

Strutture

Il modulo SOLAI

Convenzioni sulla versione (livello)

Vedere la Guida Ambiente di EdilStudio (Introduzione).

Premessa

Il modulo Solai consente il progetto e la verifica di solai in cemento armato, realizzati con travetti gettati in opera, con tralicci o con lastre prefabbricate. Le condizioni di carico e l'involuppo delle massime sollecitazioni che ne scaturiscono vengono determinate automaticamente. La verifica delle sezioni più significative può essere svolta con il metodo delle tensioni ammissibili o degli stati limite. E' possibile il predimensionamento automatico delle armature. Il modulo risolve schemi di solaio fino a 10 campate (4 nella versione Entry).

Caratteristiche e metodi di calcolo del programma

Il solaio è schematizzato come una trave su più appoggi e come tale viene risolto con il metodo degli elementi finiti. Il calcolo per conoscere le massime sollecitazioni agenti è svolto considerando un numero di condizioni di carico pari al numero di tratti (campate + eventuali sbalzi) +1.

Le diverse condizioni di carico si ottengono applicando sulla struttura in modo opportuno i carichi accidentali ed in particolare:

- le massime sollecitazioni sugli appoggi si ottengono applicando i carichi accidentali alle campate immediatamente adiacenti l'appoggio, quindi caricando in modo alternato le rimanenti;
- le massime sollecitazioni in campata si ottengono applicando i carichi accidentali alla campata interessata e poi alternando campate scariche a campate cariche.

Dall'involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni relativi alle singole condizioni di carico si ottengono le massime sollecitazioni gravanti sulla struttura.

In assenza di mensola i momenti di estremità possono essere calcolati come momenti di semincastro ($q \cdot l^2 / 24$).

Le verifiche di resistenza possono essere svolte con il *metodo delle tensioni ammissibili* o con il *metodo degli stati limite* (di esercizio o ultimi) nelle sezioni più significative di ogni tratto (in asse appoggio, al limite della fascia piena e nella sezione di massima sollecitazione in campata).

Risultati del calcolo

Il modulo fornisce i seguenti risultati:

- per ciascuna delle possibili condizioni di carico le sollecitazioni (Taglio e Momento) in asse appoggio e in campata per la sezione di massimo momento;
- il diagramma di involuppo delle condizioni di carico con l'indicazione dei massimi momenti flettenti;
- le armature minime necessarie a coprire la condizione di involuppo dei diagrammi delle sollecitazioni (diagramma dei momenti resistenti);
- le verifiche di resistenza nei punti caratteristici delle luci del solaio.

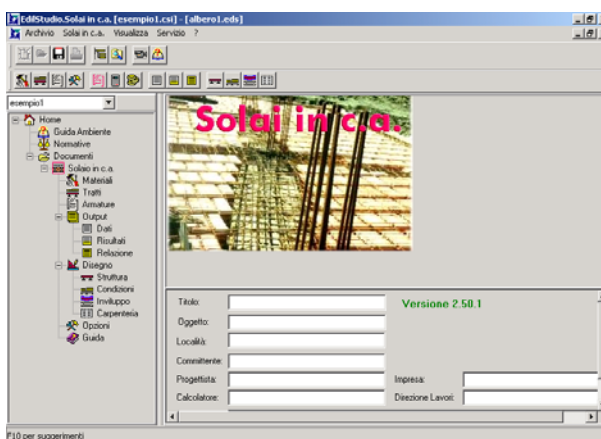
Riferimenti bibliografici


Per un'analisi dettagliata dei metodi di calcolo utilizzati si rinvia alla letteratura tecnica specializzata tra cui si consiglia:

AA.VV.	<i>Manuale di ingegneria civile</i>	Ed. Scientifiche Cremonese	Roma, 1982
Capurso	<i>Introduzione al calcolo automatico delle strutture</i>	Ed. scientifiche Cremonese	Roma, 1983
Franciosi	<i>Problemi di scienza delle costruzioni</i>	Liguori	Napoli, 1983
Giangreco	<i>Teoria e Tecnica delle costruzioni</i>	Liguori	Napoli, 1984
Migliacci	<i>Progetti di strutture</i>	Masson	Italia, 1985

