

Angelo Longo

Calcolo di sezioni in c.a. con il software Csect

**VERIFICA A FLESSIONE COMPOSTA DEVIATA
PER SEZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO
DI QUALSIASI GEOMETRIA**

- Metodo agli Stati Limite
 - Proprietà del calcestruzzo armato
 - Verifica a flessione composta deviata
 - Verifica a taglio e torsione
 - Cenni sulla verifica a duttilità
 - Relazioni di calcolo conformi alle NTC 2018
-
- AGGIORNATO ALLE NTC 2018 (D.M. 17 GENNAIO 2018)
E ALLA CIRCOLARE APPLICATIVA N. 7 DEL 21 GENNAIO 2019



Clicca e richiedi di essere contattato
per informazioni e promozioni



SOFTWARE INCLUSO

CSECT – SEZIONI IN C.A.

VERIFICA A FLESSIONE COMPOSTA DEVIATA PER SEZIONI IN C.A. DI QUALSIASI GEOMETRIA,
IN CONFORMITÀ ALLE NTC 2018 E ALLA CIRCOLARE APPLICATIVA N. 7/2019

Angelo Longo

CALCOLO DI SEZIONI IN C.A. CON IL SOFTWARE CSECT

Ed. I (09-2019)

ISBN 13 978-88-277-0086-0

EAN 9 788827 700860

Collana **Software** (124)

Longo, Angelo <1961->
Calcolo fondazioni in c.a. con il software CSect / Angelo Longo.
– Palermo : Grafill, 2019.
(Software ; 124)
ISBN 978-88-277-0086-0
1. Edilizia – Impiego [di] Programmi per computer.
624.18341 CDD-23 SBN Pal0317355
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



Pronto GRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare nel mese di settembre 2019

presso **Tipografia Luxograph S.r.l.** Piazza Bartolomeo Da Messina, 2 – 90142 Palermo

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

SOMMARIO

PREFAZIONE	p.	7
 PARTE PRIMA		
TEORIA DI CALCOLO	"	9
 1. METODO AGLI STATI LIMITE	"	11
1.1. Introduzione	"	11
1.2. Sicurezza e prestazioni attese	"	12
1.3. Classi d'Uso e Vita Nominale	"	13
1.4. Criteri di verifica agli stati limite	"	15
1.5. Stati limite di esercizio	"	18
1.5.1. Stati limite di esercizio in presenza di sisma	"	20
1.6. Stati limite ultimi	"	20
1.7. Combinazioni azioni sismiche con altre azioni	"	22
 2. IL CALCESTRUZZO ARMATO	"	23
2.1. Generalità	"	23
2.2. Il calcestruzzo	"	23
2.2.1. Resistenza a compressione	"	24
2.2.2. Resistenza a trazione	"	25
2.2.3. Modulo elastico normale	"	26
2.2.4. Legame tensioni deformazioni	"	26
2.2.5. Coefficiente trasversale di Poisson	"	28
2.2.6. Coefficiente dilatazione termica	"	28
2.2.7. Classe di consistenza	"	28
2.2.8. Classe di esposizione	"	29
2.2.9. Copriferro	"	33
2.3. L'acciaio	"	34
2.3.1. Legame tensioni deformazioni	"	34
2.3.2. Tensione nominale di snervamento e di rottura	"	35
2.3.3. Requisiti minimi degli acciai per c.a.	"	35
2.3.4. Tensione tangenziale di aderenza	"	37
2.3.5. Coefficiente dilatazione termica	"	37
2.3.6. Caratteristiche dimensionali e di impiego	"	37
2.3.7. La lavorazione dell'acciaio	"	39

3. VERIFICA ALLO S.L.U. DI SEZIONI IN C.A.	
SOGGETTE A FLESSIONE COMPOSTA	p. 40
3.1. Ipotesi relative alla sezione.....	" 40
3.2. Resistenze di progetto dei materiali.....	" 40
3.2.1. Resistenze di progetto a compressione del calcestruzzo.....	" 40
3.2.2. Resistenze di progetto a trazione del calcestruzzo.....	" 41
3.2.3. Tensione di snervamento di progetto dell'acciaio.....	" 41
3.2.4. Tensioni tangenziali di aderenza acciaio-calcestruzzo.....	" 41
3.3. Diagrammi di progetto costitutivi dei materiali.....	" 41
3.3.1. Diagrammi di progetto per il calcestruzzo.....	" 42
3.3.2. Diagrammi di progetto per l'acciaio.....	" 46
3.4. Impostazione teorica del problema.....	" 48
3.5. Verifica allo stato limite ultimo.....	" 51
3.5.1. Coefficiente di sicurezza della sezione.....	" 52
3.6. Cenni sulla verifica di duttilità.....	" 53
4. VERIFICA ALLO S.L.U. DI SEZIONI	
SOGGETTE A TAGLIO E TORSIONE	" 56
4.1. Generalità.....	" 56
4.2. Il taglio.....	" 56
4.2.1. Modello di calcolo.....	" 56
4.2.2. Problematiche legate al calcolo del taglio ultimo.....	" 58
4.2.3. Taglio retto in sezione rettangolare.....	" 59
4.2.4. Rottura delle bielle compresse di calcestruzzo (V_{Rcd}).....	" 60
4.2.5. Resistenza delle armature (V_{Rsd}).....	" 61
4.2.6. Taglio deviato in sezione generica.....	" 63
4.3. La torsione.....	" 65
4.3.1. Modello di calcolo.....	" 65
4.3.2. Resistenza ultima della sezione.....	" 67
4.4. Domini di interazione taglio-torsione.....	" 68
PARTE SECONDA	
MANUALE SOFTWARE	" 73
5. INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE CSECT	" 75
5.1. Presentazione del software.....	" 75
5.2. Requisiti hardware e software.....	" 76
5.3. Download del software e richiesta della password di attivazione.....	" 76
5.4. Installazione ed attivazione del software.....	" 76
5.5. Aggiornamenti ed assistenza.....	" 78
6. AMBIENTE DI LAVORO DEL SOFTWARE CSECT	" 79
6.1. Interfaccia del software.....	" 79

6.2.	Avvio del software	p.	80
6.2.1.	Creare un nuovo progetto.....	"	80
6.2.2.	Aprire un progetto esistente	"	81
6.3.	Gestione dei menu	"	81
6.3.1.	La barra dei menu	"	81
6.3.2.	Selezione di una voce dal menu.....	"	82
6.4.	La barra dei comandi frequenti.....	"	83
6.5.	Le componenti standard.....	"	83
6.5.1.	Le tabelle.....	"	84
6.5.2.	Input grafico-interattivo	"	85
6.6.	Configurazione stampanti	"	86
6.7.	Help in linea.....	"	87
7.	SINTESI DELLE FASI PRINCIPALI DEL SOFTWARE CSECT	"	88
7.1.	Fasi operative.....	"	88
7.2.	Input progetto.....	"	88
7.3.	Output progetto	"	90
7.4.	Guida rapida dei comandi.....	"	92
PARTE TERZA			
	VALIDAZIONE SOFTWARE E STAMPE	"	95
8.	ESEMPIO E VALIDAZIONE SOFTWARE	"	97
8.1.	Generalità.....	"	97
8.2.	Esempio applicativo.....	"	98
8.3.	Stampa relazione di calcolo	"	98
-	ESEMPIO APPLICATIVO	"	98
-	STAMPA RELAZIONE DI CALCOLO	"	108
	BIBLIOGRAFIA E NORMATIVA	"	118



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

PREFAZIONE

Il presente volume riporta contenuti teorici relativi ai criteri e ai metodi per la verifica di sezioni in calcestruzzo armato, alla luce delle NTC 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e della Circolare applicativa n. 7 del 21 gennaio 2019.

