

COMUNE DI EMPOLI CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE

REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA AD EMPOLI



PROGETTO ESECUTIVO

ATI DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

EUTECNE

Architettura | Ingegneria

Via A. Volta, 88_06135 Perugia
T +39 075 32 761

Via Roma, 20/a_57034 Campo nell'Elba (Li)
T/F +39 0565 977 589

Via Marconi, 14/a_06012 Città di Castello (PG)
T +39 0758550900

office@eutecne.it
www.eutecne.it

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
ING. FEDERICO FRAPPI

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Francesco ARDINO
Dott. Arch. Olimpia LORENZINI
Ing. Sonia ANTONELLI
Dott. Ing. Noemi BRIGANTI
Dott. Ing. Luca DELL'AVERSANO
Dott. Arch. Debora PALUMMO

Dott. Ing. Maura MARTORELLI
Dott. Arch. Luca FRAPPI
Dott. Geol. Armando GRAZI
Dott. Ing. Martina RICCI
Dott. Ing. Giulia BENEDETTI
Dott. Ing. Massimo FALCINELLI

Dott. Ing. Sandro FAVERO
Dott. Ing. Tommaso TASSI
Dott. Ing. Alessandro BONAVENTURA
Dott. Ing. Federico ZAGGIA
Dott. Ing. Paolo BINDI
Dott. Ing. Dario BANDI

MANDANTI

Via Belvedere, 8-10
30035Mirano(VE)



Via G.Di Vittorio, 15
20017 Rho (MI)

COMMITTENTE:



COMUNE DI EMPOLI

R.U.P. Ing. Roberta SCARDIGLI

TITOLO RELAZIONE TECNICA GENERALE - CORPO A

COMMESSA	ELABORATO	REVISIONE
C51E	SRA1	A

SCALA

CODICE COMMESSA C51E_SRA1A

REV.N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	SET. 2021	PROGETTO ESECUTIVO	E. GENNARI	F.ARDINO	F.FRAPPI

COMUNE DI EMPOLI (FI)
REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA

RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A

Documento:

C51E_SRA1A

Rev.