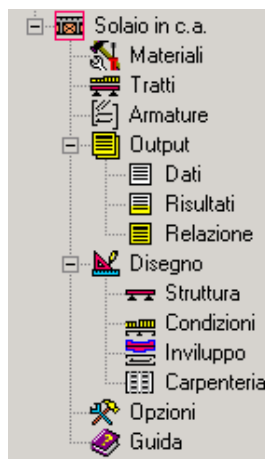
Per cominciare

Supponiamo dunque di voler procedere al calcolo di un solaio. E' possibile partire da un nuovo file o da uno precedentemente salvato (come indicato nella *Guida all'ambiente*). La pagina iniziale del modulo Solai si presenta come illustrato di fianco.




Selezionando il nodo principale  si possono inserire nel foglio corrispondente i dati riepilogativi del progetto tenendo presente che tali dati compariranno nell'intestazione della relazione di calcolo.

L'albero di un file, per il modulo Solai, si presenta come nella figura accanto. I contenuti dei singoli nodi e i comandi in essi disponibili verranno descritti in modo dettagliato nei paragrafi successivi. Per eseguire il calcolo di un solaio occorre:



- scegliere le caratteristiche dei materiali da impiegare;
- definire la geometria dello schema di calcolo (luci, geometria della sezione e carichi dei tratti);
- definire la geometria delle armature (in alternativa lanciare il predimensionamento);

Completata la fase di inserimento si può lanciare il calcolo e passare all'analisi dei risultati;

basta infatti cliccare sul comando Calcola del menù Solai oppure sull'icona  oppure, ancora, dal comando Calcola del menù pop-up in corrispondenza del nome del file corrente.

L'albero di Solai

Nei paragrafi successivi vengono descritti i nodi che sono presenti nell'albero relativo al modulo **Solai**.

Vengono indicate in particolare le principali operazioni che è possibile effettuare per inserire un nuovo solaio, per modificare un solaio precedentemente assegnato o per variare le opzioni, così come sono disponibili in ciascuno dei nodi del modulo **Solai**.

L'accesso ai nodi dell'albero può avvenire dal menù a tendina oppure dalla barra dei comandi oppure ancora posizionandosi direttamente su uno dei nodi. I comandi disponibili sono di volta in volta diversi a seconda del nodo selezionato.

Archivio Materiali

Dopo aver selezionato il nodo **Archivio Materiali**, attraverso il comando del menù oppure cliccando sull'apposita icona dell'albero, si può accedere alla scheda per l'inserimento delle caratteristiche dei materiali riportata nella figura sottostante.

I materiali definiti in archivio potranno essere utilizzati nel calcolo selezionandoli nella scheda **Opzioni**.

Materiali									
Conglomerato		Acciaio barre							
Nome	Rck	Ec	Sigma amm c	tau c0	tau c1	fck	felk	f _t	
Rck150	150	220454	60	4	14	124.5	11.49...		
Rck200	200	254558	72.5	4.666...	15.42...	166	13.92...		
Rck250	250	284605	85	5.333...	16.85...	207.5	16.15...		
Rck300	300	311769	97.5	6	18.28...	249	18.24...		
Rck350	350	336749	110	6.666...	19.71...	290.5	20.22...		
Rck400	400	360000	122.5	7.333...	21.14...	332	22.10...		
Rck450	450	381838	135	8	22.57...	373.5	23.91...		
Rck500	500	402492	147.5	8.666...	24	415	25.65...		

