



MARCO BOSCOLO BIELO

VERIFICA DI SOLAI IN LATEROCEMENTO

CON AUSILIO DI UN FOGLIO ELETTRONICO
PER LA VERIFICA A FLESSIONE RETTA ALLO SLU



 **PRONTO
GRAFILL** 

Clicca e richiedi di essere contattato
per **informazioni** e **promozioni**

  **WEBAPP INCLUSA**
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

**GRAFILL**

Marco Boscolo Bielo
VERIFICA DI SOLAI IN LATEROCEMENTO

Ed. I (10-2020)

ISBN 13 978-88-277-0170-6

EAN 9 788827 701706

Collana **COME FARE PER** (35), versione eBook



Prima di attivare Software o WebApp inclusi
prendere visione della licenza d'uso.

Inquadrare con un reader il QR Code a fianco
oppure collegarsi al link <https://grafill.it/licenza>

© **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**



ProntoGRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

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

➤	PRESENTAZIONE	p.	7
1.	GENERALITÀ	"	9
2.	SOLAI MISTI IN C.A. O C.A.P. E BLOCCHI FORATI IN LATERIZIO	"	12
3.	CARATTERISTICHE MINIME DEI BLOCCHI IN LATERIZIO	"	13
4.	LIMITI DIMENSIONALI	"	14
5.	CARATTERISTICHE MECCANICHE PER BLOCCHI COLLABORANTI E NON COLLABORANTI	"	15
5.1.	Resistenza a punzonamento.....	"	15
5.2.	Modulo elastico	"	15
5.3.	Coefficiente di dilatazione termica	"	15
5.4.	Coefficiente di dilatazione per umidità	"	15
5.5.	Armature	"	15
6.	CARATTERISTICHE PER BLOCCHI COLLABORANTI	"	16
6.1.	Resistenza caratteristica a compressione.....	"	16
6.2.	Resistenza caratteristica a trazione per flessione	"	16
7.	CARATTERISTICHE PER BLOCCHI NON COLLABORANTI	"	17
7.1.	Resistenza caratteristica a compressione.....	"	17
7.2.	Resistenza caratteristica a trazione per flessione	"	17

8. SOLAI REALIZZATI CON L'ASSOCIAZIONE DI COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.	p.	18
9. MODELLO DI VERIFICA ALLO SLU	"	20
9.1. Geometria della sezione	"	20
9.2. Resistenze dei materiali	"	21
9.3. Carichi e sollecitazioni.....	"	22
10. PRINCIPI TEORICI	"	23
10.1. Relazioni generali	"	23
10.2. Diagramma stress-block	"	24
10.3. Sezioni con asse neutro sull'anima	"	25
10.4. Controllo di duttilità	"	25
11. REGOLE DI DETTAGLIO	"	27
12. ESEMPIO DI CALCOLO	"	28
12.1. Geometria della sezione	"	28
12.2. Resistenze dei materiali	"	28
12.3. Carichi e sollecitazioni SLU.....	"	29
12.4. Determinazione del momento agente allo SLU	"	29
12.5. Determinazione del momento resistente allo SLU	"	29
12.6. Verifica a momento flettente	"	30
12.7. Verifica della condizione di duttilità.....	"	30
12.8. Verifica delle condizioni di dettaglio applicabili	"	30
13. PREPARAZIONE DEL FOGLIO ELETTRONICO	"	31
13.1. Preparazione del modello di base	"	31
13.2. Immissione degli algoritmi	"	33

14. VERIFICHE DI SOLAI ESISTENTI	p.	36
14.1. Fattori di Confidenza.....	"	36
14.2. Introduzione dei dati nel foglio elettronico.....	"	38
14.3. Esempio applicativo di verifica di solaio esistente	"	40
15. NOTE	"	43
16. LA WEBAPP INCLUSA	"	44
16.1. Contenuti della WebApp.....	"	44
16.2. Requisiti hardware e software	"	44
16.3. Utilizzo della piattaforma WEBAPP GRAFILL.....	"	44
16.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill (TicketSystem).....	"	45

PRESENTAZIONE

In questa pubblicazione vengono trattate le verifiche allo stato limite ultimo di solai in laterocemento nei casi di edifici nuovi o di edifici esistenti. Gli algoritmi di verifica si basano sulle Norme Tecniche per le Costruzioni aggiornata all'ultimo decreto ministeriale in vigore (D.M. 17 gennaio 2018) e alla relativa circolare applicativa (Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019).