Parte integrante della pubblicazione è il software **CSeect**, specifico per la verifica di sezioni in calcestruzzo armato di qualsiasi geometria, soggette a flessione composta deviata, in conformità alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e alla relativa Circolare applicativa n. 7 del 21 gennaio 2019.

Il testo è suddiviso in due parti:

- Nella **prima parte (Teoria di calcolo)** si richiamano i concetti generali che stanno alla base dei metodi di verifica della sicurezza, con particolare attenzione per il metodo agli Stati Limite, e vengono richiamate le ipotesi sui materiali costituenti le strutture in calcestruzzo armato, nonché affrontate le problematiche relative alla verifica di sezioni in calcestruzzo armato, sia a flessione composta deviata, che a taglio e torsione. In particolare, viene proposto un algoritmo di calcolo per la verifica delle sezioni in c.a., mono e pluriconnesse, di forma qualsiasi, soggette a flessione composta deviata. Alcuni cenni vengono fatti in merito alla verifica a duttilità introdotta dalle recenti norme. Inoltre, dopo aver affrontato le problematiche del taglio e della torsione, viene trattato il tema della loro interazione, con riferimento a sezioni generiche e viene definito il corrispondente dominio di resistenza, sia per la sezione in calcestruzzo, sia per l'armatura.
- Nella **seconda parte (Manuale software)** sono state fornite le indicazioni e le istruzioni sull'utilizzo del software **CSeect**, al fine di acquisirne dimestichezza nel minor tempo possibile. Dopo una dettagliata descrizione sulle modalità di installazione e registrazione, necessaria per acquisire la licenza all'utilizzo del software, si passa alla spiegazione delle principali funzionalità, partendo dalla gestione dei comandi, fino alla descrizione delle fasi di lavoro necessarie per la modellazione, l'analisi, l'elaborazione e la stampa dei risultati. Il software **CSeect**, sviluppato dalla S.I.S. *Software Ingegneria Strutturale*, è concepito e realizzato specificatamente per la verifica di sezioni in calcestruzzo armato, soggette a flessione composta deviata, taglio e torsione. Esso dispone di un input semplice ed intuitivo che consente di ottenere automaticamente i risultati, riportati in tabulati di calcolo, in un pratico formato e conformi a quanto disposto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- Nella **terza parte (Validazione software e stampe)** viene dato ampio spazio alla validazione e affidabilità del software, la cui documentazione è fornita, a corredo dello stesso, in ottemperanza a quanto prescritto dal Capitolo 10 del D.M. 17 gennaio 2018 e

relativa Circolare applicativa n. 7/2019, relativo alla *Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo*. Detta documentazione contiene, oltre una esauriente descrizione delle basi teoriche e del metodo di calcolo impiegato, anche l'individuazione dei possibili campi di impiego del software e l'elaborazione di casi prova, interamente svolti e commentati, a cui è possibile fare riferimento, per accertare l'attendibilità dei calcoli svolti. Si ricorda infatti che le Norme vigenti prescrivono che è obbligo del progettista esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software, per valutare l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico di applicazione, tenendo conto delle ipotesi che stanno alla base della modellazione. Infine sono anche riportate, a titolo di esempio, alcune stampe degli elaborati forniti in output dal software, una volta eseguito il calcolo strutturale.

Concludendo, si vogliono ringraziare per la cordiale collaborazione e l'impegno profuso, il Dott. Ing. Stefano Russo nell'organizzazione e la stesura del presente testo e il Dott. Mario Messina nello sviluppo del software allegato.

Angelo Longo

METODO AGLI STATI LIMITE

1.1. Introduzione

I progressi tecnologici, cui abbiamo assistito nell'ultimo ventennio, hanno profondamente modificato anche la progettazione strutturale. Infatti, grazie anche al notevole contributo fornito da enti e organizzazioni internazionali di studio e di ricerca, i concetti fondamentali sulla sicurezza delle strutture, hanno compiuto sensibili progressi, fornendo un sostanziale contributo nel promuovere il processo di unificazione delle fondamentali regole per il calcolo strutturale nell'ingegneria civile.

L'insieme di queste regole costituisce il punto di partenza per raggiungere quello che oggi è considerato il principale obiettivo che si prefigge la progettazione strutturale, ovvero quello di garantire un adeguato livello di sicurezza di qualunque opera di ingegneria.

A voler ribadire questa nuova concezione di sicurezza, in uno scenario di apprezzabile consenso da parte degli addetti ai lavori e radicalmente cambiato rispetto al passato, le Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni¹ (d'ora in poi NTC 2018) con relativa Circolare applicativa² (d'ora in poi Circolare applicativa n. 7/2019) e gli Eurocodici trovano nel metodo agli Stati Limite lo strumento più adatto per raggiungere la sicurezza strutturale mediante l'applicazione pratica di metodi di verifica semplificati.

L'approccio del metodo agli Stati Limite è di tipo semiprobabilistico, ovvero consente di effettuare una verifica che abbia una valenza probabilistica ma sia eseguita seguendo la stessa metodologia utilizzata in situazioni *deterministiche*. Un'altra sua importante caratteristica è quella di verificare la struttura, sia rispetto alla crisi strutturale (Stato Limite Ultimo – SLU), che ha carattere irreversibile, sia rispetto al superamento di certi requisiti di sicurezza, che la costruzione deve garantire in esercizio, che può avere carattere di tipo reversibile o irreversibile (per cui si parla di Stato Limite di Esercizio – SLE). In particolare, tale modalità di approccio, per la verifica e/o il progetto delle sezioni, prevede che vengano amplificati i carichi e definite le resistenze dei materiali come valori di progetto, ridotti rispetto ai valori caratteristici, mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza.

La verifica della sicurezza con il metodo agli Stati Limite si attua confrontando tra loro due grandezze omogenee, siano esse sollecitazioni o deformazioni:

- la prima grandezza rappresenta la domanda di prestazione rivolta alla struttura da parte delle azioni esterne cui è sottoposta e si indica generalmente con E_d ;

¹ D.M. 17 gennaio 2018 (*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*), pubblicato in *Gazzetta Ufficiale* n. 42 del 20 febbraio 2018, *Supplemento Ordinario* n. 8.

² C.M. 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (*Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»*), pubblicato in *Gazzetta Ufficiale* n. 35 dell'11 febbraio 2019, *Supplemento Ordinario* n. 5.

- la seconda grandezza rappresenta la capacità di prestazione che la struttura è in grado di fornire e si indica con R_d .
- In particolare, misurare la sicurezza vuol dire verificare che sia soddisfatta la relazione $E_d \leq R_d$.

