elastico.

I carichi sono costituiti da distese uniformi di carico sulle campate e sugli sbalzi; sugli appoggi terminali (elastici o semplici) è possibile applicare coppie concentrate; alla punta degli sbalzi è prevista una forza concentrata. I carichi distribuiti sono distinti in permanenti (g) ed accidentali (q).

Il programma effettua il calcolo delle sollecitazioni minime e massime possibili sulla trave assegnata, combinando opportunamente i carichi permanenti con gli accidentali, ottenendo così l'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni e le massime reazioni vincolari (\mathbf{R}_{\max}).

Vengono altresì determinate le reazioni vincolari relative alle distribuzioni di *solli* carichi permanenti g (\mathbf{R}_g) e *solli* accidentali q (\mathbf{R}_q). Tali reazioni, combinate fra loro opportunamente, concorrono a formare le reazioni *verticali* (\mathbf{R}_v) che rappresentano non le massime reazioni possibili (\mathbf{R}_{\max}) ma le più *probabili*, intese come quelle comunemente impiegate per effettuare l'analisi approssimata dei carichi agenti sulle travi attraverso i cosiddetti *coefficienti di continuità*.

Le sollecitazioni vengono espresse opzionalmente sia in forma estesa, distinte per ciascuna condizione di carico, che in forma succinta, sotto forma di riepilogo delle sollecitazioni minime e massime.

Il programma effettua opzionalmente il semiprogetto delle minime armature a flessione e delle fasce piene e semipiene, in base alle risultanti sollecitazioni d'involuppo e a criteri personalizzati posti dall'Utente; vengono altresì disegnati i diagrammi d'involuppo del momento e del taglio.

Le strutture da analizzare vengono memorizzate in files (numerati da 1 a 9999 per ciascuna subdirectory); l'esecuzione del calcolo può essere effettuato per una struttura singola oppure per un gruppo (soluzione in serie), individuato attraverso il numero d'ordine del primo e dell'ultimo file ove sono registrati i dati.

L'output può avvenire verso la stampante oppure verso la memoria di massa, in forma di testo in codice ASCII, consultabile e modificabile successivamente alla fase di calcolo. Un opportuno modulo (gestione delle relazioni) provvede alla consultazione (su video) ed alla stampa.

Il metodo di calcolo adottato è quello matriciale delle deformazioni, le incognite del problema sono rappresentate dalle rotazioni dei nodi, da cui si desumono le sollecitazioni attraverso le matrici di rigidezza delle singole aste.

2. Descrizione dei vincoli.

I vincoli previsti sono :

- **intermedi** : appoggi fissi
- **di estremità** (il primo e l'ultimo) :
 - **appoggio semplice**, sottoposto ad una coppia concentrata;
 - **incastro**;
 - **vincolo elastico (molla flessionale)**, sottoposta ad una coppia concentrata;
 - **sbalzo (semplice o con molla flessionale)** sottoposto a carichi distribuiti permanenti **g** ed accidentali **q** ed una forza **F** permanente alla punta.

2.1. Vincoli elastici (molle).

Questo genere di vincoli è particolarmente utile per descrivere le interazioni fra il solaio analizzato ed altre strutture ad esso collegate, non riconducibili ai casi estremi di *incastro* e *appoggio semplice*.

Questo vincolo, utilizzabile anche in abbinamento con lo sbalzo, viene definito attraverso la sua rigidezza espressa (in kgm/rad) come la *coppia da applicare (in kgm) per conseguire una rotazione unitaria (pari cioè ad un radiante)*.

L'appoggio semplice e l'incastro possono essere ritenuti come particolari vincoli elastici aventi rigidezza rispettivamente *nulla* ed *infinita*.

Il vincolo descritto si presta a descrivere elementi strutturali interagenti con il solaio ed ad esso complanari (come i pilastri) e non (come le travi torsionalmente rigide).