Nome:	Rck150	fck [daN/cm ²]:	124.5	Aggiungi
Rck [daN/cm ²]:	150	felk [daN/cm ²]:	11.4953617	Modifica
Ec [daN/cm ²]:	220454	coeff. poisson:	0.125	Elimina
σ amm. c [daN/cm ²]:	60	coeff. di omog.:	15	
τ0 [daN/cm ²]:	4	peso specif.[daN/mc]:	2500	
τ1 [daN/cm ²]:	14	coeff. dilat. term.:	1E-5	Calcola f(Rck)

Nell'archivio dei materiali sono presenti diversi fogli a seconda della tipologia del muro scelta (in versione Entry sono presenti solo i fogli Conglomerato e Acciaio barre).

Foglio 'Conglomerato'

Contiene 8 classi predefinite (da Rck150 a Rck500) che non possono essere modificate o cancellate, ma è comunque possibile definirne di nuove.

I pulsanti disponibili sia per il conglomerato sia per l'acciaio sono:

Aggiungi: consente di aggiungere una nuova tipologia di materiale alla lista. Dopo aver inserito il nome (necessariamente diverso da uno già esistente) e avere impostato i valori desiderati e cliccare su Aggiungi.

Modifica: dopo aver selezionato un elemento modificare il valore desiderato e cliccare su Modifica.

Elimina: dopo aver selezionato un elemento cliccare su Elimina; le classi predefinite non possono essere cancellate.

Il pulsante **Calcola f(Rck)** consente, dopo aver inserito un valore nella cella Rck, di calcolare in automatico le tensioni ammissibili dei materiali e le resistenze, valori che possono comunque essere modificati.

Per inserire un nuovo calcestruzzo occorre assegnare:

Descrizione

Nome:	Nome identificativo
Rck	Resistenza caratteristica cubica
Ec	Modulo elastico
σ amm c	Sigma ammissibile a compressione
τ_0	Tensione tangenziale
τ_1	Tensione tangenziale ammissibile
Fck	Resistenza cilindrica a compressione $0.83 \cdot Rck$
Fctk	Resistenza media a trazione $2.7 \cdot Rck^{\wedge}2/3$
coeff. poisson	Coefficiente di poisson
coeff. di omog.	Coefficiente di omogeneizzazione
γ	peso specifico del calcestruzzo

Foglio 'Acciaio barre'

Contiene 4 classi FeB predefinite (FeB22K, FeB32K, FeB38K e FeB44K) che non possono essere modificate o cancellate, ma è comunque possibile definirne di nuove.

I pulsanti **Aggiungi**, **Modifica** ed **Elimina** sono stati già illustrati nel foglio calcestruzzo.

The screenshot shows a window titled 'Materiali' with two tabs: 'Conglomerato' and 'Acciaio barre'. The 'Acciaio barre' tab is active, displaying a table with columns: Nome, Ef, Sigma amm. f, fyk, ftk, dt. Below the table are input fields for a new material: Nome (FeB22K), Ef [kg/cm²] (2060000), σ amm. f [daN/cm²] (1200), fyk [kg/cm²] (2150), ftk [kg/cm²] (3350), and coeff. dilat. term. (1E-5). On the right side, there are three buttons: 'Aggiungi', 'Modifica', and 'Elimina'.

Nome	Ef	Sigma amm. f	fyk	ftk	dt
FeB22K	2060000	1200	2150	3350	1E-5
FeB32K	2060000	1600	3150	4900	1E-5
FeB38K	2060000	2200	3750	4500	1E-5
FeB44K	2060000	2600	4300	5400	1E-5
FeBmoe2	2100000	1500	2500	3500	0.014
FeB32kzz	2060000	0	0	5400	0.014
FeB66k	2666666	1500	2500	3500	0.014

Per inserire una nuova classe di acciaio occorre assegnare:

Descrizione

Nome:	Nome identificativo
Ef	Modulo elastico
$\sigma_{amm f}$	Sigma ammissibile
fyk	Tensione caratteristica di snervamento
ftk	Tensione caratteristica di rottura