1.2. Sicurezza e prestazioni attese

La sicurezza strutturale di una costruzione, in funzione della sua utilizzabilità e del fine per il quale viene pensata e progettata, è intesa come probabilità che ha la struttura di sopportare certe azioni, da valutarsi per via probabilistica, considerato che sia le resistenze dei materiali, che le azioni agenti sono quantità aleatorie e pertanto non definibili con certezza. Inoltre, la stessa concezione di sicurezza strutturale non è solo funzione della resistenza ultima della struttura, ma anche – e soprattutto – della sua funzionalità in condizioni di normale utilizzo e della sua durabilità nel tempo. Le strutture e gli elementi strutturali, difatti, devono essere progettati, eseguiti, collaudati e soggetti a manutenzione in modo da consentire la prevista utilizzazione, per tutta la vita utile di progetto ed in forma economicamente sostenibile, in base al livello di sicurezza previsto dalle norme.

Alla luce dei suddetti criteri, la sicurezza di un'opera e le sue prestazioni devono essere valutate in relazione agli Stati Limite che si possono verificare durante la vita di progetto (definita Vita Nominale). Per Stato Limite si intende, in generale, quella determinata situazione, superata la quale, l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

Le NTC 2018 stabiliscono i requisiti di sicurezza che le costruzioni devono garantire nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU), quali crolli e dissesti gravi (che possano cioè compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni e provocare gravi danni ambientali e sociali), oltre a porre l'attenzione sui livelli di accettabilità che una struttura deve garantire, in termini di azioni alle quali dovrà essere sottoposta, sia in fase di realizzazione che di normale esercizio, nonché sui costi e sulle procedure di manutenzione in funzione della sua vita utile. Si parla, dunque, di condizioni che dovranno essere soddisfatte per scongiurare la crisi ultima (sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi) ed anche di condizioni, legate all'uso quotidiano della struttura, per «rimanere adatta all'uso» (sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio).

Le NTC 2018 ribadiscono, inoltre, tre requisiti che devono possedere le opere strutturali:

- 1) la sicurezza antincendio;
- 2) la durabilità;
- 3) la robustezza.

La sicurezza antincendio

La sicurezza antincendio è raggiunta progettando e realizzando le costruzioni in modo da garantire la resistenza e la stabilità degli elementi portanti, nonché limitando con opportuni accorgimenti la propagazione del fuoco e dei fumi.

La durabilità

La durabilità viene garantita progettando la costruzione in modo tale che il degrado della struttura che si dovesse verificare durante la sua vita nominale di progetto non riduca le prestazioni della costruzione al di sotto del livello previsto. Tale requisito dipende da diversi fattori, tra

IL CALCESTRUZZO ARMATO

2.1. Generalità

Il calcestruzzo armato è un materiale composito ottenuto inglobando all'interno di un conglomerato di cemento ed inerti (definito calcestruzzo) degli elementi in acciaio sotto forma di barre opportunamente modellate.

Le armature metalliche, impiegate nelle strutture in calcestruzzo armato, hanno il compito molto importante di assorbire gli sforzi di trazione. Infatti, il calcestruzzo, ottimo materiale nei confronti della resistenza a compressione, non è però in grado di resistere a trazione e questo può provocarne la rottura imprevedibile, in quanto di tipo fragile e quindi senza preavviso.

Di fondamentale importanza è il connubio calcestruzzo e acciaio assicurato dall'aderenza tra i due materiali, che garantisce il trasferimento degli sforzi e consente di ipotizzare il calcestruzzo armato come un materiale omogeneo. Inoltre i due materiali sono caratterizzati da un coefficiente di dilatazione termica praticamente uguale, pertanto i normali fenomeni legati alle variazioni termiche, che possono manifestarsi nel calcestruzzo armato, non danno luogo a fenomeni di coazione tra i due materiali componenti, che potrebbero comportare, nel tempo, la disgregazione del materiale.

Un altro fenomeno che bisogna controllare, per garantire la collaborazione tra calcestruzzo e acciaio è quello della corrosione delle armature, che non devono essere esposte ad agenti atmosferici o ambientali e devono pertanto avere un adeguato spessore di ricoprimento di calcestruzzo.

2.2. Il calcestruzzo

Il calcestruzzo, o conglomerato cementizio, è costituito da un aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco) legati da una pasta cementizia, composta da acqua e cemento. Affinché i componenti possano formare un aggregato compatto ed uniforme, ogni granulo di aggregato deve risultare avvolto dalla pasta cementizia, evitando la formazione di vuoti. Inoltre, essendo la pasta l'elemento più debole, è opportuno che venga utilizzata in quantità non eccessive; pertanto è necessario utilizzare inerti di granulometria assortita, secondo una precisa composizione granulometrica. Difatti, così come non sono adatti inerti tutti di piccolo diametro, in quanto la superficie da ricoprire diventerebbe eccessiva, non lo sono nemmeno quelli di grande diametro, in quanto lascerebbero grandi spazi vuoti tra un granulo e l'altro, che occorrerebbe riempire con grandi quantità di pasta cementizia.

Tutti gli elementi costituenti il calcestruzzo devono essere opportunamente dosati, secondo precisi rapporti di miscelazione e rispettare i criteri di conformità fissati per legge. Difatti, per poter garantire un buon comportamento meccanico del prodotto finito, che possa essere mantenuto nel tempo, è necessario assicurare una buona qualità dei materiali componenti, che deve essere costante durante tutte le fasi di produzione.

Il conglomerato cementizio da impiegarsi dovrà essere dosato rispettando i seguenti rapporti di miscelazione (*cf.* figura 2.1), con le quantità riferite ad un m³ di calcestruzzo.

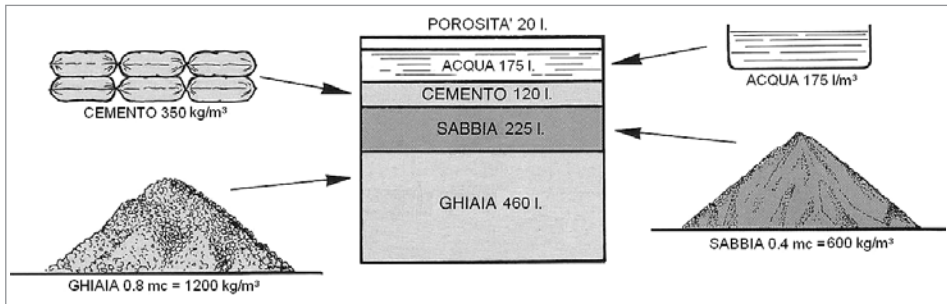


Figura 2.1. *Composizione media di un metro cubo di calcestruzzo*

Oltre alla sua composizione, anche le fasi di trasporto, getto e stagionatura influiscono in maniera rilevante sulle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo. Il processo di produzione, che va dalla sua confezione alla stagionatura, deve quindi sottostare a opportuni controlli di qualità, in modo da garantire la resistenza di progetto attesa per il prodotto finito.

La resistenza del calcestruzzo viene studiata, a livello microscopico, dalla meccanica della frattura, che consente di tenere conto dei difetti che possono presentarsi all'interno del conglomerato una volta indurito, quali ad esempio, microfessure, pori capillari, vuoti dovuti a ritiro o imperfetta costipazione. Dal punto di vista applicativo, però, si usa studiare il comportamento del calcestruzzo come materiale omogeneo, facendo riferimento a campioni di volume sufficiente per poter trattare il problema a livello macroscopico.