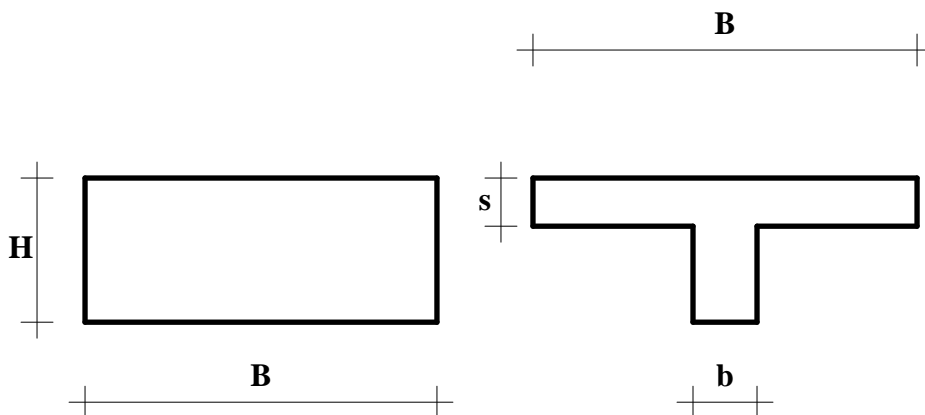
E' opportuno tenere conto che il calcolo dello schema di trave continua è stato condotto ipotizzando un modulo elastico pari ad 1 kg/mq. La rigidezza del vincolo elastico dovrà essere pertanto calcolata tenendo conto di tale circostanza, eventualmente rapportando le rigidezza effettive (cioè calcolate per il valore reale del modulo elastico) al valore unitario assunto nella elaborazione. Tale circostanza risulta particolarmente significativa in caso di strutture interagenti aventi modulo elastico differente da quello del solaio analizzato.

3. Tipi di sezioni rette.

La struttura può indifferentemente essere ad inerzia costante o variabile campata per campata.

Le sezioni rette previste sono le seguenti :

- **rettangolari** (definite attraverso i parametri B ed H [cm]), come per i solai a "soletta piena";
- **a "T"** (definite con le dimensioni b, H, s, B [cm]), ricorrenti comunemente nei solai con laterizi di alleggerimento;
- **generiche**, definite attraverso il momento d'inerzia [cm⁴].



SIMBOLOGIA ADOTTATA PER LE SEZIONI

4. Carichi.

I carichi previsti sono rappresentati da distese uniformi su tutte le campate di carichi **g permanenti** ed **accidentali q**. Sui vincoli terminali del tipo appoggio o vincolo elastico è prevista una eventuale coppia concentrata M_g , mentre alla punta dello sbalzo è possibile applicare una forza **F**, entrambi di tipo permanente.

Ove si desideri effettuare il calcolo di una trave continua sottoposta ad *una sola* combinazione di carico (quindi non ricercando l'involuppo delle possibili sollecitazioni derivanti dalla combinazione di carichi permanenti ed accidentali), basta assegnare valori **tutti nulli** ai carichi accidentali **q**. In tal caso viene effettuato il calcolo di una sola condizione di carico (definita attraverso gli assegnati valori *permanent* dei carichi); occorre ovviamente nelle opzioni richiedere la stampa dei *risultati intermedi* e non solo di quelli finali, in quanto ovviamente non si effettua un calcolo d'involuppo, ma una sola condizione di carico.

5. Condizioni di carico previste (#).

Vengono analizzate tutte le possibili condizioni di carico operando nel seguente ordine:

- **due condizioni di carico a scacchiera** (disponendo i massimi carichi **g+q** sulle campate *pari*, mentre soltanto **g** nelle rimanenti, quindi facendo lo stesso per le campate *dispari*);
- **una serie di condizioni** ottenute applicando il carico totale **g+q** alle aste (intese come sbalzi o campate) adiacenti a ciascuno dei vincoli, procedendo dal primo a sinistra, ordinatamente verso destra, disponendo a *scacchiera* i carichi (**g** e **g+q**) sulle rimanenti aste.

Le condizioni di carico sopra descritte determinano complessivamente :

$$2 + (c - 1) + s = c + s + 1$$

avendo indicato con c il numero delle campate (e ovviamente $c - 1$ il numero di vincoli interni) ed s il numero degli sbalzi presenti nella struttura.

Oltre alle descritte condizioni di carico, il programma provvede ad effettuare due ulteriori condizioni di carico:

- **carichi permanenti g su tutte le aste;**
- **carichi accidentali q su tutte le aste.**

Tali condizioni di carico, non riportate nei risultati *intermedi*, vengono effettuate per ottenere le reazioni R_g e R_q nel seguito descritte.