Tratti

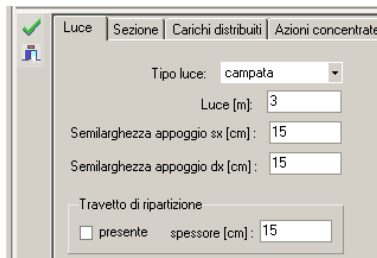
Per effettuare l'inserimento relativo ad una campata del solaio bisogna posizionarsi sul nodo **Tratti** ed attivare la scheda di inserimento illustrata di seguito. Tale nodo consente infatti di assegnare e modificare le caratteristiche geometriche (longitudinali e trasversali) e di carico dei tratti del solaio (campate e/o sbalzi).

Il nodo Tratti è di tipo *Lista* e presenta i comandi di gestione *Inserisci*, *Modifica*, *Elimina* spiegati nella parte generale.

Foglio 'Luce'

In questo foglio occorre inserire anzitutto il tipo di luce (la scheda permette di inserire campate o sbalzi: il tipo di elemento da inserire deve specificarsi nel menù a discesa) e la sua luce.

Le semilarghezze degli appoggi sinistro e destro rappresentano la dimensione dell'elemento (trave, muratura, ecc.) su cui poggia il tratto che si sta inserendo.



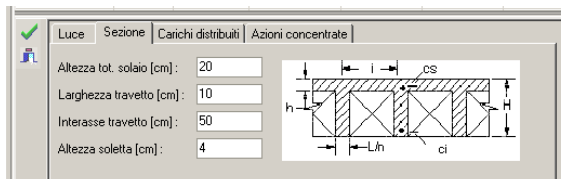
Se si intende inserire un travetto di ripartizione ortogonale ai travetti occorre selezionare il check "presente" e indicarne lo spessore.

Foglio 'Sezione'

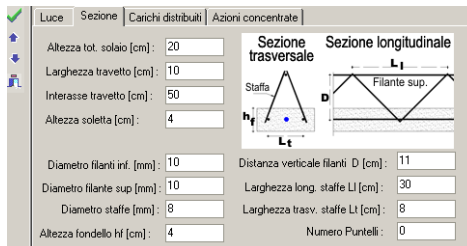
Il foglio "Sezione" si presenta in modo differente se il solaio è del tipo gettato in opera o del tipo con tralicci o con lastre prefabbricate.

Nel primo caso l'aspetto che assume è quello riportato di seguito.

Nelle celle vanno inseriti i valori che definiscono la geometria trasversale del tratto di solaio e quindi: l'altezza totale (comprensiva dell'altezza della soletta), la larghezza del travetto, l'interasse tra i travetti, l'altezza della soletta.



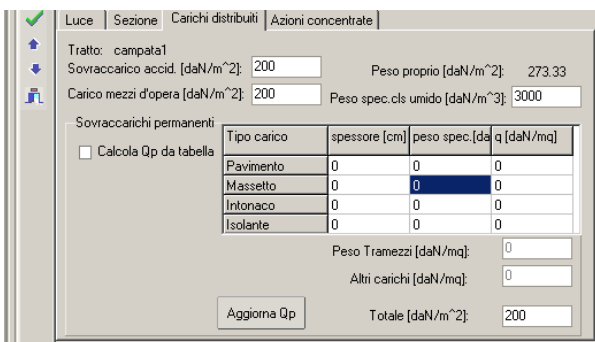
Negli altri due casi, invece, il foglio assume l'aspetto riportato accanto. Nelle prime celle vanno inseriti ancora i valori che definiscono la geometria trasversale del tratto di solaio e quindi: l'altezza totale (comprensiva dell'altezza della soletta), la larghezza del travetto, l'interasse tra i travetti, l'altezza della soletta.