Oltre alle verifiche di resistenza sono indicate le modalità di verifica relative alle *regole di dettaglio*.

Una parte della trattazione, inoltre, è svolta in modo da indicare all'utente come riportare su un foglio di calcolo elettronico i dati relativi alle formule delle varie verifiche in modo da ottenere i risultati in modo spedito e veloce. Allo scopo possono essere utilizzati fogli elettronici in *open source* (ad esempio *Open Office*) ma anche su licenza (ad esempio Excel).

In generale queste tipologie di fogli, possono poi essere caricati nel cellulare che adotti il sistema operativo *Android* in modo da poter avere a disposizione un semplice strumento anche in circostanze occasionali, quali ad esempio in cantiere o in occasione di conteggi preliminari fuori ufficio.

GENERALITÀ

Per solaio si intende un elemento strutturale *bidimensionale*, a volte indicato anche come *orizzontamento*, la cui funzione prevalente è quella di trasmettere i carichi agenti sulla sua superficie alle strutture portanti verticali.

Un solaio in laterocemento è generalmente composto da:

- a) un sistema di travetti portanti prefabbricati;
- b) blocchi di laterizio interposti;
- c) un getto integrativo di calcestruzzo da eseguire in opera.

I travetti prefabbricati possono essere costituiti da un elemento di fondello preassemblato con una armatura di confezionamento standard. Spesso detta armatura è costituita da un tralicetto saldato in modo da far fronte anche alle azioni di taglio sollecitanti il travetto portante (figura 1.1).

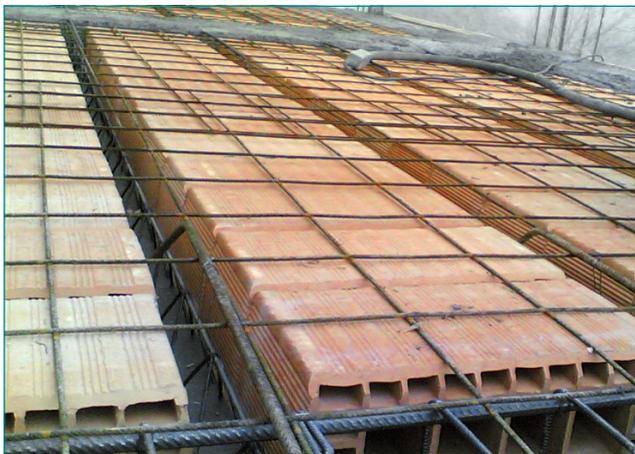


Figura 1.1. Assemblaggio in opera di solaio in laterocemento (foto dell'Autore)

Il getto di calcestruzzo integrativo viene pompato e vibrato in opera in modo da costituire i travetti e una soletta il cui spessore può variare (generalmente 5 cm per edifici civili ordinari). Nella soletta si annega anche una armatura

CARATTERISTICHE MINIME DEI BLOCCHI IN LATERIZIO

I blocchi di laterizio sia **collaboranti** che **non collaboranti** devono avere le seguenti caratteristiche minime:

Il profilo delle pareti delimitanti le nervature di conglomerato da gettarsi in opera non deve presentare risvolti che ostacolino il deflusso del calcestruzzo e restringano la sezione delle nervature stesse sotto i limiti minimi stabiliti. Nel caso si richieda ai blocchi il concorso alla resistenza agli sforzi tangenziali si devono impiegare elementi monoblocco disposti in modo che nelle file adiacenti, comprendenti una nervatura di conglomerato, i giunti risultino sfalsati tra loro. Si devono adottare forme semplici, caratterizzate da setti rettilinei allineati, per lo più continui, particolarmente nella direzione orizzontale, con rapporto spessore/lunghezza il più possibile uniforme. Speciale cura deve essere rivolta al controllo della integrità dei blocchi con particolare riferimento alla eventuale presenza di fessurazioni.