6. Metodo di calcolo.

Il calcolo viene effettuato in base al metodo delle deformazioni, riconducendo il problema alla scrittura (in forma automatica) di un sistema di equazioni nelle incognite rotazioni dei nodi. Ciò avviene attraverso la determinazione delle *matrici di rigidità elementari* delle singole aste e nel loro *assemblaggio* nella matrice *complessiva* della struttura, tenendo conto delle *condizioni al contorno* imposte dalla natura dei vincoli presenti. Note le incognite rotazioni, vengono dedotte le sollecitazioni agenti agli estremi delle aste (M e T).

La soluzione materiale del sistema di equazioni avviene attraverso l'algoritmo di Cholesky, valido per matrici simmetriche e definite *positive*, tenendo conto della particolare forma delle matrici (*simmetriche e a banda costante*).

Le ipotesi poste alla base del calcolo sono le seguenti:

- aste a sezione costante per ciascuna campata;
- appoggi al livello (non cedevoli verticalmente);
- aste indeformabili a taglio (non si tiene cioè conto degli effetti del taglio in termini di deformazione).

7. Articolazione del programma (#).

La procedura è concepita in modo da consentire le seguenti operazioni:

- definizione della configurazione di lavoro;
- input dei dati;
- correzione dei dati;
- esecuzione del calcolo di **una** struttura (singola);
- selezione del nome (o numero *identificatore* del file sul quale operare);
- esecuzione di un **gruppo di strutture** (*soluzione in serie*);
- definizione delle **opzioni standard**;
- gestione files (copia, cancellazione e stampa del contenuto);
- consultazione delle relazioni e dei grafici.

Esaminiamo in dettaglio le opzioni sopra citate.

7.1. Configurazione di lavoro (#).

La configurazione di lavoro sintetizza l'insieme di tutti quei parametri che consentono di definire le modalità di funzionamento della procedura (nomi delle subdirectory ove sono registrati i programmi ed i dati, la scelta della periferica di output (stampante o disco), la risoluzione dei grafici (CGA [640x200], EGA [640x350], VGA [640x480]), la *taratura* della stampante, onde ottenere i diagrammi in scala, la rilevazione delle risoluzioni video supportate dall'hardware.

La relazione può essere indirizzata sia verso la stampante che verso il disco ed i diagrammi, oltre che su video, possono essere diretti alla stampante o al disco. In entrambi i casi la subdirectory di *parcheggio* è quella contenente i dati.

All'avviamento della procedura è possibile modificare i parametri di sistema sopra descritti; essi vengono registrati nel file **SOLAIO.SIS** nella subdirectory dei programmi.

E' opportuno evidenziare che il package "solaio" necessita di due sole subdirectory: una per i programmi ed una per i dati (preselezionate come SOL-2EXE e SOL-DATI); a differenza dell'E.S.A.P. e del GRID, non occorre una subdirectory per i file temporanei.

Tale subdirectory compare fra le opzioni disponibili da assegnare soltanto per una compatibilità formale con gli altri programmi e basterà selezionare per essa una qualunque subdirectory esistente (per esempio SOL-DATI).

7.2. Struttura dei files (#).

Le strutture introdotte in fase di input vengono automaticamente registrate in un file specificato dall'Utente attraverso un numero d'ordine (compreso fra 1 e 9999); tale file prende un nome costituito da una parte fissa (SOL-) e quattro cifre indicanti il numero del file scelto (esempio SOL-0012, se è stato selezionato il file n. 12). Il nome segue le convenzioni DOS (e quindi, con riferimento all'esempio è indicato come SOL-0012.); in questo file sono memorizzati i dati della struttura.

Successivamente alla fase di elaborazione, in base alle disposizioni impartite (attraverso le scelte predisposte nella *configurazione di lavoro*) e alle opzioni di calcolo attivate, vengono prodotti nuovi files che, pur avendo lo stesso *prefisso* (SOL-0012.) sono distinti per il *suffixo* che può essere: (REL , SCH , DMA , DTA). In dettaglio, i file:

- *.**REL** contengono la relazione in codice ASCII;
- *.**SCH** descrivono i dati, in forma vettorizzata, relativi allo schema statico;
- *.**DMA** e *.**DTA** contengono le informazioni necessarie alla riproduzione dei diagrammi rispettivamente del momento e del taglio d'inviluppo.