2.2.1. Resistenza a compressione

Il conglomerato cementizio possiede una resistenza alle sollecitazioni di compressione, denominata *resistenza caratteristica cubica* R_{ck} , intesa come valore del frattile 5% della distribuzione di resistenza, determinata mediante prove di compressione uniassiale, effettuate su provini di forma cubica di 150 mm di lato, a 28 giorni di maturazione.

Generalmente si può considerare anche il valore della *resistenza cilindrica* f_{ck} , riferita allo stesso valore di frattile, ma a provini di forma cilindrica.

A parità di calcestruzzo, la resistenza cilindrica è minore di quella cubica, difatti, essendo il provino cilindrico più “snello”, risente meno dell’effetto di contenimento che esercitano i piatti della macchina di prova rispetto alle facce del provino stesso.

La *resistenza a compressione cilindrica* del calcestruzzo è legata a quella cubica, tramite un rapporto di circa 0.80÷0.85. Pertanto convenzionalmente, vale la seguente relazione:

$$f_{ck} = 0.83 R_{ck} \quad (2.1)$$

Secondo quanto previsto dalle NTC 2018, la Classe di Resistenza del calcestruzzo viene definita in funzione dei valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica, sulla base di una denominazione normalizzata, che prevede l’utilizzo di una sigla, costituita dalla lettera “C” e da

VERIFICA ALLO S.L.U. DI SEZIONI IN C.A. SOGGETTE A FLESSIONE COMPOSTA

3.1. Ipotesi relative alla sezione

Le ipotesi formulate per lo studio delle sezioni di elementi monodimensionali in conglomerato cementizio armato, allo Stato Limite Ultimo sono:

- conservazione delle sezioni piane fino a rottura;
- perfetta congruenza tra la deformazione dell'acciaio e quella del calcestruzzo;
- mancata considerazione della resistenza a trazione del calcestruzzo, visto che quest'ultimo, allo Stato Limite Ultimo, risulta completamente fessurato;
- tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio funzioni assegnate delle deformazioni;
- raggiungimento dello Stato Limite Ultimo in corrispondenza di valori assegnati delle deformazioni limiti nell'acciaio e/o nel calcestruzzo;
- deformazione del calcestruzzo, in sezioni soggette a compressione assiale semplice, limitata al 2‰;
- deformazione massima del conglomerato cementizio compresso pari a ε_{cu} , nel caso di flessione semplice o composta, con asse neutro che interseca la sezione.

Nel seguito vengono prima riportate le resistenze di progetto del calcestruzzo e dell'acciaio, nonché i relativi diagrammi di calcolo, necessari per poter definire la resistenza degli elementi strutturali; successivamente vengono esposti i criteri di verifica agli Stati Limite Ultimi, per le sollecitazioni tipicamente agenti nelle opere in esame.

3.2. Resistenze di progetto dei materiali

3.2.1. Resistenze di progetto a compressione del calcestruzzo

Per il calcestruzzo, la resistenza di progetto a compressione, indicata con f_{cd} , vale:

$$f_{cd} = \alpha \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (3.1)$$

dove:

- α è un coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata, pari a 0,85;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni, che risulta legata alla resistenza cubica R_{ck} , essendo pari a $0,83 R_{ck}$;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo, pari a 1,5.

Nel caso di elementi piani, quali solette o pareti, gettati in opera, con spessori minori di 5 cm, la resistenza di progetto a compressione va ridotta del 20% e quindi risulta pari a $0,80 f_{cd}$.

3.2.2. Resistenze di progetto a trazione del calcestruzzo

Per il calcestruzzo, la resistenza di progetto a trazione, indicata con f_{ctd} , vale:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} \quad (3.2)$$

dove:

- f_{ctk} è il valore della resistenza caratteristica a trazione del conglomerato cementizio, che dipende dal valore medio della resistenza a trazione semplice, ed è pari a $0,7 f_{ctm}$, essendo quest'ultima la resistenza media a trazione semplice

Anche per la resistenza a trazione, nel caso di elementi piani, quali solette o pareti, gettati in opera, con spessori minori di 5 cm, si ha una riduzione del 20%.

3.2.3. Tensione di snervamento di progetto dell'acciaio

Per l'acciaio, la tensione di snervamento di progetto, indicata con f_{yld} , vale:

$$f_{yld} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad (3.3)$$

dove:

- f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;
- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio, pari a 1,15.

3.2.4. Tensioni tangenziali di aderenza acciaio-calcestruzzo

La tensione tangenziale di aderenza di progetto, tra acciaio e calcestruzzo, indicata con f_{bd} , vale:

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c} \quad (3.4)$$

dove:

- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza del cls, pari a 1,5;
- f_{bk} è il valore caratteristico della tensione di aderenza tra l'acciaio e il calcestruzzo, che dipende dal valore della resistenza caratteristica a trazione del conglomerato cementizio ed è funzione del diametro delle barre di armatura nonché delle condizioni di aderenza e costruttive (copriferro, addensamento, ancoraggi).

3.3. Diagrammi di progetto costitutivi dei materiali

Come già precedentemente accennato, con la verifica agli Stati Limite Ultimi, si ipotizza l'opera sottoposta ad azioni che portano l'intera struttura, o parti di essa, all'estremo delle proprie capacità portanti o di stabilità.

Verificare una sezione in c.a. allo Stato Limite Ultimo, significa considerare quelle sollecitazioni ultime che portano a rottura almeno uno dei materiali costituenti la sezione.

È necessario, quindi, tenere conto del comportamento non elastico dei materiali, considerando nei corrispondenti diagrammi tensioni-deformazioni, anche quei tratti corrispondenti alle deformazioni plastiche, al di là del limite elastico e sino ai rispettivi valori ultimi di rottura.

VERIFICA ALLO S.L.U. DI SEZIONI SOGGETTE A TAGLIO E TORSIONE

4.1. Generalità

Nel presente capitolo vengono dapprima trattate, in maniera indipendente, le problematiche relative al taglio e alla torsione, individuando separatamente i criteri di verifica allo Stato Limite Ultimo, sia per sezioni rettangolari che generiche. Successivamente viene affrontato il problema della resistenza ultima di una sezione, contemporaneamente soggetta a una forza tagliante, comunque orientata, e a un momento torcente, ottenendo dei domini di resistenza, che tengono conto della interazione tra queste due caratteristiche di sollecitazione, in maniera del tutto analoga a quanto fatto per la flessione composta deviata.

4.2. Il taglio

4.2.1. Modello di calcolo

Nel seguito si farà riferimento al problema della resistenza ultima di una trave soggetta unicamente a sollecitazioni di taglio.

La forza tagliante può agire in una direzione qualsiasi. Una prassi comune consiste nello scomporre la forza tagliante lungo le direzioni principali della sezione, immaginando che le due componenti agiscano separatamente (trascurando cioè la mutua interazione tra le due componenti taglianti). Tale approccio nasce dall'esigenza di utilizzare la teoria approssimata di Jourawsky per la determinazione dei diagrammi delle tensioni tangenziali.

Considerando la sezione riportata in figura 4.1, si possono considerare separatamente le azioni di taglio V_x e V_y agenti lungo ciascuna coppia di lati.