Data

A

Settembre 2021

Pag. 1 di 11

RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A

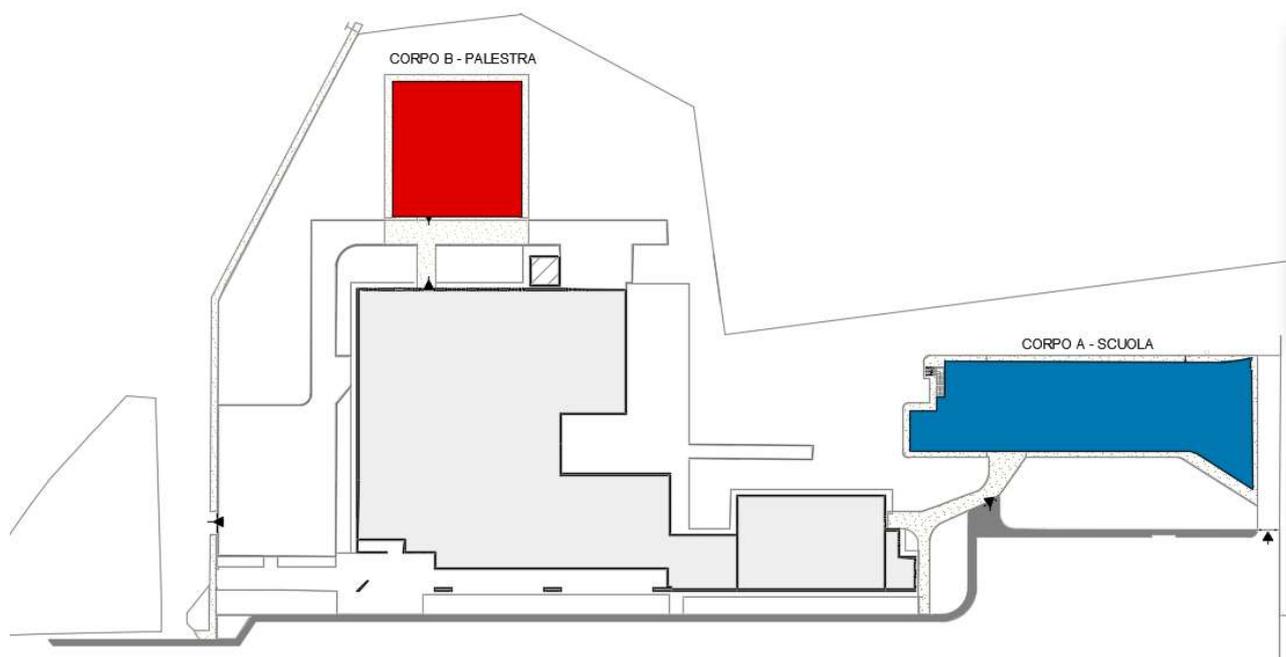
Premessa

L'opera in questione riguarda il potenziamento del plesso scolastico di Via Liguria nel comune di Empoli con la realizzazione di un nuovo polo e di una palestra.

Il nuovo polo scolastico si trova ad est mentre la palestra è situata a nord dell'edificio esistente.

Il nuovo polo scolastico è stato identificato come corpo A mentre la palestra è stata identificata come corpo B.

La presente relazione tecnica generale è riferita al corpo A.



Descrizione dell' opera

Trattasi di un progetto di una nuova costruzione destinata ad attività scolastiche, che si sviluppa su due livelli.

Le fondazioni sono costituite da un graticcio di travi rovesce in c.a.

La struttura portante è costituita principalmente da pareti in c.a. con cassero in EPS a perdere di spessore 25 cm nel perimetro e alcune pareti interne di spessore 15 cm con solai in laterocemento.

Sono presenti anche degli elementi lignei nella aula delle attività integrative e nella mensa.

In particolare sono presenti pilastri in legno lamellare con travi in lengo lamellare per realizzare il doppio volume nell' aula delle attività integrative. Sopra le travi in legno lamellare poggia un pannello XLAM a 5 strati incrociati di spessore complessivo 140 mm.

Anche nella mensa sono stati disposti pilastri e travi in legno lamellare che sorreggono il medesimo solaio con pannelli XLAM.

Per quanto riguarda i solai del piano terra, dell' interpiano e di copertura sono quindi in laterocemento, con quello di copertura inclinato a realizzare una copertura con un' unica falda.

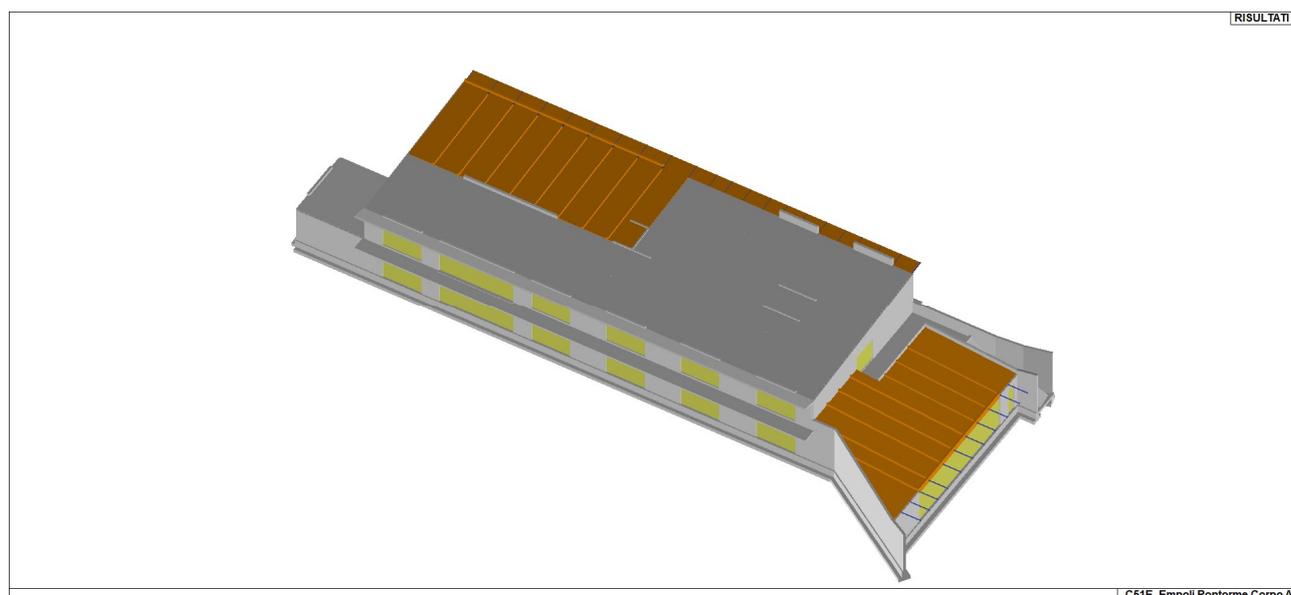
All' interpiano è presente inoltre una mensola in cemento armato a sorreggere la schermatura.