Con riferimento all'esempio prima descritto i files relativi al numero d'ordine 12 sono: SOL-0012. (dati *base*), SOL-0012.REL (relazione ASCII), SOL-0012.SCH, SOL-0012.DMA, SOL-0012.DTA (rispettivamente schema statico, diagrammi del momento e del taglio, in forma vettorizzata). Ovviamente ove non sia stata richiesta l'archiviazione su disco dei diagrammi o della relazione, tali files non saranno prodotti.

La rappresentazione dei diagrammi e la visualizzazione della relazione può essere effettuata nel modulo di gestione delle relazioni.

E' opportuno evidenziare che il formato dei files adottato nella presente versione (rev. 2.0) differisce da quella precedentemente adottata nel P.A.S.; nel modulo di utility di sistema è possibile convertire i dati registrati secondo la precedente metodologia, impiegando la *copia dei files in formato P.A.S.*

Per recuperare il file dal formato P.A.S. a quello della rev. 2.0, basta:

- copiare il file formato P.A.S. (esempio *solaio45*) nella subdirectory di lavoro, assegnandovi un nome conforme alla nuova denominazione (per esempio SOL-0056);
- richiedere la copia del file (SOL-0056), convertendo il formato a quello della versione 2.0, indicando la medesima destinazione (SOL-0056), e sovrascrivendo quindi la nuova versione alla vecchia, oppure assegnandone un'altra.

Il modulo di *utility di sistema* provvede a facilitare una serie di operazioni sui files:

- **copia dei files** base (cioè SOL-XXXX.) contenenti i dati, (nel formato della rev. 2.0, anche da quello del P.A.S.), utile per facilitare l'input di solai simili, potendo duplicarli n volte e modificare poi i soli dati differenti;
- **cancellazione dei files** (sia quelli base che quelli contenenti relazioni e grafici);
- **stampa del contenuto dei files** che consente di far stampare in serie (**su carta**) delle informazioni sintetiche sui dati archiviati relative ad un gruppo di solai. Per questa opzione *occorre che la stampante sia in linea e correttamente predisposta.*
- **elencare i files base** SOL-XXXX. presenti nella subdirectory dati attiva.

La procedura, come anticipato, consente di dirigere il calcolo o verso la stampante o verso il file SOL-XXXX.REL in formato ASCII, leggibile su video anche nel modulo di consultazione interno alla procedura. Il controllo dei dati inseriti riesce particolarmente rapido se effettuato direttamente dalla relazione stampata (anche da video) anziché dalla routine di correzione; a questo scopo, e per rendere ancora più immediato il riscontro dei dati, al momento dell'avviamento (singolo o in serie) è possibile decidere se si vuole l'elaborazione completa o soltanto la stampa dei dati. La chiave hardware di protezione occorre solo per far svolgere l'intero calcolo e quindi la fase di stampa dati (anche su file .REL) può essere eseguita anche su un computer privo di tale dispositivo. Si richiama l'attenzione sul fatto che lo svolgimento dell'intero calcolo su file (senza stampante) richiede pochissimi secondi; conviene quindi eseguire completamente il calcolo, riscontrare su video la relazione (verificando i dati introdotti) e se tutto è in ordine, far stampare su carta (anche successivamente) relazioni e diagrammi con la routine *stampa in serie* del modulo di *gestione delle relazioni*.

In fase di archiviazione su disco dei diagrammi d'involuppo la procedura si interrompe qualche secondo per far osservare la figura, per poi riprendere automaticamente; ove si volesse far proseguire senza attendere, basta premere un qualunque tasto durante la pausa a fine disegno.

7.2.1. Installazione della procedura e descrizione di alcuni files (#).

Per installare la procedura occorre predisporre due subdirectory: una per i programmi (es. SOL-2EXE), un'altra per i dati (es. SOL-DATI), riproducendo il contenuto delle analoghe fornite su dischetto. A tale scopo è possibile tanto avvalersi dei comandi MD e COPY del DOS, tanto dell'XCOPY, richiedendo la copia con creazione in subdirectory.

Ove si desideri è possibile predisporre un batch file di *lancio* nella root directory o convenientemente richiamato nel path del sistema.