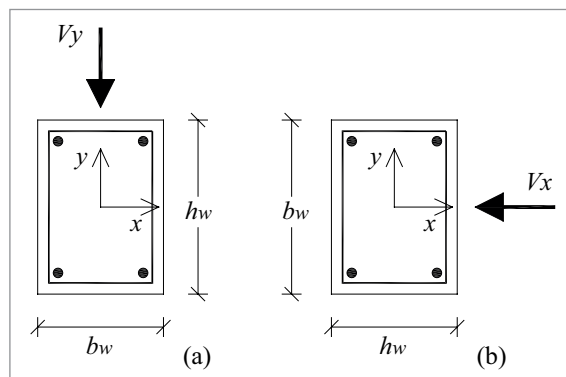


Figura 4.1. Taglio agente lungo le direzioni principali della sezione

Per ciascuna componente di taglio, la formula di Jourawsky permette di calcolare le tensioni tangenziali. Si perviene quindi al diagramma globale sommando i diagrammi precedentemente ottenuti. Tale modo di procedere risponde in pieno alle esigenze del metodo alle tensioni ammissibili, che presuppone analisi di tipo lineare e prevede un confronto tra le massime tensioni sollecitanti e le massime tensioni ammissibili.

Operando, invece, nell'ambito degli Stati Limite Ultimi, la verifica di resistenza consiste nel confrontare la resistenza globale ultima della sezione, anziché le tensioni locali. Tale obiettivo impone di prendere in considerazione tutti i fenomeni legati al carattere non-lineare di una sezione in calcestruzzo armato. Appare quindi chiaro che una corretta stima della resistenza ultima deve basarsi su una corretta conoscenza e interpretazione del meccanismo di rottura.

In tal senso osservazioni sperimentali hanno evidenziato che la rottura a taglio avviene solo dopo la formazione di un vasto quadro fessurativo composto da lesioni inclinate a 45° , poste ad intervalli regolari e maggiormente localizzate in prossimità dei nodi (figura 4.2).

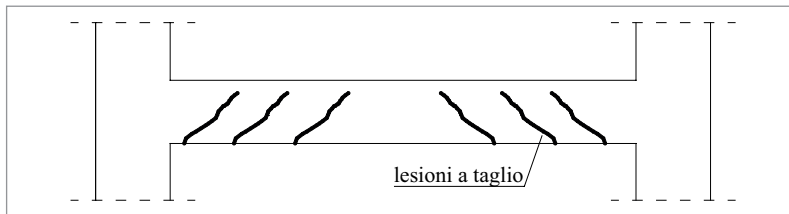


Figura 4.2. Quadro fessurativo a taglio

Questo quadro fessurativo a taglio suggerisce l'instaurarsi di un meccanismo resistente di tipo globale, non legato quindi alla resistenza di una singola sezione. Il taglio ultimo, calcolato per una sezione generica, rappresenta quindi in definitiva la resistenza ultima di un tronco di trave, con caratteristiche di sezione e armature omogenee.

Il modello di calcolo più diffuso per la determinazione della resistenza ultima della sezione consiste nello schematizzare il comportamento della trave mediante un modello discreto a traliccio (figura 4.3).

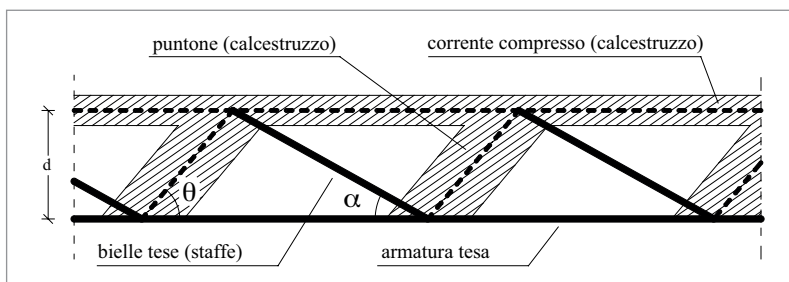


Figura 4.3. Modello a traliccio

L'utilizzo del traliccio equivalente (considerato isostatico) fu proposto per la prima volta da Morsch. In esso i puntoni e il corrente compresso rappresentano le porzioni di calcestruzzo

INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE CSECT

5.1. Presentazione del software

CSEct¹ è un software specifico per la verifica di sezioni in calcestruzzo armato di forma qualsiasi soggette a flessione composta deviata, in conformità al D.M. 17 gennaio 2018 e alla Circolare applicativa n. 7/2019. Il software prevede anche le verifiche a taglio e torsione per sezioni rettangolari. Le sezioni di forma qualsiasi quindi possono essere sollecitate da più condizioni di carico costituite da una terna di sollecitazione composta dallo sforzo normale N_z e dai momenti flettenti M_x e M_y . Per le sezioni rettangolari, in aggiunta alla terna N_z , M_x e M_y , è prevista la terna di sollecitazioni composta dal momento torcente M_z e dagli sforzi di taglio T_x e T_y .

Tutte le sezioni, di forma qualsiasi (mono o pluriconnesse), vengono descritte tramite le coordinate dei vertici della poligonale del perimetro della sezione di calcestruzzo, appartenenti al piano XY di una terna di riferimento di assi cartesiani ortogonali $X Y Z$. Esistono inoltre delle modalità di generazione automatica delle sezioni, che consentono di definire, con estrema facilità, la geometria delle sezioni di forma specifica (rettangolare, poligonale, circolare, a T, ad L, a C, ecc.).

La verifica di resistenza è condotta costruendo, per ogni sezione e per ogni terna di sollecitazioni, un dominio di resistenza, fissando un diagramma limite di deformazione e risalendo alle tensioni corrispondenti, tramite i legami costitutivi, non lineari, per ottenere la terna di sollecitazioni ultime, che la sezione può sopportare, per valutare se lo stato di sollecitazione di calcolo è interno al dominio. Si considera il problema della flessione composta disaccoppiato da quello di taglio e torsione, determinando, separatamente, i domini di resistenza corrispondenti ed i relativi coefficienti di sicurezza di ciascuna sezione soggetta alle suddette terne di sollecitazioni.

In base a questa teoria, è possibile calcolare, per le varie condizioni, le deformazioni/tensioni massime di trazione per l'acciaio e di compressione per il calcestruzzo, ed il coefficiente di sicurezza della sezione, supponendo una crescita proporzionale delle sollecitazioni.

I risultati delle verifiche vengono riportati in tabelle riassuntive, contenute nei tabulati di calcolo, che possono essere visualizzati in anteprima a video e forniti in output su stampante o file in formato PDF².

Per ogni sezione e per ogni sua condizione di carico, definita dalle terne di sollecitazioni (N_z , M_x , M_y) e (M_z , T_x , T_y), vengono riportate le relative terne (N_zU - M_xU - M_yU) e (M_zU , T_xU , T_yU), corrispondenti alle massime sollecitazioni che la sezione può sopportare, supponendo una crescita proporzionale delle sollecitazioni ed il relativo coefficiente di sicurezza. Inoltre, vengono riportate le deformazioni (o le tensioni) di lavoro massime di trazione per l'acciaio e di compressione per il calcestruzzo.

¹ CSEct è un software sviluppato dalla S.I.S. *Software Ingegneria Strutturale*.

² La stampa degli elaborati su stampante e l'esportazione dei medesimi in PDF è disponibile solo con la versione completa di CSEct.