Sopra il solaio di copertura sono disposti materiali isolanti ed elementi in alluminio tipo riverclarck.

E' stata scelta una vita nominale di 100 anni in quanto la struttura è stata identificata in classe d' uso IV.

E' eseguita una progettazione non dissipativa perché la tipologia strutturale non consente grandi capacità dissipative.

Il fattore di struttura scelto è per cui unitario ($q=1$).



COMUNE DI EMPOLI (FI)
REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA

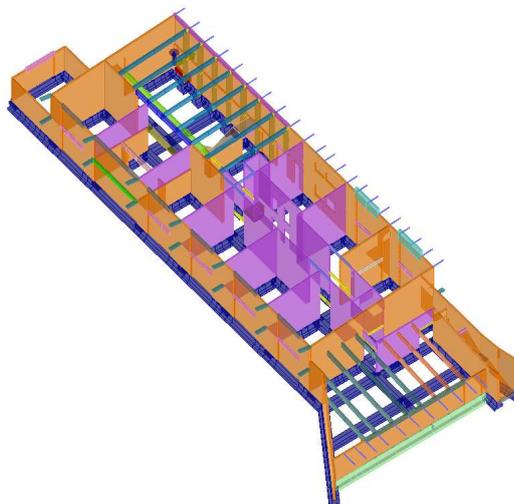
RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A

Documento:
C51E_SRA1A

Rev.	Data
A	Settembre 2021

Pag. 4 di 11

RISULTATI



C51E_Empoli Pontorme Corpo A

Si riportano i principali parametri per la definizione dell' azione sismica di progetto per la struttura.

Descrizione generale dell'opera

Fabbricato ad uso	Scolastico
Ubicazione	Comune di EMPOLI (FI) (Regione TOSCANA)
	Località EMPOLI (FI)
	Longitudine 10.962, Latitudine 43.726
Numero di piani	Fuori terra:2
	Interrati:0
	le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di 70mx27m
Numero vani scale	1
Numero vani ascensore	1
Tipo di fondazione	Graticcio di travi rovesce

Principali caratteristiche della struttura

Struttura regolare in pianta	NO
Struttura regolare in altezza	NO
Classe di duttilità	NON dissipativa

**COMUNE DI EMPOLI (FI)
REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A

Documento:
C51E_SRA1A

Rev.	Data
A	Settembre 2021

Pag. 5 di 11

Parametri della struttura

Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
IV	100.0	2.0	200.0	C	T1

Si riporta la tabella e le schede per il calcolo degli spettri di progetto.

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Legend values: < 0.025, 0.025-0.050, 0.050-0.075, 0.075-0.100, 0.100-0.125, 0.125-0.150, 0.150-0.175, 0.175-0.200, 0.200-0.225, 0.225-0.250, 0.250-0.275, 0.275-0.300, 0.300-0.350, 0.350-0.400, 0.400-0.450, 0.450-0.500, 0.500-0.600, 0.600-0.700

p.e. 10% in 50 anni

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu
Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]

Vertici della maglia elementare INGV [riferimento WGS84]

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
20276	10.931	43.707	3.253
20277	11.000	43.708	3.601
20055	10.998	43.758	4.581
20054	10.929	43.757	4.375

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

Longitudine: Latitudine:

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	120.43	0.0720	2.600	0.277
SLD	63	201.16	0.0864	2.580	0.287
SLV	10	1898.24	0.1932	2.401	0.304
SLC	5	2475	0.2093	2.403	0.307

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="100"/>

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	10.962	43.726	
20276	10.931	43.707	3.253
20277	11.000	43.708	3.601
20055	10.998	43.758	4.581
20054	10.929	43.757	4.375

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	120.4	0.072	2.600	0.277
SLD	63.0	201.2	0.086	2.580	0.287
SLV	10.0	1898.2	0.193	2.401	0.304
SLC	5.0	2475.0	0.209	2.403	0.307

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.072	1.500	2.600	0.942	0.148	0.444	1.888
SLD	0.086	1.500	2.580	1.024	0.152	0.455	1.946

COMUNE DI EMPOLI (FI)
REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA

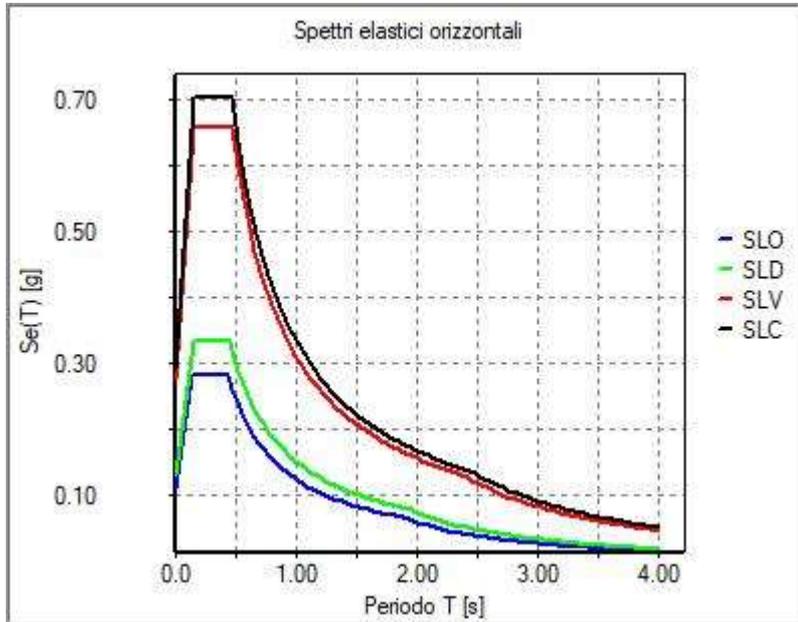
RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A

Documento:
C51E_SRA1A

Rev.	Data
A	Settembre 2021

Pag. 6 di 11

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
SLV	0.193	1.422	2.401	1.425	0.158	0.473	2.373
SLC	0.209	1.398	2.403	1.484	0.159	0.476	2.437



01_INT_SPETTRI_ELASTICI_O

COMUNE DI EMPOLI (FI) REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A		<i>Documento:</i> C51E_SRA1A	
		<i>Rev.</i>	<i>Data</i>
		A	Settembre 2021
		<i>Pag. 7 di 11</i>	

La verifica è stata effettuata considerando lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Per l'SLV si è fatto riferimento a quanto previsto dalla norma per le strutture di classe d'uso IV e vita nominale di 100 anni.

Tipologie di analisi strutturali

La verifica della struttura è stata fatta mediante una analisi dinamica lineare, ovvero l'analisi modale con spettro di risposta, tenendo conto di un numero di modi sufficienti a raggiungere un eccitamento delle masse strutturali superiore all'85% della massa complessiva e considerando le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma. Inoltre, si è optato per procedere a delle analisi sismiche impostate mediante un fattore di comportamento pari a $q=1,0$. Il fattore di struttura assunto è conseguente alla tipologia strutturale di struttura a pareti in c.a. e alla progettazione non dissipativa.

I modelli di calcolo sono stati schematizzati mediante una analisi FEM utilizzando elementi beam (monodimensionali) e shell (bidimensionali).

Metodo di risoluzione della struttura

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare le travi sono state schematizzate con elementi asta a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio. Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare, per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

La presenza di eventuali orizzontamenti e' stata tenuta in conto con vincoli cinematici rigidi. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura andando a definire, per ogni trave di fondazione, il valore di K di Winkler in relazione alle caratteristiche del terreno definite nel modello.

