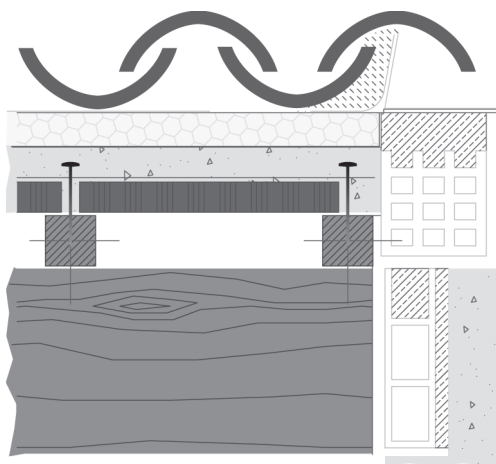


Gianni Michele De Gaetanis

SOLAI

CALCESTRUZZO-LEGNO

**DALLA TEORIA SECONDO LE NTC 2008,
CNR-DT 206/2007 E SECONDO L'EUROCODICE 5
ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA**



CD-ROM INCLUSO

SOFTWARE PER LA VERIFICA DI SOLAI CALCESTRUZZO-LEGNO SECONDO L'EUROCODICE 5


GRAFILL

Gianni Michele De Gaetanis
SOLAI CALCESTRUZZO-LEGNO

ISBN 13 978-88-8207-472-2
EAN 9 788882 074722

Manuali, 121
Prima edizione, giugno 2012

De Gaetanis, Gianni Michele <1970->
Solai calcestruzzo-legno / Gianni Michele De Gaetanis.
– Palermo : Grafill, 2012.
(Manuali ; 121)
ISBN 978-88-8207-472-2
1. Strutture in cemento armato [e] legno.
624.1772 CDD-22 SBN Pal0242707
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

Finito di stampare nel mese di giugno 2012
presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

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.

Il disegno di copertina è la rielaborazione grafica di un particolare costruttivo tratto dal volume: A. Casalini, M. Orsenigo, *Atlante, Librerie di simboli, particolari costruttivi, blocchi e retini*, Grafill, Palermo 2007.

*L'autore dedica questa pubblicazione
alla moglie Carla Ucini*

PREFAZIONE	p.	9
SIMBOLI UTILIZZATI	“	11
SOLAIO E GEOMETRIA	“	27
Introduzione.....	“	29
Elementi del solaio.....	“	30
Orditura.....	“	30
Assito.....	“	31
Connettore a piolo.....	“	35
Telo protettivo.....	“	38
AZIONI AGLI STATI LIMITE E LORO CALCOLO	“	39
Introduzione.....	“	41
Azioni e sollecitazioni.....	“	41
Combinazioni delle azioni.....	“	45
Progetto agli SLU.....	“	46
Verifiche agli SLE/SLS.....	“	48
Azioni sismiche.....	“	50
Tramezzature e impianti leggeri	“	50
Riferimenti normativi	“	52
CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	“	53
Introduzione.....	“	55
Calcestruzzo.....	“	55
Generalità.....	“	55
SLU.....	“	56
Legami costituitivi.....	“	56
Parametri di calcolo.....	“	60
Coefficienti di sicurezza.....	“	62
Valori di calcolo.....	“	63
SLE/SLS.....	“	63
Parametri di calcolo.....	“	64
Coefficienti di sicurezza.....	“	65
Valori di calcolo.....	“	65
Coefficiente di viscosità.....	“	65
Deformazione e modulo elastico per effetto della viscosità.....	“	68
Acciaio.....	“	68
Generalità.....	“	68
Barre.....	“	69
Reti elettrosaldate.....	“	70
SLU.....	“	71
Legame costitutivo bilineare finito con incrudimento.....	“	72
Legame costitutivo elastico perfettamente plastico indefinito.....	“	73
Parametri di calcolo.....	“	74

Coefficients di sicurezza.....	p.	75
Valori di calcolo.....	“	75
SLE/SLS.....	“	76
Coefficients di sicurezza.....	“	76
Valori di calcolo.....	“	77
Legno.....	“	77
Generalità.....	“	77
Classificazione.....	“	78
Legno massiccio.....	“	78
Legno lamellare.....	“	82
SLU.....	“	82
Parametri di calcolo.....	“	82
Coefficients di sicurezza.....	“	85
Classe di servizio e valori di k_{mod}	“	86
Valori caratteristici del legno massiccio.....	“	87
Valori caratteristici del legno lamellare.....	“	89
SLE/SLS.....	“	90
Connettori.....	“	91
Generalità.....	“	91
Tipologie.....	“	91
SLU.....	“	93
Parametri di calcolo.....	“	93
Coefficients di sicurezza.....	“	95
SLE/SLS.....	“	95
Riferimenti normativi e bibliografici.....	“	98
PROGETTAZIONE ALLO STATO LIMITE.....	“	101
Caratteristiche del solaio calcestruzzo-legno.....	“	103
Stato dell'arte.....	“	103
Approccio al problema.....	“	104
Metodo di Möhler.....	“	112
Metodo n.....	“	114
Metodo n modificato.....	“	114
Approccio secondo l'EC5.....	“	115
Progettazione solaio agli SLU: precisazioni preliminari..	“	117
Sezione di mezzeria.....	“	117
SLU a tempo 0.....	“	117
Studio del calcestruzzo.....	“	117
Campo 1.....	“	122
Campo 2.....	“	125
Campo 3.....	“	129
Prospetti di riepilogo.....	“	129
Studio del legno.....	“	131
Campo A.....	“	132
Campo B.....	“	134
Prospetti di riepilogo.....	“	136
Studio della connessione.....	“	137
Studio della sezione composta.....	“	139