Nel caso di sezione parzializzata vengono anche restituiti i tre coefficienti a , b , c , dell'equazione dell'asse neutro $ax + by + c = 0$, riferita al sistema di riferimento cartesiano assunto. Inoltre, viene riportata la figura della sezione con la posizione dell'asse neutro per le varie condizioni di carico.

Il software **Csect** presenta una interfaccia semplice ed intuitiva ed evidenzia spiccate caratteristiche di interattività, disponendo di tutte le funzioni necessarie per seguire l'intero iter progettuale, dal dimensionamento ottimale delle sezioni, alla stampa dei tabulati. L'installazione e la verifica delle funzionalità del software avverranno a cura e sotto l'esclusiva responsabilità dell'acquirente.

5.2. Requisiti hardware e software

Il software **Csect** è progettato per sistemi operativi a 32 bit e 64 bit, con la seguente configurazione minima:

- Processore Intel Pentium IV a 2 GHz;
- MS Windows 7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore);
- 2 Gb di memoria RAM;
- Disco Fisso con almeno 100 Mb di spazio libero;
- Scheda Video 512 Mb di RAM;
- Monitor a colori 1024×768 (16 milioni di colori);
- Mouse con rotellina di scroll.

5.3. Download del software e richiesta della password di attivazione

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0086_0.php

- 2) Inserire i codici “A” e “B” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**].
- 3) **Per utenti registrati** su www.grafill.it: inserire i dati di accesso e cliccare [**Accedi**], accettare la licenza d'uso e cliccare [**Continua**].
- 4) **Per utenti non registrati** su www.grafill.it: cliccare su [**Iscriviti**], compilare il form di registrazione e cliccare [**Iscriviti**], accettare la licenza d'uso e cliccare [**Continua**].
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati, in tempo reale, all'indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

5.4. Installazione ed attivazione del software

- 1) Scaricare il setup del software (file *.exe) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0087-7.exe**.
- 3) Avviare il software dal seguente percorso:

Per utenti MS Windows Vista/7/8: [**Start**] > [**Tutti i programmi**] > [**SIS**] >
> [**Csect**] (cartella) > [**Csect.exe**] (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: [**Start**] > [**Tutte le app**] > [**Csect.exe**] (icona di avvio)

AMBIENTE DI LAVORO DEL SOFTWARE CSECT

6.1. Interfaccia del software

L'ambiente di lavoro del software si presenta con un'interfaccia in cui è possibile visualizzare le finestre grafiche del modello realizzato, che viene immediatamente visualizzata alla prima apertura del software, con un menu a discesa e barre strumenti dove sono presenti una serie di comandi, con cui è possibile accedere alle funzioni principali.

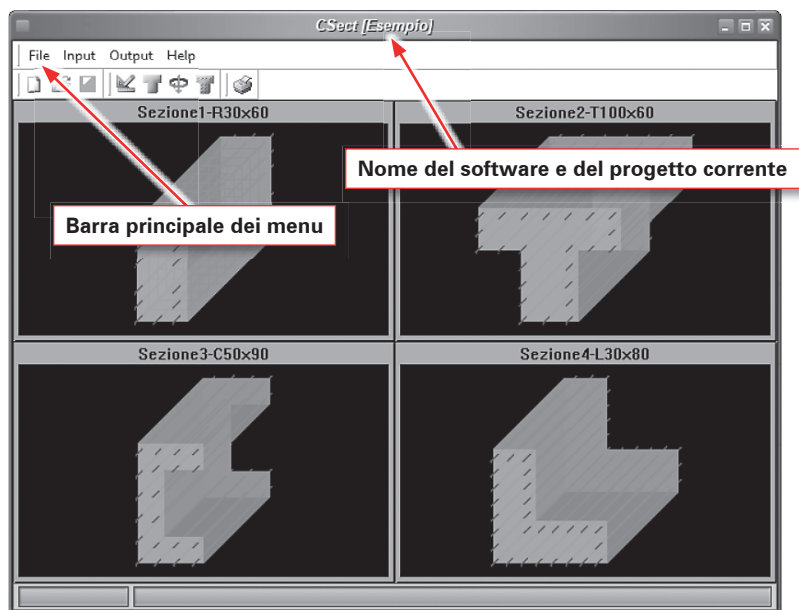


Figura 6.1. Schermata principale

La parte alta della finestra riporta il nome del software e quello del file corrente.

Il software è semplice da usare, sintetico nella richiesta dei dati e accurato sotto l'aspetto grafico sia in *input* che, soprattutto, nell'*output*. Dispone di finestre dati che consentono la manipolazione ed il controllo dei valori numerici, di finestre grafiche di disegno e di finestre d'aiuto.

Il software è sviluppato sotto MS Windows e molti dei comandi sono di comune utilizzo per chi abitualmente opera nel suddetto ambiente di lavoro.

Sulla schermata principale è inoltre disponibile una comoda interfaccia grafica, comune alla maggior parte dei programmi in ambiente CAD, sulla quale si va a comporre via via il modello 3D dell'edificio, permettendo di visualizzare gli elementi definiti nella fase di *Input del progetto*.

to. Nel caso invece in cui si apra un progetto già realizzato, l'immagine tridimensionale dell'edificio compare nella suddetta finestra grafica, come mostrato in figura 6.1.

L'utente ha a disposizione dei menu di comando accessibili dalla barra principale. Ogni comando è accessibile, durante la creazione del modello, senza una vera e propria sequenzialità di utilizzo dei comandi, fatta eccezione per alcuni di essi, che il software stesso provvede a non attivare, nel caso in cui si debbano rispettare delle specifiche propedeuticità di *Input di progetto*.

Le informazioni in entrata ed in uscita vengono visualizzate all'attivazione di ciascun comando mediante opportune finestre, all'interno delle quali sono contenute informazioni sotto forma di tabelle, o schede, ed integrate da un *Input grafico-interattivo*.

L'ambiente di lavoro prevede inoltre un **Help in linea**, sensibile al contesto, che può essere richiamato ogni qual volta si desideri un'informazione sul comando che si sta utilizzando, premendo da tastiera il comando **[F1]** che permette di visualizzare una finestra di aiuto, che riguarda il contesto specifico in cui l'**Help** è stato richiamato. In ogni caso, l'**Help** dispone di una struttura a cascata, facile da consultare e da percorrere, grazie anche alla presenza di frequenti Link (collegamenti) da cui è possibile accedere direttamente agli argomenti riportati sul Link stesso.

6.2. Avvio del software

All'avvio del software si apre una finestra che permette di effettuare due possibili operazioni: **Crea un Nuovo Progetto** o **Apri un Progetto Esistente** (cfr: figura 6.1).

6.2.1. Creare un nuovo progetto

- 1) Indicare il **Nome del Progetto** (cfr: figura 6.2);
- 2) Nella barra **Cartella del Progetto** scegliere il percorso per salvare il progetto;
- 3) Nel pannello **Crea Progetto** scegliere se creare un progetto **Vuoto** o **da Modello**;
- 4) Per il progetto **da Modello** scegliere il prototipo dalla barra **Modello** e cliccare **[OK]**.