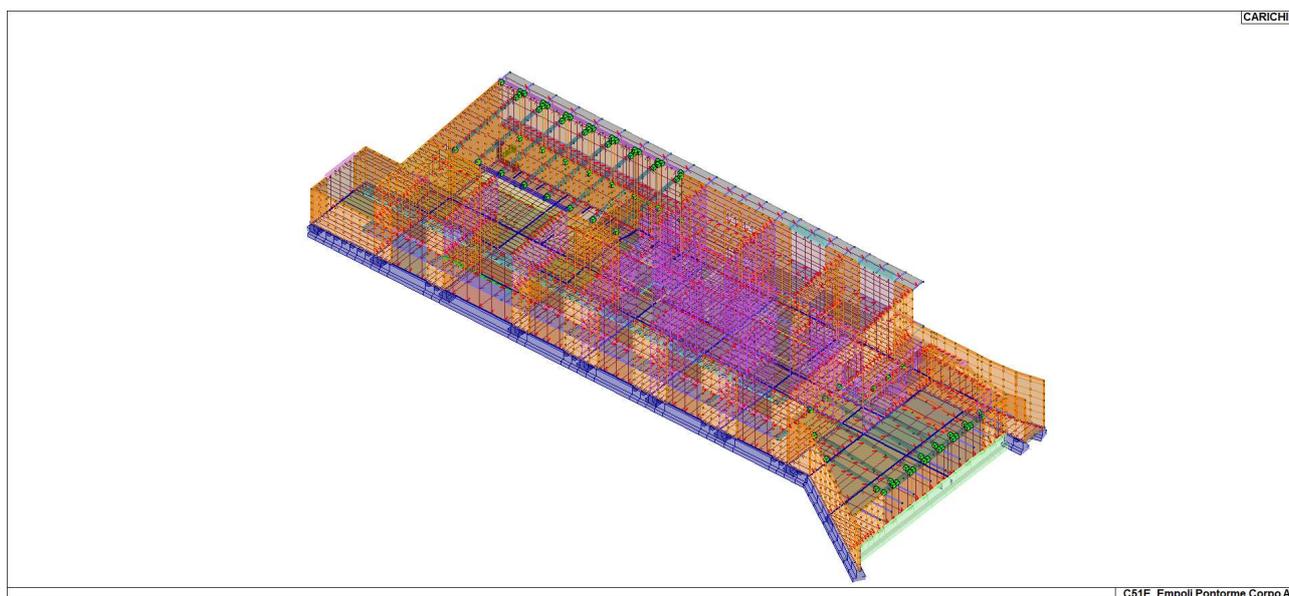
Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17.01.2018.

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU (si veda la Relazione di calcolo) vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte.

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLE (si veda la Relazione di calcolo) vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare l'affidabilità della struttura nei confronti delle possibili situazioni di perdita di funzionalità (per eccessive deformazioni, fessurazioni, vibrazioni, etc.) ed i risultati delle valutazioni svolte.

Schemi strutturali

L'analisi è stata condotta effettuando le schematizzazioni previste dai principi della analisi agli elementi finiti associando alle travi la rappresentazione matematica fornita dalla schematizzazione "beam" mentre i setti e le piastre sono stati schematizzati con elementi "shell". Il corpo di fabbrica è stato verificato secondo lo schema sotto graficizzato:



COMUNE DI EMPOLI (FI) REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A		Documento: C51E_SRA1A	
Rev.	Data		
A	Settembre 2021		
Pag. 9 di 11			

Normativa di riferimento

Le norme ed i documenti assunti quale riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati nella Relazione di Calcolo.

Materiali strutturali

Per quanto concerne la descrizione dei materiali impiegati e la loro rispondenza ai requisiti previsti dalle norme tecniche vigenti, si rimanda alla Relazione dei Materiali.

