

# COMUNE DI SANSEPOLCRO

## PROVINCIA DI AREZZO

### SCUOLA PRIMARIA "C. COLLODI" DI SANSEPOLCRO II° STRALCIO



## PROGETTO ESECUTIVO

**EUTECNE** s.r.l.  
architettura | ingegneria

Via Romana, 30  
06126 Perugia  
T +39 075 32 761  
F +39 075 34 470

Via Roma, 20/a  
57034 Campo nell'Elba (Li)  
Isola d'Elba  
T/F +39 0565 977 589

office@eutecne.it  
www.eutecne.it

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE  
ING. FEDERICO FRAPPI

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Francesco ARDINO  
Dott. Arch. Olimpia LORENZINI  
Dott. Arch. Luca FRAPPI  
Dott. Arch. Vania MARGUTTI  
Dott. Arch. Gaia ROSI CAPPELLANI

Dott. Arch. Debora PALUMMO  
Dott. Ing. Noemi BRIGANTI  
Dott. Ing. Luca DELL'AVERSANO  
Dott. Ing. Sonia ANTONELLI

Dott. Ing. Martina RICCI  
Dott. Geol. Armando GRAZI  
Dott. Paola SFAMENI  
Geom. Massimiliano TONZANI

COMMITTENTE:



COMUNE DI SANSEPOLCRO

R.U.P. Arch. Gilda ROSATI

TITOLO

CORPO 2 - SPOGLIATOIO: RELAZIONE DI CALCOLO -  
VERIFICA SEMPLIFICATA

ELAB.

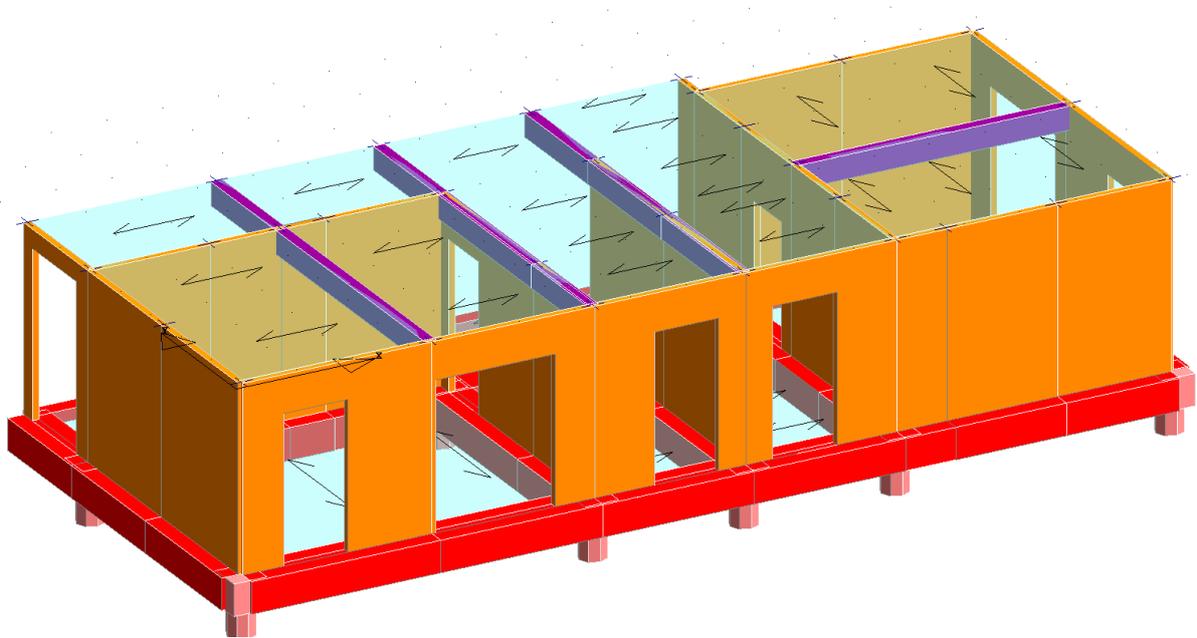
SBR7A

CODICE COMMESSA C25E\_SBR7A

SCALA

--

REV. N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	GIU.2019	PROGETTO ESECUTIVO	LDA	F.ARDINO	F.FRAPPI



## GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Al fine di validare il calcolo automatico eseguito con il codice CDSWin, si è proceduto ad un calcolo semplificato in cui sono state considerate le principali fasi del calcolo, ovvero:

- La risoluzione per forze verticali;
- Il calcolo sismico;
- La validazione delle caratteristiche della sollecitazione su alcune travi significative;
- Il progetto delle armature di alcune travi significative.