La presenza della chiave hardware è indispensabile *solo* in fase di calcolo; l'input, la sola stampa, la duplicazione, la consultazione di diagrammi e relazioni, può avvenire anche su computers sprovvisti di detto dispositivo. Ciò consente all'Utente d'installare quante copie ritiene della procedura, potendovi lavorare anche contemporaneamente, ma potendo elaborare le strutture solo sulla macchina dotata della chiave.

Nella subdirectory dei programmi (**SOL-2EXE**) sono forniti, oltre ai files eseguibili (*.EXE), i seguenti files:

solaio.bat, che serve a mandare in esecuzione il programma;
solaio.sis, contenente le informazioni sulla configurazione di lavoro;
solaio.rev, indicante le notizie in merito alla versione del programma;
solaio.cod, che racchiude l'insieme dei codici di controllo della stampante, analogo a **GRID.COD**, cui si rimanda per una più puntuale descrizione.

Per consentire la riproduzione dei diagrammi sulla stampante occorre che nella subdirectory programmi vi sia il programma DOS GRAPHICS.COM idoneo in base alla versione del sistema operativo installato. Ove quello fornito non fosse valido basterà copiare la giusta versione nella subdirectory programmi; ove poi occorresse fornire particolari parametri di avviamento, basterà modificare in base alle esigenze il file batch **solaio.bat**.

Nella subdirectory dei dati (**SOL-DATI**) sono forniti, oltre ai files di esempio, i seguenti files:

solaio.par, nel quale sono archiviati i parametri di progetto comunemente impiegati dall'Utente e le opzioni *standard*;
solaio.col, che rappresenta la *tavolozza dei colori* impiegata per rappresentare i grafici nel modulo di gestione delle relazioni, nelle *utility di sistema*; circa il significato e l'uso del contenuto del file, si rimanda all'analogo **GRID.COL**; la tavolozza colori è modificabile in base alle esigenze ed ai *gusti* dell'Utente in modo molto semplice.

E' possibile assegnare ad ogni nuovo calcolo una subdirectory ove memorizzare i dati; ovviamente occorre costituirla (prima di lanciare il programma in esecuzione) con il comando MD (per esempio MD C:\PROVA) e, la prima volta che si inizia a lavorare con essa, occorre fornirne il nome in forma di percorso DOS (C:\PROVA, con riferimento all'esempio sopra proposto). Nella subdirectory selezionata per i dati possono ovviamente essere allocati contemporaneamente i files relativi all'E.S.A.P., al GRID ed al SOLAIO, potendo così raccogliere tutto quanto attiene uno specifico lavoro (per esempio un edificio intero).

I files *base* richiedono un minimo spazio su disco, mentre i files prodotti dall'elaborazione (*.REL, *.SCH, *.DMA, *.DTA) possono risultare anche voluminosi. A lavoro ultimato possono essere conservati i soli files di base, potendosi ricavare gli altri nuovamente con pochi secondi di elaborazione. Si ricorda che la procedura DOS per la cancellazione *selettiva* di una *famiglia* di files si avvale dell'istruzione DEL (dalla subdirectory dati basta impartire i comandi: DEL SOL*.REL, DEL SOL*.SCH, DEL SOL*.D*).

7.2.2. Opzioni di elaborazione (#).

Come premesso, l'elaborazione può essere completa, oppure limitata alla sola stampa dei dati. Nella procedura di input viene richiesto di specificare la *forma* in cui presentare i risultati (completi delle singole condizioni di carico o con solo riepilogo) e l'elenco delle operazioni da compiere (diagrammi d'involuppo (M e T) e/o semiprogetto delle armature). Tale elenco costituisce le *opzioni di elaborazione*.

Il programma consente di archiviare (nel file SOLAIO.PAR) un gruppo di opzioni dette *standard*; in fase di input è possibile adottare queste opzioni oppure altre specifiche.

Le *opzioni standard* non vengono memorizzate con i dati del solaio, ma soltanto richiamate; ciò semplifica notevolmente la gestione delle fasi di input. Infatti adottandole basta, una volta per tutte, decidere l'elenco delle operazioni e dei relativi parametri, definendo le *opzioni standard* ed in fase di input indicare di volerle d'impiegare. Nel caso in cui occorra modificare un parametro di elaborazione (per esempio le tensioni di progetto, oppure il copriferro) o ancora si decida di

variare l'elenco delle operazioni da compiere, non occorre modificare le opzioni contenute nei singoli files, ma soltanto le *standard* e lanciare nuovamente l'elaborazione.