Durabilità

Per garantire la durabilità della parti nuove della struttura sono state prese in considerazioni opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

Prestazioni attese al collaudo

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Produttore 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Titolo PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Nro Licenza Licenza dsi5313

Affidabilità dei codici di calcolo

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

Informazioni sull'elaborazione

Il software e' dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

COMUNE DI EMPOLI (FI)
REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA PRIMARIA IN VIA LIGURIA

RELAZIONE TECNICA GENERALE – CORPO A

Documento:
C51E_SRA1A

Rev.	Data
A	Settembre 2021

Pag. 10 di 11

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
 - Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilita' o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.
- Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.
- In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo. Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

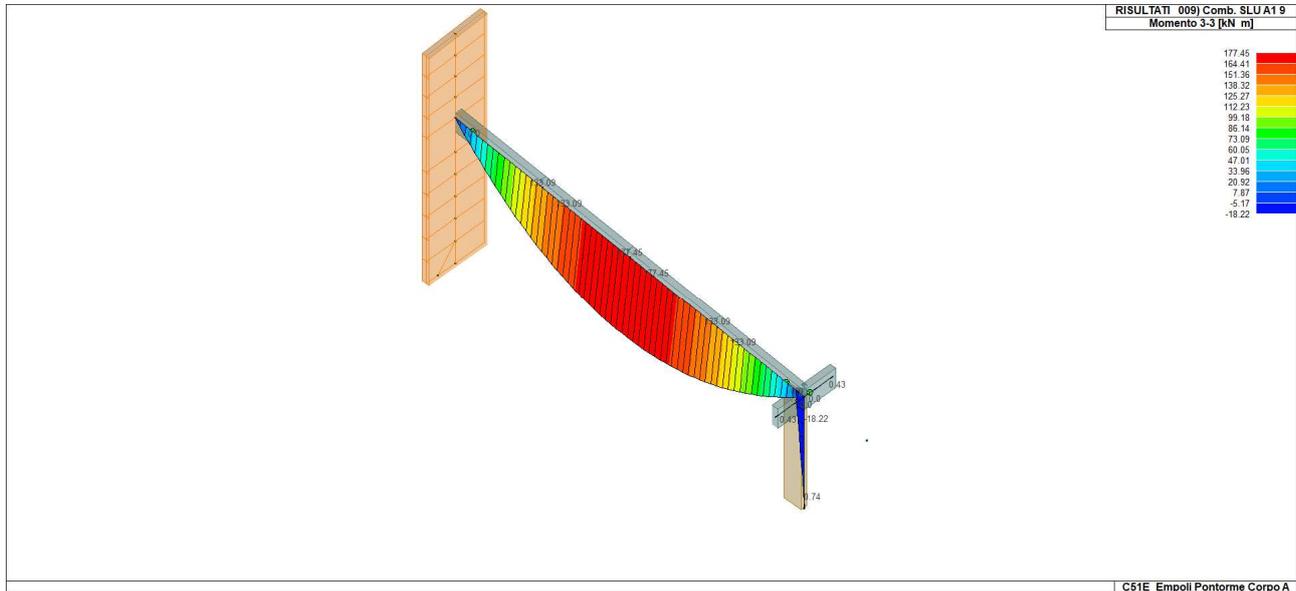
Si riporta di seguito un confronto tra i risultati ottenuti mediante il software di calcolo e quelli ottenuti da calcoli manuali. Si può notare che i risultati sono tra loro confrontabili.

Si riporta il calcolo del momento massimo in mezzeria per le travi in legno lamellare di copertura della mensa.

I carichi che gravano sulla copertura della mensa sono i seguenti:

Analisi dei Carichi solaio piano primo SC2A			
Peso proprio + Carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti	G₁	63	kg/mq
Carichi permanenti non strutturali	G₂	65	kg/mq
Sovraccarico Accidentale	Q_k	170	kg/mq
Totale		298	kg/mq

Dal modello di calcolo si ottiene un momento massimo in mezzeria M_{max+} (SLU) = 177 kNm.



Per quanto riguarda il calcolo manuale si fa riferimento uno schema di trave in semplice appoggio di lunghezza 12,00 m e con interasse delle travi $i = 2,05$ m.

Si ottiene:

$$M_{max+} = pl^2/8 \cos(\alpha) = 176 \text{ kNm}$$

I valori sono dunque confrontabili.