Le pareti esterne, sia orizzontali che verticali, devono avere uno spessore minimo di mm 8. Le pareti interne, sia orizzontali che verticali, devono avere uno spessore minimo di mm 7. Tutte le intersezioni dovranno essere raccordate con raggio di curvatura, al netto delle tolleranze, maggiore di mm 3.

Il rapporto tra l'area complessiva dei fori e l'area lorda delimitata dal perimetro della sezione dei blocchi non deve risultare maggiore di $0,6 + 0,625 h$ (dove h è l'altezza del blocco in metri, con $h \leq 0,32$ m).

CARATTERISTICHE MECCANICHE PER BLOCCHI COLLABORANTI E NON COLLABORANTI

5.1. Resistenza a punzonamento

I blocchi di entrambe le categorie devono garantire una **resistenza a punzonamento o punzonamento-flessione** (quest'ultimo caso se sono del tipo interposto) per carico concentrato non minore di 1,50 kN. Il carico deve essere applicato su un'impronta quadrata di 50 mm di lato nel punto della superficie orizzontale superiore a cui corrisponde minore resistenza del blocco.

5.2. Modulo elastico

Il modulo elastico del laterizio non deve essere superiore a 25 kN/mm².

5.3. Coefficiente di dilatazione termica

Il coefficiente di dilatazione termica lineare del laterizio deve essere:

$$\alpha_t \geq 6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

5.4. Coefficiente di dilatazione per umidità

Il valore della dilatazione per umidità misurata secondo quanto stabilito nel Capitolo 11 delle NTC, deve essere minore di 4×10^{-4} .

5.5. Armature

Nei solai in cui l'armatura è collocata entro scanalature, qualunque superficie metallica deve essere contornata in ogni direzione da un adeguato spessore di malta cementizia.

Al fine di garantire un efficace inserimento dell'armatura nelle scanalature, detta armatura non dovrà avere diametro superiore a 12 mm.

CARATTERISTICHE PER BLOCCHI NON COLLABORANTI

7.1. Resistenza caratteristica a compressione

Per i blocchi non collaboranti, la **resistenza caratteristica a compressione**, riferita alla sezione netta delle pareti e delle costolature, deve risultare non minore di 15 N/mm², nella direzione dei fori, e di 7 N/mm² nella direzione trasversale ai fori, nel piano del solaio.

7.2. Resistenza caratteristica a trazione per flessione

La **resistenza caratteristica a trazione per flessione**, determinata su campioni ricavati dai blocchi mediante opportuno taglio di listelli di dimensioni minime mm 30 × 120 × spessore, deve essere non minore di 7 N/mm².

MODELLO DI VERIFICA ALLO SLU

9.1. Geometria della sezione

Nei solai monodirezionali in laterocemento, con blocchi non collaboranti, la sezione reagente si assume costituita a forma di "T" in cui la larghezza dell'ala B corrisponde all'interasse i dei travetti (vedi figura 9.1).