Tabelle v-q _L -m allo SLU a tempo 0.....	p. 141
SLU a tempo ∞.....	“ 141
Studio del calcestruzzo.....	“ 141
Campo I.....	“ 157
Campo II.....	“ 160
Prospetti di riepilogo.....	“ 160
Studio del legno.....	“ 161
Prospetti di riepilogo.....	“ 161
Studio della connessione.....	“ 162
Studio della sezione composta.....	“ 162
Tabelle v-q _L -m allo SLU a tempo ∞.....	“ 163
Verifiche agli SLE/SLS.....	“ 163
Stato limite di fessurazione.....	“ 173
Stato limite di deformazione.....	“ 173
Deformazione istantanea (tempo 0).....	“ 174
Deformazione a lungo termine (tempo ∞).....	“ 174
Stato limite delle tensioni di esercizio.....	“ 175
Studio del calcestruzzo.....	“ 176
Prospetti di riepilogo.....	“ 179
Studio del legno.....	“ 179
Prospetti di riepilogo.....	“ 180
Studio della sezione composta.....	“ 181
Sezione generica.....	“ 181
Considerazioni preliminari.....	“ 181
SLU a tempo 0.....	“ 185
Studio del calcestruzzo.....	“ 185
Studio del legno.....	“ 185
Studio della sezione composta.....	“ 185
SLU a tempo ∞.....	“ 186
SLE/SLS a tempo 0 e ∞.....	“ 186
Calcolo dei connettori.....	“ 186
Verifiche delle travi in legno.....	“ 186
Riferimenti normativi e bibliografici.....	“ 187
ESEMPI APPLICATIVI	“ 189
Progetto comparato solaio alle T.A.	“ 191
Metodo di Möhler.....	“ 194
Metodo n.....	“ 201
Metodo n modificato.....	“ 203
Verifica solaio secondo l'EC5.....	“ 206
Progetto di un solaio agli SL.....	“ 221
Progetto agli SLU.....	“ 221
Analisi a tempo 0.....	“ 221
Analisi a tempo ∞.....	“ 236
Verifiche agli SLE/SLS.....	“ 240
Stato limite di deformazione.....	“ 240
Verifiche a tempo 0.....	“ 240

Verifiche a tempo ∞	p.	242
Stato limite delle tensioni di esercizio.....	“	244
Verifiche a tempo 0.....	“	244
Verifiche a tempo ∞	“	244
GUIDA ALL’INSTALLAZIONE		
E ALL’UTILIZZO DEL SOFTWARE.....		
Introduzione al software.....	“	245
Requisiti di sistema.....	“	247
Richiesta password.....	“	247
Installazione del software.....	“	247
Utilizzo del software.....	“	250
Tasti ad accesso rapido.....	“	250
Menu a tendina.....	“	251
Esempi di stampa.....	“	263
LICENZA D’USO DEL SOFTWARE.....	“	271
SCHEDA DI REGISTRAZIONE DEL SOFTWARE.....	“	272

Prefazione

I solai calcestruzzo-legno costituiscono una delle soluzioni tecniche di copertura o di orizzontamento d'interpiano: l'utilizzo di tale struttura riguarda sia le realizzazioni ex-novo che il consolidamento delle strutture lignee esistenti.

In questo campo, a lungo, si è riscontrato il vuoto normativo italiano: infatti fino alla pubblicazione dell'EC 5, seguito dalla DT 206 il 28 novembre 2007 e, successivamente, dalle NTC del 14 gennaio 2008 e dalla Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009, nessuna norma tecnica nazionale trattava la progettazione di strutture di legno.

Le NTC, in relazione alle caratteristiche che gli orizzontamenti devono possedere affinché ripartiscano le azioni sismiche, impongono precise specifiche e un solaio in legno, da solo, non le possiede.

In questo senso, una soletta di calcestruzzo di adeguato spessore, da solidarizzare con la travi di legno, costituisce la giusta soluzione tecnica. E tale soluzione tecnica risulta essere anche la più idonea per migliorare le prestazioni meccaniche, funzionali e di adeguamento sismico, dei solai lignei esistenti.