Ciò non toglie che per uno o più solai da calcolare si decida di compiere operazioni differenti da quelle *standard*; in tal caso per tali strutture si adotteranno le opzioni specifiche, definire di volta in volta in fase di input.

7.3. Calcolo delle strutture (#).

Le strutture possono essere elaborate tanto singolarmente che per gruppi consecutivi (*soluzione in serie*). E' possibile chiedere tanto la sola stampa dei dati introdotti, che il calcolo completo; si rammenta che in tale ultimo caso occorre che sia correttamente collegata la chiave hardware.

Il calcolo prevede la soluzione delle condizioni di carico descritte precedentemente; opzionalmente è possibile:

- eseguire il **semiprogetto delle minime armature** a flessione ed il calcolo delle fasce piene e semipiene;
- disegnare il **diagramma d'involuppo** del momento e del taglio.

7.3.1. Risultati del calcolo (#).

Il tabulato di calcolo è strutturato nella stampa dei dati e dei risultati; questi ultimi sono organizzati in una sintesi (**riepilogo delle massime sollecitazioni**) che evidenzia i massimi (ed i minimi, ove significativi) valori determinati.

Opzionalmente è possibile richiedere che vengano stampati per esteso i risultati delle **single** condizioni di carico, insieme al riepilogo.

Si richiama l'attenzione sull'esigenza di porre *tutti i carichi accidentali q nulli* se si desidera calcolare una trave per una singola condizione di carico (rappresentata dai carichi *g* assegnati); in questo caso occorre richiedere la stampa delle **single condizioni di carico** e non il riepilogo.

Vengono stampati il carico *p* considerato nella condizione analizzata, i momenti sui vincoli e nella sezione ($\mathbf{x}(\mathbf{T}=0)$) ove il taglio è nullo (**M.max.**), il taglio nelle sezioni estreme (a sinistra (**T.sin.**) e a destra (**T.des.**)), le ascisse ove il momento è nullo ($\mathbf{x}_1(\mathbf{M}=0)$ e $\mathbf{x}_2(\mathbf{M}=0)$), le reazioni vincolari verticali.

Nel **riepilogo** vengono riportati i valori più significativi (minimi e massimi, ove appropriati) delle caratteristiche della sollecitazione: momenti sui vincoli ed in campata (**M.max.** ed **M.min.**), i tagli a sinistra ed a destra, le massime reazioni (**R max**).

Oltre ai descritti massimi e minimi valori vengono riportate le reazioni relative alla distribuzione di *solli carichi permanenti g* (**R_g**) e *solli carichi accidentali q* (**R_q**).

Sommando i predetti valori **R_g** e **R_q** si ottengono le reazioni relative all'applicazione del carico totale (*g+q*) su tutte le aste simultaneamente. Questa condizione di carico non fornisce, come è noto, le massime reazioni possibili, ma è comunemente adottata (in modo semplificato attraverso il metodo dei coefficienti di *continuità*) per valutare il carico *più probabile* che il solaio trasmette alla sottostante trave. Il programma pertanto definisce come reazione verticale **R_v** la somma di **R_g** e **R_q**; ove nella prima e/o nell'ultima campata risulti che il valore così trovato sia inferiore a $(g+q) \cdot \frac{L}{2}$, assume per **R_v** quest'ultimo. Nella pratica, infatti, si assume come scarico del solaio sulla trave, nella prima ed ultima campata, un valore non inferiore al carico totale (*g+q*) relativo alla metà (*L/2*) della luce.

Le reazioni R_v possono essere impiegate come *scarichi* del solaio sulle travi, sommandole semplicemente come *influenza solaio* agli altri valori (peso proprio trave, tompagno, etc) per la compilazione dell'analisi dei carichi delle travi; si ottiene così un notevole risparmio di tempo, senza cedere all'*empirismo* derivante dall'uso dei *coefficienti di continuità*.