- Le variabili che bisogna assegnare nelle successive celle sono le seguenti:
- diametro dei ferri che nel traliccio prefabbricato costituiscono i due correnti inferiori;
 - diametro del ferro che costituisce il corrente superiore del traliccio prefabbricato;
 - il diametro delle staffe;
 - l'altezza del fondello di calcestruzzo;
 - la distanza verticale fra i ferri inferiori e quelli superiori;
 - le due distanze (longitudinale e trasversale) che definiscono la geometria delle staffe;
 - il numero di puntelli da impiegare in fase di esecuzione per la verifica dell'autoportanza.

Foglio 'Carichi distribuiti'

Nel terzo foglio della scheda occorre inserire gli altri dati relativi, rispettivamente, al valore del sovraccarico accidentale gravante sul tratto, e dei sovraccarichi permanenti. Il valore del peso proprio, indicato nella parte alta della scheda, viene calcolato in automatico.



I valori del "Carico dei mezzi d'opera" e il "Peso specifico del calcestruzzo umido" sono i valori riferiti alla fase di esecuzione ed usati per la verifica dell'autoportanza. Se si desidera, è possibile procedere all'analisi dei sovraccarichi permanenti abilitando la voce "Calcola Qp da tabella" ed inserendo per i diversi elementi lo spessore ed il peso specifico; inserire poi l'incidenza dei tramezzi e di eventuali altri carichi. Cliccare quindi su "Aggiorna Qp" per assegnare il valore calcolato al tratto. Se la voce "Calcola Qp da tabella" non è selezionata nella cella "Totale" l'utente può inserire direttamente il valore desiderato.

Foglio 'Azioni concentrate'

Il foglio "Azioni concentrate" della scheda Trattati permette di inserire i valori di una forza verticale e di una coppia concentrata per gli sbalzi sinistro e destro.

Armature


Per gestire la disposizione longitudinale delle armature bisogna posizionarsi sul nodo omonimo.

La relativa scheda di editing permette di assegnare fino a due ferri in ogni campata o in corrispondenza di ciascun appoggio. Di ogni ferro occorre assegnare il diametro, l'ascissa iniziale e l'ascissa finale del tratto, per indicare il suo sviluppo.

In campata l'ascissa può assumere valori da 0 (asse appoggio sinistro), fino ad L, dove L indica la lunghezza della campata (asse appoggio destro). Sull'appoggio l'ascissa iniziale può assumere valori negativi per indicare l'estensione del ferro a sinistra dell'appoggio, valori positivi per l'estensione a destra dell'appoggio.

Il nodo è di tipo *Lista* e presenta il solo comando di gestione *Modifica* spiegato nella parte generale per l'inserimento o la modifica manuale dell'armatura. Gli elementi contenuti in tale lista (sbalzi, campate, appoggi) in cui vanno inserite le armature vengono infatti automaticamente aggiunti mano a mano che si definisce la geometria della struttura.

Predimensionamento delle armature

Questo comando, a cui si accede dal menù Solai o dall'icona  della barra degli strumenti, consente un predimensionamento automatico delle armature del solaio. Una volta effettuata tale operazione è sempre possibile modificare manualmente le armature nella scheda Armature precedentemente illustrata e rilanciare il calcolo.

Output (Dati, Risultati, Relazione)

Posizionandosi su uno dei nodi di output si attiva l'editor di testo che visualizza, rispettivamente, i dati presenti, i risultati dell'elaborazione o la relazione completa; i comandi disponibili sono quelli già illustrati nella parte generale.

Disegno (Schema)

E' possibile visualizzare le caratteristiche geometriche del solaio (schema statico e carichi) posizionandosi sul nodo Disegno|Schema che consente l'accesso all'interfaccia grafica. I comandi disponibili sono quelli relativi alle funzioni di visualizzazione già descritti nella

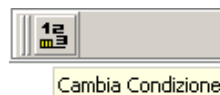
parte generale. Se si desidera prendere visione del disegno del solaio prima di effettuare il calcolo è sufficiente selezionare questo nodo che fornisce il disegno schematico del solaio, con la visualizzazione dei carichi.