In particolare si è provveduto a verificare che:

- La risultante delle azioni verticali (peso proprio+permanente) calcolata dal CDSWin sia confrontabile con il peso dell'intera struttura determinato attraverso la semplice analisi dei carichi;
- Le masse sismiche usate dal CDSWin nell'analisi sismica siano comparabili con le analoghe masse sismiche determinate attraverso la semplice analisi dei carichi;
- Il valore del periodo fondamentale determinato dal CDSWin sia analogo al periodo determinato con la formula semplificata indicata al pto 7.3.6 delle NTC18;
- Il valore dell'accelerazione  $S_d$  ottenuta dallo spettro attraverso la formulazione semplificata sia simile al valore di  $S_d$  determinato dal CDSWin;
- Il valore del tagliante di base ottenuto con la formulazione semplificata sia accettabilmente vicino al valore determinato dal CDSWin;
- Le caratteristiche della sollecitazione trovate dal CDSWin sugli estremi di alcune travi ritenute significative, siano rispettose dell'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione delle travi;
- I momenti resistenti ottenuti con formulazioni semplificate dalle armature delle travi, siano compatibili quelli riportati dal CDSWin.

Analizziamo le varie fasi separatamente:

### - Carichi Verticali

Dalla risoluzione in CDSWin si è trovato che la risultante delle azioni verticali vale:

$$F_z = 224.7218 \text{ (t)}$$

Da computi basati solo sulla analisi dei carichi è stato trovato che il peso totale della struttura vale:

$$W_{stru} = 224.7218 \text{ (t)}$$

E' quindi agevole valutare lo scarto percentuale tra la risultante delle azioni verticali calcolata in CDSWin ed il peso calcolato attraverso la analisi dei carichi, che vale:

$$\Delta W\% = (224.7218 - 224.7218) / 224.7218 * 100 = 0 \text{ (\%)}$$

### - Masse Sismiche

La massa sismica dell'intera struttura determinata dal CDSWin, vale:

$$M_{CDS} = 29.07558 \text{ (t)}$$

La massa sismica derivata da computi basati sulla analisi dei carichi ci porta al valore:

$$M_{Sempl} = 29.07558 \text{ (t)}$$

Lo scarto tra i due valori è quindi:

$$\Delta M_{\%} = (29.07558 - 29.07558) / 29.07558 * 100 = 0 \text{ (\%)}$$

### **- Periodo Fondamentale e valori di Sd**

Il valore trovato con il CDSWin è il seguente:

$$T_{cds} = .12 \text{ (sec)}$$

Il periodo trovato usando la formula semplificata [7.3.6] del par. 7.3.3.2 delle NTC18, ci porta ad avere:

$$T_{lex} = C1 * H^{(3/4)} = .13 \text{ (sec)}$$

essendo:

$$C1 = .05$$

$$H = 3.54 \text{ (m) (altezza della costruzione in metri)}$$

È facile quindi riscontrare che lo scarto percentuale tra i due valori è pari a:

$$\Delta \text{Periodo}\% = (.12 - .13) / .12 * 100 = 8 \text{ (\%)}$$

Dai valori dei periodi si risale, attraverso lo spettro, alle corrispondenti accelerazioni Sd:

$$Sd_{CDS}/g = .561$$

$$Sd_{Lex}/g = .581$$

e quindi al relativo scarto percentuale:

$$\Delta Sd\% = (.561 - .581) / .561 = 3 \text{ (\%)}$$

### **- Tagliante di Base**

Usando le grandezze precedentemente determinate, si possono agevolmente calcolare i taglianti di base del CDSWin e del calcolo semplificato:

$$\text{Taglio}_{CDS} = 29.07558 * .561 = 16.311 \text{ (t)}$$

$$\text{Taglio}_{Sempl} = 29.07558 * .581 = 16.893 \text{ (t)}$$

La differenza tra i due valori così calcolati sarà pari a:

$$\Delta \text{Tagl}_{BASE}\% = (16.311 - 16.893) / 16.311 * 100 = -4 \text{ (\%)}$$

### **- Caratteristiche della Sollecitazione**

Si sono controllate le Caratteristiche della Sollecitazione su due travi ritenute significative, ovvero le travi numero 36 e 37.