I vantaggi di tali strutture, rispetto al solo legno, sono diversi e riguardano una più efficace ripartizione dei carichi, maggiore rigidità del solaio e comportamento, nell'ambito dell'intera costruzione, di tipo scatolare.

Le NTC, inoltre, chiariscono i criteri di calcolo e verifica: si può utilizzare, a meno di alcune condizioni di deroga, solo ed esclusivamente il metodo agli stati limite.

In realtà, per le costruzioni in zona 4 di tipo 1 e 2 e di classe d'uso I e II, è ammesso l'utilizzo del metodo delle tensioni ammissibili secondo i dettagli delle NTC: le norme, in relazione al tipo materiale, indicano i disposti di legge da utilizzare. Per il legno, non essendoci documenti tecnico-normativi pregressi, la norma non indica alcunché per cui, in ogni caso, è d'obbligo il metodo degli stati limite.

E quale risulta essere il disposto tecnico che indica le specifiche dell'applicazione del metodo agli stati limite ai solai calcestruzzo-legno? La domanda non ha risposta facile.

L'EC5 indica una specifica procedura che di fatto risulta essere un semplice adattamento del metodo di Möhler (teoria sviluppata con il metodo delle tensioni ammissibili) agli stati limite: tuttavia non si riesce a ricondurre il metodo alle ipotesi classiche degli SLU.

La normativa nazionale indica i generali criteri di applicazione del metodo ma contiene numerose lacune tecniche risolte con rinvii a norme di comprovata validità e/o a prove sperimentali.

Il presente lavoro, oltre alle prime parti descrittive delle tipologie strutturali, delle caratteristiche dei materiali e dell'analisi dei carichi, propone uno studio agli stati limite.

L'analisi allo stato limite viene trattata sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio: vista la particolarità della struttura e le tematiche legate all'influenza della connessione sul comportamento strutturale, l'analisi è svolta sia per la generica sezione di un solaio che per la sezione di mezzeraia.

Lo studio, secondo norma, inoltre, è condotto sia a tempo zero, ossia per un comportamento istantaneo, sia a tempo infinito, cioè per un comportamento a lungo termine.

Infine, l'analisi riportata consente la realizzazione di particolari tabelle per il progetto/verifica: attualmente ciò è possibile solo per particolari situazioni geometriche mentre per le altre è necessario procedere per via numerica. Il criterio di calcolo è illustrato ed esplicitato in un esempio applicativo.

α

α_1	Fattore di calcolo del coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa φ_{UR}
α_2	Fattore di calcolo del coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa φ_{UR}
α_3	Fattore di calcolo del coefficiente β_H
α_{cc}	Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
α_{EP}	Coefficiente riduttivo per le resistenze in funzione dello spessore dell'elemento strutturale

β

β	<ul style="list-style-type: none">• coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'età del calcestruzzo al momento dell'applicazione del carico• coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza del calcestruzzo• rapporto B_L/B
β_H	Coefficiente dipendente dall'umidità relativa e dalla dimensione fittizia

χ

χ	Curvatura di una sezione
χ_{calc}	Curvatura di una sezione di calcestruzzo
χ_{legno}	Curvatura di una sezione di legno

δ, Δ

δ	Scorrimento trave-soletta
Δ	Scorrimento all'interfaccia soletta-trave
δ_c	Scorrimento convenzionale della connessione
Δ_c	Scorrimento della soletta di calcestruzzo all'interfaccia con la trave di legno
Δ_f	Incremento di freccia dovuto alla deformabilità della connessione
Δ_L	Scorrimento della trave di legno all'interfaccia con la soletta di calcestruzzo

ϵ

ϵ_{ac}	Deformazione del calcestruzzo al lembo a contatto con l'assito
ϵ_{aL}	Deformazione del legno al lembo a contatto con l'assito
ϵ_c	Deformazione del calcestruzzo
$\epsilon_{c,-}$	Deformazione del calcestruzzo a tempo infinito
$\epsilon_{c,r}$	Deformazione relativa del calcestruzzo
ϵ_{c2}	Deformazione in corrispondenza del punto di stato limite elastoplastico-perfettamente plastico del calcestruzzo nel legame costitutivo parabola-rettangolo
ϵ_{c3}	Deformazione in corrispondenza del punto di stato limite elastoplastico-perfettamente plastico del calcestruzzo nel legame costitutivo triangolo-rettangolo
ϵ_{c4}	Deformazione in corrispondenza del punto di stato limite iniziale plastico del calcestruzzo nel legame rettangolo (stress block)
ϵ_{cc}	<ul style="list-style-type: none"> • Deformazione viscosa del calcestruzzo • Deformazione al lembo maggiormente compresso di calcestruzzo in esercizio
ϵ_{cl}	Deformazione del calcestruzzo al lembo maggiormente compresso
ϵ_{ct}	Deformazione del calcestruzzo al lembo maggiormente teso in esercizio
ϵ_{cu}	Deformazione del punto di stato limite ultimo del calcestruzzo
ϵ_{int}	Deformazione all'interfaccia
ϵ_L	Deformazione del legno
$\epsilon_{L,r}$	Deformazione relativa del legno
ϵ_{Lu}	Deformazione ultima del legno
$\epsilon_{Lu,-}$	Deformazione ultima del legno a tempo ∞
$\epsilon_{Lu,c}$	Deformazione ultima a compressione del legno
$\epsilon_{Lu,comp}$	Deformazione ultima a compressione del legno
$\epsilon_{Lu,t}$	Deformazione ultima a trazione del legno
$\epsilon_{Lu,traz}$	Deformazione ultima a trazione del legno
ϵ_s	Deformazione dell'acciaio
ϵ_{ud}	Deformazione del punto di stato limite ultimo dell'acciaio
ϵ_{uk}	Deformazione caratteristica ultima dell'acciaio