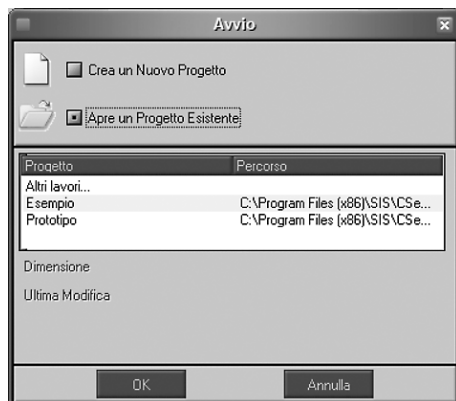


Figura 6.2. Avvio del programma



Figura 6.3. Creare un nuovo progetto

Le operazioni 1) e 2) sono opzionali, difatti è possibile lasciare il campo in bianco, non assegnando alcun nome al progetto e non indicandone la directory in cui salvarlo. In tal caso, tali informazioni saranno automaticamente richieste dal software al primo salvataggio del progetto.

SINTESI DELLE FASI PRINCIPALI DEL SOFTWARE CSECT

7.1. Fasi operative

Tutte le fasi di lavoro previste per la modellazione, l'analisi e l'elaborazione dei risultati, sono opportunamente distinte e possono essere condotte dall'utente in maniera indipendente.

- Fase di **Input** dei dati: la visualizzazione dei dati a finestra, mediante l'utilizzo di schede e tabelle, agevola la fase di **Input** dei dati ed il controllo degli stessi nei vari passi, grazie ad una visione compatta dei dati e ad operazioni di modifica molto veloci. Inoltre la presenza di un'interfaccia grafica, permette di visualizzare in maniera interattiva gli elementi che costituiscono la sezione.
- Fase di **Calcolo**: la fase di calcolo è stata ottimizzata allo scopo di ottenere risultati affidabili e nel minor tempo possibile, aumentando così la produttività del software.
- Le fasi di **Output**: le fasi di output, infine, sono particolarmente curate per ottenere la massima resa grafica, sia in fase di anteprima, che in fase di stampa. Inoltre, i tabulati di calcolo, possono essere esportati verso altri ambienti, utilizzando file in formato PDF¹, in modo da agevolare le fasi di stampa.

Di seguito si vuole dare una descrizione sintetica delle fasi operative che caratterizzano una comune sessione di lavoro, al fine di offrire all'utente uno strumento di facile e veloce consultazione, per utilizzare in modo immediato il software.

Per più specifiche spiegazioni, riguardo altre opzioni di utilizzo dello stesso, si rimanda all'*Help in line*a, disponibile dal menu di Help della barra principale dei comandi, come indicato al capitolo precedente.

7.2. Input progetto

Per cominciare la fase di input dati, è necessario inserire i dati generali che caratterizzano il Progetto, mediante i comandi seguenti:

Dati di progetto

In questa fase vengono specificate tutte le caratteristiche proprie del progetto in corso: in particolare, dovranno essere inseriti i dati generali del progetto, il metodo di calcolo utilizzato per la verifica delle sezioni, i dati relativi alle caratteristiche delle sezioni che si vogliono progettare, e le proprietà dei materiali utilizzati (cfr. figura 7.1).

¹ La stampa degli elaborati su stampante e l'esportazione dei medesimi in PDF è disponibile solo con la versione completa di CSECT.

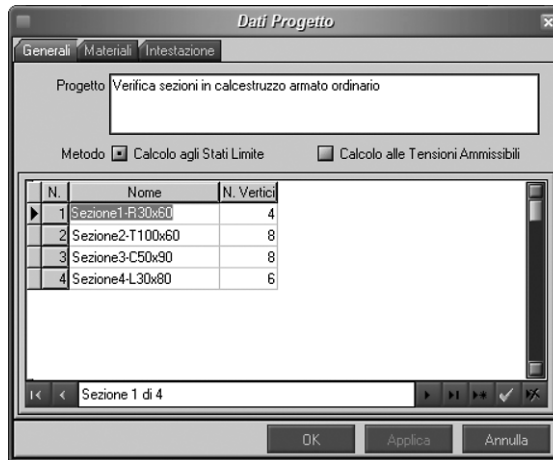


Figura 7.1. Dati di progetto

Dati dati sezioni

La modellazione delle **sezioni in c.a.** da progettare o verificare, ovvero l'input della Geometria delle sezioni, delle Sollecitazioni che le cimentano e delle Armature da disporre, avviene mediante il comando di Input **Dati Sezione**, presente nel menu di Input della Barra Principale dei menu, o mediante i corrispondenti comandi presenti sulla Barra dei Comandi Frequenti (**Toolbar**) (cfr. figura 7.2).

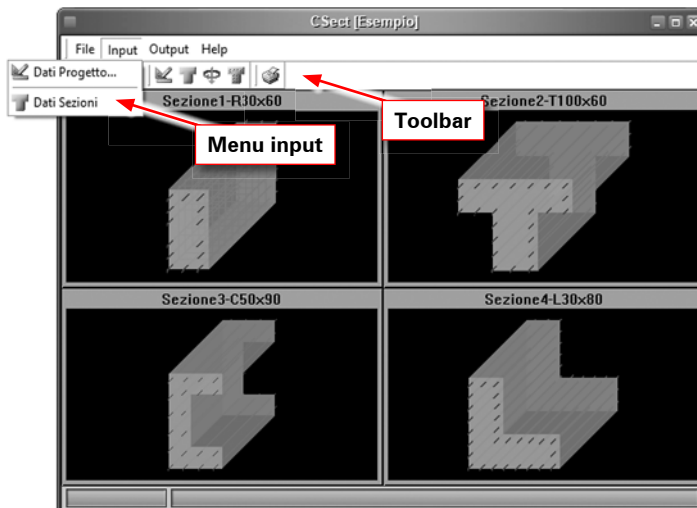


Figura 7.2. Menu di input

Il software stesso provvede a definire le propedeuticità di input dati per le sezioni del progetto; difatti non sarà possibile definire sollecitazioni e armature per la sezione corrente, se non

ESEMPIO E VALIDAZIONE SOFTWARE

8.1. Generalità

In base a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dalla Circolare applicativa n. 7/2019, relativamente al capitolo sulla “*Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo*” e nel caso specifico in cui le elaborazioni vengano svolte con l’ausilio del calcolo automatico, a mezzo di elaboratore elettronico, affinché possa essere provata l’affidabilità del codice di calcolo utilizzato, è necessario che il progettista prenda atto, in una fase preliminare alla modellazione e al calcolo, di tutta la documentazione fornita a corredo del software, in modo da poterne così valutare l’affidabilità e soprattutto l’applicabilità al caso specifico. Tale documentazione, fornita dal produttore o dal distributore del software, deve contenere, oltre una descrizione delle basi teoriche e del metodo di calcolo impiegato, anche l’individuazione dei possibili campi d’impiego e l’elaborazione di casi prova, svolti e commentati, a cui è possibile fare riferimento, per accertare l’attendibilità dei calcoli svolti, disponendo sia dei dati di input, che dei risultati ottenuti, tanto col calcolo automatico, quanto con quello manuale.

Per poter valutare sinteticamente la coerenza dei risultati derivanti dal calcolo automatico, con quelli ricavati da altre fonti, quali in particolare, il calcolo manuale o le soluzioni teoriche comunemente riconosciute dalla letteratura di riferimento, è necessario riportare, a conclusione di ogni singola elaborazione, il corrispondente fattore di affidabilità del calcolo, dato dalla differenza percentuale tra i valori ottenuti con i due metodi.