Su tali travi, per le combinazioni di carico più gravose di ciascun estremo, si sono controllati gli equilibri alla traslazione e rotazione:

$$T_i + T_f + \int q(x) * dx = 0$$

$$M_i + T_i * L + b' * \left[ \int q(x) * dx \right] + M_f = 0$$

essendo:

$\int q(x) * dx$ : risultante dei carichi applicati alla trave

$b'$ : la distanza del baricentro dei carichi  $q(x)$  dall'estremo finale della trave

$L$ : lunghezza dell'asta

I valori numerici di tali equazioni sono riportati nelle tabelle seguenti:

Equilibrio alla traslazione per la combinazione dell' estremo iniziale:

Trave Numero	Combinazione Numero	Taglio Iniziale (kg)	Taglio Finale (kg)	Risultante Carichi (kg)	Squilibrio (kg)
36	37	488.33	408.11	-896.44	-.001
37	41	541.97	500.83	-1042.8	0

Equilibrio alla traslazione per la combinazione dell' estremo finale:

Trave Numero	Combinazione Numero	Taglio Iniziale (kg)	Taglio Finale (kg)	Risultante Carichi (kg)	Squilibrio (kg)
36	40	474.82	421.62	-896.44	-.001
37	37	528.39	514.41	-1042.8	0

Equilibrio alla rotazione per la combinazione dell' estremo iniziale:

Trave Numero	Combinaz. Numero	Momento Iniziale (kg*m)	Taglio Iniziale (kg)	Lungh.Trave (m)	Risultante Carichi (kg)	Braccio Ris.- Estr.Fin. (m)	Momento Finale (kg*m)	Squilibrio (kg*m)
36	37	-565.53	488.33	5.433	-896.44	2.716	347.54	-.074
37	41	-498.73	541.97	6.32	-1042.8	3.16	368.71	-.018

Equilibrio alla rotazione per la combinazione dell' estremo finale:

Trave Numero	Combinaz. Numero	Momento Iniziale (kg*m)	Taglio Iniziale (kg)	Lungh.Trave (m)	Risultante Carichi (kg)	Braccio Ris.- Estr.Fin. (m)	Momento Finale (kg*m)	Squilibrio (kg*m)
36	40	-520.5	474.82	5.433	-896.44	2.716	376.04	.057
37	37	-457.92	528.39	6.32	-1042.8	3.16	413.76	.017

Le precedenti tabelle ci consentono di dedurre che la risoluzione del telaio spaziale è corretta, in quanto rispettosa degli equilibri globali delle aste. Si è infatti dimostrato che le caratteristiche nodali dei due estremi, restituite dalla risoluzione spaziale, soddisfano anche gli equilibri alla rotazione e traslazione delle travi esaminate.

### **- Verifica a Flessione per c.a.**

Sulla scorta delle caratteristiche della sollecitazione considerate al punto precedente, si è proceduto ad eseguire il calcolo dei momenti resistenti secondo la seguente formulazione semplificata:

$$M'r = A_f * f_{yd} * (0,9 * d)$$

in cui le grandezze:

$A_f$  : Armatura calcolata dal CDSWin

$f_{yd}$  : Tensione di calcolo dell' armatura

$d$ : Altezza utile della sezione in c.a.

sono riprese direttamente dai tabulati di uscita del CDSWin.