7.3.2. Semiprogetto armature e fasce piene e semipiene.

Opzionalmente il programma effettua il semiprogetto delle minime armature a flessione delle sezioni rappresentative di ciascuna asta costituente la struttura. In particolare vengono esaminate tre sezioni tipiche: le due di estremità (sinistra e destra) e quella *di campata*, cioè quella ove $T=0$ (se significativa); per lo sbalzo viene analizzata la sola sezione d'incastro. Ove la sezione di taglio nullo non sia significativa (es. esterna alla campata), viene calcolata la sezione di mezzzeria ($z=L/2$).

Oltre che ai valori derivanti dall'involuppo delle sollecitazioni, in accordo con la consolidata pratica tecnica, è possibile fissare dei minimi valori di calcolo, come aliquote del termine $(g+q) * L^2$; quindi:

nella sezione di campata:	$M_{min} = + (g+q) * L^2 / \alpha$
nella sezione d'incastro (a destra e a sinistra):	$M_{min} = - (g+q) * L^2 / \beta$

ovviamente l'Utente fisserà i valori di α e β in accordo con la sua esperienza e l'esigenze del caso specifico; volendo escludere tali minimi valori, attenendosi ai risultati del calcolo d'involuppo, basta assegnare ad α e/o β il valore zero.

Nella presente versione, la progettazione delle minime armature a flessione viene effettuata con il metodo delle *tensioni ammissibili*. Nel caso in cui la sezione retta sia a "T", viene ipotizzata tale nella sezione di campata, mentre viene assunta rettangolare (con ampiezza pari a B) nelle sezioni d'incastro.

Il programma determina le minime armature necessarie affinché i tassi di lavoro nei materiali siano inferiori ai valori di progetto, adottando, ove necessario oltre l'armatura tesa A_f , anche la compressa A_{fc} . Nel caso in cui una sezione sia sottoposta a due valori del momento di segno opposto, il programma determina l'armatura necessaria per sostenere il maggiore fra i due, adattandola quindi alle esigenze imposte dall'altro minor valore; ovviamente in tal caso difficilmente le tensioni di lavoro risulteranno pari ai valori di progetto, ma ad essi inferiori.

Esaurito il problema delle minime armature a flessione (in caso di sezioni a "T") il programma passa al calcolo delle *fasce piene e semipiene* determinando altresì (a partire dalla sezione di vincolo) le distanze dalle quali è indispensabile sostituire progressivamente al travetto maggiori sezioni di calcestruzzo, eliminando le pignatte.

Come è noto il momento resistente del calcestruzzo è fortemente condizionato dall'entità dell'armatura compressa, spesso non disposta per esigenze statiche ma esecutive; non tenerne conto, seppure a vantaggio di statica, porta a risultati eccessivamente onerosi.

Nella sezione d'incastro, infatti, si adotta di fatto una doppia armatura: l'inferiore è rappresentata da quella proveniente dalla campata, la superiore dalla monconatura e/o dai sagomati. Analogamente nello sbalzo comunemente si dispone una *molla* ed un sagomato o un moncone: si è quindi in presenza di una *doppia armatura*.

In base alle considerazioni di cui sopra, si è ritenuto di *parametrizzare* l'entità dell'armatura compressa inferiore nelle sezioni d'incastro in funzione di quella inferiore della sezione di campata (delle travi) e di quella superiore per gli sbalzi, derivanti dal semiprogetto a flessione. I parametri vengono forniti dall'Utente in base al proprio *stile* di progettazione, esprimendoli in percentuale (%).

Pertanto l'Utente dovrà prevedere che percentuale dell'armatura progettata in campata riterrà di prolungare inferiormente fino all'incastro e, analogamente che aliquota dell'armatura superiore

ipotizzerà di disporre inferiormente. Le percentuali di cui sopra potranno ovviamente anche essere superiori al 100, se si prevede di disporre armature inferiori sussidiarie, oppure per tener conto delle inevitabili maggiorazioni che vengono operate nella fase di attribuzione delle armature effettive, in base alle minime progettate.

Le minime lunghezza delle fasce piene e semipiene sono computate dall'asse appoggio e vengono espresse in [cm].

Nei casi in cui, nonostante le disposte armature compresse, il momento resistente del calcestruzzo risulti inferiore di quello agente, programma stampa convenzionalmente il messaggio: *sezione da analizzare*, dovendo ovviamente ridimensionarla.

7.3.3. Diagrammi d'inviluppo del momento e del taglio (#).

Opzionalmente vengono disegnati i diagrammi d'inviluppo del momento e del taglio; la scala delle lunghezze è 1/100, compatibilmente alle dimensioni del solaio; ove occorra il programma adotta multipli di tale scala. Per le sollecitazioni viene adottata una scala compatibile con le dimensioni da diagrammare.

La risoluzione di diagrammi (CGA, EGA e VGA) è selezionabile dal menù di configurazione di lavoro. La riproduzione dei diagrammi su carta è delegata al programma GRAPHICS.COM del DOS, caricato dalla subdirectory programmi dal batch file solaio.bat.

Ove quello presente nella subdirectory non fosse valido, basterà sostituirlo con una versione più recente, compatibile anche con la risoluzione adottata per disegnare i diagrammi.

Allo scopo di meglio individuare i risultati di tutte le condizioni di carico, i diagrammi vengono disegnati assegnando *ciclicamente* un differente colore a ciascuna, secondo le specifiche descritte nel file SOLAIO.COL; l'ordine di tali colori è modificabile dall'Utente semplicemente intervenendo su tale file con un comune word-processing o text editor, avendo cura di lavorare in modo *non testo* (cioè operando in codice ASCII).

7.3.4 Unità di misura impiegate.

Si sono adottate le seguenti unità di misura, non omogenee, secondo la metodologia tecnica correntemente impiegata.

luci, ascisse ($x_{M=0}$, $x_{T=0}$, etc):	[m]
carichi (g, q e p)	[kg/ml]
forze e tagli	[kg]
coppie e momenti	[kgm]
momenti d'inerzia	[cm ⁴]
dimensioni sezioni e fasce (piene e semipiene)	[cm]
tensioni	[kg/cmq]
aree di acciaio (A_f e $A_{f'}$)	[cmq]

8. Consultazione della relazione e dei diagrammi (#).

Le relazioni ed i diagrammi indirizzati su disco possono essere consultate attraverso il *modulo di gestione*. Per quanto attiene i diagrammi è possibile ottenerne uno o due per schermata: in tale secondo caso, oltre al risparmio di tempo e carta in fase di stampa, si consegue un sintetico quadro sinottico (momento e taglio) che esprime completamente il comportamento della struttura. L'impiego di differenti colori per ciascuna condizione di carico ne facilita l'interpretazione.

Diagrammi e relazioni sono consultabili e stampabili sia singolarmente che per *gruppi*, ricostruendo così completamente la relazione per tutti i solai.

Si richiama l'attenzione sul fatto che le relazioni (files SOL-XXXX.REL) sono modificabili, potendo arricchire l'Utente con propri commenti e considerazioni la relazione stampata o stralciare quelle parti ritenute inutili, riferite al contesto particolare.

9. Assistenza.

Non è dovuta all'Utente alcuna forma di assistenza o di consulenza. In caso di modifiche, trasformazioni, miglioramenti, nuove versioni, l'autore non è tenuto in alcun modo all'aggiornamento delle versioni fornite precedentemente.

10. Garanzia.

L'autore non rilascia alcuna garanzia, neppure implicita relativamente all'esattezza del programma e pertanto in alcun caso lo si potrà ritenere responsabile per danni diretti o indiretti causati dall'eventuale inesattezza dei risultati ottenuti.

Indice.

1. Funzionalità del modulo (#)	2
1.1. Generalità (#).....	3
2. Descrizione dei vincoli	4
2.1. Vincoli elastici (molle)	4
3. Tipi di sezioni rette	4
4. Carichi	5
5. Condizioni di carico previste (#)	5
6. Metodo di calcolo	6
7. Articolazione del programma (#).....	6
7.1. Configurazione di lavoro (#)	7
7.2. Struttura dei files (#).....	7
7.2.1. Installazione della procedura e descrizione di alcuni files (#).....	8
7.2.2. Opzioni di elaborazione (#)	9
7.3. Calcolo delle strutture (#)	10
7.3.1. Risultati del calcolo (#).....	10
7.3.2. Semiprogetto armature e fasce piene e semipiene	11
7.3.3. Diagrammi d'involuppo del momento e del taglio (#).....	12
7.3.4. Unità di misura impiegate.....	12
8. Consultazione della relazione e dei diagrammi (#).....	12
9. Assistenza	13
10. Garanzia.....	13
Indice	13