Disegno (Condizioni, Inviluppo, Carpenteria)

Se è stato già effettuato il calcolo sono abilitati i nodi Disegno|Condizione, Disegno|Inviluppo e Disegno|Carpenteria. Essi consentono l'accesso all'interfaccia grafica per visualizzare, dopo il calcolo, i disegni dei momenti calcolati per le diverse condizioni di carico, il diagramma di inviluppo risultante con il disegno della sezione longitudinale e delle armature e la carpenteria.

Posizionandosi sul nodo Disegno|Condizioni è possibile avere, per ogni singola condizione di carico automaticamente determinata dal programma, il corrispondente diagramma dei momenti agenti sulla struttura.

Le viste delle diverse condizioni di carico ed i relativi diagrammi possono essere scorse cliccando sull'icona illustrata di fianco. Tale comando apre una finestra di selezione che permette di scegliere il caso desiderato.



Posizionandosi invece sul nodo Disegno|Inviluppo viene visualizzato il diagramma di inviluppo dei momenti flettenti, dei momenti resistenti e la distinta delle armature con numero e lunghezza (parziale e totale) dei ferri impiegati.

I comandi disponibili sono quelli relativi alle funzioni di visualizzazione già descritti nella parte generale.

Opzioni

Per impostare i criteri di calcolo e di disegno posizionarsi sul nodo Opzioni e selezionare uno dei fogli di seguito illustrati.

Foglio 'Calcolo'

Nel foglio *Calcolo* è fondamentale scegliere la tipologia di solaio, attraverso il relativo menù a discesa, tra le 3 disponibili che sono:

- in c.a. e laterizi gettato in opera;
- travetti prefabbricati;
- lastre prefabbricate.

Il metodo di calcolo può essere scelto fra quello delle tensioni ammissibili e quello degli stati limite (di esercizio o ultimi); in quest'ultimo caso si attiva un menù a discesa che permette di scegliere la condizione da verificare (quasi permanente, frequente, rara o ultima).

La variabile Passo di calcolo permette di impostare il passo per la risoluzione dello schema iperstatico del solaio e per la restituzione della caratteristiche della sollecitazione.

Sono poi disponibili le due opzioni seguenti:

Armatura compressa:

è un'opzione che consente di stabilire se si vuole considerare nelle verifiche di resistenza il contributo dell'armatura compressa.

Momenti di semincastro:

è un'opzione che consente di considerare in corrispondenza dei vincoli di estremità del solaio dei momenti fittizi di semincastro pari a $q \cdot l^2 / 24$.

Nel gruppo relativo ai materiali occorre scegliere la resistenza caratteristica del calcestruzzo e la classe dell'acciaio, il peso specifico del calcestruzzo e l'acciaio da utilizzare nel caso di solaio realizzato con tralicci o con lastre prefabbricate.

L'incremento di carico dovuto alle azioni sismiche sugli sbalzi viene calcolato con la relazione $K_v \cdot (p_p + q_p + s \cdot q_a)$ essendo "K_v" l'incremento sismico verticale espresso in percentuale e "s" il coefficiente di riduzione dei sovraccarichi accidentali.

La fascia piena viene dimensionata automaticamente in modo da soddisfare la verifica a taglio in prossimità degli appoggi. E' possibile comunque indicare per la sua estensione un valore minimo, che verrà adottato indipendentemente dall'esito della verifica, e un valore massimo oltre il quale non verrà incrementata anche se necessaria (in tal caso il superamento del valore limite verrà segnalato in relazione se è stata abilitata la visualizzazione delle segnalazioni).

Foglio 'Stati limite'

Se il metodo di verifica selezionato (nel foglio di calcolo) è quello degli Stati Limite si attiva il foglio omonimo in cui è possibile inserire i coefficienti e le scelte tipiche di tale metodo. I fattori di resistenza di calcolo permettono di ricavare le resistenze di calcolo dei materiali a partire dalle loro resistenze caratteristiche ($f_d = f_k / \gamma_m$). I fattori di resistenza limite permettono di calcolare i valori limite delle resistenze dei materiali per le diverse condizioni di verifica.