Trave Numero	f <sub>yd</sub> (kg/ cmq)	(0.9)*d (cm)	Af Iniziale (cmq)	Mr' Iniziale (kg*m)	Mr CDS Iniz (kg*m)	M agente Iniz. (kg*m)	Af Finale (cmq)	Mr' Finale (kg*m)	Mr CDS Finale (kg*m)	M agente Fin. (kg*m)
36	3913	16.6	4.62	3000.96	2826.91	565.53	4.62	3000.96	2844.33	376.04
37	3913	16.6	4.62	3000.96	2842.73	498.73	4.62	3000.96	2845.08	413.76

Dalla precedente tabella può facilmente desumersi che i valori dei momenti resistenti determinati con le formulazioni semplificate sono comparabili con i momenti resistenti del CDSWin, che a loro volta risultano essere maggiori dei momenti agenti riportati nei tabulati di verifica. Pertanto, alla luce delle considerazioni svolte, le verifiche a flessione delle travi risultano essere validate.

### **- Verifica a Taglio per c.a.**

Sulla scorta delle caratteristiche della sollecitazione considerate al punto precedente, si è proceduto ad eseguire anche il calcolo dei tagli resistenti secondo la formulazione della NTC18, confrontando quindi i risultati ottenuti con quelli riportati sulla tabella di verifica del CDSWin:

$VRd = \min(VRsd, Vrcd)$  Taglio resistente calcolato secondo quanto riportato al paragrafo 4.1.2.3.5.2 delle NTC18.

Essendo:

$$VRsd = 0.9 * d * f_{yd} * A_{sw} / s * \cotg(\text{teta}) \quad (\text{taglio-trazione})$$

$$Vrcd = 0.9 * d * b_w * \alpha_C * 0.5 * f_{cd} * \cotg(\text{teta}) / (1 + \cotg(\text{teta}) * \cotg(\text{teta})) \quad (\text{taglio-compressione})$$

in cui le grandezze:

- d: Altezza utile della sezione
- f<sub>yd</sub>: Tensione di calcolo dell' armatura
- A<sub>sw</sub>: Area delle staffe del concio
- s: Passo delle staffe nel concio
- teta: Inclinazione dei puntoni di CLS sull' asse della trave
- b<sub>w</sub>: Larghezza minima della sezione
- f<sub>cd</sub>: Tensione di calcolo del CLS

alfa<sub>C</sub>=1: Per membratura non compresse poiché la trave ha sforzo normale nullo

sono riprese direttamente dai tabulati di uscita del CDSWin.

$$VRsd = 0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot A_{sw} / s \cdot \cotg(\theta)$$

(Meccanismo taglio-trazione)

Trave Numero	Estremo	(0.9)*d (cm)	F <sub>yd</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	A <sub>sw</sub> (cm <sup>2</sup> )	s (cm)	Cotg(θ)	VRsd (kg)
36	Iniziale	16.6	3913	1	10	2.5	16287
	Finale	16.6	3913	1	10	2.5	16287
37	Iniziale	16.6	3913	1	10	2.5	16287
	Finale	16.6	3913	1	10	2.5	16287

$$VRcd = \frac{0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot \cotg(\theta)}{(1 + \cotg(\theta) \cdot \cotg(\theta))}$$

(Meccanismo taglio-compressione)

Trave Numero	Estremo	(0.9)*d (cm)	f <sub>cd</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	B <sub>w</sub> (cm)	Alfa C	Cotg(θ)	VRcd (kg)
36	Iniziale	16.6	141	30	1	2.5	12143
	Finale	16.6	141	30	1	2.5	12143
37	Iniziale	16.6	141	30	1	2.5	12143
	Finale	16.6	141	30	1	2.5	12143

Trave Numero	Estremo	VRd = min(VR <sub>s</sub> d, VR <sub>cd</sub> )	Tagli derivanti dal calcolo	
		V <sub>rd</sub> Semplificato (kg)	VR <sub>d</sub> CDS (kg)	VE <sub>d</sub> (kg)
36	Iniziale	12143	12143	638
	Finale	12143	12143	527
37	Iniziale	12143	12143	694
	Finale	12143	12143	660

Dalla precedente tabella può facilmente desumersi che i valori dei tagli resistenti determinati con le formulazioni sopra riportate sono comparabili con i tagli resistenti del CDSWin, che a loro volta risultano essere maggiori dei tagli agenti riportati nei tabulati di verifica. Pertanto, alla luce delle considerazioni svolte, anche le verifiche a taglio delle travi risultano essere validate.