ϵ_{yd}	Deformazione del punto di stato limite elastico dell'acciaio
γ	
	Coefficiente di efficacia riferito al materiale i-esimo di una sezione composta ($i = 1, 2$ e 3)
γ	Coefficiente di efficacia
γ_c	<ul style="list-style-type: none"> • Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo • Coefficiente di efficacia riferito al calcestruzzo di una sezione composta (cfr. γ_i con $i = 2$)
γ_F	Coefficiente parziale di sicurezza associato alle azioni (indica i tre differenti coefficienti: γ_{G1} , γ_{G2} e γ_{Qi})
γ_{G1}	Coefficiente parziale del peso proprio della struttura
γ_{G2}	Coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali
γ_{Gi}	Coefficiente parziale dei pesi propri (carichi permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali
γ_i	Coefficiente di efficacia riferito al materiale i-esimo di una sezione composta ($i = 1, 2$ e 3)
γ_L	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al legno
γ_P	Coefficiente parziale della precompressione
γ_{Q1}	Coefficiente parziale dell'azione variabile dominante
γ_{Qi}	Coefficiente parziale delle azioni variabili
γ_s	Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio
γ_v	Coefficiente parziale di sicurezza relativo al connettore
η	
η	Fattore nel calcolo della resistenza tangenziale caratteristica di aderenza
η_c	Altezza relativa della soletta di calcestruzzo ($\eta_c = H_c/H$)
η_L	Altezza relativa della trave di legno ($\eta_L = H_L/H$)
η_R	Fattore nel calcolo della resistenza tangenziale di aderenza
η_t	Altezza relativa dell'assito ($\eta_t = H_c/H$)

φ

φ_{UR}	Coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa nel calcolo del coefficiente di viscosità del calcestruzzo φ
φ_0	Fattore di calcolo del coefficiente di viscosità
φ	<ul style="list-style-type: none"> • Coefficiente di viscosità del calcestruzzo • Rotazione di una sezione

ρ

ρ	Massa volumica (densità)
ρ_k	Massa volumica caratteristica
ρ_m	Massa volumica media

σ

$\sigma_{a,c}$	Tensione nel calcestruzzo in corrispondenza dell'assito
σ_c	<ul style="list-style-type: none"> • Tensione del calcestruzzo • Tensione dovuta alla sola azione assiale nel calcestruzzo
$\sigma_{c,max}$	Massima tensione del calcestruzzo
$\sigma_{c,min}$	Minima tensione del calcestruzzo
σ_{flex}	Tensione dovuta all'azione flettente
σ_L	<ul style="list-style-type: none"> • Tensione del legno • Tensione dovuta alla sola azione assiale nel legno
$\sigma_{L,int}$	Tensione del legno all'interfaccia con la soletta di calcestruzzo o con l'assito
$\sigma_{m,c}$	Tensione dovuta al solo momento flettente nel calcestruzzo
$\sigma_{m,L}$	Tensione dovuta al solo momento flettente nel legno
σ_{med}	Tensione media dovuta all'azione normale
σ_s	Tensione dell'acciaio
σ_t	Tensione di trazione

τ

$\tau_{max,2}$	Tensione tangenziale massima di taglio sull'elemento 2
----------------	--

$\tau_{\max,L}$ Tensione tangenziale massima di taglio sulla trave di legno

Φ

ϕ Coefficiente di viscosità

Ψ

ψ_{0i} Coefficiente di combinazione delle azioni variabili rare

ψ_{1i} Coefficiente di combinazione delle azioni variabili frequenti

ψ_{2i} Coefficiente di combinazione delle azioni variabili quasi permanenti

\emptyset

\emptyset Diametro

\emptyset_{man} Diametro mandrino

\emptyset_{max} Diametro massimo

\emptyset_{min} Diametro minimo

A

$(EA)_0$ Rigidezza assiale complessiva della sezione calcestruzzo-legno senza connessione (sezione senza connessione)

(EI) Rigidezza flessionale complessiva della sezione calcestruzzo-legno con connessione perfettamente rigida