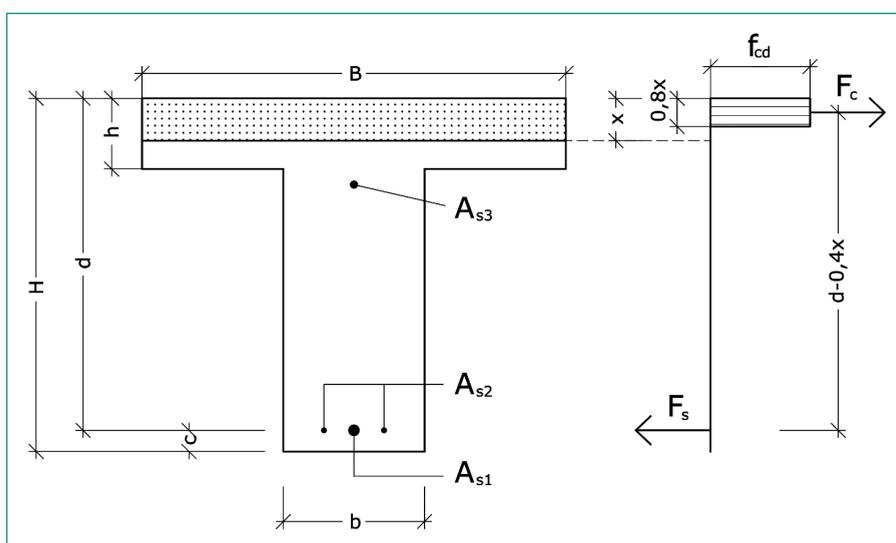


Figura 9.1. Schema del modello di calcolo della sezione

In tal senso il calcolo viene eseguito per "strisce" di solaio in cui il carico è determinato sulla quota direttamente gravante sopra l'ala. Nella presente scheda considereremo il caso di trave appoggiata di luce di calcolo pari ad L , soggetta a flessione retta che tende le armature dell'anima (momento positivo), con il seguente significato dei simboli:

- B = interasse travetti = larghezza ala;
- H = altezza totale sezione;
- b = larghezza travetto = larghezza anima;
- h = altezza dell'ala;
- c = distanza fra il lembo estremo della sezione e baricentro armatura;

REGOLE DI DETTAGLIO

L'area delle armature in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_s \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \quad (17)$$

e comunque non inferiore a:

$$A_s \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d \quad (18)$$

dove:

– b_t = larghezza media zona tesa o larghezza anima per sezioni a «T» (19)

– $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ = resist. media a trazione in N/mm² per cls fino a C50/60 (20)

– $f_{yk} = 4.500 \frac{daN}{cm^2}$ per barre B450C (21)

PREPARAZIONE DEL FOGLIO ELETTRONICO

13.1. Preparazione del modello di base

Posizionarsi nella casella A1 del foglio elettronico e si inseriscano le parole: "VERIFICA FLESSIONE RETTA DI SOLAIO IN LATEROCEMENTO – SLU".

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	VERIFICA A FLESSIONE RETTA DI SOLAIO IN LATEROCEMENTO - SLU									
2	DATI			CONDIZIONI DI CARICO (UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO)						
3	B		cm	G1		daN/mq				
4	H		cm	γG1						
5	b		cm	G2		daN/mq				
6	h		cm	γG1						
7	c		cm	Q1k		daN/mq				
8	φ1		mm	γQ1k						
9	φ2		mm	L		cm				
10	n1									
11	n2									
12	fck		daN/cm ²							
13	α.c									
14	γ.c									
15	fyk		daN/cm ²							
16	γ.s									
17	ELABORAZIONI									
19	d		cm							
20	fcd		daN/cm ²							
21	fyd		daN/cm ²							
22	As		cm ²							
23	x		cm							
24	Fc		daN							
25	Fs		daN							
26	M,Rd		daNm							
27										
28	VERIFICHE SOLLECITAZIONI				VERIFICHE GEOMETRICHE					
29	Resistenza a flessione				Condizioni non sismiche					
30	M,Ed		daNm			fctm				
31	M,Rd		daNm			As				$A_s \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d$
32	M,Ed/M,R,d		<=1							$A_s \geq 0,0013 \cdot b \cdot d$
33										
34	CONDIZIONE DI DUTTILITA'									
35	x/d		<=0,652							
36										
37	CONTROLLO POSIZIONE ASSE NEUTRO									
38	x<=h									

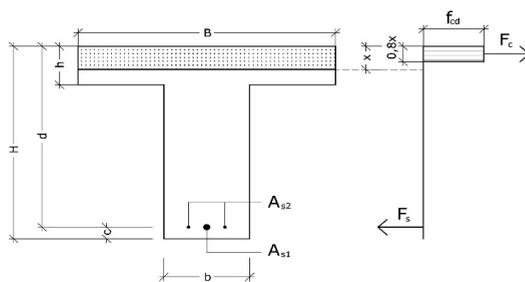


Figura 13.1. Presentazione del foglio di base nelle varie sezioni e sottosezioni

Si proceda poi suddividendo il foglio nelle seguenti sezioni e sottosezioni¹:

- **DATI;**
- **CONDIZIONI DI CARICO (UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO);**
- **ELABORAZIONI;**
- **VERIFICHE SOLLECITAZIONI:**

¹ In allegato viene fornito il foglio di base già preimpostato (figura 13.1), per cui i primi passaggi possono essere saltati passando alla Sezione 13.2.

