

RELAZIONE DI CALCOLO

Rinforzo di Solaio Legno/Calcestruzzo



Proprietà:

ditta Bianchi Srl

Via Garibaldi 28

Milano (MI)

Il progettista delle strutture:

Ing. Rossi

Solaio legno/calcestruzzo

Metodo di calcolo e verifica

Le verifiche per il ripristino di un solaio in legno con soletta collaborante in calcestruzzo qui di seguito riportate sono state condotte con la finalità di valutare le capacità resistenti distinte dei tre elementi costituenti il solaio.

Il modello di verifica considerato è quello indicato nell'appendice B.2 dell'Eurocodice 5. In tale modello viene considerata la redistribuzione delle tensioni tra la soletta in calcestruzzo e la trave in legno a mezzo di una connessione che viene considerata con una rigidità non infinita.

A tale modello vengono poi affiancate le specifiche presenti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, in particolare al capitolo 4.4.2:

'In presenza di giunti meccanici si deve, di regola, considerare l'influenza della deformabilità degli stessi. Per tutte le strutture, in particolare per quelle composte da parti con diverso comportamento reologico, le verifiche, per gli stati limite ultimi e di esercizio, devono essere effettuate con riferimento, oltre che alle condizioni iniziali, anche alle condizioni finali (a tempo infinito).'

La deformabilità della connessione viene quindi studiata in due distinti tempi di verifica e per questi vengono esplicitate le verifiche per la trave in legno, la soletta in calcestruzzo e il connettore.

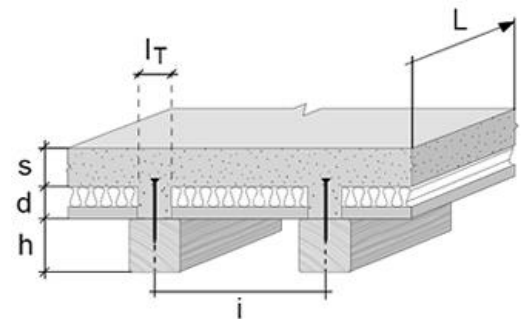
Geometria

Legno

Luce solaio	456	cm
Passo travi del solaio	125	cm
Larghezza travi di legno b	24	cm
Altezza travi di legno h	24	cm
Area sezione legno A_{legno}	576	cm ²
Momento d'inerzia sezione legno I_{legno}	2,7648E04	cm ⁴
Modulo resistente sezione legno W_{legno}	2,3040E03	cm ³

Calcestruzzo

Spessore soletta in calcestruzzo s	4	cm
Distacco tra soletta e impalcato in legno t_1	11,5	cm
Larghezza efficace soletta in calcestruzzo b_{eff}	85,5	cm
Larghezza anima in calcestruzzo b_{anima}	8	cm
Altezza anima in calcestruzzo h_{anima}	11,5	cm
Area sezione cls A_{cls}	434	cm ²
Momento d'inerzia sezione cls I_{cls}	5,8243E03	cm ⁴
Modulo resistente estradosso sezione cls $W_{\text{cls,e}}$	1,5988E03	cm ³
Modulo resistente intradosso sezione cls $W_{\text{cls,i}}$	4,9121E02	cm ³



Materiale

Legno

Descrizione

Nome: **C20**

Tipo: Legno massiccio

Descrizione:

Tipologia del materiale: legno

Caratteristiche del legno

Resistenza caratteristica media a flessione f_{mk} : 20,0 N/mm²

Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare f_{t90k} : 0,5 N/mm²

Resistenza caratteristica a compress. perpendicolare f_{c90k} : 2,3 N/mm²

Modulo Elastico parallelo medio E_{0m} : 9.500 N/mm²

Modulo Elastico parallelo caratteristico $E_{0.05}$: 6.400 N/mm²

Densità ρ : 330 kg/m³

Resistenza caratteristica a trazione parallela f_{t0k} : 12,0 N/mm²

Resistenza caratteristica a compressione parallela f_{c0k} : 19,0 N/mm²

Resistenza caratteristica a taglio f_{vk} : 2,2 N/mm²

Modulo Elastico perpendicolare medio E_{90m} : 320 N/mm²

Modulo Elastico tangenziale medio G_m : 590 N/mm²

Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 0

Calcestruzzo

Calcestruzzo

Nome: **C25/30**

Classe di resistenza: C25/30

Descrizione:

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Caratteristiche del calcestruzzo

Densità ρ : 24.525 N/m³

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione f_{ck} : 24,9 N/mm²

Resistenza media a trazione semplice f_{ctm} : 2,6 N/mm²

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% $f_{ctk,5}$: 1,8 N/mm²

Modulo Elastico E_{cm} : 30.045,1 N/mm²

Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 1E-05

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo γ_c : 1,5

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% $f_{ctd,5}$: 1,2 N/mm²

Resistenza caratteristica cubica a compressione R_{ck} : 30,0 N/mm²

Resistenza cilindrica media f_{cm} : 32,9 N/mm²

Resistenza media a flessione f_{ctm} : 3,1 N/mm²

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% $f_{ctk,95}$: 3,3 N/mm²

Coefficiente di Poisson ν : 0,20

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione α_{cc} : 0,85

Resistenza a compressione di progetto f_{cd} : 14,1 N/mm²

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% $f_{ctd,95}$: 2,2 N/mm²

Barre d'armatura

Acciaio per cemento armato

Nome: **B450C**

Descrizione:

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} : 450,0 N/mm²

Modulo elastico E_S : 206.000,0 N/mm²

Allungamento sotto carico massimo A_{gt} : 67,5 ‰

Coefficiente di omogeneizzazione n : 15

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio γ_s : 1,15

Densità ρ : 76.518 N/m³

Tensione ammissibile σ_s : 260,0 N/mm²

Connettore

Tipologia di connettore: Connettori semplici

Diametro connettore	12	mm
Passo minimo connettori	15	cm
Passo massimo connettori	25	cm
Passo equivalente connettori	17,50	cm
Infissione nel legno	12	cm
Infissione nel cls	3	cm
Capacità portante caratteristica $F_{vR,k}$	9,33	kN

Combinazione SLE

Modulo di scorrimento istantaneo $k_{ser,0}$	7193,7	N/mm
Modulo di scorrimento a tempo infinito $k_{ser,inf}$	4496,1	N/mm

Combinazione SLU

Modulo di scorrimento istantaneo $k_{u,0}$	4795,8	N/mm
Modulo di scorrimento a tempo infinito $k_{u,inf}$	2997,4	N/mm

Carichi

Carico permanente strutturale G_1	2040	kN/m ²
Carico permanente non strutturale G_2	1700	kN/m ²
Carico variabile categoria A Q_1	2000	kN/m ²
Coefficiente parziale di sicurezza γ_{G1}	1,3	
Coefficiente parziale di sicurezza γ_{G2}	1,5	
Coefficiente parziale di sicurezza γ_{Q1}	1,5	
Coefficiente di combinazione $\psi_{0,2}$	0,30	

Sollecitazioni

Combinazione SLU

Momento flettente M	26648,30	kNm
Taglio T	23375,70	kN

Combinazione SLU - solo carichi permanenti

Momento flettente M	16,90	kNm
Taglio T	14,83	kN

Combinazione SLE - rara

Momento flettente M	18649,26	kNm
Taglio T	16359,00	kN

Combinazione SLE - quasi permanente

Momento flettente M	14100,66	kNm
Taglio T	12369,00	kN

Risultati per la condizione: istantanea

- Combinazione **SLU**

Rigidezza flessionale

senza collegamento EJ0	4,4581E12	Nmm ²
con collegamento infinitamente rigido EJrigido	2,6689E13	Nmm ²
con collegamento deformabile EJdef,u	7,3211E12	Nmm ²

Efficienza della connessione η_u	0,13
---------------------------------------	------

Calcestruzzo

Posizione asse neutro dal lembo compresso x_{cls}	4,5	mm
---	-----	----

Tensione nella sezione in calcestruzzo

sforzo estradosso $\sigma_{cls,e}$ (compressione)	5,18	N/mm ²
sforzo intradosso $\sigma_{cls,i}$ (compressione se positivo)	-12,57	N/mm ²

Taglio sollecitante	5,848	kN
Taglio resistente staffatura V_{rd}	19.108,226	kN

Area minima di armatura A_s	0,00	cm ²
Area minima di staffatura A_s	0,00	cm ² /m

Legno

Posizione asse neutro dal lembo inferiore x_w	141,9	mm
---	-------	----

Tensioni nella sezione in legno

sforzo per trazione $\sigma_{w,t}$	0,76	N/mm ²
sforzo per flessione $\sigma_{w,m}$	4,15	N/mm ²
tensione tangenziale τ_w	0,31	N/mm ²