$(EI)_0$ Rigidezza flessionale complessiva della sezione calcestruzzo-legno senza connessione (sezione senza sconnessione)

$(EI)_{\text{eff}}$ Rigidezza flessionale complessiva della sezione calcestruzzo-legno con connessione deformabile

A Carico eccezionale

A1 Sigla per Approccio 1 (STR/GEO)

A2 Sigla per Approccio 2 (STR/GEO)

a_c Distanza del baricentro della soletta di calcestruzzo dal baricentro della sezione composta

A_c	Area (geometrica) della soletta di calcestruzzo
A_d	Valore di progetto dell'azione eccezionale
a_i	Distanza del generico elemento i -esimo dal baricentro della sezione composta ($i = 1, 2, 3$)
a_L	Distanza del baricentro della trave di legno dal baricentro della sezione composta
A_L	Area (geometrica) della trave di legno
A_s	Area di una singola barra d'acciaio

B

B	Base della soletta (interasse delle travi del solaio)
b	Base della sezione a "T" nella soletta (distanza fra gli elementi interposti fra la soletta e l'assito)
b_{comp}	Baricentro della quota parte di reazione in compressione del legno
b_i	Base dell' i -esimo elemento della sezione composta
B_L	Base della trave di legno
b_{traz}	Baricentro della quota parte di reazione in trazione del legno
b_{tri}	Baricentro della quota parte di reazione variabile (triangolare) del legno
b_{uni}	Baricentro della quota parte di reazione uniforme del legno

C

C	Titolo del Calcestruzzo (lettera seguita dai valori della resistenza cilindrica e cubica)
CQP	Acronimo di Combinazione Quasi permanente
CR	Acronimo di Combinazione Rara

D

d	<ul style="list-style-type: none">• Diametro connettore• Distanza fra il baricentro della soletta di calcestruzzo e il baricentro della trave di legno
-----	---

E

E	Carico/Azione sismica
$E_{0,05}$	Modulo elastico parallelo caratteristico
$E_{0,m}$	Modulo elastico parallelo medio
$E_{0,m,-}$	Modulo elastico parallelo medio a tempo infinito
$E_{90,m}$	Modulo elastico perpendicolare medio
$E_{90,m,-}$	Modulo elastico perpendicolare medio a tempo infinito
E_c	Modulo elastico del calcestruzzo
$E_c(\infty, t_0)$	Modulo elastico per effetto della viscosità del calcestruzzo
E_{cm}	Modulo elastico istantaneo del calcestruzzo (non applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore)
E_d	Valore di progetto dell'effetto delle azioni
E_i	Modulo elastico dell'acciaio ramo incrudente
E_L	Modulo elastico del legno
E_L	Modulo elastico del legno
EQU	Sigla per lo stato limite di equilibrio come corpo rigido
E_s	Modulo elastico dell'acciaio ramo elastico

F

f	<ul style="list-style-type: none"> • Freccia elastica • Rapporto x_t/H
f_{bd}	Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo
f_{bd}^*	Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo con $\eta_R = 1.50$
f_{bk}	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza
$f_{c,0,d}$	Resistenza di calcolo a compressione parallela alla fibratura
$f_{c,0,k}$	Resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura
$f_{c,90,d}$	Resistenza di calcolo a compressione perpendicolare alla fibratura
$f_{c,90,k}$	Resistenza caratteristica a compressione perpendicolare alla fibratura
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione

f_{cd} (f)	Resistenza di calcolo a compressione nelle verifiche di resistenza al fuoco
$f_{cd,\infty}$	Resistenza di calcolo a compressione a tempo ∞
f_{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione
f_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni su provini cilindrici
f_{cm}	Resistenza media a compressione del calcestruzzo a 28 giorni su provini cilindrici
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione
$f_{ctk\ 5\%}$	Resistenza caratteristica a trazione corrispondente ad un frattile del 5%
$f_{ctk\ 95\%}$	Resistenza caratteristica a trazione corrispondente ad un frattile del 95%
f_{ctm}	Resistenza media a trazione semplice (assiale)
F_d	Valore dell'azione di progetto
$f_{h,\alpha,k}$	Resistenza caratteristica a rifollamento in direzione α rispetto alla fibratura
$f_{h,0,k}$	Resistenza caratteristica a rifollamento in direzione parallela alla fibratura
$F_{Ld,comp}$	Resistenza di progetto a compressione
$F_{Ld,traz}$	Resistenza di progetto a trazione
$f_{m,d}$	Resistenza di calcolo a flessione
$f_{m,k}$	Resistenza caratteristica a flessione
$f_{t\ nom}$	Tensione nominale di rottura dell'acciaio
$f_{t,0,d}$	Resistenza di calcolo a trazione parallela alla fibratura
$f_{t,0,k}$	Resistenza caratteristica a trazione parallela alla fibratura
$f_{t,90,d}$	Resistenza di calcolo a trazione perpendicolare alla fibratura
$f_{t,90,k}$	Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare alla fibratura
$f_{u,k}$	Cfr. $f_{t,nom}$ del connettore
$f_{v,d}$	Resistenza di calcolo a taglio
$f_{v,k}$	Resistenza caratteristica a taglio
$F_{v,Rd}$	Capacità portante di progetto della connessione
$F_{v,Rk}$	Capacità caratteristica portante della connessione
$f_{y\ nom}$	Tensione nominale di snervamento dell'acciaio

f_{yd}	Resistenza di progetto dell'acciaio
f_{yk}	Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio

G

G	Carico permanente
G_1	Carichi permanenti strutturali
G_2	Carichi permanenti non strutturali
GEO	Sigla per lo stato limite di resistenza del terreno
G_i	Carichi permanenti (strutturali e/o non strutturali)
G_m	Modulo tangenziale medio
$G_{m,-}$	Modulo tangenziale medio a tempo infinito

H

H	Altezza totale di un solaio ($H = H_c + H_L + t$)
h	Spessore dell'elemento interposto fra soletta di calcestruzzo e assito
h_0	Dimensione fittizia per il calcolo del coefficiente di viscosità
H_c	Altezza della soletta di calcestruzzo
h_i	Altezza dell'i-esimo elemento della sezione composta
H_L	Altezza della trave di legno

I

i	Indice i-esimo
I_0	Momento di inerzia della sezione composta omogeneizzata
I_c	Momento di inerzia della sezione di calcestruzzo
I_{eff}	Momento di inerzia della sezione composta con connessione deformabile
$I_{eff,ser}$	Momento di inerzia della sezione composta con connessione deformabile in esercizio (SLE/SLE)
I_{id}	Momento di inerzia ideale della sezione composta (connessione infinitamente rigida)
I_L	Momento di inerzia della sezione di legno

K

k	<ul style="list-style-type: none"> Fattore di calcolo della resistenza di progetto del ramo incrudente Rapporto di sovraresistenza Rapporto fra i passi massimo e minimo dei connettori
k_{90}	Fattore di calcolo della resistenza caratteristica a rifollamento
k_{def}	Fattore funzione della viscosità e dell'umidità
k_h	Fattore di incremento della resistenza del legno
K_i	Rigidezza della connessione allo stato limite considerato
k_{mod}	Fattore funzione della durata del carico e della umidità
K_p	Rigidezza allo SLU della connessione
$K_{p,-}$	Rigidezza allo SLU della connessione a tempo infinito
K_{ser}	Rigidezza allo SLE/SLS della connessione

L

L	<ul style="list-style-type: none"> Lunghezza di una barra d'acciaio Luce di una trave
L_c	Lunghezza di affondamento del connettore nella soletta di calcestruzzo
l_{id}	Lunghezza ideale di una connessione
L_L	Lunghezza di affondamento del connettore nella trave di legno

M

M	Momento
m	Momento adimensionalizzato
m_c	Reazione flettente interna adimensionalizzata del calcestruzzo
\overline{m}_c	Reazione flettente interna adimensionalizzata del calcestruzzo riferita allo SLE/SLS
M_c	Momento agente sulla sezione di calcestruzzo
$M_{c,Rd}$	Reazione flettente interna del calcestruzzo
$M_{cc,Rd}$	Reazione flettente interna di compressione del calcestruzzo

$M_{ct,Rd}$	Reazione flettente interna di trazione del calcestruzzo
m_L	Reazione flettente interna adimensionalizzata del legno
\overline{m}_L	Reazione flettente interna adimensionalizzata del legno riferita allo SLE/SLS
M_L	Momento agente sulla sezione di legno
$M_{L,comp}$	Reazione flettente interna del legno dovuta alla reazione in compressione
$M_{L,Rd}$	Reazione flettente interna del legno
$M_{L,traz}$	Reazione flettente interna del legno dovuta alla reazione in trazione
$M_{L,tri}$	Reazione flettente interna del legno dovuta alla reazione non uniforme (triangolare)
$M_{L,uni}$	Reazione flettente interna del legno dovuta alla reazione uniforme
M_N	Momento agente riferibile alla connessione
M_{Rd}	Reazione flettente interna
m_s	Massa di una barra d'acciaio
M_{SI}	Momento di fessurazione al bordo superiore del travetto precompresso
M_{sy}	Momento flettente di snervamento
M_{TI}	Momento di fessurazione al bordo inferiore del travetto precompresso
M_u	Momento ultimo di un solaio
$M_{y,Rk}$	Momento resistente caratteristico plastico del connettore

N

N	Sforzo normale agente su una sezione
n	<ul style="list-style-type: none"> • Coefficiente di omogeneizzazione • Sollecitazione normale adimensionalizzata
n_c	Coefficiente di omogeneizzazione delle deformazioni
N_c	Sforzo normale agente sulla soletta di calcestruzzo
n_c	Reazione normale interna adimensionalizzata del calcestruzzo
\overline{n}_c	Reazione normale interna adimensionalizzata del calcestruzzo riferita allo SLE/SLS
$N_{c,Rd}$	Reazione normale interna del calcestruzzo