VERIFICHE DI SOLAI ESISTENTI

14.1. Fattori di Confidenza

Nel caso di edifici esistenti le norme tecniche prevedono l'utilizzo di Fattori di Confidenza FC che fungono da ulteriori coefficienti di sicurezza da applicare sui parametri meccanici dei materiali. Per le verifiche sul calcestruzzo armato vengono definiti 3 Livelli di Conoscenza (LC1, LC2, LC3) ai quali corrispondono altrettanti valori dei fattori di confidenza (FC1, FC2, FC3).

Di seguito, con riferimento alle specifiche contenute al § 8.5 del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC), è riportata una breve descrizione per la stima dei Fattori di Confidenza (FC), definiti con riferimento ai tre Livelli di Conoscenza (LC) crescenti. La quantità e il tipo di informazioni richieste per conseguire uno dei tre livelli di conoscenza previsti, sono, a titolo esclusivamente orientativo, ulteriormente precisati nel seguito.

Livello di conoscenza LC1

Si intende raggiunto quando siano effettuate:

- l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1 delle NTC);
- la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o ad un rilievo ricavato anche con l'ausilio di un progetto simulato (con riferimento al § C8.5.2 delle NTC);
- indagini limitate in-situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti (i dati raccolti devono essere tali da consentire verifiche locali di resistenza), poiché non si dispone di informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali (provenienti dai disegni costruttivi o dai certificati di prova) si possono adottare valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca, convalidati da prove limitate in-situ sugli elementi più importanti (con riferimento al § C8.5.3 delle NTC);

36 | Il corrispondente fattore di confidenza per **LC1** è **FC1 = 1,35**.

LA WEBAPP INCLUSA

16.1. Contenuti della WebApp

- **Foglio elettronico per la verifica a flessione retta di solai in laterocemento allo SLU**
Foglio elettronico precompilato, completo di immagini e colorazione dei campi, dove l'utente deve solo digitare gli algoritmi descritti nel testo.
- **Banca dati normativa e giurisprudenza** consultabile attraverso un motore di ricerca, con aggiornamenti automatici per 365 giorni dall'attivazione della WebApp.

16.2. Requisiti hardware e software

- Dispositivo con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android.
- Accesso ad internet e browser web con Javascript attivo.
- Software per la gestione di documenti Office e PDF.

16.3. Utilizzo della piattaforma WEBAPP GRAFILL

WEBAPP GRAFILL è una piattaforma per l'acquisto di **eBook GRAFILL Edizione tecnica** con modalità *on demand*.

La piattaforma **WEBAPP GRAFILL** consente di acquistare ed attivare in tempo reale eBook, software e /o raccolte di documenti editabili.

Attraverso il *Tool di assistenza*, disponibile su tutti i prodotti, è possibile ottenere assistenza tecnica e supporto.

Per entrare nella piattaforma **WEBAPP GRAFILL** ed utilizzare la **WebApp** acquistata procedere come segue:

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

<https://webapp.grafill.it>

- 2) Cliccare su **[Accedi]**.
- 3) Inserire *Username* e *Password* dell'account **grafill.it** che hai utilizzato per l'acquisto dell'ebook.
- 4) Nella sezione **LE MIE APP** cliccare sulla copertina del prodotto acquistato e procedere all'uso della WebApp.

16.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill (TicketSystem)

L'assistenza tecnica (gratuita per 365 giorni dall'acquisto) è relativa esclusivamente all'installazione e all'avvio del prodotto (*non è prevista assistenza per il recupero dei dati*), se la configurazione hardware rispetta i requisiti richiesti.

L'assistenza *TicketSystem* è disponibile all'indirizzo **<https://www.supporto.grafill.it>**.

Effettuare il login al *TicketSystem* utilizzando i dati del profilo utente di www.grafill.it ed aprire un ticket seguendo le istruzioni.

La cronologia dei ticket resterà disponibile sulla schermata principale del *TicketSystem*.