Resistenze di calcolo

flessione $f_{m,d}$	10,67	N/mm ²
trazione, parallela alla fibratura $f_{t,0,d}$	6,40	N/mm ²
tensione tangenziale limite $\tau_{w,lim}$	1,17	N/mm ²

sfruttamento resistenza a tensoflessione	0,51
sfruttamento resistenza a taglio	0,26

Connettori

Forza agente sui connettori	6,705	kN
Capacità portante di calcolo connettori	4,975	kN

Scorrimento massimo connettore δ_{max}	1,4	mm
Scorrimento limite connettore δ_{lim}	1,1	mm

Sfruttamento resistenza connettori	1,35
Sfruttamento resistenza a scorrimento connettori	1,23

- combinazione **SLU - carichi permanenti**

Legno

Posizione asse neutro dal lembo inferiore x_w	141,9	mm
Tensioni nella sezione in legno		
sforzo per trazione $\sigma_{w,t}$	0,48	N/mm ²
sforzo per flessione $\sigma_{w,m}$	2,63	N/mm ²
tensione tangenziale τ_w	0,19	N/mm ²
Resistenze di calcolo		
flessione $f_{m,d}$	8,00	N/mm ²
trazione, parallela alla fibratura $f_{t,0,d}$	4,80	N/mm ²
tensione tangenziale limite $\tau_{w,lim}$	0,88	N/mm ²
sfruttamento resistenza a tensoflessione		
	0,43	
sfruttamento resistenza a taglio		
	0,22	

Connettori

Forza agente sui connettori	4,25	kN
Capacità portante di calcolo connettori	3,73	kN
Scorrimento massimo connettore δ_{max}		
	0,89	mm
Scorrimento limite connettore δ_{lim}		
	1,14	mm
Sfruttamento resistenza connettori		
	1,14	
Sfruttamento resistenza a scorrimento connettori		
	0,78	

- combinazione **SLE - caratteristica**

Rigidezza flessionale

senza collegamento EJ_0	4,4581E12	Nmm ²
con collegamento infinitamente rigido EJ_{rigido}	2,6689E13	Nmm ²
con collegamento deformabile $EJ_{def,ser}$	8,4928E12	Nmm ²

Efficienza della connessione η_{ser}	0,18
---	------

Calcestruzzo

Posizione asse neutro dal lembo compresso x_{cls}	48,8	mm
Tensioni nella sezione in calcestruzzo		
sforzo estradosso $\sigma_{cls,e}$ (compressione)	3,37	N/mm ²
sforzo intradosso $\sigma_{cls,i}$ (compressione se positivo)	-7,33	N/mm ²
Taglio sollecitante		
	--	kN
Tensione tangenziale τ_{cls}		
	--	N/mm ²
Tensione tangenziale limite $\tau_{cls,lim}$		
	--	N/mm ²

- combinazione **SLE - quasi permanente**

Rigidità flessionale

senza collegamento EJ_0	4,4581E12	Nmm ²
con collegamento infinitamente rigido EJ_{rigido}	2,6689E13	Nmm ²
con collegamento deformabile $EJ_{def,ser}$	8,4928E12	Nmm ²

Efficienza della connessione $\eta_{,ser}$	0,18
--	------

Calcestruzzo

Posizione asse neutro dal lembo compresso x_w	48,8	mm
---	------	----

Tensioni nella sezione in calcestruzzo

sforzo estradosso $\sigma_{w,t}$ (compressione)	2,55	N/mm ²
sforzo intradosso $\sigma_{w,m}$ (compressione se positivo)	-5,54	N/mm ²

Coefficiente di deformabilità a taglio α_f	0,04	
Freccia massima f_{max}	4,96	mm
Freccia limite f_{lim}	15,20	mm
Sfruttamento deformazione elastica	0,33	

Risultati per la condizione: tempo infinito

- combinazione **SLU**

Rigidità flessionale

senza collegamento EJ_0	2,0995E12	Nmm ²
con collegamento infinitamente rigido EJ_{rigido}	1,1821E13	Nmm ²
con collegamento deformabile $EJ_{def,u}$	3,7951E12	Nmm ²