Fattori di Resistenza di calcolo		cls (fcd)	fe (fsd)
stato limite ultimo:		1.6	1.15
stato limite di esercizio:		1	1

Fattori di Resistenza limite		sigma c.	tau.c	sigma f.
comb. carico ultima:		0.85	0.7	1
comb. carico rara:		0.6	0.2	0.7
comb. carico frequente:		0.52	0.15	0.6
comb. carico quasi permanente:		0.45	0.1	0.5

Fattori di carico		q_min	q_max	a_min	a_max	sisma
comb. carico ultima:		1	1.4	0	1.5	1.5
comb. carico rara:		1	1	0	1	0
comb. carico frequente:		1	1	0	0.7	0
comb. carico quasi permanente:		1	1	0	0.6	0

I fattori di carico (minimo e massimo) moltiplicano i carichi fissi (peso proprio e permanente) e accidentali nelle diverse combinazioni (per ciascuna delle condizioni analizzate il carico viene minimizzato se la sua presenza è favorevole, massimizzato in caso contrario).

E' possibile indicare le condizioni ambientali (ambiente poco aggressivo, moderatamente aggressivo o molto aggressivo) e la sensibilità dell'armatura (poco o molto sensibile) per la verifica a fessurazione. Infine si può abilitare la verifica dell'armatura longitudinale (nella condizione ultima).

Foglio 'Disegno'

In questo foglio è possibile definire la variabile *Moltiplicatore sforzi*, che consente di aumentare o ridurre le dimensioni in scala dei diagrammi, e la variabile *Altezza carattere*, che gestisce l'altezza dei caratteri nei disegni.

E' possibile inoltre scegliere di visualizzare o meno i seguenti elementi:

- i momenti resistenti minimi tra momenti resistenti del calcestruzzo e dell'acciaio (per il metodo delle tensioni ammissibili);
- i momenti resistenti del calcestruzzo (per il metodo delle tensioni ammissibili);
- i momenti resistenti dell'acciaio (per il metodo delle tensioni ammissibili);
- i momenti ultimi delle sezioni (per il metodo degli stati limite);
- le armature.

Foglio 'Armature'

In questo foglio occorre invece inserire i dati riguardanti l'armatura: la lunghezza di ancoraggio (espressa come numero di diametri), il copriferro inferiore, il copriferro superiore e l'interfero (per la verifica a fessurazione).

Opzioni					
Calcolo	Stati Limite	Disegno	Armature	Costi	Stampa
Lunghezza ancoraggio [Nd]: <input type="text" value="15"/>					
Copriferro superiore [cm]: <input type="text" value="3"/>					
Copriferro inferiore [cm]: <input type="text" value="3"/>					
Interfero [cm]: <input type="text" value="3"/>					

Foglio 'Costi'

Nel foglio Costi occorre invece inserire i costi del calcestruzzo, dei laterizi, dell'acciaio e delle casseformi.

Opzioni					
Calcolo	Stati Limite	Disegno	Armature	Costi	Stampa
Prezzi unitari					
Calcestruzzo [€/mc]: <input type="text" value="0"/>					
Laterizi [€/mq]: <input type="text" value="0"/>					
Acciaio [€/daN]: <input type="text" value="0"/>					
Casseformi [€/mq]: <input type="text" value="0"/>					

Foglio 'Stampa'

Infine nelle opzioni di stampa è possibile scegliere se visualizzare o meno in relazione, rispettivamente, le segnalazioni di errore e l'indicazione dei costi.

Opzioni					
Calcolo	Stati Limite	Disegno	Armature	Costi	Stampa
<input checked="" type="checkbox"/> Visualizza segnalazioni in relazione					
<input type="checkbox"/> Visualizza calcolo costi in relazione					