$N_{cc,Rd}$	Reazione normale interna di compressione del calcestruzzo
N_{conn}	Numero totale di connettori
$N_{ct,Rd}$	Reazione normale interna di trazione del calcestruzzo
n_L	Reazione normale interna adimensionalizzata del legno
n_L	Coefficiente di omogeneizzazione del legno
$\overline{n_L}$	Reazione normale interna adimensionalizzata del legno riferita allo SLE/SLS
N_L	Sforzo normale agente sulla trave di legno
$N_{L,Rd}$	Reazione normale interna del legno
N_{max}	Numero di connettori con passo s_{max}
N_{min}	Numero di connettori con passo s_{min}
n_Q	Numero totale di azioni variabili
N_{Rd}	Reazione normale interna
n_t	Coefficiente di omogeneizzazione del calcestruzzo teso

P

P	Carico di precompressione
-----	---------------------------

Q

q	Carico distribuito
Q	Carico variabile
$q_{d,G}$	Carico distribuito di progetto di tipo permanente
$q_{d,Q}$	Carico distribuito di progetto di tipo variabile
$q_{d,rara}$	Carico distribuito di progetto per combinazione rara
Q_{k1}	Carico variabile dominante
Q_{ki}	Carico variabile i-esimo (esclusi dominanti)
q_L	Percentuale meccanica di legno

R

r	Fattore di calcolo della resistenza di progetto a tempo ∞
R_c	Reazione normale del calcestruzzo

R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni su provini cubici
R_d	Valore di progetto della resistenza
R_i	Reazione di scorrimento del connettore i-esimo con passo s_{max}
r_j	Reazione di scorrimento del connettore j-esimo con passo s_{min}
R_L	Reazione normale del legno
R_m	Risultante della reazione di scorrimento dei connettori con passo s_{min}
R_M	Risultante della reazione di scorrimento dei connettori con passo s_{max}

S

s	<ul style="list-style-type: none"> • Rapporto fra la distanza dell'asse neutro dal lembo maggiormente compresso di una sezione e l'altezza utile della sezione stessa ($s = x_c/H$) • Passo dei connettori
s_{1-2}	Rapporto $x_{c,1-2}/H$
s_{2-3}	Rapporto $x_{c,2-3}/H$
S_c	Momento statico
s_{eq}	Passo equivalente dei connettori
SLE	Acronimo di Stato Limite di Esercizio
SLS	Acronimo di Stato Limite di Servizio (cfr. SLE)
SLU	Acronimo di Stato Limite Ultimo
s_{max}	Passo massimo dei connettori
s_{min}	Passo minimo dei connettori
STR	Sigla per lo stato limite strutturale (incluse fondazioni)

T

t	<ul style="list-style-type: none"> • Spessore assito (passante o non passante) • Tempo
t_0	Tempo di messa in carico in giorni

U

u	Perimetro geometrico esterno di una sezione (a contatto con l'atmosfera)
u'_{in}	Freccia iniziale (istantanea) calcolata con riferimento alla combinazione di carico quasi permanente
u_0	Contro freccia
u_1	Freccia dovuta ai soli carichi permanenti
$u_{1,in}$	Freccia istantanea dovuta ai soli carichi permanenti
u_2	Freccia dovuta ai soli carichi variabili
$u_{2,in}$	Freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili
$u_{21,in}$	Freccia istantanea associata al carico variabile dominante
$u_{2i,in}$	Freccia istantanea della i -esima azione variabile della combinazione
u_{dif}	Freccia differita
u_{fin}	Freccia a tempo ∞
u_{net}	Freccia netta
$u_{net,in}$	Freccia netta iniziale
UR	Umidità relativa (valore percentuale)

V

V	Sollecitazione di taglio
v	Sollecitazione di taglio adimensionalizzato
V_{Ed}	Taglio di calcolo dell'azione
V_{int}	Sollecitazione (di scorrimento) all'interfaccia
$V_{int,-}$	Sollecitazione (di scorrimento) all'interfaccia
$V_{int,eff}$	Sollecitazione (di scorrimento) all'interfaccia relativo alla connessione deformabile
V_{max}	Taglio massimo
V_p	Sollecitazione (di scorrimento) su un connettore
V_{Rd}	Risultante totale di scorrimento