Efficienza della connessione $\eta_{,u}$	0,17
--	------

Calcestruzzo

Posizione asse neutro dal lembo compresso x_{cls}	57,3	mm
---	------	----

Tensione nella sezione in calcestruzzo

sforzo estradosso $\sigma_{cls,e}$ (compressione)	3,16	N/mm ²
sforzo intradosso $\sigma_{cls,i}$ (compressione se positivo)	-5,40	N/mm ²

Taglio sollecitante	2,820	kN
Taglio resistente staffatura V_{rd}	19237,99	kN

Area minima di armatura A_S	0,54	cm ²
Area minima di staffatura A_S	1,81	cm ² /m

Legno

Posizione asse neutro dal lembo inferiore x_w	140,8	mm
Tensioni nella sezione in legno		
sforzo per trazione $\sigma_{w,t}$	0,87	N/mm ²
sforzo per flessione $\sigma_{w,m}$	5,00	N/mm ²
tensione tangenziale τ_w	0,36	N/mm ²
Resistenze di calcolo		
flessione $f_{m,d}$	10,67	N/mm ²
trazione, parallela alla fibratura $f_{t,0,d}$	6,40	N/mm ²
tensione tangenziale limite $\tau_{w,lim}$	1,17	N/mm ²
sfruttamento resistenza a tensoflessione	0,60	
sfruttamento resistenza a taglio	0,31	

Connettori

Forza agente sui connettori	7,66	kN
Capacità portante di calcolo connettori	4,975	kN
Scorrimento massimo connettore δ_{max}	2,56	mm
Scorrimento limite connettore δ_{lim}	1,14	mm
Sfruttamento resistenza connettori	1,54	
Sfruttamento resistenza a scorrimento connettori	2,24	

- combinazione **SLU - carichi permanenti**

Legno

Posizione asse neutro dal lembo compresso x_w	140,8	mm
Tensioni nella sezione in legno		
sforzo per trazione $\sigma_{w,t}$	0,55	N/mm ²
sforzo per flessione $\sigma_{w,m}$	3,17	N/mm ²
tensione tangenziale τ_w	0,23	N/mm ²
Resistenze di calcolo		
flessione $f_{m,d}$	8,00	N/mm ²
trazione, parallela alla fibratura $f_{t,0,d}$	4,80	N/mm ²
tensione tangenziale limite $\tau_{w,lim}$	0,88	N/mm ²
sfruttamento resistenza a tensoflessione	0,51	
sfruttamento resistenza a taglio	0,26	

- combinazione **SLE - caratteristica**

Rigidità flessionale

senza collegamento EJ_0	2,0995E12	Nmm ²
con collegamento infinitamente rigido EJ_{rigido}	1,1821E13	Nmm ²
con collegamento deformabile $EJ_{def,ser}$	4,4389E12	Nmm ²

Efficienza della connessione η_{ser}	0,24
---	------

Calcestruzzo

Posizione asse neutro dal lembo compresso x_{cls}	65,2	mm
---	------	----

Tensioni nella sezione in calcestruzzo		
sforzo estradosso $\sigma_{cls,e}$ (compressione)	2,15	N/mm ²
sforzo intradosso $\sigma_{cls,i}$ (compressione se positivo)	-2,97	N/mm ²

Taglio sollecitante	--	kN
Tensione tangenziale τ_{cls}	--	N/mm ²
Tensione tangenziale limite $\tau_{cls,lim}$	--	N/mm ²

- combinazione **SLE - quasi permanente**

Rigidità flessionale

senza collegamento EJ_0	2,0995E12	Nmm ²
con collegamento infinitamente rigido EJ_{rigido}	1,1821E13	Nmm ²
con collegamento deformabile $EJ_{def,ser}$	4,4389E12	Nmm ²

Efficienza della connessione η_{ser}	0,24
---	------

Calcestruzzo

Posizione asse neutro dal lembo compresso x_w	65,2	mm
---	------	----

Tensioni nella sezione in calcestruzzo		
sforzo estradosso $\sigma_{w,t}$ (compressione)	1,63	N/mm ²
sforzo intradosso $\sigma_{w,m}$ (compressione se positivo)	-2,24	N/mm ²

Coefficiente di deformabilità a taglio α_f	0,04	
Freccia massima f_{max}	8,38	mm
Freccia limite f_{lim}	22,80	mm
Sfruttamento deformazione elastica	0,55	