È comunque importante precisare che la “*Validazione del codice di calcolo*” non può ridursi solo ad un semplice confronto numerico tra i risultati ottenuti automaticamente, con l’utilizzo del software, e quelli calcolati teoricamente (con riferimento a significativi casi prova forniti a corredo del software), in quanto risulta di basilare importanza non perdere di vista l’obiettivo globale, che deve necessariamente perseguire chi utilizza un software di calcolo, ovvero quello di comprenderne i campi di impiego e le ipotesi che stanno alla base della modellazione.

Pertanto, la validazione del calcolo non sarà più solo quella dei risultati ottenuti, ma anche quella dei dati immessi e della comprovata aderenza delle ipotesi adottate al caso reale. Ciò richiede una esplicita dimostrazione, da parte del progettista, di aver bene interpretato tutti i fattori e gli aspetti che interferiscono con la vita della struttura e di averli correttamente tradotti con una coerente modellazione strutturale dell’opera.

L’iter progettuale, dunque, partendo dal riconoscimento dell’opera e passando attraverso l’accettabilità delle ipotesi prese alla base della modellazione, conduce all’ottenimento di risultati la cui validità risulta dimostrata solo se la modellazione della geometria, dei vincoli, dei materiali e delle azioni sono aderenti alla struttura reale ed al suo reale utilizzo.

È chiaro dunque che la “*accettabilità*” dei risultati ottenuti col calcolo automatico, deve necessariamente partire dalla “*accettabilità*” dei dati immessi. Per giungere a tale obiettivo è essenziale ricorrere ad un consapevole impegno del progettista.

8.2. Esempio applicativo

Nel seguito vengono riportati, dunque, alcuni esempi applicativi, interamente svolti e commentati, in cui i risultati ottenuti con il software **CSEct**, vengono confrontati con quelli teorici ottenuti sulla base di formule riprese dalla letteratura di riferimento, nonché i criteri e i concetti che stanno alla base del metodo di calcolo utilizzato, i campi di impiego del software e le ipotesi adottate per la modellazione strutturale.

[L'ESEMPIO APPLICATIVO È RIPORTATO A SEGUIRE]

8.3. Stampa relazione di calcolo

Una volta eseguito il calcolo strutturale, il software **CSEct** consente di visualizzare a video la relazione di calcolo. La stampa degli elaborati su stampante e l'esportazione dei medesimi in PDF è disponibile solo con la versione completa di **CSEct**.

A titolo di esempio si riportano di seguito alcuni stralci delle stampe suddette.

[LE STAMPE DEGLI ELABORATI DI CALCOLO SONO RIPORTATE A SEGUIRE]

ESEMPIO APPLICATIVO

<i>Indice</i>	- 1 -
INTRODUZIONE	2
<i>Campi di impiego.....</i>	<i>2</i>
BASI TEORICHE	3
<i>Impostazione Teorica del Problema</i>	<i>3</i>
<i>Verifiche allo Stato Limite Ultimo</i>	<i>4</i>
CASI PROVA.....	7
<i>Verifica a Flessione</i>	<i>7</i>
<i>Verifica a Pressoflessione</i>	<i>9</i>

CSEct © CopyRight 1986-2019 - S.I.S. Software Ingegneria Strutturale

INTRODUZIONE

In base a quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, nel caso in cui le elaborazioni vengano svolte con l'ausilio del calcolo automatico, a mezzo di elaboratore elettronico, affinché possa essere provata l'affidabilità del codice di calcolo utilizzato, è necessario che il progettista prenda atto, in una fase preliminare alla modellazione e al calcolo, di tutta la documentazione, fornita a corredo del software, in modo da poterne così valutare l'affidabilità e soprattutto l'applicabilità al caso specifico.

Tale documentazione, fornita dal produttore o dal distributore del software, deve contenere, oltre una esauriente descrizione delle basi teoriche e del metodo di calcolo impiegato, anche l'individuazione dei possibili campi di impiego e l'elaborazione di casi prova, interamente svolti e commentati, a cui è possibile fare riferimento, per accertare l'attendibilità dei calcoli svolti, disponendo sia dei dati di input, che dei risultati ottenuti, tanto col calcolo automatico, quanto con quello manuale.

Per poter valutare sinteticamente la coerenza dei risultati derivanti dal calcolo automatico, con quelli ricavati da altre fonti, quali in particolare, il calcolo manuale o le soluzioni teoriche comunemente riconosciute dalla letteratura di riferimento, è necessario riportare, a conclusione di ogni singola elaborazione, il corrispondente fattore di affidabilità del calcolo, dato dalla differenza percentuale tra i valori ottenuti con i due metodi.

E' comunque importante precisare che la "Validazione del codice di calcolo" non può ridursi solo ad un semplice confronto numerico tra i risultati ottenuti automaticamente, con l'utilizzo del software, e quelli calcolati teoricamente (con riferimento a significativi casi prova forniti a corredo del software), in quanto risulta di basilare importanza non perdere di vista l'obiettivo globale, che deve necessariamente perseguire chi utilizza un software di calcolo, ovvero quello di comprenderne i campi di impiego e le ipotesi che stanno alla base della modellazione.

Pertanto, la validazione del calcolo non sarà più solo quella dei risultati ottenuti, ma anche quella dei dati immessi e della comprovata aderenza delle ipotesi adottate al caso reale. Ciò richiede una esplicita dimostrazione, da parte del progettista, di aver bene interpretato tutti i fattori e gli aspetti che interferiscono con la vita della struttura e di averli correttamente tradotti con una coerente modellazione strutturale dell'opera.

L'iter di verifica, dunque, partendo dal riconoscimento dell'opera e passando attraverso l'accettabilità delle ipotesi prese alla base della modellazione, conduce all'ottenimento di risultati la cui validità risulta dimostrata solo se la modellazione della geometria, dei vincoli, dei materiali e delle azioni sono aderenti alla struttura reale ed al suo reale utilizzo.

E' chiaro dunque che la "accettabilità" dei risultati ottenuti col calcolo automatico, deve necessariamente partire dalla "accettabilità" dei dati immessi. Per giungere a tale obiettivo è essenziale ricorrere ad un consapevole impegno del progettista.

Nel seguito vengono riportati, dunque, oltre ai casi di prova, interamente svolti e commentati, in cui i risultati ottenuti con il software utilizzato vengono confrontati con quelli teorici ottenuti sulla base di formule riprese dalla letteratura di riferimento, anche i criteri e i concetti che stanno alla base del metodo di calcolo utilizzato, i campi di impiego del software e le ipotesi adottate per la modellazione strutturale.

Campi di impiego

CSect è un software specifico per la verifica di sezioni in calcestruzzo armato di forma qualsiasi soggette a flessione composta deviata in conformità alle al D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni») e alla Circolare 21 gennaio 2019, n.7.

Il software dispone di un input semplice ed intuitivo, completo di comode funzionalità di generazione automatica sia delle sezioni sia delle armature, consentendo un significativo risparmio di tempo nella preparazione dei dati, nell'interpretazione delle stampe numeriche e nel volume dei dati immessi.

CSect restituisce in output i risultati delle elaborazioni mediante tabulati, di facile lettura e pratica consultazione, con la compilazione automatica delle relazioni (conformi alle NTC 2018).