W

W_c	Modulo di resistenza del calcestruzzo
W_L	Modulo di resistenza del legno

X

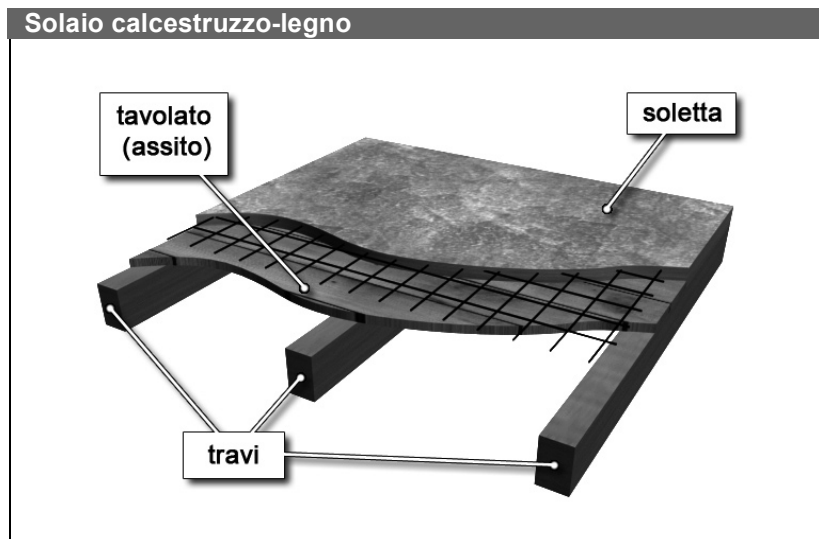
x_a	Distanza dell'asse neutro dal lembo della soletta a contatto con l'assito o la trave
x_c	Distanza dell'asse neutro dal lembo maggiormente compresso di calcestruzzo
$\overline{x_c}$	Distanza dell'asse neutro dal lembo compresso di calcestruzzo corrispondente al punto di stato limite elasto-plastico
$x_{c,1-2}$	Distanza dell'asse neutro dal lembo maggiormente compresso di calcestruzzo in corrispondenza della frontiera fra i campi 1 e 2
$x_{c,2-3}$	Distanza dell'asse neutro dal lembo maggiormente compresso di calcestruzzo in corrispondenza della frontiera fra i campi 2 e 3
X_d	Valore di calcolo di una data proprietà del legno
x_L	Distanza dell'asse neutro del legno dal lembo maggiormente compresso di calcestruzzo
X_k	Valore caratteristico di una data proprietà del legno
x_t	Distanza del lembo maggiormente teso dell'asse neutro

SOLAIO E GEOMETRIA

Il solaio calcestruzzo-legno è una struttura orizzontale realizzata tramite travi in legno e una soletta, collaborante, di calcestruzzo.

Al fine di realizzare un adeguato getto di calcestruzzo, prima del getto stesso, viene posto in opera un tavolato (assito).

Una rappresentazione sommaria e semplificativa di quanto introdotto è riportata nell'immagine seguente.



In realtà, al fine di assicurare una adeguata solidarietà, funzionale alla staticità del solaio, le travi lignee sono connesse alla soletta di calcestruzzo tramite pioli opportunamente posizionati.

Le travi sono, in genere, poste ad intervalli regolari e il loro interasse rappresenta la dimensione geometrica della fascia di solaio utilizzata per il dimensionamento.

Il tavolato (assito), prima della soletta, può presentare elementi interposti, in genere di isolamento termico e/o acustico, e, in ogni caso, un telo di protezione (funzionale durante la fase di getto della soletta).

Il solaio calcestruzzo-legno presenta un comportamento statico del tutto commisurabile ad altre tipologie di copertura, quali possono essere, ad esempio, i solai laterocementizi.

Se la soletta è realizzata di adeguato spessore, dal punto di vista sismico, le azioni orizzontali sono ripartite dalla struttura di calcestruzzo e le travi assolvono funzione stabilizzante.

In tal senso, se la solidarizzazione con le strutture verticali è efficace si può ritenere garantito il comportamento scatolare previsto dalle norme attuali.

Un solaio calcestruzzo-legno è caratterizzato da diversi punti di forza:

- maggiore rigidità rispetto al solo legno;
- minor peso, e quindi minore massa sismica, rispetto ad altre tipologie di solaio;
- migliore comportamento all'incendio rispetto al solo legno;
- funzioni di partizione in caso di incendio.

Le tipologie di solaio realizzabili sono molteplici: in questa sede si analizzeranno solo alcune di esse, quelle di maggiore interesse pratico.

Elementi del solaio *Orditura*

Una delle principali caratteristiche distintive dei solai è l'orditura: possono essere a semplice orditura oppure a doppia orditura.

L'orditura riguarda solo ed esclusivamente la struttura lignea anche se, una volta definita questa, tutto ciò che viene posto superiormente ne viene influenzato.

Nei solai a semplice orditura il solaio si presenta costituito da travi portanti e il tavolato è collegato, in diverso modo, direttamente alle travi.

Il tavolato (assito) non ha funzioni strutturali e può essere interrotto in corrispondenza delle travi, ossia può essere non passante (cfr. paragrafo relativo alle caratteristiche dell'assito).

Una rappresentazione di struttura a semplice orditura con assito passante è di seguito riportata:

