



Città di SOLOFRA

PIANO URBANISTICO COMUNALE

L.n.1150 del 17/08/1942 e s.m.i. - L.R. n.14 del 20/03/1982 e s.m.i. L.R. n.16 del 22/12/2004 e s.m.i. - Reg. N.5 del 04/08/2011

Elaborati modificati a seguito accoglimento Osservazioni ed ottemperanza ai Pareri di cui all'art. 3 commi 3 e 5 del Regolamento Regione Campania n° 5/2011 e s.m.i.

PIANO STRUTTURALE
L.R. n.16/2004 e s.m.i. art.3 c.3 lett.a) Reg. N.5/2011 art.2 c.4, art.9 c.3 e 5

PIANO OPERATIVO
L.R. n.16/2004 e s.m.i. art.3 c.3 lett.b) Reg. N.5/2011 art.9 c.4, art.9 c.6

PP QUADRO STRATEGICO PIANO PRELIMINARE	EP ELABORATI DI PROCESSO	1:25000 <input type="radio"/>	1:10000 <input type="radio"/>	1:5000 <input type="radio"/>	1:2000 <input type="radio"/>	POC QUADRO PROGRAMMATICO
QC QUADRO CONOSCITIVO	<input type="radio"/> DS - DOCUMENTO STRATEGICO					<input type="radio"/> Qp1 Prescrizioni operative
<input type="radio"/> QC0 Inquadramento territoriale. Coerenze con pianificazioni sovracomunali	<input type="radio"/> RP - RAPPORTO PARTECIPAZIONE					<input type="radio"/> Qp2 Normativa di attuazione
<input type="radio"/> QC1 Attuazione PRG vigente	<input type="radio"/> VAS - VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA					<input type="radio"/> QP3 Ambiti di pianificazione operativa
<input type="radio"/> QC2 Uso e assetto storico del territorio	PS QUADRO STRUTTURALE					<input type="radio"/> QP4 Azzonamento
<input type="radio"/> QC3 Stato dell'ambiente	<input type="radio"/> PS1 Scelte strategiche, obiettivi criteri guida, forme di attuazione					API ATTI DI PROGRAMMAZIONE DEGLI INTERVENTI
<input type="radio"/> QC4 Assetti fisici, produttivi e funzionali	<input type="radio"/> PS2 Norme di indirizzo prescrittive e direttive					RUEC REGOLAMENTO URBANISTICO EDILIZIO COMUNALE
<input type="radio"/> QC5 La rete delle infrastrutture	<input checked="" type="radio"/> PS3 Limitazioni ambientali, contesti urbani e dello spazio aperto, interrelazioni territoriali					<input type="radio"/> RUEC1 Regolamento
<input type="radio"/> QC6 Il patrimonio dismesso, sottoutilizzato, degradato	<input type="radio"/> PS4 Classificazione del territorio. Trasformabilità, standard, attrezzature, infrastrutture					<input type="radio"/> RUEC2 Indirizzi in materia energetico ambientale
<input type="radio"/> QC7 Vincoli, tutele, vulnerabilità						

VULNERABILITA' SISMICA DEL PATRIMONIO COSTRUITO Valutazione di massima

PS3 - 3.6	rev. 2	rev. 1	Giu. 2020	Adeguato ai PARERI art.3 c.5 Reg. Reg.le n. 5/2011 e s.m.i.
------------------	--------	--------	-----------	---

TIMBRI E VISTI

IL SINDACO
Michele Vignola

IL DELEGATO ALL'URBANISTICA
Ing. Paolo Normanno

IL R.U.P. AREA III° TECNICA
Ing. Michele De Maio

IL SEGRETARIO GENERALE
Avv. Antonio Esposito

PROGETTO URBANISTICO
Ar.T.Etica Architettura Territorio Etica
Studio associato di architettura bioecologica e tecnologie sostenibili per l'ambiente degli architetti:

Arch. Raffaele Spagnuolo
(progettista incaricato)
Arch. Luca Battista
Arch. Eleonora Giaquinto
Arch. Flaviano Oliviero

Collaboratore studio Ar.T.Etica:
Arch. Caterina Avitabile

STUDIO GEOLOGICO: dr. Geol. Roberto D'ORSI
ZONIZZAZIONE ACUSTICA: ing Vincenzo LIMONE
STUDIO AGRONOMICO: dr. Agr. Mario SPAGNUOLO
P.U.T.: Ing. Tiziana AMATUCCI
PIANO ILLUMINOTECNICO: ing. A. DE MARCO
geom. M. CAPUTO, per. Ind. M. CIPRIANO



Vulnerabilità sismica del patrimonio costruito. Valutazione di massima.

(relazione integrativa delle tavole del PUC in riscontro
a quanto osservato nel Visto di Conformità al PTCP giusto Prov. Pres. 9/2020)

INDICE

Vulnerabilità sismica del costruito	2
Valutazione di massima dello stato di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio.....	5
Le aree instabili o di potenziale instabilità nello studio di microzonazione sismica.	7

Allegati:

- **Stralcio da . Carta delle Strutture ed Infrastrutture di interesse (da P.E.C.2016)**
- **Stralcio da : Identificazione dei Rischi . Vulnerabilità sismica (da P.E.C. 2016)**
- **Valutazione di Vulnerabilità sismica**
 - Edificio Scolastico “Francesco Guarini”
 - Edificio Scolastico Via Fratta
 - Edificio Scolastico - Scuola primaria - Sant’Andrea



Vulnerabilità sismica del costruito

La classificazione della vulnerabilità sismica del costruito come derivante dal P.E.C. è stata elaborata su parametri di tipo statistico– qualitativo (età della costruzione, tipologia costruttiva, larghezza e sicurezza delle strade di esodo, caratteristiche geologiche generali) e può essere ulteriormente specificata o con ulteriori studi di dettaglio relativi a parti urbane commissionate dall'amministrazione o da studi tecnici asseverati da parte dei privati.

I suddetti approfondimenti possono essere propedeutici alla programmazione di interventi di recupero finalizzati alla messa in sicurezza degli ambiti urbani, con conseguente riduzione della vulnerabilità sismica del costruito.

Il PUC prevede incentivi edilizi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità sismica, oltre che favorire la predisposizione di programmi urbani che possano interessare ambiti di piano ricompresi nel Territorio Urbano consolidato e nel territorio della rigenerazione e riconversione urbana e nel Territorio della Persistenza Storica fatto salve le indicazioni di cui al capo 9° delle norme.

Gli immobili classificati con vulnerabilità sismica media ed alta, così come può evincersi dagli elaborati PS.4 - 4.6/1 "Piano e prevenzione dei rischi da calamità naturali. Sintesi Piano Emergenza Comunale" e PS.4-4.6/2 "Piano e prevenzione dei rischi da calamità naturali. Compatibilità PUC con Modello di Intervento e scenari di rischio sismico ed idrogeologico da P.E.C", oltre che dal Piano di Emergenza Comunale approvato con Del. C.C. n°61 del 20 luglio 2016, possono essere oggetto di programmi urbani di recupero finalizzati alla loro messa in sicurezza, attuabili mediante intervento urbanistico preventivo e Piano urbanistico Attuativo (Pua), di cui all'art. 29, disciplinanti in modo integrato ed organico anche eventuali interventi di completo rinnovamento e sostituzione edilizia.

In particolare il PUC prevede nel quadro delle regole (norma di attuazione) il TITOLO UNDICESIMO "PROTEZIONE CIVILE RISCHIO SISMICO E PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA" dedicato completamente ai temi della riduzione del rischio sismico e della vulnerabilità del costruito.

Gli articoli 130 e 131 riscontrano proprio quanto indicato, nel Visto di conformità al PTCP, in merito alla valutazione di massima dello stato di vulnerabilità del patrimonio edilizio, prevedendo modalità di attuazione ed incentivi ai fini di programmi di recupero urbano attuabili tramite PUA.

Il PUC prevede incentivi edilizi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità sismica, oltre che favorire la predisposizione di programmi urbani che possano interessare ambiti di piano ricompresi nel Territorio Urbano consolidato e nel territorio della rigenerazione e riconversione urbana e nel Territorio della Persistenza Storica fatto salve le indicazioni di cui al capo 9° delle presenti norme.

Gli immobili classificati con vulnerabilità sismica media ed alta, così come può evincersi dagli elaborati PS.4 - 4.6/1 "Piano e prevenzione dei rischi da calamità naturali. Sintesi Piano Emergenza Comunale" e PS.4-4.6/2 "Piano e prevenzione dei rischi da calamità naturali. Compatibilità PUC con Modello di Intervento e scenari di rischio sismico ed idrogeologico da P.E.C", oltre che dal Piano di Emergenza Comunale approvato con Del. C.C. n°61 del 20 luglio 2016, possono essere oggetto di programmi urbani di recupero finalizzati alla loro messa in sicurezza, attuabili mediante intervento urbanistico preventivo (Iup) e Piano urbanistico Attuativo (Pua), di cui all'art. 29, disciplinanti in modo integrato ed organico anche eventuali interventi di completo rinnovamento e sostituzione edilizia.



CITTA' DI SOLOFRA
Piano
Urbanistico
Comunale



In caso di ristrutturazioni edilizie, anche con demolizione e ricostruzione dell'edificio ai fini della riduzione della vulnerabilità sismica, nel rispetto della disciplina d'attuazione, dei parametri edilizi e delle densità fondiari come normati negli articoli di riferimento dell'ambito, è consentito un incremento delle SLS (Superficie Lorda di Solaio) pari al 20%, anche attraverso la rimodulazione delle altezze di interpiano con anche un incremento di un piano rispetto al preesistente. Tale incremento è riconosciuto anche nella attuazione attraverso P.U.A. di cui al comma precedente

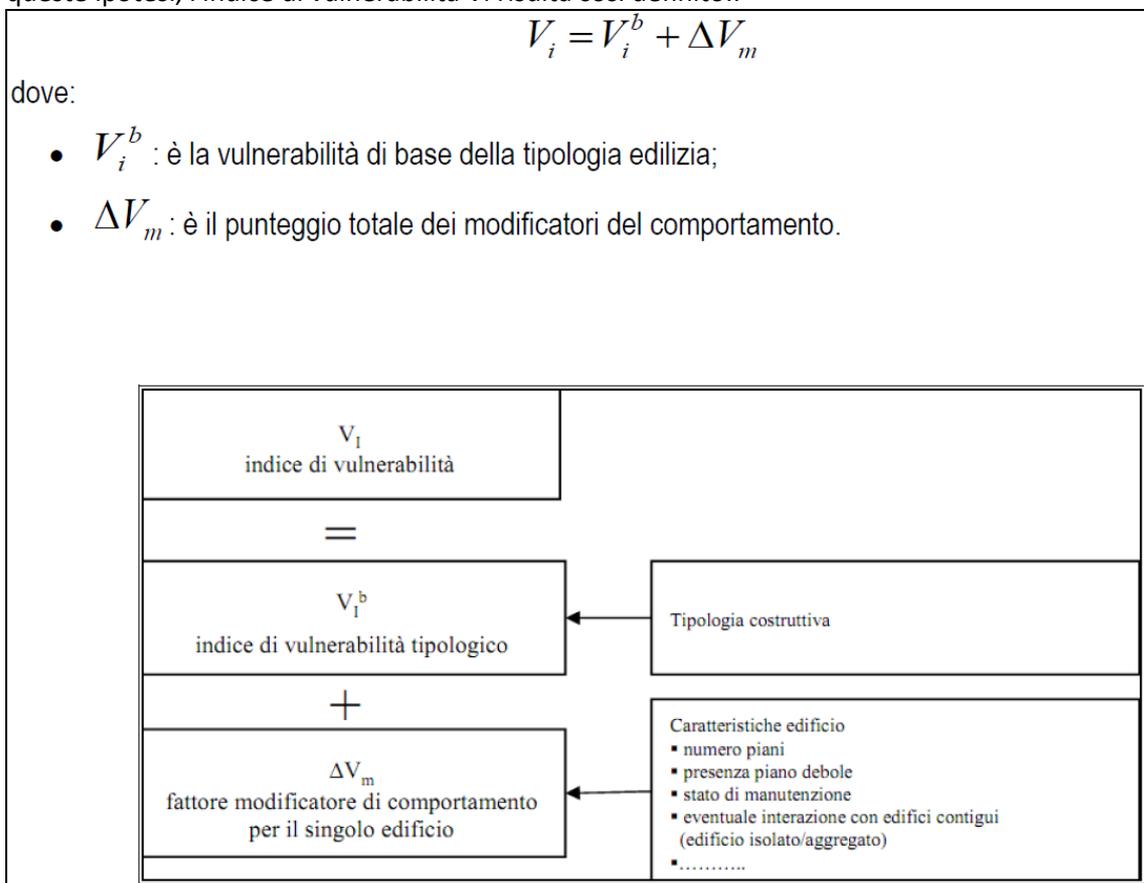
In allegato si riporta l'estratto cartografico con evidenziata la valutazione di tipo qualitativo, basata su parametri di tipo statistico- qualitativo (età della costruzione, tipologia costruttiva, larghezza e sicurezza delle strade di esodo, caratteristiche geologiche generali) relativa al patrimonio edilizio della città di Solofra.

Per gli scenari conseguenti alle previsioni di un sisma con differenti tempi di ritorno si rimanda all'approfondimento scientifico contenuto nella Parte I della Relazione generale del Piano di Emergenza Comunale di cui alla Delibera di Consiglio Comunale n° 61/2016.

"Al fine della valutazione della vulnerabilità sismica e stima dei danni, si è fatto riferimento ad un modello di livello 1 di tipo macrosismico e sviluppato da Giovinazzi - Lagomarsino.

Tale metodo, per la valutazione della vulnerabilità del costruito ordinario, introduce un indicatore sintetico detto indice di vulnerabilità V_i , che è definito sia su base tipologica, identificando l'edificio o la classe di edifici come appartenente ad una certa tipologia edilizia, sia su base semeiotica, considerando cioè quanti più possibili particolari strutturali, tecnologici e costruttivi, in grado di influenzare la risposta sismica della costruzione."

Sotto queste ipotesi, l'indice di vulnerabilità V_i risulta così definito:.





CITTA' DI SOLOFRA

Piano Urbanistico Comunale



In sintesi si riportano i dati relativi agli indici di vulnerabilità sismica per l'intero patrimonio costruito di Solofra:

epoca di costruzione	numero edifici	tipologia strutturale			indice di vulnerabilità di base		
		muratura	c.a.	altro	muratura	c.a.	altro
Prima del 1919	83	98%	0%	2%	0,5	0,3	0,4
Dal 1919 al 1945	24	90%	2%	8%	0,35	0,3	0,4
Dal 1946 al 1961	50	87%	7%	6%	0,3	0,3	0,4
Dal 1962 al 1971	116	75%	18%	7%	0,3	0,3	0,4
Dal 1972 al 1981	218	55%	31%	14%	0,2	0,2	0,4
Dal 1982 al 1991	696	37%	50%	13%	0,2	0,14	0,4
Dopo il 1992	213	22%	66%	12%	0,2	0,14	0,4
totale	1400						

epoca di costruzione	punteggio modificatore														
	n. di piani >2	stato di conservazione	età di costruz.	Muratura							c.a.				
				Sistema Strutturale	Irregolarità planimetrica	Irregolarità in altezza	Interventi di riparazione	Irregolarità verticale	Piani aggiunti	Aggregati	Livello di progetto antisismico	Irregolarità planimetrica	Irregolarità planimetrica	Travi tozze	Fondazioni
Prima del 1919	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,02	0,08	0,08	0,04	0,04	0,16	0,06	0,04	0,06	0,04
Dal 1919 al 1945	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,02	0,08	0,08	0,04	0,04	0,16	0,06	0,04	0,06	0,04
Dal 1946 al 1961	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,02	0,08	0,08	0,04	0,04	0,16	0,06	0,04	0,06	0,04
Dal 1962 al 1971	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,02	0,08	0,08	0,04	0,04	0,16	0,06	0,04	0,06	0,04
Dal 1972 al 1981	0,05	0	0	0,04	0,04	0,02	0,06	0,08	0,04	0,04	0,16	0,06	0,04	0,06	0,04
Dal 1982 al 1991	0,05	0	0	0	0,04	0,02	0,06	0,08	0,04	0,02	0,16	0,06	0,04	0,06	0,04
Dopo il 1992	0,05	0	0	0	0,04	0,02	0,06	0,08	0,04	0,02	0,16	0,06	0,04	0,06	0,04

epoca di costruzione	numero edifici	numero di edifici per tipologia			indice di vulnerabilità totale		
		muratura	c.a.	altro	muratura	c.a.	altro
Prima del 1919	83	81	0	2	0,93	0	0
Dal 1919 al 1945	24	22	0	2	0,78	0,83	0,57
Dal 1946 al 1961	50	44	3	3	0,73	0,83	0,57
Dal 1962 al 1971	116	87	20	9	0,73	0,83	0,57
Dal 1972 al 1981	218	120	67	31	0,49	0,61	0,45
Dal 1982 al 1991	696	258	348	90	0,45	0,55	0,45
Dopo il 1992	213	47	141	26	0,45	0,55	0,45
totale	1400						

Le tabelle conseguenti con la stima numerica degli edifici danneggiati, rispetto al livello di danno è la seguente :

EVENTO SISMICO 1 (Tempo di ritorno 475 anni)						
TIPOLOGIA	NUMERO	NUMERO DI COLLASSI (D5 - 40%D4)	NUMERO DI EDIFICI INAGIBILI (60%D4 - D3 - 60%D2)	NUMERO MEDIO RESIDENTE PER EDIFICIO (FONTE ISTAT)	MORTI E FERITI GRAVI	SENZATETTO
EDIFICI IN MURATURA	657,72	36,23	181,98	3,37	66,9	653,91
EDIFICI IN C.A.	580,6453596	7,14	146,83	3,37	9,4	505,58
ALTRO	161,6346404	0,20	16,32	3,37	0,2	55,37
TOT	1400	43,57	345,13	TOT	76,5	1214,86

EVENTO SISMICO 2 (Tempo di ritorno 98 anni)						
TIPOLOGIA	NUMERO	NUMERO DI COLLASSI (D5 - 40%D4)	NUMERO DI EDIFICI INAGIBILI (60%D4 - D3 - 60%D2)	NUMERO MEDIO RESIDENTE PER EDIFICIO (FONTE ISTAT)	MORTI E FERITI GRAVI	SENZATETTO
EDIFICI IN MURATURA	657,72	12,55	117,50	3,37	18,6	413,39
EDIFICI IN C.A.	580,6453596	1,48	63,79	3,37	1,6	217,43
ALTRO	161,6346404	0,02	5,65	3,37	0,0	19,10
TOT	1400	14,06	186,94	TOT	20,3	649,91



CITTA' DI SOLOFRA

Piano Urbanistico Comunale



Valutazione di massima dello stato di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio

Il PUC recepisce la valutazione dello stato di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio, con particolare riguardo sia all'edilizia pubblica strategica e rilevante per la gestione dell'emergenza (anche in base agli elenchi A e B del D.G.R.C. del 5 dicembre 2003 n. 3573) sia ai beni architettonici che insistono sul territorio comunale, per la parte in possesso dell'Amministrazione comunale e riguardante in particolare :

Edificio Scolastico "Francesco Guarini"

Edificio Scolastico Via Fratta

Edificio Scolastico - Scuola primaria - Sant'Andrea

Inoltre fa proprio l'elenco delle strutture strategiche come da Piano di Emergenza Comunale, **stabilendo l'ordine di priorità rispetto al programma di Valutazione dello Stato di Vulnerabilità Sismica con riguarda all'edilizia pubblica strategica e rilevante per la gestione dell'emergenza** (sedi comunali, forze armate, CFS,

STRUTTURE STRATEGICHE (SEDI COMUNALI, FORZE ARMATE, UFFICI PROVINCIALI, CFS, ECC.)		
TIPOLOGIA	INDIRIZZO	TELEFONO / FAX
Municipio	Piazza San Michele,5 (Palazzo Orsini)	Tel.: 0825 582411 – Fax: 0825 532494
Polizia Municipale	Piazza San Michele,5 (Palazzo Orsini)	Tel.: 0825 582403
Carabinieri	Via Fratta, 100	Tel.: 0825 581055 – Fax: 0825 532012
Guardia di Finanza	Via S. Giuliano	Tel.: 0825 583586

ISTITUTI SCOLASTICI		
DENOMINAZIONE	INDIRIZZO	TELEFONO / FAX / EMAIL
Ist. Compr. "Francesco Guarini" Scuola Primaria	Via Casa Papa	Tel. / Fax: 0825 581250 Email: avic88400a@istruzione.it Pec: avic88400a@pec.istruzione.it
Ist. Compr. "Francesco Guarini" Scuola media	Via Starza	Tel. / Fax: 0825 581242 Email: avic88400a@istruzione.it Pec: avic88400a@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola dell'Infanzia "Casapapa"	Via Casa Papa	Tel.:0825 582758 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola dell'Infanzia e Primaria "Fratta"	Via Fratta	Tel. / Fax:0825 534258 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola dell'Infanzia "Sant'Agata"	Via Cigliano	Tel.:0825 535277 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola dell'Infanzia "Sant'Andrea Apostolo"	Via Francesco Guarino Frazione Sant' Andrea Apostolo	Tel.:0825 535336 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola dell'Infanzia "Sorbo"	Via Cacciata	Tel.:0825 531292 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola Primaria "Cappuccini"	Via Cacciata	Tel.:0825 531292 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola Primaria "Sant'Andrea Apostolo"	Via Palazzo Frazione Sant' Andrea Apostolo	Tel.:0825 535186 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Direzione Didattica Solofra Scuola Primaria "Sant'Agata"	Via Cortine	Tel.:0825 535179 Email: avee05900q@istruzione.it Pec: avee05900q@pec.istruzione.it
Scuola Secondaria di II grado "Gregorio Ronca"	Via Melito 8/A	Tel.: 0825 1643844 Fax: 0825 1643842 Email: avis01100r@istruzione.it
Liceo Scientifico "V. De Caprariis"	Via Melito	Tel. / Fax: 0825 532450
Scuola Paritaria dell'Infanzia Istituto Suore Compassioniste Serve di Maria	Via Regina Margherita, 64	Tel.: 0825 581060 Fax: 0825 536187 Email: conservatorio.addolorata@virgilio.it
Istituto "Santa Teresa - Suore dell'Addolorata e della Santa Croce"	Via Sorbo, 30	Tel.: 0825 581022



CITTA' DI SOLOFRA

Piano Urbanistico Comunale



LUOGHI DI AGGREGAZIONE DI MASSA (STADI, CINEMA, TEATRI, CENTRI COMMERCIALI, LUOGHI DI CULTO ECC.)		
DENOMINAZIONE	INDIRIZZO	TELEFONO / FAX / EMAIL
Parrocchia di San Michele Arcangelo	Piazza San Michele	Tel.: 0825 534538
Parrocchia dei Santi Giuliano e Andrea	Piazza San Giuliano, 108	Tel.: 0825 534479
Parrocchia di Sant'Agata	Piazza Ugo De Maio	Tel.: 0825 532112
Chiesa di Sant'Antonio (ex Chiesa dell'Ascensione ai Balsami)	Loc. Balsami	
Chiesa della Madonna del Soccorso	Pressi di Via Toppolo	
Chiesa di Santa Teresa	Via Sorbo	
Chiesa di Santa Maria delle Selve / Convento dei Cappuccini	Via Cappuccini	Tel.: 0825 532421 Email: cappuccinisolofra@hotmail.it
Chiesa della Santissima Addolorata	Via Regina Margherita	
Chiesa della Madonna della Neve	Presso Passo di Turci	
Chiesa di San Domenico Soriano	Piazza San Domenico	
Chiesa di San Rocco	Piazza San Rocco	
Chiesa di Santa Maria delle grazie / Convento di Santa Chiara	Piazza San Michele	
Chiesa di Sant'Andrea	Via Francesco Guarini	
Chiesa di Sant'Antonio al Toro	Via Toro	
Chiesa di Santa Maria del Carmine	Piazza della Ferrovia	
Chiesa di Santa Maria della Consolazione alle Celentane	S.P.5	
Chiesa della Madonna della Grazia	Loc. Casate	
Chiesa dei XII Apostoli o di Santa Maria di Costantinopoli	Via XII Apostoli	
Chiesa di Santa Maria dell'Assunta o della Castelluccia	Loc. Castelluccio	
Luogo di Culto	Via Gregorio Ronca	
Luogo di Culto	Via Castello	
Chiesa di Santa Maria della Consolazione	Via Caprai	
Stadio Comunale "Agostino Gallucci"	Via Masserie	Tel.: 0825 582411 – Fax: 0825 532494 PEC: protocollo.solofra@asmepec.it
Palazzetto dello sport	Via S. Lucia	
Centro sociale Via Melito	Via Melito	Tel.: 0825 534241
Centro sociale Sant'Agata	Via G. e A. de Stefano Località Sant'Agata	
Centro sociale Sant'Andrea Apostolo	Via Francesco Guarino	

STRUTTURE DI ACCOGLIENZA (ALBERGHI, B&B, RESIDENCE, VILLAGGI, CAMPEGGI ECC.)		
DENOMINAZIONE	INDIRIZZO	TELEFONO / FAX / EMAIL
Albergo "Solofra Palace Resort"	Via Melito, 6	Tel.: 0825 531466 Fax: 0825 531968 Email: info@solofrapalacehotel.com
Agriturismo Terranova	Località Cerzeta, Sant'Agata Irpina	Tel.: 0825 534235 / 346 8711020 Email: info@agriterranova.it

Si allega stralcio della Carta delle Infrastrutture e Strutture d'interesse come elaborato nel P.E.C., oltre che la verifica di vulnerabilità sismica dell' Edificio Scolastico "Francesco Guarini", Edificio Scolastico Via Fratta ed Edificio Scolastico - Scuola primaria - Sant'Andrea .



Le aree instabili o di potenziale instabilità nello studio di microzonazione sismica.

In aderenza all'art. 49 delle norme del Ptcp sono state specificate, per le zone interessate da trasformazioni urbanistiche (aree per nuovi insediamenti, aree in cui è previsto un recupero degli insediamenti esistenti) e lungo le fasce di territorio interessate da reti infrastrutturali (per la mobilità, acquedottistiche, fognarie, energetiche e relativi impianti tecnologici):

- l'eventuale suscettibilità dei terreni a liquefazione e/o densificazione;
- l'instabilità delle zone in frana o in dissesto, tenendo conto delle sollecitazioni sismiche

In particolare, nello Studio Geologico sono riportate anche :

- ZONA "4": Aree instabili con depositi di terreni potenzialmente suscettibili a liquefazione o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile come A-B-C-D-E (cat. Suolo S2) dove è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione della suscettibilità alla liquefacibilità e delle azioni sismiche.
- ZONA "5" : Aree instabili o di potenziale instabilità, ossia aree interessate da dissesti avvenuti e/o potenziali a diverso cinematismo, compreso aree con fenomeni di creep e soliflusso superficiale, dove è necessario predisporre studi di dettaglio per la definizione dell'effettivo rischio idrogeologico e delle azioni sismiche anche nel rispetto di quanto richiesto nel PSAI.

In riscontro si integra il PUC con l'inserimento di una cartografia in cui vengono evidenziate la zona 4 e la zona 5 (terreni soggetti liquefazione e terreni soggetti a frana potenzialmente instabili) dello studio geologico ed i relativi ambiti sottostanti , il sistema della mobilità, ed il sistema infrastrutturale (acquedotti, fognature, ecc.) previsti nel PUC.

Si rimanda pertanto ai seguenti elaborati :

- | | |
|--------------------|---|
| <i>PS 4_4.5 -1</i> | <i>Carta delle pericolosità geologiche e fattibilità azioni di piano. Sovrapposizione con microzonazione in prospettiva sismica ai fini del parere art. 15 L.R.9/1983</i> |
| <i>PS 4_4.5 -2</i> | <i>Ambiti ed infrastrutture lineari interessate da zone Instabili e potenzialmente instabili</i> |
| <i>QP 3.2 .2</i> | <i>Ambiti di pianificazione operativa. Compatibilità con microzonazione sismica</i> |

Studio geologico –Tecnico . Tavola 6.1-6.2 : carta Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Allegati:

- **Stralcio da . Carta delle Strutture ed Infrastrutture di interesse (da P.E.C.2016)**
- **Stralcio da : Identificazione dei Rischi . Vulnerabilità sismica (da P.E.C. 2016)**
- **Valutazione di Vulnerabilità sismica**
 - Edificio Scolastico "Francesco Guarini"
 - Edificio Scolastico Via Fratta
 - Edificio Scolastico - Scuola primaria - Sant'Andrea

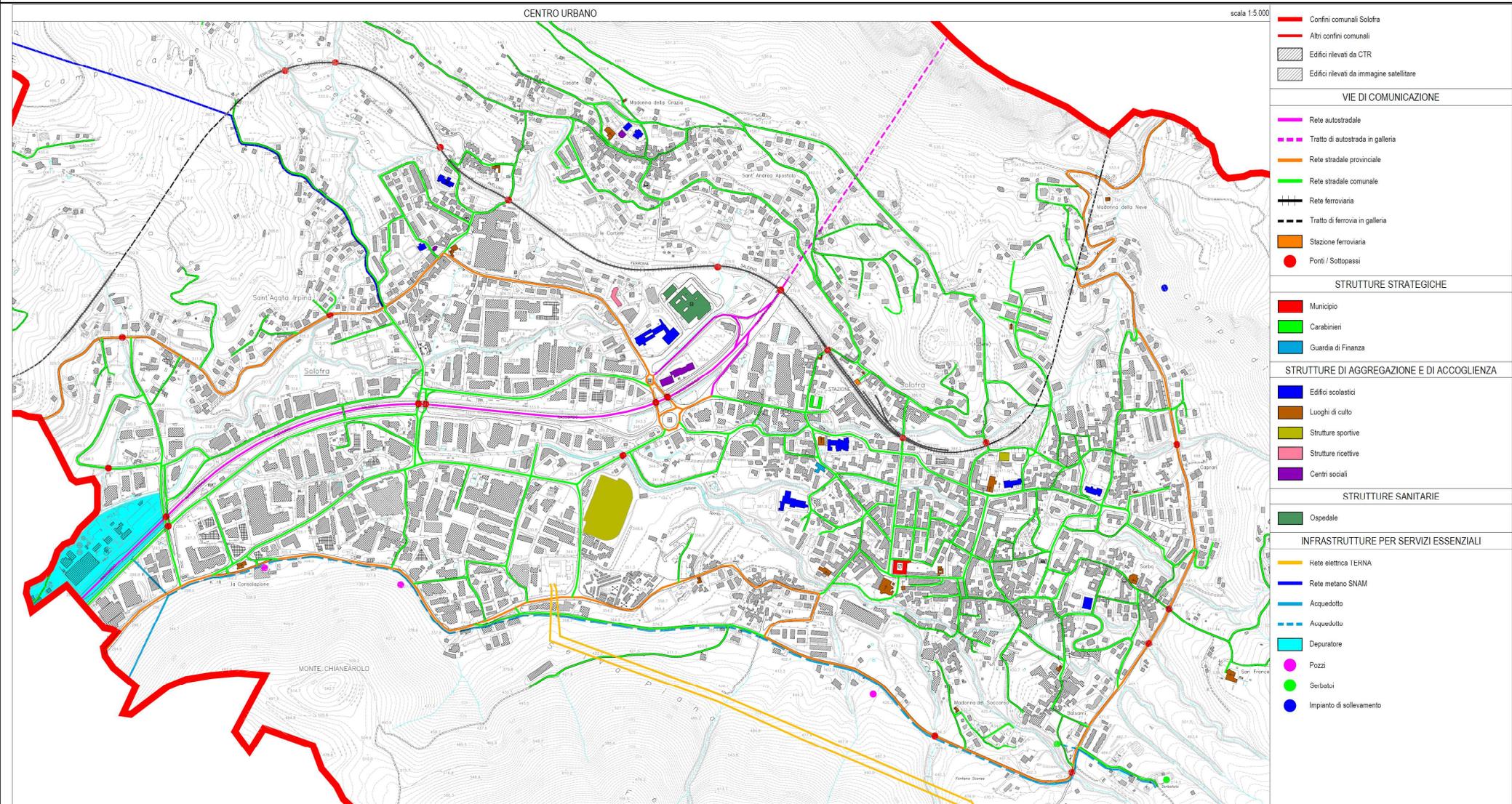


CITTA' DI SOLOFRA

Piano Urbanistico Comunale



Carta delle Strutture ed Infrastrutture di interesse (da P.E.C.2016)



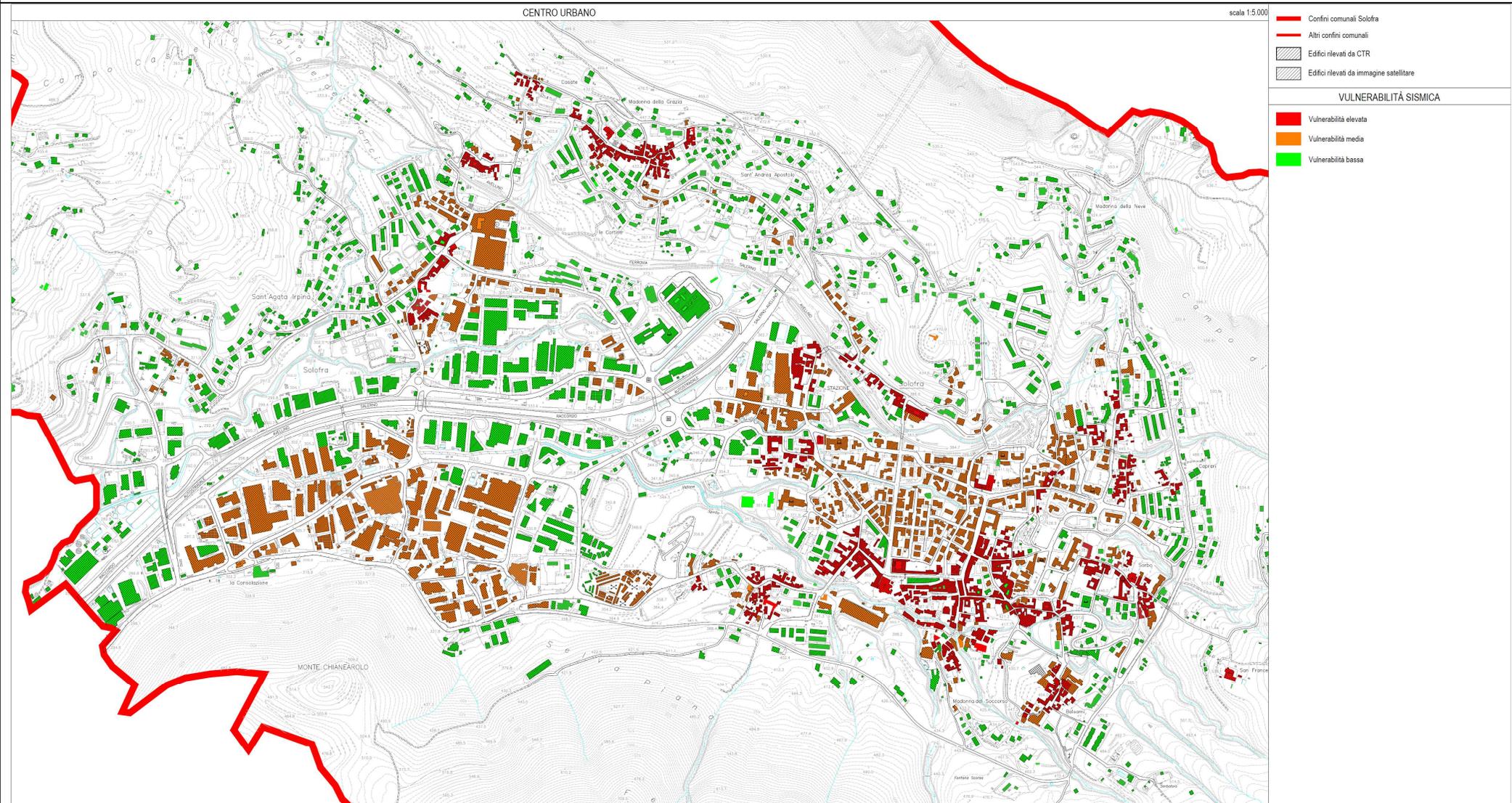


CITTA' DI SOLOFRA

Piano Urbanistico Comunale



Identificazione dei Rischi . Vulnerabilità sismica (da P.E.C. 2016)



CITTA' DI SOLOFRA

Provincia di Avellino

SCUOLA MEDIA "FRANCESCO GUARINI" STUDIO DELLA VULNERABILITA' SISMICA

RELAZIONE TECNICA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI DI CALCOLO

via Tagliamento, 25 – 00198 Roma



ing.gdestefano@gmail.com

Premessa

La verifica sismica delle opere suscettibili di conseguenze rilevanti in caso di collasso è prevista dal comma 3 dell'articolo 2 dell'Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, che impone ai proprietari l'obbligo di sottoporre questi edifici "sensibili" allo studio della vulnerabilità sismica.

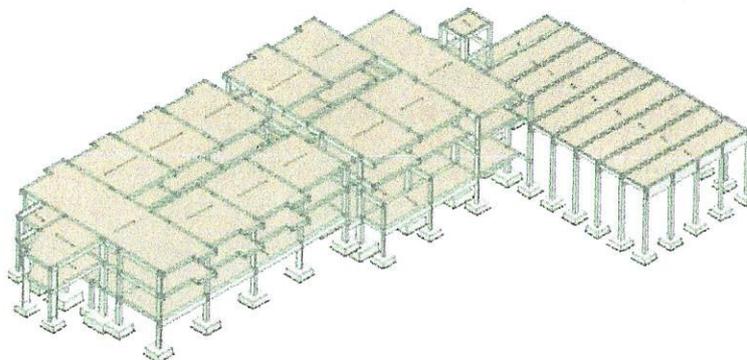
L'Amministrazione del Comune di Solofra ha quindi commissionato la verifica sismica dell'edificio della Scuola Media "Francesco Guarini" di via Starza, con uno specifico incarico al sottoscritto.

Questa relazione tecnica sintetizza i risultati della verifica sismica, condotta secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni (DM 14 gennaio 2008). Il calcolo ha consentito la quantificazione dell'entità dell'azione sismica sostenibile dalla struttura ed il rischio sismico a cui questa è sottoposta.

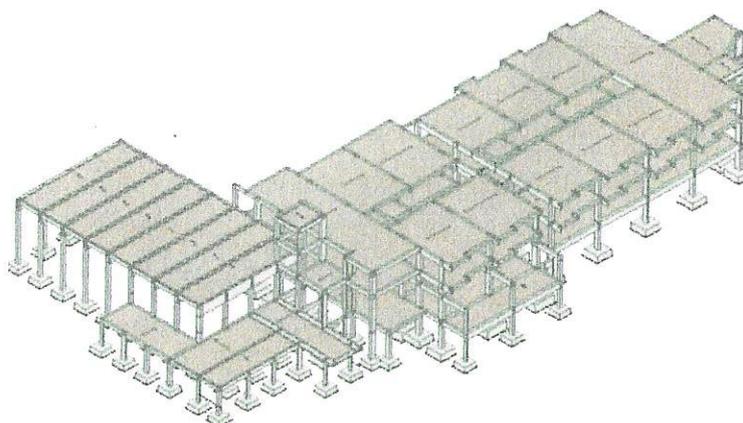
A valle dell'output di calcolo è stata condotta una analisi critica dei risultati, con lo studio dei meccanismi di collasso, necessari a capire le criticità della struttura ed utili quindi a fornire all'Amministrazione alcuni possibili indirizzi di intervento.

Caratteristiche strutturali dell'edificio

La scuola media "Francesco Guarini" occupa gli ambienti di un edificio con struttura portante a telai in Cemento Armato gettato in opera, solai in laterizio e travetti precompressi orditi ortogonalmente ad un sistema di travi emergenti e pilastri.



Fa parte della struttura un corpo di fabbrica adibito a palestra e realizzato con pilastri in CA gettato in opera sui quali sono poggiate travi prefabbricate in cemento armato precompresso del tipo API 90 prodotte dalla RDB. Data l'indisponibilità dei dati di fabbrica delle travi precomprese, queste sono state escluse dal calcolo.



Anche se all'epoca della costruzione i calcoli statici non tenevano in considerazione le azioni del terremoto, l'edificio è stato comunque realizzato utilizzando qualche accorgimento antisismico.

E' il caso, ad esempio, del giunto trasversale che interrompe la continuità della struttura e del montaggio di travetti di collegamento tra i pilastri, ortogonali alle travi.

Il fabbricato è stato realizzato seguendo un progetto strutturale depositato ai sensi della legge 1086/71 presso gli uffici del Genio Civile di Avellino il 3 novembre 1976 con numero 788 di protocollo.

In adempimento a quanto previsto al par. 8.5.1 delle NTC (DM 14/01/2008) è stata eseguita una analisi storico-critica del fabbricato, che ha permesso di ricostruire gli eventi e le trasformazioni che ha subito l'edificio nel corso degli anni.

In particolare, con apposito accesso agli atti è stato recuperato il progetto originale depositato al Genio Civile, attraverso il quale è stato possibile modellare la struttura con una adeguata rispondenza allo stato reale.

Nel corso degli anni l'edificio è stato interessato da tutti gli eventi sismici che hanno interessato la zona, compreso il disastroso terremoto del 23 novembre 1980, al quale il fabbricato ha risposto riportando danni degni di nota ai soli elementi non strutturali.

A parte piccoli interventi locali su singole parti, la struttura non ha finora subito modifiche sostanziali e neanche però è stata oggetto delle manutenzioni necessarie a prolungarne la vita tecnica.

Per contro, nel corso degli anni l'edificio è stato oggetto di una serie di opere sia edili che impiantistiche, che in alcuni casi sono state realizzate senza tenere conto delle ricadute sulle strutture dell'edificio.

Ad esempio è stata realizzata una struttura di copertura in acciaio a doppia falda, direttamente appoggiata sul lastrico solare, che come dimostrato dai risultati dei calcoli ha provocato un certo peggioramento della risposta sismica dell'edificio, senza tuttavia pregiudicarne l'utilizzo.

Indagini sui materiali e sugli elementi strutturali

Sono state eseguite una serie di indagini strumentali e di prove distruttive con prelievo di campioni in situ, necessarie ad ottenere informazioni adeguate sui materiali.

Il comportamento diretto della struttura è stato inoltre indagato con alcune prove di carico, alcune realizzate sulle stesse strutture che a suo tempo erano state sollecitate in occasione del Collaudo Statico.

L'analisi delle prove e delle indagini ha potuto evidenziare che i materiali non hanno subito grosse modifiche nel corso degli anni, conservando sostanzialmente le caratteristiche iniziali.

Anche la prova di carico ha avuto esito positivo, evidenziando un comportamento della struttura in linea con la sua destinazione d'uso. Si è inoltre potuta verificare la sostanziale congruenza della risposta strutturale con quella rilevata all'atto del Collaudo e ricavata dall'analisi dei Verbali di visita agli atti.

In rispondenza a quanto riportato nella tabella C8A.1.3a della Circolare del Consiglio Superiore Lavori Pubblici n. 617 del 2/2/2009 le prove e le indagini eseguite sono sufficienti a configurare un Fattore di Confidenza corrispondente al Livello di Conoscenza LC2.

Si fa notare come questa scelta sia cautelativa, in quanto la disponibilità di una così ampia documentazione offre una conoscenza della struttura molto approfondita.

Modello di calcolo

I progetti originali e le informazioni sui materiali hanno permesso di modellare ed indagare il comportamento della struttura con l'utilizzo di uno specifico software strutturale con solutore ad elementi finiti. Lo studio della risposta sismica è stato quindi condotto con una analisi dinamica orizzontale con coefficiente di struttura.

Dall'analisi è stata esclusa la copertura della palestra, in quanto non si è in possesso dei dati di fabbrica né di elementi che consentano di caratterizzarla. L'azione della copertura è stata comunque considerata come agente sugli altri elementi strutturali.

Classe di uso della struttura

Dalla analisi del Piano di Emergenza Comunale, approvato con Delibera n. 61 del 20/07/2016, risulta che la Scuola Media F. Guarini, identificata con la sigla SR8, è stata individuata quale "Area di accoglienza o di ricovero" (Tav. 3.1 – Carta del modello di intervento).

Pertanto, come si legge al par. 3.2.1 della Relazione del Piano di Emergenza Comunale, nel caso di evento calamitoso "che pregiudichi la permanenza delle persone nella propria abitazione, è possibile la permanenza temporanea degli sfollati in queste idonee strutture esistenti".

La struttura quindi ricade nell'elenco A "Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico, la cui funzionalità durante gli interventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile" (Delibera n. 3573 della Giunta Regionale Campania "Applicazione dell'OPCM n. 3274 del 20/3/2003)

Facendo quindi riferimento al par. 2.4.2 delle NTC, alla struttura bisognerebbe attribuire la Classe d'uso IV : "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità" e che pertanto "deve mantenere la sua piena funzionalità anche dopo un terremoto violento" (par. C7.10.6.2.1 Circolare 2/2/2009 n. 617).

Si sottolinea che questa classe d'uso comporta l'attribuzione di un periodo di riferimento e quindi di azioni sismiche più elevate, oltre che requisiti nei confronti degli stati limite più stringenti e che devono essere rispettati anche per gli elementi non strutturali e per gli impianti.

Il calcolo è stato condotto considerando una Classe di uso III ed è stata eseguita una verifica con i risultati ottenuti attribuendo una Classe di uso IV, che ha dato risultati peggiorativi.

Allo stato attuale si ritiene pertanto la struttura inadeguata per essere adibita come "infrastruttura di interesse strategico" e si consiglia quindi rivederne l'uso riportato nel Piano di Emergenza Comunale.

Principali output di calcolo ed interpretazione dei risultati

Rimandando gli approfondimenti agli elaborati di calcolo, si riportano di seguito i principali risultati, la cui analisi consente di capire le criticità della struttura ed è quindi utile a fornire all'Amministrazione alcuni possibili indirizzi di intervento.

La vulnerabilità di un edificio misura la predisposizione dell'opera a subire danni a seguito di un sisma e per riassumere gli esiti della valutazione di vulnerabilità si usano una serie di valori numerici.

Il dato che interessa l'Amministrazione è l'azione sismica che l'edificio riesce a sostenere senza subire danni.

Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile					
SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _c [a _g /g]	T _{RC} [anni]	
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.1393	121	
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.0930	50	
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.9477	>2475	
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.0228	10	
SLV	Taglio	CA	0.0700	31	
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.0161	7	

Un indicatore di questa capacità sostenibile dall'edificio è costituito dal Tempo di Ritorno.

I risultati dei calcoli forniscono un valore minimo di Trit pari a 7 anni.

Il periodo di ritorno è valutato per diversi meccanismi di rottura e per i singoli elementi strutturali che compongono l'edificio. Il valore di riferimento riportato è il minore e quindi indica il primo elemento strutturale che va in crisi con quel dato periodo di ritorno.

ACCELERAZIONE DI COLLASSO PER ROTTURA DEI NODI con Trit = 7 anni



Il primo nodo che va in collasso con Tempo di Ritorno di 7 anni si trova sulla copertura.

ACCELERAZIONE DI COLLASSO PER FLESSIONE E PRESSOFLESSIONE con Trit = 10 anni



Il primo elemento strutturale va in crisi per flessione e pressoflessione con un Tempo di Ritorno di 10 anni.

Dal confronto dei risultati è evidente che la crisi della struttura è governata dalla rottura dei nodi e quindi per avere una idea degli elementi strutturali più deboli nei confronti di questo meccanismo, si può verificare cosa accadrebbe con un Tempo di Ritorno maggiore.

ROTTURA DEI NODI PER Trit > 7 anni



Come si vede dai risultati del calcolo, gli elementi più vulnerabili nei confronti di questo meccanismo sono alcuni nodi della copertura ed alcuni pilastri del piano seminterrato che non proseguono sugli altri livelli.

La verifica del collasso con un Tempo di Ritorno maggiore consente di avere una indicazione degli interventi più urgenti, che essendo localizzati al piano seminterrato ed al piano copertura possono essere eseguiti anche nel corso del normale uso della struttura.

Per una corretta interpretazione dei risultati bisogna evidenziare che il modello di calcolo adottato è molto cautelativo, in quanto nell'input non si è tenuto conto di alcuni particolari esecutivi, migliorativi nei confronti dei meccanismi di collasso.

E' il caso ad esempio della presenza di un collegamento trasversale tra i pilastri, costituito da tre travetti affiancati, che fornisce un certo confinamento al nodo e del quale non si è tenuto conto nel calcolo.

L'aspetto della mutua interazione tra pilastro e trave è evidente anche dall'analisi della gerarchia delle resistenze, che non è verificata per un certo numero di nodi, tipico di questo tipo di struttura, caratterizzato da travi emergenti di sezione maggiore dei pilastri.

GERARCHIA DELLE RESISTENZE



Conclusioni

La nota del Dipartimento della Protezione Civile n. 83283 del 4/11/2010, che fornisce alcune linee guida a cui possono far riferimento le Amministrazioni, una volta recepiti i risultati dei calcoli, riporta che "il proprietario dovrà attivarsi in funzione degli esiti della verifica interagendo con il tecnico che l'ha redatta e qualora emergesse la necessità di un intervento esso dovrebbe essere attivato in un tempo compatibile con le condizioni di rischio riscontrate".

I risultati della verifica sismica condotta sono essenzialmente sintetizzabili in questi elementi :

- A. Dall'analisi dei risultati dei calcoli è evidente che gli elementi strutturali che vanno in collasso con un tempo di ritorno anche maggiore di 5 anni sono molto limitati di numero ed inoltre non sono concentrati. In aggiunta, tra i diversi meccanismi di collasso c'è una sensibile differenza, in particolare in termini di tempi di ritorno.
- B. La buona qualità dei materiali che risultano dalle indagini e le prove di carico realizzate consentono di dare un giudizio reale sulla struttura migliore di quello che si evince dalle verifiche teoriche numeriche.
- C. Va tenuto in conto che i parametri di calcolo ed il modello strutturale sono molto cautelativi, in quanto nell'imputazione della struttura non sono stati considerati alcuni elementi in grado di dare un contributo positivo alla risposta della struttura.

Alla luce di quanto esposto, pertanto, è possibile dare un giudizio complessivo sulla struttura, evidenziando che sia i risultati del calcolo che le indagini eseguite non inquadrano una situazione di immediato pericolo.

E' evidente in ogni caso la necessità di realizzare una serie di interventi, volti a migliorare il comportamento della struttura nei confronti dell'azione sismica.

Il termine temporale entro cui realizzare gli interventi dipende dalle condizioni di rischio riscontrate, che nel caso in esame configurano un tempo di intervento non superiore a due anni.

In ottemperanza a quanto indicato nelle linee guida della Protezione Civile n. 83283 del 4/11/2010, in questo lasso di tempo gli interventi possono essere programmati dando priorità a quelli utili a risolvere le vulnerabilità più importanti, eseguendo successivamente gli interventi più corposi, atti a migliorare complessivamente la costruzione.

Solofra, 21 luglio 2017



Comune di Solofra
Provincia di Avellino

**SCHEDA DI VULNERABILITÀ
SISMICA**

OGGETTO: Studio della vulnerabilità sismica della scuola media "Francesco Guarini" via Starza, Solofra

COMMITTENTE: Comune di Solofra

Solofra, 21/07/2017

Il Progettista
DOTT. ING.
GIORDANO DE STEFANO
ING. GIORDANO DE STEFANO
(ing. Giordano De Stefano)
ORDINE DEI GEOMETRI DELLA PROVINCIA DI AVELLINO
COL. N. 1055

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N [anni]	V _R [anni]	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	50	75	ca	40.830278	14.849167	C	T1	1.00

LEGENDA: Edificio

V _N	Vita nominale dell'edificio
V _R	Periodo di riferimento per l'azione sismica.
Materiale Principale	[CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
Latitudine	Latitudine geografica del sito.
Longitudine	Longitudine geografica del sito.
Categoria Sottosuolo	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
Categoria Topografica	[T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$ - [T2] = Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ = i = 30^\circ$ - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.
S _T	Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	a _g /g	F ₀	T* _c [s]	C _c	T _B [s]	Parametri di pericolosità sismica			
						T _c [s]	T _D [s]	S _s	
SLO	0.0592	2.363	0.308	1.55	0.159	0.478	1.837	1.50	
SLD	0.0755	2.377	0.332	1.51	0.167	0.502	1.902	1.50	
SLV	0.1895	2.440	0.409	1.41	0.192	0.576	2.358	1.42	
SLC	0.2393	2.488	0.423	1.39	0.197	0.590	2.557	1.34	

LEGENDA: Pericolosità sismica

Stato Limite	[SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
a _g	Accelerazione di picco al suolo.
F ₀	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
T* _c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
C _c	Coefficienti di amplificazione di T* _c .
T _B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T _c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T _D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
S _s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Sistema resistente Distribuzione Tamponature in Pianta
Cemento Armato Esistente			Regolare

LEGENDA: Sistema resistente

Tipologia Struttura	Cemento armato: Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso; Muratura: Un solo piano - Più di un piano; Acciaio: Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature
---------------------	---

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

	REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA	Regolarità della struttura
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze.		SI
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4.		NO
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione.		SI
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti. Per edifici in muratura: i solai sono ben collegati alle pareti e dotati di una sufficiente rigidezza e resistenza nel loro piano.		SI
	REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione.		NO
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in a. a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione		SI

sismica alla base.

Nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti. **(Non significativo per strutture in muratura)**

SI

Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

NO

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza

LC2

Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Fattore di confidenza

1.20

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Materiale	γ_k [N/m ³]	$\alpha_{T,i}$ [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Erid} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ_c	Caratteristiche calcestruzzo armato				N	n Ac
											f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{ctm} [N/mm ²]	f _{ctm} [N/mm ²]		
Cls C25/30_B450C - (C25/30)																
001	25,000	0.000010	31,447	13,103	60	F	30.00	-	0.85	1.50	11.76	0.99	2.56	15	002	
Cls C20/25_B450C - (C25/30)																
001	25,000	0.000010	30,200	12,583	60	F	25.00	-	0.85	1.50	9.80	0.88	2.27	15	002	

LEGENDA:

- Materiale Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
- γ_k Peso specifico.
- $\alpha_{T,i}$ Coefficiente di dilatazione termica.
- E Modulo elastico normale.
- G Modulo elastico tangenziale.
- C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E_{sisma} = E·C_{Erid}].
- Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
- R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.
- R_{cm} Resistenza media cubica.
- %R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}.
- γ_c Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
- f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.
- f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.
- f_{ctm} Resistenza media a trazione per flessione.
- n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

Materiale	γ_k [N/m ³]	$\alpha_{T,i}$ [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	f _{yk,1} / f _{yk,2} [N/mm ²]	f _{tk,1} / f _{tk,2} [N/mm ²]	f _{yd,1} / f _{yd,2} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	NCn t	γ_{M7} Cnt
002	78,500	0.000010	210,000	80,769	F	450.00	-	326.09	-	1.15	-	-	-	-	-	

LEGENDA:

- Materiale Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
- γ_k Peso specifico.
- $\alpha_{T,i}$ Coefficiente di dilatazione termica.
- E Modulo elastico normale.
- G Modulo elastico tangenziale.
- Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
- f_{yk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
- f_{tk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
- f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
- γ_s Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
- γ_{M1} Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
- γ_{M3} Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.

Nota	γ_k	$\alpha_{T,i}$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	$f_{tk,1}/f_{tk,2}$	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7} NCn t	Cnt
	[N/mm ²]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
γ _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).															
γ _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).															
γ _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCn = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.															
f _{yk,1}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).															
f _{yk,2}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).															
f _{td,1}	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).															
f _{td,2}	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).															
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.															

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Materiale	SL	Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali	
		Tensione di verifica	σ _{d,amm} [N/mm ²]
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	12.45
		Compressione Calcestruzzo	9.34
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	300.00
		Compressione Calcestruzzo	10.38
Cls C20/25_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	7.78

LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
σ_{d,amm} Tensione ammissibile per la verifica.

7 - METODO DI ANALISI

Analisi	Metodo di analisi	
	Fattore di struttura q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale con fattore di struttura q	3.000	3.000

LEGENDA: Metodo di analisi

Analisi Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.
Fattore di struttura q [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - PERIODI FONDAMENTALI E MASSE PARTECIPANTI

Direzione	Periodo	Modo di vibrare	Periodi fondamentali e masse partecipanti	
			Masse partecipanti	Coefficiente di partecipazione
e	[s]		[%]	
X	0.327	2	12.59	751.97
Y	0.389	1	12.94	766.22

LEGENDA: Periodi fondamentali e masse partecipanti

Periodo Periodo di vibrazione nella direzione considerata.
Masse partecipanti Percentuale di masse partecipanti relative al modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
Coefficiente di partecipazione Coefficiente di partecipazione massimo, in valore assoluto, nella direzione considerata.

9 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile	
			PGA _C [a ₀ /g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.1393	121
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.0930	50
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.9477	> 2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.0228	10
SLV	Taglio	CA	0.0700	31
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.0161	7

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.

Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.

Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.

PGA_C Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se $PGA_C=0$ -> l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazioni sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} Q_{k,i})]$. Se $PGA_C=NS$ -> Non significativo per valori di $PGA_C \geq 1000$.

T_{RC} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno $[= T_{RD} \cdot (PGA_C/PGA_D)^{\eta}]$ con $\eta = 1/0,41$.

N.B. Come PGA_C per "Rottura nel Piano del Maschio" viene riportata la minima tra i meccanismi di "Pressoflessione Nel Piano" e "Taglio Nel Piano" del maschio.

10 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite	PGA _D [a ₀ /g]	Domanda - Entità dell'azione sismica attesa	
		T _{RD} [anni]	
SLO	0.0889		45
SLD	0.1133		75
SLV	0.2695		712
SLC	0.3213		1462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite prevenzione collasso.

PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$).

T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno.

11 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	α _{PGA}	Indicatori di rischio sismico	
		α _{TR}	
SLO	1.046		1.044
SLD	1.230		1.217
SLV	0.060		0.150

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.

α_{PGA} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_C/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. [0] -> la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla.

α_{TR} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0,41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

Solofra, 21/07/2017


 DOTT. ING.
 progettista strutturale
 GIORDANO DE STEFANO
 INGENGERI DELLA PROV. DI...
 COL. N. 1555...
 ORDINE...

**Comune di Solofra
Provincia di Avellino**

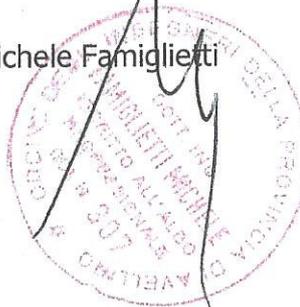
**RELAZIONE TECNICA
VERIFICA DI SICUREZZA E
VULNERABILITA' SISMICA**

OGGETTO: Verifica di sicurezza e vulnerabilità sismica
Scuola Fratta : Corpo Aule - Corpo mensa e casa custode - Palestra

COMMITTENTE: Comune di Solofra
Mercogliano (AV), 18/07/2017

Il verificatore

ing. Michele Famiglietti



1 - PREMESSA E DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La Costructura Consulting soc. coop. - con tecnico responsabile individuato nella persona dell'ing. Michele Famiglietti, socio della predetta Società, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Avellino con il numero 307 - è stata incaricata con determinazione del responsabile del settore tecnico e tecnico manutentivo n. 279 del 24.11.2016 della redazione delle verifiche di vulnerabilità sismica e della valutazione della sicurezza dell'edificio scolastico di via Fratta nel Capoluogo.

A seguito di ispezione al manufatto, dell'esame delle documentazioni in possesso del Comune e delle risultanze delle prove in sito sui materiali esistenti condotte dal laboratorio GIEPI Srl di Foggia nel maggio 2017 sull'edificio di che trattasi, è stata redatta, ai sensi dell'art. 8.3 delle NTC 2008 vigenti, la valutazione della sicurezza, dal punto di vista strutturale, dell'edificio destinato a scuola materna ed elementare in località Fratta del Capoluogo, di cui nei paragrafi seguenti si relaziona.

L'edificio, di proprietà comunale, adibito a scuola materna, è stato completato nell'anno 1980, per il corpo aule ed il corpo mensa e casa custode; nell'anno 1990 per il corpo palestra.

E' ubicato alla via Fratta, nella parte bassa del paese ed è evidenziato nella seguente foto aerea:



Si riporta anche una vista esterna del manufatto:



L'edificio, nel suo insieme, è composto da tre corpi di fabbrica giuntati ed adiacenti:

- il corpo aule ed uffici

Si sviluppa su un piano terra, con sottostante livello seminterrato inutilizzato e costituente vuoto tecnico per le fondazioni, del tipo a plinti su pali, con travi di collegamento e pareti perimetrali in c.c.a., ed un secondo livello, composto da tre corpi di fabbrica distinti che si dipartono dal primo livello. La copertura è a falde inclinate sui tre corpi elevati al secondo piano ed a terrazzo piano sulla parte che rimane elevata al primo livello.

Le dimensioni in pianta sono di circa m. 41.00 per m. 40.85, con forma poligonale racchiusa nel perimetro del quadrato ai lati delle dimensioni prima dette.

- il corpo mensa e casa custode

Il corpo mensa è costituito da un solo livello, di altezza interna di circa m. 4.20. all'intradosso delle travi trasversali di copertura; dimensioni in pianta di m. 22.45 per m. 13.20; corridoio di smistamento laterale, sul lato lungo, di larghezza di circa m.2.70, ad un solo livello con altezza interna di circa m. 2.80

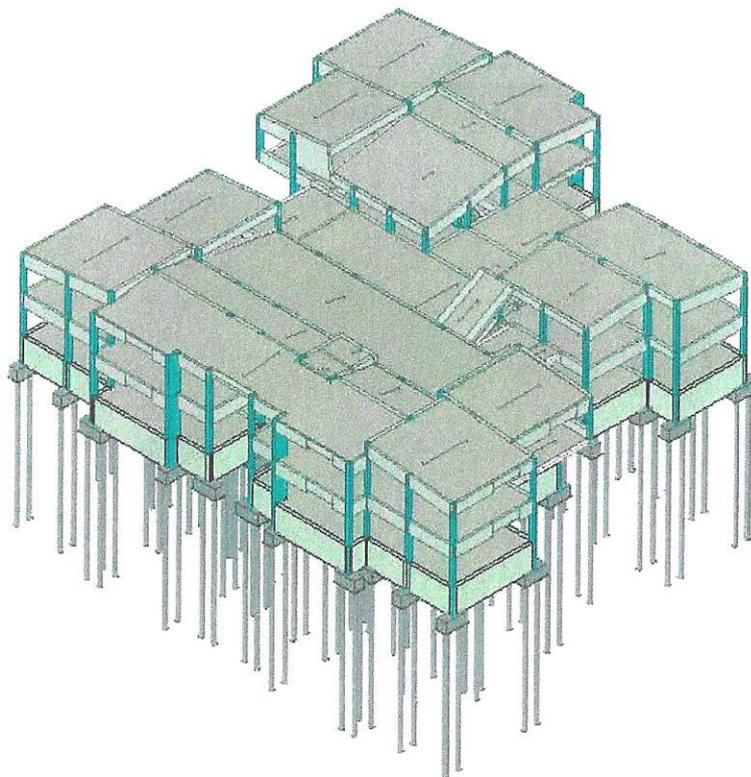
- il corpo palestra

Realizzato in un secondo tempo, anni '90, di dimensioni in pianta di m. 12.00 per m. 15.00 circa, ad un solo livello, con altezza interna di circa m.5.30 e copertura a due falde.

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

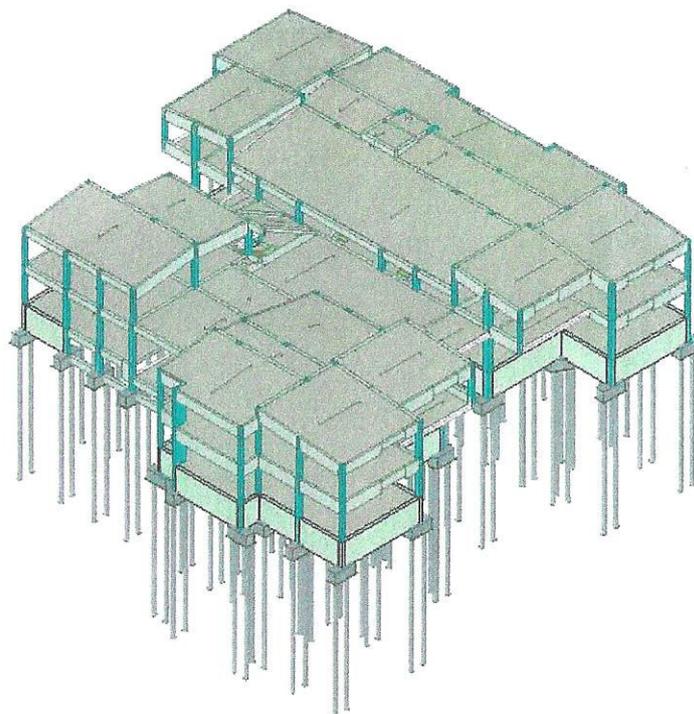
Vista Anteriore corpo aule

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (1;1;-1)



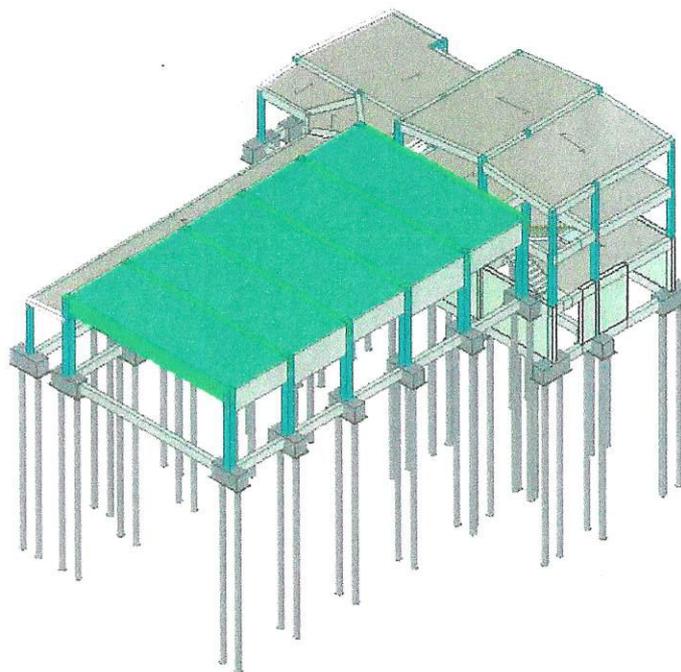
Vista Posteriore corpo aule

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore $(-1;-1;-1)$



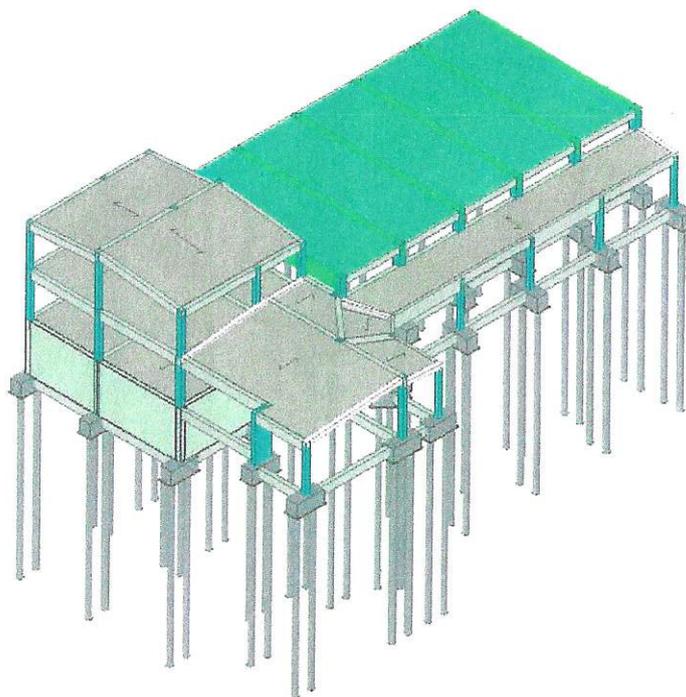
Vista Anteriore corpo mensa

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore $(1;1;-1)$



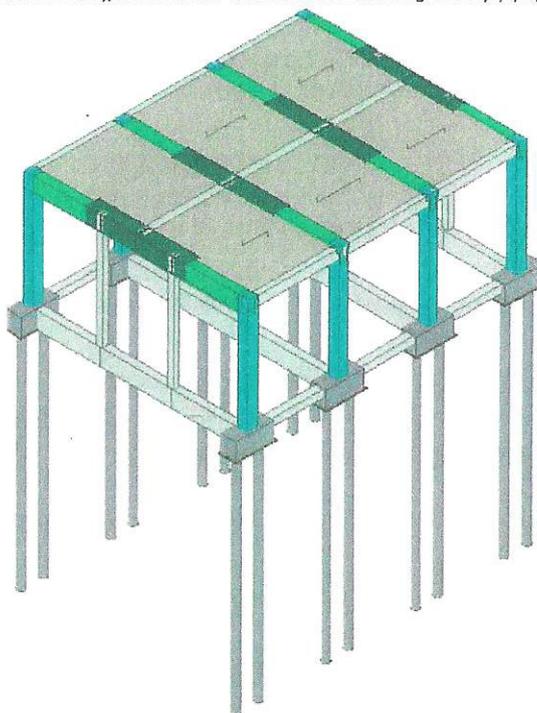
Vista Posteriore corpo mensa

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale $0, X, Y, Z$, ha versore $(-1;-1;-1)$



Vista Anteriore corpo mensa

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale $0, X, Y, Z$, ha versore $(1;1;-1)$



Vista Posteriore corpo palestra

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale O, X, Y, Z , ha vettore $(-1; -1; -1)$



2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

"Norme tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 - Suppl. Ord.)

"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

3 - MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Per la verifica strutturale dell'opera in oggetto si sono considerati i seguenti materiali; in particolare si è definita la classe di resistenza del calcestruzzo esistente, denominato "calcestruzzo Fratta" con le caratteristiche derivanti dalle prove in sito eseguite e di cui si dirà in seguito:

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

M _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,1} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Er,d} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ _c	Caratteristiche calcestruzzo armato				N	n Ac
											f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{ctm} [N/mm ²]			
Calcestruzzo Fratta - (C Fratta)																
001	25.000	0,000010	30.200	12.583	60	F	23,45	-	0,85	1,50	11,03	1,01	2,60	15	002	
Cls C20/25_B450C - (C20/25)																
001	25.000	0,000010	30.200	12.583	60	F	25,00	-	0,85	1,50	11,76	1,06	2,72	15	002	

LEGENDA:

M _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T,1}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C _{Er,d}	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E _{isma} = E · C _{Er,d}].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R _{ck}	Resistenza caratteristica cubica.
R _{cm}	Resistenza media cubica.
%R _{ck}	Percentuale di riduzione della R _{ck}
γ _c	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f _{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.
f _{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
f _{ctm}	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

M _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,1} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	Caratteristiche acciaio								NCnt	γ _{M7} Cnt
						f _{yk,1} / f _{yk,2} [N/mm ²]	f _{tk,1} / f _{tk,2} [N/mm ²]	f _{yd,1} / f _{yd,2} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}		
Acciaio B450C - (B450C)															
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	F	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-

LEGENDA:

M _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T,1}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
f _{yk,1}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{yk,2}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f _{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ _s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ _{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ _{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
f _{yk,1}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{yk,2}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f _{yd,1}	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{yd,2}	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Materiale	SL	Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali	
		Tensione di verifica	σ _{d,amm} [N/mm ²]
Calcestruzzo Fratta	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	11,68
		Compressione Calcestruzzo	8,76
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00
Cls C20/25_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	12,45
		Compressione Calcestruzzo	9,34

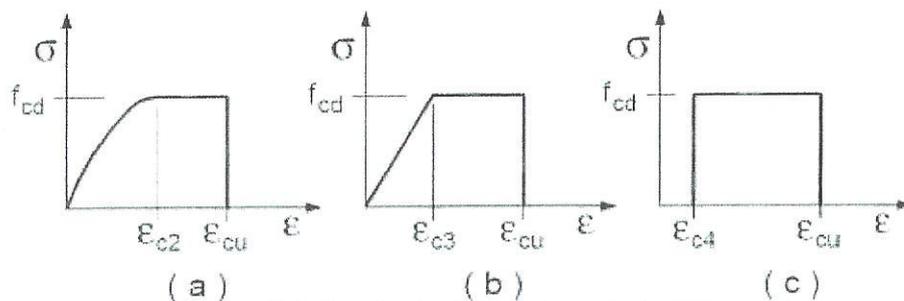
LEGENDA:

SL	Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
σ _{d,amm}	Tensione ammissibile per la verifica.

I valori dei parametri caratteristici dei suddetti materiali sono riportati anche nei "Tabulati di calcolo", nella relativa sezione.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al par. 4.1.2.1.2.2 del D.M. 14/01/2008; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

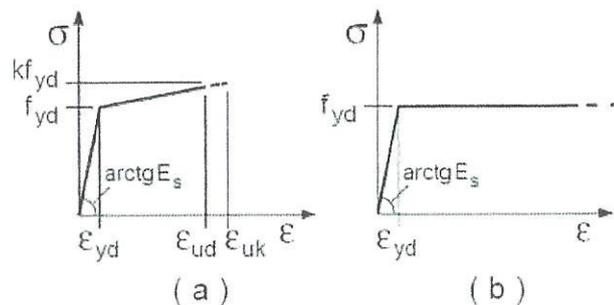
I valori di deformazione assunti sono:

$$\varepsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al par. 4.1.2.1.2.3 del D.M. 14/01/2008; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).

La resistenza di calcolo è data da f_{yk}/γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1,15.



Per il calcolo della capacità di **elementi/meccanismi duttili** o **fragili** si impiegano le proprietà dei materiali esistenti (resistenze medie ottenute dalle prove in situ e da informazioni aggiuntive) divise per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

Per il calcolo della capacità di resistenza degli **elementi fragili primari**, le resistenze dei materiali (resistenze medie ottenute dalle prove in situ e da informazioni aggiuntive) si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

4 - LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base delle informazioni acquisite:

- sulla GEOMETRIA (par. C8.A.1.A.1 - Circolare 02-02-2009 n. 617);
- sui DETTAGLI COSTRUTTIVI (par. C8.A.1.A.2 - Circolare 02-02-2009 n. 617);
- sulle PROPRIETA' DEI MATERIALI (par. C8.A.1.A.3 - Circolare 02-02-2009 n. 617);
- sulla reperibilità di tutti i grafici e del progetto strutturale depositato all'Ufficio del Genio Civile di Avellino e sul fatto che il sottoscritto tecnico verificatore è stato direttore dei lavori di costruzione della scuola di che trattasi con riferimento alla Tabella C8A.1.1 (Circolare 02-02-2009 n. 617) sono stati acquisiti il

LIVELLO DI CONOSCENZA (LC - par. C8.A.1.A.4 - Circolare 02-02-2009 n. 617) ed il **FATTORE DI CONFIDENZA** (FC - par. C8.A.1.A.4 - Circolare 02-02-2009 n. 617) seguenti:

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC3	1.00

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

4.1 Procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti

Per edifici esistenti l'analisi storico-critica ed il rilievo geometrico-strutturale devono evidenziare i seguenti aspetti:

- la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e di realizzazione;
- la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali, si dovrà, inoltre, tenere conto che:

- la geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive;
- la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo della omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse;
- i carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive.

• Analisi storico-critica

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione è stato importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato. Viene di seguito indicata la documentazione reperita e vengono esplicitate le informazioni desunte da ciascuno dei documenti esaminati.

CORPO AULE E CORPO MENSA - ALLOGGIO CUSTODE

L'edificio principale è stato realizzato negli anni 1978-1980.

Le strutture furono progettate dall'ing. Renato Sautto, iscritto all'albo degli ingegneri della Provincia di Napoli al n. 2069; impresa esecutrice fu prof. Michele Romano di Salerno.

L'opera fu denunciata all'Ufficio del Genio Civile di Avellino in data 26.09.1978, protocollo n. 1586 ed i relativi calcoli statici furono depositati presso l'Ufficio del Genio Civile di Avellino, ai sensi della legge 5.11.1971 n. 1086, nella stessa data, con medesimo protocollo. In data 30.01.1980 fu depositata una integrazione riguardante i calcoli statici delle membrature in c.c.a.p. (travi CAPAV e pannelli di solaio Neocem H/12 della RDB) della copertura della mensa. La relazione a struttura ultimata fu redatta in data 31.01.1980 e depositata in data 27.02.1980 presso l'Ufficio del Genio Civile di Avellino, in uno ai verbali delle prove di carico sui solai; certificati delle prove di schiacciamento dei cubetti di calcestruzzo e di trazione delle barre di armatura, prelevati in corso d'opera (di cui in seguito si esplicherà).

Il collaudo statico fu redatto in data 16.09.1980 dall'ing. Pasquale Sateriale, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Avellino con il n. 80 e depositato presso l'Ufficio del Genio Civile di Avellino in data 06.11.1980.

CORPO PALESTRA

Il corpo di fabbrica è stato realizzato negli anni 1989-1990.

Le strutture furono progettate dall'ing. Lucio Roca, iscritto all'albo degli ingegneri della Provincia di Avellino al n. 899; impresa esecutrice fu De Nicola e Siglioccolo e C s.n.c. di Mercato Sanseverino (SA).

L'opera fu denunciata all'Ufficio del Genio Civile di Avellino in data 02/06/1989, protocollo n. 115133 ed i relativi calcoli statici furono depositati presso l'Ufficio del Genio Civile di Avellino, ai sensi della legge 5.11.1971 n. 1086, nella stessa data, con medesimo protocollo. L'autorizzazione sismica fu rilasciata in pari data e medesimo protocollo ai sensi della L.R. n. 9/83. La relazione a struttura ultimata fu redatta in data 02.03.1990 e depositata in data 05.03.1990 presso l'Ufficio del Genio Civile di Avellino, in uno ai certificati delle prove di schiacciamento dei cubetti di calcestruzzo e di trazione delle barre di armatura, prelevati in corso d'opera (di cui in seguito si esplicherà).

Il collaudo statico fu redatto in data 15.12.1990 dall'ing. Orazio Giliberti, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Avellino con il n. 276 e depositato presso l'Ufficio del Genio Civile di Avellino in data 25.05.1991.

L'edificio originario del corpo aule non subì danni a seguito del sisma del 23.11.1980, avvenuto a circa un mese dall'entrata in esercizio del plesso scolastico.

Nell'anno 1989-1990 lo stabile fu interessato da lavori di manutenzione, consistenti nel rifacimento dell'impianto termico, della coibentazione dell'involucro edilizio e nella sostituzione degli infissi esterni, senza interventi sulle strutture.

Il corpo palestra fu realizzato quando il Comune di Solofra era stato classificato come sismico di 2^a categoria ed i calcoli statici redatti secondo la normativa sismica all'epoca vigente di cui al D.M. 24.01.1986.

A seguito del sisma del Molise dell'anno 2002, fu effettuata sull'intero stabile una perizia di accertamento della idoneità statica del manufatto, redatta in data 11.11.2002 dall'ing. Michele Famiglietti, che, a seguito degli accertamenti eseguiti, dell'ispezione del manufatto e dei saggi ed indagini eseguite, concluse che i materiali avevano le caratteristiche di resistenza tenute a base del progetto strutturale e che non si rilevavano danni o fessurazioni alle strutture in c.c.a..

• Rilievo geometrico-strutturale

Il rilievo geometrico-strutturale effettuato nel maggio 2017 è stato riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza.

Il rilievo ha avuto come fine l'individuazione dell'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Non sono stati rilevati dissesti o danneggiamenti alle strutture, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all'individuazione dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno.

Si è riscontrato che nel tempo, come desunto dall'analisi storico-critica, non sono intervenute modificazioni significative allo stato originario dei luoghi: pertanto il rilievo geometrico e strutturale dell'edificio si può ritenere conforme e congruente con i grafi progettuali architettonici e strutturali come allegati al progetto depositato all'Ufficio del Genio Civile, di cui è stata estratta copia conforme e confrontata con lo stato attuale dell'edificio.

Dai saggi e rilievi effettuati si è potuto concludere che le strutture per tipologia, dimensioni ed armature sono di fatto conformi al progetto depositato.

Il quadro conoscitivo documentale, quello reale e le indagini e prove condotte sui materiali, secondo la vigente normativa di cui alle NTC 2008, permettono di ascrivere la conoscenza dell'edificio al livello di conoscenza LC3, con fattore di confidenza pari ad 1,00.

In sintesi il fabbricato è così composto:

CORPO AULE E MANSÀ-CASA CUSTODE

L'edificio è composto da due corpi di fabbrica, giuntati tra di loro, il primo destinato ad aule, spazi comuni, servizi igienici e direzione didattica; il secondo ad auditorium-mensa, servizi per la mensa, servizi igienici, casa custode e locale caldaia.

Il corpo aule ha strutture in c.c.a. realizzate in opera, con solai in latero cemento con travetti precompressi; le fondazioni sono su plinti su pali trivellati, con plinti collegati in testa almeno in una direzione e con pareti verticali in c.c.a. perimetrali fino al livello del solaio del primo impalcato. Consta di un livello seminterrato, adibito a spazio tecnico ed inutilizzato di altezza di circa m. 2.00; di un livello terra e parziale secondo livello, costituito da tre porzioni che si elevano, distinte, rispetto al solaio del primo piano. La copertura del secondo livello è a falde inclinate a due pendenze, senza solaio di sottotetto; la porzione elevata al solo primo piano

ha copertura piana non praticabile.

Il corpo auditorium-mensa è ad un solo livello, di altezza di circa m. 4.20. costituito da fondazioni su plinti su pali, travi di collegamento in una direzione, pilastri e travi laterali in opera, travi della copertura trasversali in c.c.a.p. tipo CAPAV e solaio di copertura in pannelli prefabbricati tipo Neocem sempre della RDB.

Il corridoio laterale ed i locali di servizio del corpo mensa, sempre ad un solo livello, sono realizzati con strutture in c.c.a. in opera, sempre con fondazioni su plinti su pali; il corpo casa custode è costituito da un piano seminterrato, destinato a deposito e locale centrale termica; da un piano terra e da un primo piano destinato ad alloggio custode. Le strutture sono sempre in c.c.a. in opera; solai in latero cemento con travetti precompressi; fondazioni su plinti su pali; solaio di copertura a due falde, senza sottotetto.

CORPO PALESTRA

Ad un solo livello, con strutture in c.c.a. in opera; solaio di copertura in latero cemento; fondazioni su plinti su pali; altezza di circa m. 5.20.

I pali di fondazione hanno diametro da 400 mm e lunghezza di m. 12.00 per tutti i corpi di fabbrica.

Per i dettagli si rinvia alle carpenterie ed armature di cui ai progetti strutturali depositati.

• **Caratterizzazione meccanica dei materiali**

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si è basati sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su specifiche indagini sperimentali condotte.

I valori delle resistenze meccaniche dei materiali sono state valutate sulla base delle prove effettuate sulla struttura e prescindono, per il conglomerato cementizio, dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni.

In particolare si è fatto riferimento ai seguenti dati e documentazioni:

- prove e certificati di schiacciamento su cubetti prelevati nel corso di costruzione del corpo principale eseguiti dal laboratorio Edil-Test di Battipaglia e di cui al certificato n. 423 del 14.06.1979, in atti;
- prove di trazione su barre di ferro d'armatura prelevato nel corso di costruzione del corpo principale eseguite dal laboratorio Geo-Tecnologico Emiliano di Parma e di cui al certificato n. 991/79 del 29.06.1979;
- prove e certificati di schiacciamento su cubetti prelevati nel corso di costruzione del corpo palestra eseguiti dal laboratorio Speed Tirreno srl di Cava dei tirreni e di cui al certificato n. 23844 del 22.02.1990, in atti;
- prove di trazione su barre di ferro d'armatura prelevato nel corso di costruzione del corpo principale eseguite dal laboratorio Speed Tirreno srl di Cava dei tirreni e di cui al certificato n. 10899 del 22.02.1990, in atti;
- prove di carico sui solai eseguite a fine costruzione del corpo aule;
- prove ed indagini eseguite nel maggio 2017 dal laboratorio GIEPI srl di Foggia ed in dettaglio:
 - prove di carico sul solaio del secondo piano del corpo aule di cui al rapporto di prova n. 7733 eseguite il 14.04.2017;
 - prove con termocamera ad infrarossi su solai del corpo aule di cui al rapporto di prova n. 7837 eseguite il 13.04.2017;
 - prove di sfondellamento su solai del corpo aule di cui al rapporto di prova n. 7833 eseguite il 13.04.2017;
 - prove su carote di cls prelevate da strutture del corpo aule di cui al certificato n. 441279 del 12.05.2017 prelevate il 12.05.2017;
 - prove su barre di armatura prelevate da strutture del corpo aule di cui al certificato n. 441210 del 10.05.2017 prelevate il 05.05.2017 e n. 441211 del 10.05.2017 prelevate il 05.05.2017;
- controlli sclerometrici e ad ultrasuoni in numero di 41 su strutture del corpo aule di cui al rapporto di prova n. 7780 del 16.05.2017 eseguite il 14.04.2017;
- rilevamenti pacometrici in numero di 20 su strutture del corpo aule di cui al rapporto di prova n. 7784 del 16.05.2017 eseguite il 24.04.2017;

In allegato si riporta il dettaglio di tali prove e le correlazioni eseguite che hanno permesso di attribuire ai materiali le seguenti caratteristiche, tenute a base delle verifiche effettuate:

- acciaio per armature tipo B450C
- conglomerato cementizio definito calcestruzzo Fratta con i seguente valori:

N _{id}	γ_k [N/m ³]	$\alpha_{T,1}$ [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Erid} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ_c	f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{ctm} [N/mm ²]	N	n Ac
Calcestruzzo Fratta - (C Fratta)															
001	25.000	0,000010	30.200	12.583	60	F	23,45	-	0,85	1,50	11,03	1,01	2,60	15	002

5 - TERRENO DI FONDAZIONE

Le indagini effettuate nella primavera 2017, mirate alla valutazione della velocità delle onde di taglio (V_{S30}) permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria **C** [**C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti**].

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei "Tabulati di calcolo", nella relativa sezione. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica redatte all'epoca della costruzione del corpo principale ed allegate al progetto strutturale depositato ed in atti.

6 - ANALISI DEI CARICHI

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica.

Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del **D.M. 14/01/2008** ed in congruenza con i carichi del progetto originario.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

Le analisi effettuate, corredate da dettagliate descrizioni, oltre che nei "Tabulati di calcolo" nella relativa sezione, sono di seguito riportate:

ANALISI CARICHI

N _{id}	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve [N/m ²]
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	
001	S	TAMPONATURE con finestre	Carico Permanente	600		0		0	0
002	S	TAMPONATURE piccole	Carico Permanente	1.200		0		0	0
003	S	Doppia fodera 30cm (12+8)	Carico Permanente	Fodera esterna (12 cm) e fodera interna (8 cm)	1.600	Intonaco interno, intonaco esterno, isolante poliuretano espanso	740		0	0
004	S	Doppia fodera 32cm (12+10)	Carico Permanente	Fodera esterna (12 cm) e fodera interna (10 cm)	1.760	Intonaco interno, intonaco esterno, isolante poliuretano espanso	740		0	0
005	S	Scala	Scale	*vedi le relative tabelle dei carichi	-	Pavimento, sottofondo e intonaco	1.360	Balconi, ballatoi e scale comuni (Cat. C2 - Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008)	4.000	0
006	S	LatCem Cop. Fratta cm 28	Coperture	P.P	3.000	S.P.	800		0	700
007	S	LatCem Scuole H28	Scuole	Solaio di tipo tradizionale latero-cementizio di spessore 28 cm (24+4)	3.000	Pavimentazione e sottofondo, incidenza dei tramezzi e intonaco inferiore	1.000	Scuole (Cat. C1 - Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008)	3.000	0

N _M	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve [N/m ²]
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	
008	S	LatCem Balcone H20	Abitazioni	Solaio di tipo tradizionale latero-cementizio di spessore 20 cm (16+4)	2.800	Pavimento, sottofondo e intonaco inferiore	1.360	Balconi, ballatoi e scale comuni (Cat. C2 - Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008)	4.000	0

LEGENDA:

- N_M** Numero identificativo dell'analisi di carico.
T. C. Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.
PP, PNS, SA Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m²] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

7 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum **ED50**:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
40.8337	14.8426	375

7.1 Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **3**.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	Parametri di pericolosità sismica								
	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]	C_c	T_B [s]	T_c [s]	T_D [s]	S_s [s]	
SLO	0.0593	2.363	0.308	1.55	0.159	0.477	1.837	1.50	
SLD	0.0756	2.377	0.332	1.51	0.167	0.502	1.903	1.50	
SLV	0.1900	2.439	0.407	1.41	0.192	0.575	2.360	1.42	
SLC	0.2400	2.486	0.422	1.40	0.196	0.589	2.560	1.34	

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Struttura (q).

Il Fattore di struttura q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** (S_T) pari a **1,00**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati "Tabulati di calcolo" al punto "DATI GENERALI ANALISI SISMICA".

Per la struttura in esame sono stati determinati i seguenti valori:

Stato Limite di salvaguardia della Vita

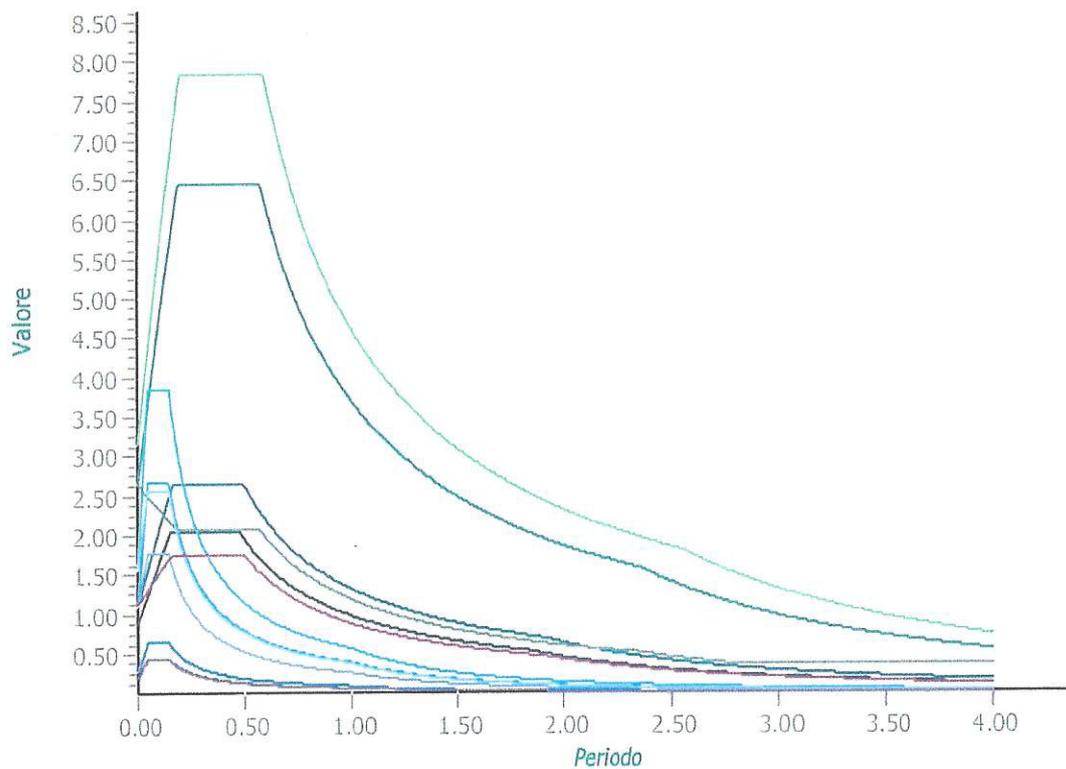
Verifica meccanismi "Duttili"

Fattore di Struttura (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **3,120;**
 Fattore di Struttura (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **3,120;**
 Fattore di Struttura (q_z) per sisma verticale: **1,50.**

Verifica meccanismi "Fragili"

Il fattore di struttura utilizzato per la verifica di tali meccanismi è pari a **1,50.**
 Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

Grafico degli Spettri di Risposta



— Spettro Elastico SLO X	— Spettro Elastico SLO Y	— Spettro Elastico SLO Z
— Spettro Elastico SLD X	— Spettro Elastico SLD Y	— Spettro Elastico SLD Z
— Spettro Elastico SLV X	— Spettro Elastico SLV Y	— Spettro Elastico SLV Z
— Spettro Elastico SLC X	— Spettro Elastico SLC Y	— Spettro Elastico SLC Z
— Spettro Progetto SLV X	— Spettro Progetto SLV Y	— Spettro Progetto SLV Z
— Spettro Progetto SLC X	— Spettro Progetto SLC Y	— Spettro Progetto SLC Z
— Spettro Verifiche SLO X	— Spettro Verifiche SLO Y	— Spettro Verifiche SLO Z
— Spettro Verifiche SLD X	— Spettro Verifiche SLD Y	— Spettro Verifiche SLD Z

7.2 Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di modi di vibrazione considerato (250 per il corpo aule, 100 per il corpo manza-casa custode e 15 per la palestra) ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	100.0
salvaguardia della vita	Y	100.0
salvaguardia della vita	Z	100.0

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E , conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (*Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa*):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j} \quad \text{con} \quad \rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot (\xi + \beta_{ij}) \beta_{ij}^3}{(\xi - \beta_{ij})^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (\xi + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
- ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia $i-j$ di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

7.3 Valutazione degli spostamenti

Gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV sono stati ottenuti moltiplicando per il fattore μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

dove

$$\begin{aligned} \mu_d &= q & \text{se } T_1 \geq T_c; \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot T_c / T_1 & \text{se } T_1 < T_c. \end{aligned}$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$.

7.4 Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Le azioni orizzontali dovute al sisma sulla struttura vengono convenzionalmente determinate come agenti separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate. In generale, però, le componenti orizzontali del sisma devono essere considerate come agenti simultaneamente. A tale scopo, la combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica sono stati

valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{Edx} \pm 0,30E_{Edy}$$

$$E_{Edy} \pm 0,30E_{Edx}$$

dove:

E_{Edx} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale X scelto della struttura;

E_{Edy} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale Y scelto della struttura.

L'azione sismica verticale deve essere considerata in presenza di: elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi pressoché orizzontali precompressi, elementi a sbalzo pressoché orizzontali con luce maggiore di 5 m, travi che sostengono colonne, strutture isolate.

La combinazione della componente verticale del sisma, qualora portata in conto, con quelle orizzontali è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali e verticali del sisma sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{Edx} \pm 0,30E_{Edy} \pm 0,30E_{Edz}$$

$$E_{Edy} \pm 0,30E_{Edx} \pm 0,30E_{Edz}$$

$$E_{Edz} \pm 0,30E_{Edx} \pm 0,30E_{Edy}$$

dove:

E_{Edx} e E_{Edy} sono gli effetti dell'azione sismica nelle direzioni orizzontali prima definite;

E_{Edz} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione della componente verticale dell'azione sismica di progetto.

7.5 Eccentricità accidentali

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a +/- 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

8 - AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 14/01/2008. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).

I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.

Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

8.1 Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots \quad (1)$$

dove:

- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G_2	rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
P	rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
Q	azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo: <ul style="list-style-type: none"> - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura; - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
Q_{ki}	rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$	coefficienti parziali come definiti nella Tab. 2.6.I del D.M. 14/01/2008;
ψ_{0i}	sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le **1216 combinazioni** risultanti per il corpo aule, le **1376 combinazioni** risultanti per il corpo mensa-casa custode, le **66 combinazioni** risultanti per il corpo palestra, sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati "Tabulati di calcolo".

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

E	rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
G_1	rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
G_2	rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
P	rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
ψ_{2i}	coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
Q_{ki}	valore caratteristico dell'azione variabile Q_i .

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_k + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}).$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	ψ_{2i}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B - Uffici	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E - Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,3
Categoria H - Coperture	0,0
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al par. 2.6.1 del D.M. 14/01/2008, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 14/01/2008.

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del D.M. 14/01/2008.

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.II del D.M. 14/01/2008.

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle verifiche dei "Tabulati di calcolo" in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

8.2 Stato Limite di Danno

L'azione sismica, ottenuta dallo spettro di progetto per lo Stato Limite di Danno, è stata combinata con le altre azioni mediante una relazione del tutto analoga alla precedente:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki};$$

dove:

- E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
- G₁ rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G₂ rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i.

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}).$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella tabella di cui allo SLV.

8.3 Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 14/01/2008 al par. 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- G_{kj}: valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- P_{kh}: valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- Q_{ki}: valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q_{ki}: valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- ψ_{0i}: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- ψ_{1i}: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- ψ_{2i}: coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti ψ_{0i}, ψ_{1i}, ψ_{2i} sono attribuiti i seguenti valori:

Azione	ψ _{0i}	ψ _{1i}	ψ _{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B – Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base [Q_{k1} nella formula (1)], con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati "Tabulati Di Calcolo" sono riportati i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "**Quasi Permanente**" (1), "**Frequente**" (9) e "**Rara**" (29).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

8.4 Azione del Vento

L'applicazione dell'azione del vento sulla struttura si articola in due fasi:

1. calcolo della pressione Normale e Tangenziale lungo l'altezza dell'edificio;
2. trasformazione delle pressioni in forze (lineari/concentrate) sugli elementi (strutturali/non strutturali) dell'edificio.

8.4.1 Calcolo pressione normale e tangenziale

• Pressione Normale

La pressione Normale del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d \quad (\text{relazione 3.3.2 - D.M. 14/01/2008});$$

dove

- q_b : la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2(T_R) \quad (\text{relazione 3.3.4 - D.M. 14/01/2008});$$

con:

ρ : densità dell'aria (assunta pari a 1,25 kg/m³);

$v_b(T_R)$: velocità di riferimento del vento (in m/s), data da:

$$v_b(T_R) = \alpha_R \cdot v_b, \text{ con:}$$

α_R : coefficiente dato dalla seguente relazione:

$$\alpha_R = 0,75 \cdot \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} \quad (\text{relazione C3.3.2 - Circolare 02-02-2009 n. 617});$$

v_b : velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni, data da:

$$\begin{aligned} v_b &= v_{b,0} && \text{per } a_s \leq a_0; \\ v_b &= v_{b,0} + k_a \cdot (a_s - a_0) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m;} \end{aligned}$$

dove:

$v_{b,0}$, a_0 , k_a : parametri forniti dalla Tab. 3.3.I del par. 3.3.2 D.M. 14/01/2008;

a_s : altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;

T_R : periodo di ritorno espresso in anni [10 anni; 500 anni].

- C_e : coefficiente di esposizione, che per altezza sul suolo (z) non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$\begin{aligned} C_e(z) &= k_r^2 \cdot C_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + C_t \cdot \ln(z/z_0)] && \text{per } z \geq z_{\min} \\ C_e(z) &= C_e(z_{\min}) && \text{per } z < z_{\min} \end{aligned} \quad (\text{relazione 3.3.5 - D.M. 14/01/2008});$$

dove:

k_r , z_0 , z_{\min} : parametri forniti dalla Tab. 3.3.II del par. 3.3.7 D.M. 14/01/2008 (*funzione della categoria di esposizione del sito e della classe di rugosità del terreno*);

C_t : coefficiente di topografia (assunto pari ad 1).

- C_p : coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.
- C_d : coefficiente dinamico (assunto pari ad 1; par. 3.3.8 - D.M. 14/01/2008).

• Pressione Tangenziale

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione

$$p_t = q_b \cdot C_e \cdot C_r \quad (\text{relazione 3.3.3 - D.M. 14/01/2008});$$

dove

- q_b , C_e : definiti in precedenza;
- C_r : coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente funzione (valori presi dalla Tab. C3.3.1 della Circolare 02-02-2009 n. 617).

Per il caso in esame:

Vento - calcolo pressione cinetica di riferimento

a_s [m]	Zona	$V_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]	V_b [m/s]	T_R [anni]	α_R	q_b [N/m ²]
375	3	27	500	0,020	27,00	50	1,00	456

LEGENDA:

- a_s : Altezza sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;
- Zona**: Zona di riferimento per il calcolo del vento;
- $V_{b,0}$, a_0 , k_a : Parametri forniti dalla Tab. 3.3.I - § 3.3.2 D.M. 14 gennaio 2008;
- V_b : Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;
- T_R : Periodo di ritorno;
- α_R : Coefficiente per il calcolo della pressione cinetica di riferimento;
- q_b : Pressione cinetica di riferimento.

Vento - calcolo coefficiente di esposizione

Z [m]	d_{ct} [km]	CIRg	Cat exp	k_r	Z_G [m]	Z_{min} [m]	C_t	C_e
0,00								1,63
2,20	sulla costa,							1,63
5,70	oltre 30 Km	B	IV	0,22	0,30	8,00	1,00	1,63
9,00								1,71

LEGENDA:

- Z**: Altezza dell'edificio a cui viene calcolata la pressione del vento;
- d_{ct} : Distanza dalla costa;
- CIRg**: Classe di rugosità del terreno (A, B, C, D);
- Cat exp**: Categoria di esposizione del sito (I, II, III, IV, V);
- k_r , Z_0 , Z_{min} : Parametri forniti dalla Tab. 3.3.II - § 3.3.7 D.M. 14 gennaio 2008;
- C_t : Coefficiente di topografia;
- C_e : Coefficiente di esposizione;

Vento - calcolo pressione del vento

Z [m]	q_b [N/m ²]	C_e	C_p	C_d	p [N/m ²]	Scz	C_r	p_t [N/m ²]
0,00		1,63			745			7
2,20		1,63			745			7
5,70	456	1,63	1,00	1,00	745	Liscia (0.01)	0,01	7
9,00		1,71			780			8

LEGENDA:

- Z**: Altezza dell'edificio a cui viene calcolata la pressione del vento;
- q_b : Pressione cinetica di riferimento.
- C_e : Coefficiente di esposizione;
- C_p : Coefficiente di forma/aerodinamico.
(*): Valorizzato al momento del calcolo della pressione agente sul singolo elemento strutturale ed è funzione della posizione dello stesso (sopravento/sottovento);
- C_d : Coefficiente dinamico;
- p**: Pressione normale (senza il contributo di C_p);
- Scz**: Scabrezza della superficie (liscia, scabra, molto scabra);
- C_r : Coefficiente d'attrito;
- p_t : Pressione tangenziale (senza il contributo di C_p).

8.4.2 Applicazione delle forze sulla struttura

Per ogni superficie esposta all'azione del vento si individua la posizione del baricentro e in corrispondenza di esso, dal diagramma delle pressioni dell'edificio, si ricava la pressione per unità di superficie.

Per gli elementi **strutturali** la pressione è trasformata in:

- forze lineari per i beam (*pilastrini e travi*);
- forze nodali per le shell (*pareti, muri e solette*).

Per gli elementi **non strutturali** (*tamponature, solai e balconi*) la forza totale (pressione nel baricentro x superficie) viene divisa per il perimetro in modo da ottenere una forza per unità di lunghezza che viene applicata sugli elementi strutturali confinanti.

9 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

9.1 Denominazione

Nome del Software	EdiLus
Versione	40.00e
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	15100829
Intestatario Licenza	COSTRUTURA CONSULTING soc. coop.
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

9.2 Sintesi delle funzionalità generali

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastrini) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastrini, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale

codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

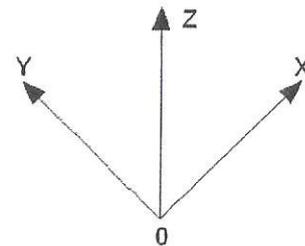
Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

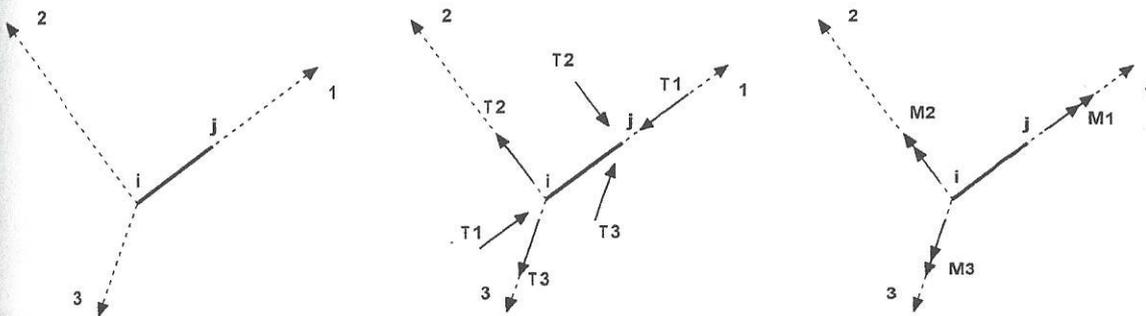
9.3 Sistemi di Riferimento

9.3.1 Riferimento globale

Il sistema di riferimento globale, rispetto al quale va riferita l'intera struttura, è costituito da una terna di assi cartesiani sinistrorsa O, X, Y, Z (X, Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).



9.3.2 Riferimento locale per travi



L'elemento Trave è un classico elemento strutturale in grado di ricevere Carichi distribuiti e Carichi Nodali applicati ai due nodi di estremità; per effetto di tali carichi nascono, negli estremi, sollecitazioni di taglio, sforzo normale, momenti flettenti e torcenti.

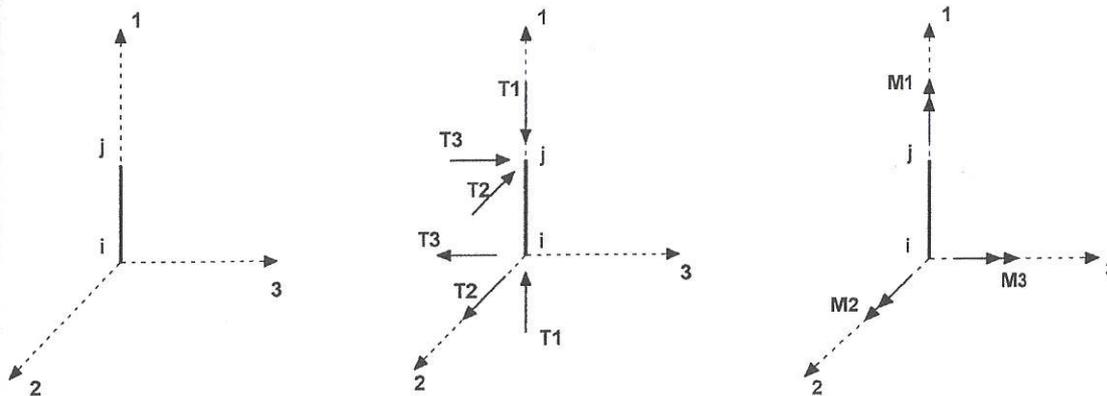
Definiti i e j (nodi iniziale e finale della Trave) viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- assi 2 e 3 appartenenti alla sezione dell'elemento e coincidenti con gli assi principali d'inerzia della sezione stessa.

Le sollecitazioni verranno fornite in riferimento a tale sistema di riferimento:

1. Sollecitazione di Trazione o Compressione T_1 (agente nella direzione i-j);
2. Sollecitazioni taglianti T_2 e T_3 , agenti nei due piani 1-2 e 1-3, rispettivamente secondo l'asse 2 e l'asse 3;
3. Sollecitazioni che inducono flessione nei piani 1-3 e 1-2 (M_2 e M_3);
4. Sollecitazione torcente M_1 .

9.3.3 Riferimento locale per pilastri



Definiti i e j come i due nodi iniziale e finale del pilastro, viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j ;
- asse 2 perpendicolare all' asse 1, parallelo e discorde all'asse globale Y ;
- asse 3 che completa la terna destrorsa, parallelo e concorde all'asse globale X .

Tale sistema di riferimento è valido per Pilastri con angolo di rotazione pari a '0' gradi; una rotazione del pilastro nel piano XY ha l'effetto di ruotare anche tale sistema (ad es. una rotazione di '90' gradi porterebbe l'asse 2 a essere parallelo e concorde all'asse X , mentre l'asse 3 sarebbe parallelo e concorde all'asse globale Y). La rotazione non ha alcun effetto sull'asse 1 che coinciderà sempre e comunque con l'asse globale Z .

Per quanto riguarda le sollecitazioni si ha:

- una forza di trazione o compressione T_1 , agente lungo l'asse locale 1;
- due forze taglianti T_2 e T_3 agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- due vettori momento (flettente) M_2 e M_3 agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- un vettore momento (torcente) M_1 agente lungo l'asse locale nel piano 1.

9.3.4 Riferimento locale per pareti

Una parete è costituita da una sequenza di setti; ciascun setto è caratterizzato da un sistema di riferimento locale 1-2-3 così individuato:

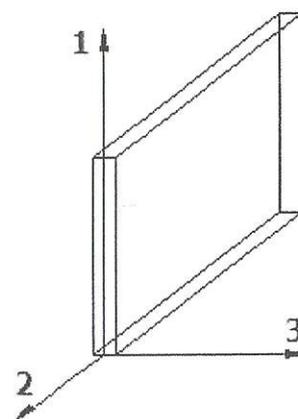
- asse 1, coincidente con l'asse globale Z ;
- asse 2, parallelo e discorde alla linea d'asse della traccia del setto in pianta;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.

Su ciascun setto l'utente ha la possibilità di applicare uno o più carichi uniformemente distribuiti comunque orientati nello spazio; le componenti di tali carichi possono essere fornite, a discrezione dell'utente, rispetto al riferimento globale X,Y,Z oppure rispetto al riferimento locale 1,2,3 appena definito.

Si rende necessario, a questo punto, meglio precisare le modalità con cui EdiLus restituisce i risultati di calcolo.

Nel modello di calcolo agli elementi finiti ciascun setto è discretizzato in una serie di elementi tipo "shell" interconnessi; il solutore agli elementi finiti integrato nel programma EdiLus, definisce un riferimento locale per ciascun elemento shell e restituisce i valori delle tensioni esclusivamente rispetto a tali riferimenti.

Il software EdiLus provvede ad omogeneizzare tutti i valori riferendoli alla terna 1-2-3. Tale operazione consente, in fase di input, di ridurre al minimo gli errori dovuti alla complessità d'immissione dei dati stessi ed allo stesso tempo di restituire all'utente dei risultati facilmente interpretabili.



Tutti i dati cioè, sia in fase di input che in fase di output, sono organizzati secondo un criterio razionale vicino al modo di operare del tecnico e svincolato dal procedimento seguito dall'elaboratore elettronico.

In tal modo ad esempio, il significato dei valori delle tensioni può essere compreso con immediatezza non solo dal progettista che ha operato con il programma ma anche da un tecnico terzo non coinvolto nell'elaborazione; entrambi, così, potranno controllare con facilità dal tabulato di calcolo, la congruità dei valori riportati.

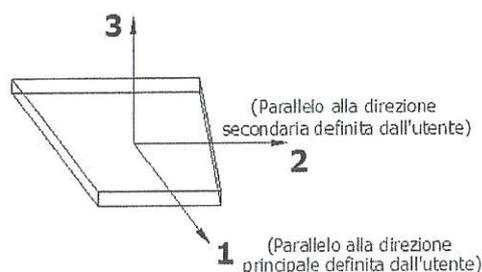
Un'ultima notazione deve essere riservata alla modalità con cui il programma fornisce le armature delle pareti, con riferimento alla faccia anteriore e posteriore.

La faccia anteriore è quella di normale uscente concorde all'asse 3 come prima definito o, identicamente, quella posta alla destra dell'osservatore che percorresse il bordo superiore della parete concordemente al verso di tracciamento.

9.3.5 Riferimento locale per solette e platee

Ciascuna soletta e platea è caratterizzata da un sistema di riferimento locale 1,2,3 così definito:

- asse 1, coincidente con la direzione principale di armatura;
- asse 2, coincidente con la direzione secondaria di armatura;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.



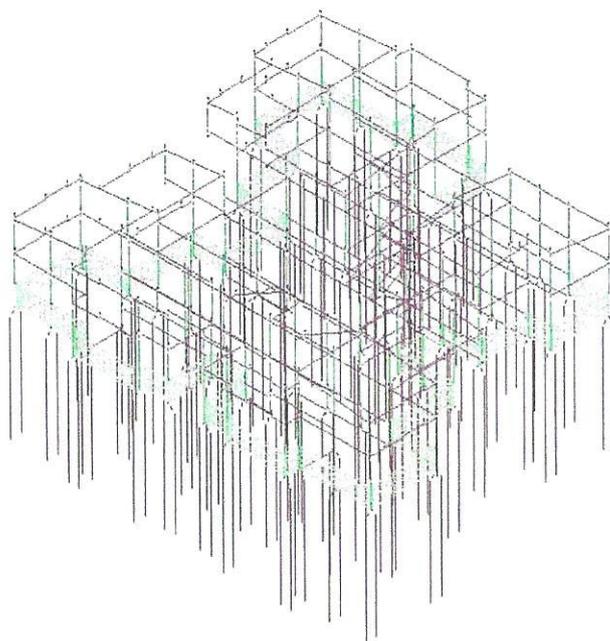
9.4 Modello di Calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

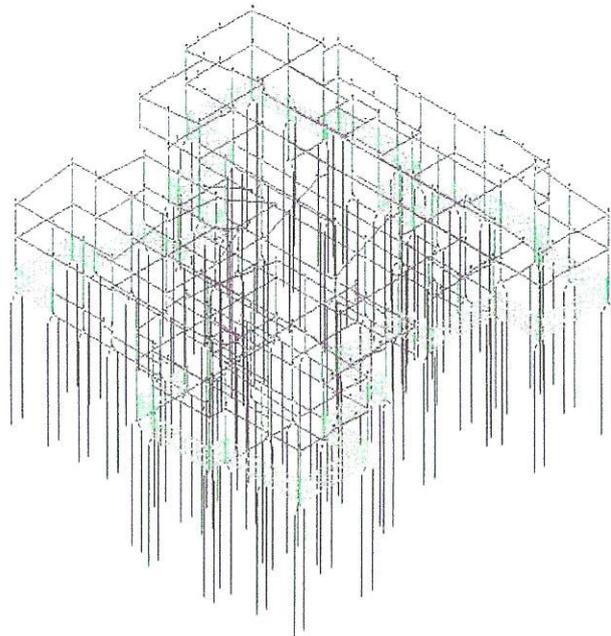
Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei "Tabulati di calcolo".

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

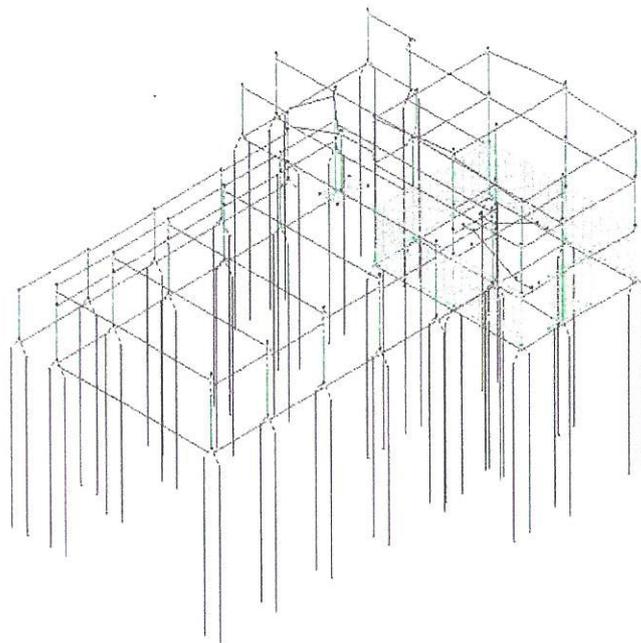
Vista Anteriore corpo aule



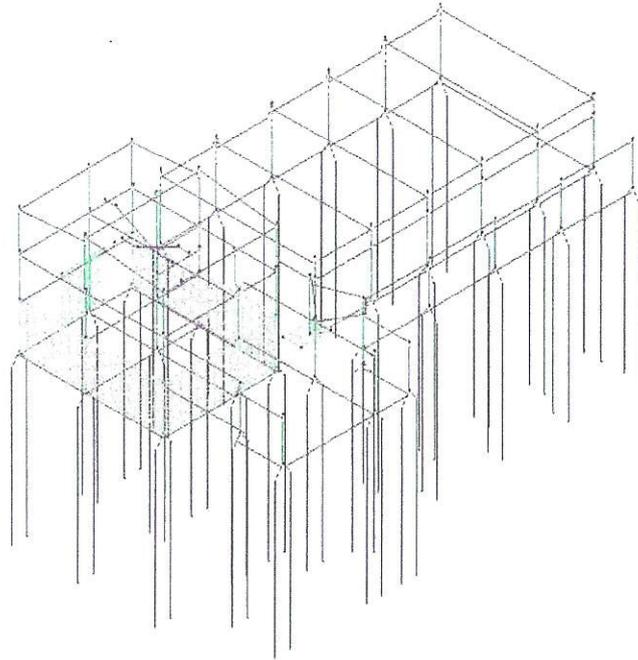
Vista Posteriore corpo aule



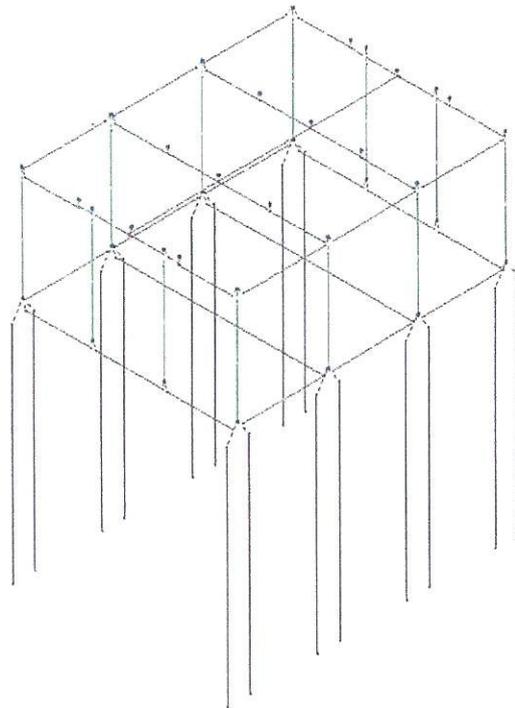
Vista Anteriore corpo mensa-casa custode



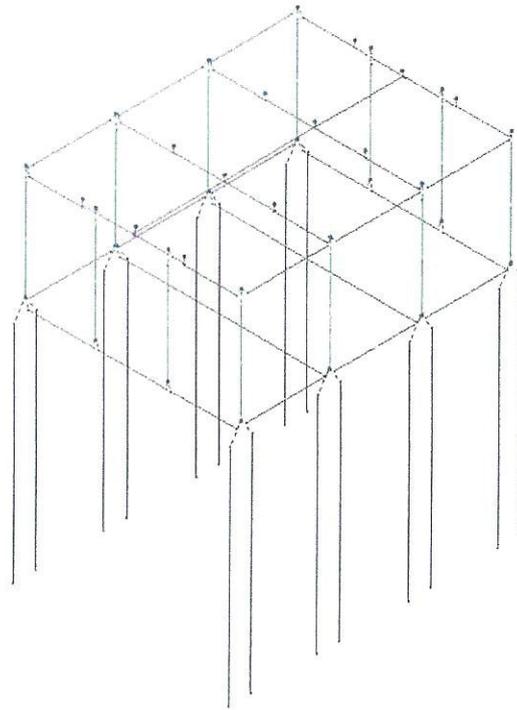
Vista posteriore corpo mensa-casa custode



Vista Anteriore corpo palestra



Vista posteriore corpo palestra



Dalle illustrazioni precedenti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e da due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate, com'è corretto, solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

Il vincolo offerto dai plinti è del tipo incastro cedevole con rigidzze traslazionali in direzione X,Y,Z e rotazionali in X, Y e Z. Il calcolo di tali rigidzze è effettuato per plinti diretti in funzione delle costanti di sottofondo del terreno, mentre per i plinti su pali la rigidzza complessiva è funzione delle rigidzze calcolate per i singoli pali.

Nella modellazione, trattandosi di verifica di un edificio esistente, sono state imputate le dimensioni effettive ed esistenti delle diverse componenti strutturali, le armature come da progetto ed esistenti, con opportune integrazioni per rendere il modello e le procedure di calcolo del software utilizzato quanto più aderenti allo schema strutturale reale ed esistente (vedi travi inc.c.a.p, del corpo auditorimu-mensa e armature nodi)

10 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 14/01/2008, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel par.

2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 14/01/2008;

- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

10.1 Verifiche di Resistenza

10.1.1 Elementi in C.A.

Illustriamo, in dettaglio, il procedimento seguito in presenza di pressoflessione deviata (pilastri e trave di sezione generica):

- per tutte le terne M_x , M_y , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.10 del D.M. 14/01/2008, effettuando due verifiche a pressoflessione retta con la seguente formula:

$$\left(\frac{M_{Ex}}{M_{Rx}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Ey}}{M_{Ry}}\right)^\alpha \leq 1$$

dove:

M_{Ex} , M_{Ey} sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi di flessione X ed Y del sistema di riferimento locale;

M_{Rx} , M_{Ry} sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti allo sforzo assiale N_{Ed} valutati separatamente attorno agli assi di flessione.

L'esponente α può dedursi in funzione della geometria della sezione, della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.

- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.10 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Sempre quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per le travi verificate/semiprogettate a pressoflessione retta:

- per tutte le coppie M_x , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste coppie esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le coppie considerate.

Nei "*Tabulati di calcolo*", per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x , M_y , N , o la coppia M_x , N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti.

Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

10.1.1.1 Elementi in C.A. esistenti (Criteri e tipi d'intervento di rinforzo)

Per quanto attiene agli elementi esistenti (*di Fatto*), ai fini delle verifiche di sicurezza, gli elementi strutturali vengono distinti in **duttile** e **fragile**. La classificazione degli elementi/meccanismi nelle due categorie è di seguito riportata:

- **duttile**: travi, pilastri e pareti/setti inflesse con e senza sforzo normale;
- **fragile**: meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti/setti e nodi.

Nel caso di uso del fattore di struttura, tutti gli elementi strutturali "duttili" devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica, ridotta del fattore di struttura q , sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza. Tutti gli elementi strutturali "fragili" devono, invece, soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica, ridotta per $q = 1.5$, sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.

Per gli elementi fragili, la resistenza a taglio si valuta come nel caso di situazioni non sismiche.

Per i nodi, la verifica di resistenza viene eseguita secondo quanto indicato nel par. C8.7.2.5 della succitata Circolare verificando sia la resistenza a trazione diagonale [relazione (8.7.2.2)] che quella a compressione diagonale [relazione (8.7.2.3)].

Per quanto concerne gli elementi strutturali di nuova realizzazione (**di Progetto**), la progettazione e verifica di tali elementi segue le stesse regole previste per le strutture di nuova edificazione.

10.1.1.2 Plinti su pali

Il plinto su pali è stato calcolato pensandolo come un insieme di travi isostatiche che collegano le teste dei pali. Il carico verticale viene ripartito in base al numero di esse ed idealmente posto al centro; le verifiche delle armature a flessione e taglio di tali travi sono effettuate di conseguenza. Vengono calcolate, quando necessarie, le armature di punzonamento ed i plinti sono completati con armature di ripartizione per particolari geometrie che lo richiedono, ed ancora con armature perimetrali di circondamento.

Le metodologie, i modelli usati ed i risultati del calcolo del **carico limite** sono esposti nella relazione geotecnica del progetto strutturale originario dell'edificio corpo aule, allegata ai grafici depositati ed in atti.

10.2 Verifiche SLD

Essendo la struttura di **Classe 3** sono state condotte le Verifiche allo Stato Limite di Danno come indicato al par. 7.3.7.1 del D.M. 14/01/2008, assumendo fattori parziali dei materiali γ_m pari a 1.

11 - TABULATI DI CALCOLO

Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "Tabulati di calcolo" costituente parte integrante della presente relazione.

12 - RISULTANZE DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA OPERATE E PRESCRIZIONI ED INDICAZIONI OPERATIVE.

Le risultanze della verifica di sicurezza condotta sono così riassumibili:

- **Stato di conservazione e degrado dei materiali**

L'edificio adibito a scuola materna ed elementare si presenta in uno stato di manutenzione discreto per le sovrastrutture, tenuto conto degli interventi negli anni effettuati; così come per le membrature in conglomerato cementizio armato.

I solai si presentano in buono stato conservativo, senza indicazioni di pericolo di sfondamento.

- **Resistenza rispetto alle sole azioni per carichi verticali**

Allo stato attuale, considerando le caratteristiche di resistenza dei materiali tenuti a base delle verifiche e lo stato in cui si presenta la struttura dell'edificio, la struttura risponde ai limiti di resistenza per i meri e soli carichi verticali.

- **Vulnerabilità e valutazione della sicurezza rispetto al sisma**

Sono state condotte le verifiche rispetto allo SLO, allo SLD ed allo SLV, come da normativa.

In dettaglio gli stati limite di esercizio SLE così si definiscono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita si definisce:

-**SLV (stato limite di salvaguardia della vita)** : a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

I risultati cui si è pervenuti sono così sintetizzabili, vedi le schede di vulnerabilità redatte per ciascun corpo di fabbrica:

CORPO AULE

Costruttura Consulting

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V_H	V_R	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
	[anni]	[anni]		Latitudine	Longitudine		Categoria	S_T
Classe 3	50	75	ca	40.8337	14.8426	C	T1	1,00

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC3	1.00

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

7 - METODO DI ANALISI

Analisi	Metodo di analisi	
	Fattore di struttura q nella direzione del sisma Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale con fattore di struttura q	3,120	3,120

10 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite	PGA_D [Ag/g]	Domanda - Entità dell'azione sismica attesa T_{RD} [anni]
SLO	0.0890	45
SLD	0.1135	75
SLV	0.2701	712
SLC	0.3221	1462

9 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile	
			PGA_C [Ag/g]	T_{AC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.2792	697
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.1862	243
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.1155	89
SLV	Taglio	CA	0.1179	94
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.1094	77
SLV	Carico Limite Terreno	CA	0.3027	1060

11 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	α_{PGA}	Indicatori di rischio sismico α_{TR}
SLO	2.093	1.997
SLD	2.452	2.494
SLV	0.401	0.402

Pertanto rispetto al rischio sismico, la vulnerabilità sismica dell'edificio adibito a scuola materna ed elementare e la conseguenza valutazione della sicurezza possono così riassumersi e sono così definibili:

- **La struttura esistente non è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni sismiche di progetto previste dalle vigenti Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 ed in particolare:**
 - **Rispetto allo SLO** (tipo di rottura spostamento di interpiano SLO)
Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 1.997 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{AC} = 243$ anni contro i 45 anni di normativa
 - **Rispetto allo SLD** (tipo di rottura spostamento di interpiano SLD)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 2.494 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 697$ anni contro i 75 anni di normativa

- **Rispetto allo SLV** (tipo di rottura: carico limite del terreno; flessione o pressoflessione; taglio; rottura dei nodi)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 0.402 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 77$ anni (valore minimo rispetto allo SLV per rottura del nodo) contro i 712 anni di normativa

- **Prescrizioni ed indicazioni operative**

La normativa vigente obbliga la P.A. alla obbligatoria verifica e valutazione della sicurezza dell'esistente edificio adibito a scuola materna, definendo se esistono le condizioni per continuare ad utilizzare la struttura, senza o previa esecuzione di interventi.

All'uopo si richiama quanto espresso dalla Commissione Grandi Rischi (CGR), che concludeva che "l'indice di rischio poteva essere utilizzato per stabilire il tempo entro il quale dovevano essere presi provvedimenti di messa in sicurezza" ed il contenuto della direttiva PCM "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni" del 23.07.2010; coerentemente con il concetto probabilistico di sicurezza, una struttura può considerarsi sicura nei riguardi di un terremoto con periodo di ritorno più breve rispetto a quello dell'azione sismica di riferimento. La vita nominale di una struttura, introdotta dalle NTC 2008, rappresenta, dunque, il parametro attraverso il quale programmare gli interventi di mitigazione del rischio, atteso che la vita nominale è definita come il periodo nel quale una struttura, realizzata secondo i dettami delle NTC 2008, può essere probabilisticamente considerata sicura, nel senso che è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegata.

Si richiamano anche:

- il contenuto della direttiva del Dipartimento Protezione Civile prot. DPC/SISM/0083283 del 04.11.2010 ad oggetto "chiarimenti sulla gestione degli esiti delle verifiche sismiche condotte in ottemperanza all'art. 2, comma 3 dell'OPCM n. 3274/2003".

In tale direttiva si chiarisce che *per la P.A. è obbligatorio condurre la verifica sismica di un edificio, come nella fattispecie, adibito a scuola, mentre non lo è l'intervento* ;

- la pronuncia del Comitato Tecnico Scientifico della Regione Emilia Romagna, presieduto dal prof. Petrini, che nella seduta del 27.07.2010 ha chiarito il concetto di "gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante", specificando che questo concetto, allo stato attuale, rappresenta non soltanto il principale elemento di valutazione su cui basare le scelte, ma anche il solo a cui si possa conferire un sufficiente grado di oggettività ed il solo a poter effettivamente essere di ausilio nella programmazione di un graduale miglioramento delle condizioni di sicurezza del patrimonio immobiliare esistente.

Ha dunque ipotizzato, in merito alla gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante, che **la vita nominale restante sia il tempo entro il quale si attiva l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza.**

E' così stato definito il

$$T_{int} = (0.105 \times T_{SLV}) / C_u$$

ove

T_{int} è il tempo di intervento

T_{SLV} è il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura in esame allo SLV, Stato Limite di Salvaguardia della Vita

C_u è il coefficiente d'uso dell'edificio

Nella fattispecie, poichè la classe d'uso considerata è III, il coefficiente $C_u=1.5$ ed il T_{SLV} è stato determinato in anni 77.

Risulta, dunque, che il tempo entro il quale occorre attivare l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza strutturale riscontrata è pari a

$$T_{int} = (0.105 \times 77) / 1.5 = 5,39 \text{ anni}$$

La P.A. valuterà sulla scorta delle predette considerazioni e conclusioni, le azioni da intraprendere e la fruizione dell'edificio.

CORPO MENSA - CASA CUSTODE

Costructura Consulting

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V_R (anni)	V_R (anni)	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S_T
Classe 3	50	75	ca	40.8337	14.8426	C	T1	1,00

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza	Livello di conoscenza e fattore di confidenza Fattore di confidenza
LC3	1.00

7 - METODO DI ANALISI

Analisi	Metodo di analisi Fattore di struttura q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale con fattore di struttura q	3,120	3,120

10 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite	PGA_0 [Ag/g]	Domanda - Entità dell'azione sismica attesa	
		T_{50} [anni]	
SLO	0.0890		99
SLD	0.1135		75
SLV	0.2701		77
SLC	0.3221		1462

9 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile	
			PGAc [Ag/g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.3628	1607
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.2373	452
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.1382	134
SLV	Taglio	CA	0.2967	994
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.1314	119
SLV	Carico Limite Terreno	CA	0.5546	>2475

11 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	CPGA	Indicatori di rischio sismico	CTR
SLO	2.668		2.575
SLD	3.198		3.513
SLV	0.486		0.480

Pertanto rispetto al rischio sismico, la vulnerabilità sismica dell'edificio adibito a scuola materna ed elementare e la conseguenza valutazione della sicurezza possono così riassumersi e sono così definibili:

- **La struttura esistente non è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni sismiche di progetto previste dalle vigenti Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 ed in particolare:**

- **Rispetto allo SLO** (tipo di rottura spostamento di interpiano SLO)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 2.575 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 452$ anni contro i 45 anni di normativa

- **Rispetto allo SLD** (tipo di rottura spostamento di interpiano SLD)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 3.513 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 1607$ anni contro i 75 anni di normativa

- **Rispetto allo SLV** (tipo di rottura: carico limite del terreno; flessione o pressoflessione; taglio; rottura dei nodi)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 0.480 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 119$ anni (valore minimo rispetto allo SLV per rottura del nodo) contro i 712 anni di normativa

- **Prescrizioni ed indicazioni operative**

La normativa vigente obbliga la P.A. alla obbligatoria verifica e valutazione della sicurezza dell'esistente edificio adibito a scuola materna, definendo se esistono le condizioni per continuare ad utilizzare la struttura, senza o previa esecuzione di interventi.

All'uopo si richiama quanto espresso dalla Commissione Grandi Rischi (CGR), che concludeva che "l'indice di rischio poteva essere utilizzato per stabilire il tempo entro il quale dovevano essere presi provvedimenti di messa in sicurezza" ed il contenuto della direttiva PCM "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni" del 23.07.2010: coerentemente con il concetto probabilistico di sicurezza, una struttura può considerarsi sicura nei riguardi di un terremoto con periodo di ritorno più breve rispetto a quello dell'azione sismica di riferimento. La vita nominale di una struttura, introdotta dalle NTC 2008, rappresenta, dunque, il parametro attraverso il quale programmare gli interventi di mitigazione del rischio, atteso che la vita nominale è definita come il periodo nel quale una struttura, realizzata secondo i dettami delle NTC 2008, può essere probabilisticamente considerata sicura, nel senso che è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegata.

Si richiamano anche:

- il contenuto della direttiva del Dipartimento Protezione Civile prot. DPC/SISM/0083283 del 04.11.2010 ad oggetto "chiarimenti sulla gestione degli esiti delle verifiche sismiche condotte in ottemperanza all'art. 2, comma 3 dell'OPCM n. 3274/2003".

In tale direttiva si chiarisce che *per la P.A. è obbligatorio condurre la verifica sismica di un edificio, come nella fattispecie, adibito a scuola, mentre non lo è l'intervento* ;

- la pronuncia del Comitato Tecnico Scientifico della Regione Emilia Romagna, presieduto dal prof. Petri, che nella seduta del 27.07.2010 ha chiarito il concetto di "gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante", specificando che questo concetto, allo stato attuale, rappresenta non soltanto il principale elemento di valutazione su cui basare le scelte, ma anche il solo a cui si possa conferire un sufficiente grado di oggettività ed il solo a poter effettivamente essere di ausilio nella programmazione di un graduale miglioramento delle condizioni di sicurezza del patrimonio immobiliare esistente.

Ha dunque ipotizzato, in merito alla gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante, che **la vita nominale restante sia il tempo entro il quale si attiva l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza.**

E' così stato definito il

$$T_{int} = (0.105 \times T_{SLV}) / C_u$$

ove

T_{int} è il tempo di intervento

T_{SLV} è il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura in esame allo SLV, Stato Limite di Salvaguardia della Vita

C_u è il coefficiente d'uso dell'edificio

Nella fattispecie, poichè la classe d'uso considerata è III, il coefficiente $C_u=1.5$ ed il T_{SLV} è stato determinato in anni 119.

Risulta, dunque, che **il tempo entro il quale occorre attivare l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza** strutturale riscontrata è pari a

$$T_{int} = (0.105 \times 119) / 1.5 = 8,33 \text{ anni}$$

La P.A. valuterà sulla scorta delle predette considerazioni e conclusioni, le azioni da intraprendere e la fruizione dell'edificio.

CORPO PALESTRA

Costructura Consulting

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _w [anni]	V _R [anni]	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	50	75	ca	40.8337	14.8426	C	T1	1,00

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza	Livello di conoscenza e fattore di confidenza Fattore di confidenza
LC3	1.00

7 - METODO DI ANALISI

Analisi	Metodo di analisi Fattore di struttura q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale con fattore di struttura q	3,300	3,300

10 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite	PGA ₀ [Ag/g]	T _{RD} [anni]	Domanda - Entità dell'azione sismica attesa
SLD	0.0890	45	
SLD	0.1135	75	
SLV	0.2701	712	
SLC	0.3221	1462	

9 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _C [Ag/g]	T _{RS} [anni]	Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.3420	1322	
SLD	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.2292	811	
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.9124	3378	
SLV	Taglio	CA	1.0032	3678	
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.1608	591	
SLV	Carico Limite Terreno	CA	0.7922	2883	

11 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	α_{PGA}	Indicatori di rischio sismico
		α_{TR}
SLO	2.577	2.479
SLD	3.014	3.245
SLV	0.625	0.614

Pertanto rispetto al rischio sismico, la vulnerabilità sismica dell'edificio adibito a scuola materna ed elementare e la conseguenza valutazione della sicurezza possono così riassumersi e sono così definibili:

- **La struttura esistente non è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni sismiche di progetto previste dalle vigenti Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 ed in particolare:**

- **Rispetto allo SLO** (tipo di rottura spostamento di interpiano SLO)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 2.479 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 412$ anni contro i 45 anni di normativa

- **Rispetto allo SLD** (tipo di rottura spostamento di interpiano SLD)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 3.245 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 1324$ anni contro i 75 anni di normativa

- **Rispetto allo SLV** (tipo di rottura: carico limite del terreno; flessione o pressoflessione; taglio; rottura dei nodi)

Indicatore di rischio sismico rispetto al Tempo di ritorno pari a 0.614 con corrispondente capacità ovvero entità della conseguente azione sismica sostenibile con un $T_{RC} = 217$ anni (valore minimo rispetto allo SLV per rottura del nodo) contro i 712 anni di normativa

- **Prescrizioni ed indicazioni operative**

La normativa vigente obbliga la P.A. alla obbligatoria verifica e valutazione della sicurezza dell'esistente edificio adibito a scuola materna, definendo se esistono le condizioni per continuare ad utilizzare la struttura, senza o previa esecuzione di interventi.

All'uopo si richiama quanto espresso dalla Commissione Grandi Rischi (CGR), che concludeva che "l'indice di rischio poteva essere utilizzato per stabilire il tempo entro il quale dovevano essere presi provvedimenti di messa in sicurezza" ed il contenuto della direttiva PCM "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni" del 23.07.2010: coerentemente con il concetto probabilistico di sicurezza, una struttura può considerarsi sicura nei riguardi di un terremoto con periodo di ritorno più breve rispetto a quello dell'azione sismica di riferimento. La vita nominale di una struttura, introdotta dalle NTC 2008, rappresenta, dunque, il parametro attraverso il quale programmare gli interventi di mitigazione del rischio, atteso che la vita nominale è definita come il periodo nel quale una

struttura, realizzata secondo i dettami delle NTC 2008, può essere probabilisticamente considerata sicura, nel senso che è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegata.

Si richiamano anche:

- il contenuto della direttiva del Dipartimento Protezione Civile prot. DPC/SISM/0083283 del 04.11.2010 ad oggetto "chiarimenti sulla gestione degli esiti delle verifiche sismiche condotte in ottemperanza all'art. 2, comma 3 dell'OPCM n. 3274/2003".

In tale direttiva si chiarisce che per la P.A. è obbligatorio condurre la verifica sismica di un edificio, come nella fattispecie, adibito a scuola, mentre non lo è l'intervento ;

- la pronuncia del Comitato Tecnico Scientifico della Regione Emilia Romagna, presieduto dal prof. Petrini, che nella seduta del 27.07.2010 ha chiarito il concetto di "gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante ", specificando che questo concetto, allo stato attuale, rappresenta non soltanto il principale elemento di valutazione su cui basare le scelte, ma anche il solo a cui si possa conferire un sufficiente grado di oggettività ed il solo a poter effettivamente essere di ausilio nella programmazione di un graduale miglioramento delle condizioni di sicurezza del patrimonio immobiliare esistente.

Ha dunque ipotizzato, in merito alla gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante, che **la vita nominale restante sia il tempo entro il quale si attiva l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza.**

E' così stato definito il

$$T_{int} = (0.105 \times T_{SLV}) / C_u$$

ove

T_{int} è il tempo di intervento

T_{SLV} è il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente all'attivazione del meccanismo di rottura in esame allo SLV, Stato Limite di Salvaguardia della Vita

C_u è il coefficiente d'uso dell'edificio

Nella fattispecie, poichè la classe d'uso considerata è III, il coefficiente $C_u=1.5$ ed il T_{SLV} è stato determinato in anni 217.

Risulta, dunque, che **il tempo entro il quale occorre attivare l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza** strutturale riscontrata è pari a

$$T_{int} = (0.105 \times 217) / 1.5 = 15,19 \text{ anni}$$

La P.A. valuterà sulla scorta delle predette considerazioni e conclusioni, le azioni da intraprendere e la fruizione dell'edificio.

13 - CONCLUSIONI

Le attuali norme attribuiscono agli edifici scolastici e quindi all'edificio di che trattasi una Vita Nominale di 50 anni che, tenendo conto dell'anno di ultimazione dei lavori, verrebbe a scadere per il corpo aule e mensa casa-custode nell'anno 2030 (quindi tra 13 anni) e per il corpo palestra nell'anno 2040 (quindi tra 23 anni).

Rispetto al tempo entro il quale sembra ragionevolmente attivare un intervento di miglioramento/adequamento sismico che ponga rimedio alla specifica inadeguatezza strutturale riscontrata, prioritariamente confinamento nodi, previa predisposizione di idonea progettazione, la situazione è cos' delineabile:

corpo aule

Il tempo entro il quale occorre attivare un intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza strutturale riscontrata è pari a $T_{int} = 5,39$ anni

corpo mensa - casa custode

Il tempo entro il quale occorre attivare un intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza strutturale riscontrata è pari a $T_{int} = 8,33$ anni

corpo palestra

Il tempo entro il quale occorre attivare un intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza strutturale riscontrata è pari a $T_{int} = 15,19$ anni

La P.A. valuterà sulla scorta delle predette considerazioni e conclusioni, le azioni da intraprendere e la fruizione dell'edificio.

In allegato:

- prove sui materiali, relazione a struttura ultimata e certificato di collaudo corpo aule e corpo mensa-casa custode
- prove sui materiali, relazione a struttura ultimata e certificato di collaudo corpo palestra
- correlazioni prove sui materiali
- graficizzazione accelerazioni di collasso a flessione o pressoflessione, a taglio e per rottura nodi, rispettivamente corpo aule, mensa-casa custode e palestra, in termini di percentuale di PGA (%)

Mercogliano (AV), 18/07/2017

Il verificatore strutturale

Ing. Michele Famiglietti

Oggetto

ANALISI VULNERABILITA' SISMICA DI UNA
STRUTTURA IN C.A. DESTINATA A SCUOLA
ELEMENTARE

Sito

Località S.Andrea Comune di Solofra

Foglio 3 Particella 1-2-3-4

Proprietà

COMUNE DI SOLOFRA

Fraz. S.Andrea Apostolo

Committente

COMUNE DI SOLOFRA

Fase

VALUTAZIONE SICUREZZA

Descrizione

SCHEDA VULNERABILITA' CORPO A

N. Elaborato

4

Scala

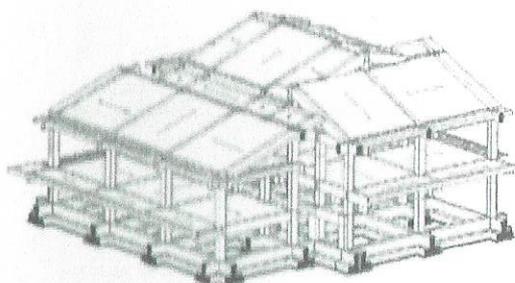
Revisione n.

0

Data

15.07.2017

Note



Timbro e Firma Verificatore

Ing. Nicola Vigilante

Cod. Pratica
2017-0001

Responsabile

Collaboratori

File
RELAZIONE DI CALCOLO.doc

N. progressivo elab.

4

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N	V _R	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	[anni] 50	[anni] 75	CA	40.8303	14.8492	B	T2	1,20

LEGENDA: Edificio

V_N Vita nominale dell'edificio
V_R Periodo di riferimento per l'azione sismica.
Materiale Principale [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
Latitudine Latitudine geografica del sito.
Longitudine Longitudine geografica del sito.
Categoria Sottosuolo Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
Categoria Topografica [T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i = 15° - [T2] = Pendii con inclinazione media i > 15° - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° = i = 30° - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°.
S_T Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	Parametri di pericolosità sismica							
	a ₀ [g]	F ₀	T* _c [s]	C _c	T _B [s]	T _c [s]	T _D [s]	S _s [s]
SLO	0.0592	2.363	0.308	1.39	0.143	0.429	1.837	1.20
SLD	0.0755	2.377	0.332	1.37	0.152	0.455	1.902	1.20
SLV	0.1895	2.440	0.409	1.32	0.179	0.538	2.358	1.20
SLC	0.2393	2.488	0.423	1.31	0.184	0.553	2.557	1.16

LEGENDA: Pericolosità sismica

Stato Limite [SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
a₀ Accelerazione di picco al suolo
F₀ Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
T*_c Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
C_c Coefficienti di amplificazione di T*_c
T_B Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_c Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T_D Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
S_s Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Sistema resistente		
	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Distribuzione Tamponature in Pianta
A telaio, miste equivalenti a telaio	telai multicampata	Assenti	Irregolare

LEGENDA: Sistema resistente

Tipologia Struttura Cemento armato: Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso;
Muratura: Un solo piano - Più di un piano;
Acciaio: Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA		Regolarità della struttura
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze.		NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4.		NO
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione		NO
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti. Per edifici in muratura: i solai sono ben collegati alle pareti e dotati di una sufficiente rigidezza e resistenza nel loro piano.		SI

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA

Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione.	NO
Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base.	NO
Nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti. (Non significativo per strutture in muratura)	NO
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.	NO

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC2	1,20

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza
 Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
 Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC2	1,2

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza
 Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
 Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N	γ_k [N/m ³]	CdT [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ_c	Caratteristiche Calcestruzzo Armato					
										f _{cd}	f _{ctd}	f _{ctm}	n	n Ac	
Rmc20-Acciaio Feb44K - (Rmc20)															
001	25,000	0,000010	30,200	12,583	F	-	24,09	1,00	1,50	11,11	0,86	2,21	15	002	

LEGENDA Caratteristiche Calcestruzzo Armato

- N Numero identificativo del materiale.
- γ_k Peso specifico.
- CdT Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E Modulo elastico normale.
- G Modulo elastico tangenziale.
- Stz Indica il 'Tipo Situazione': [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente)(tiene conto del LC/FC); [P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo);
- R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.
- R_{cm} Resistenza media cubica.
- %R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}.
- γ_c Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
- f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.
- f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.
- f_{ctm} Resistenza media a trazione per flessione.
- n Coefficiente di omogeneizzazione.
- n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N	γ_k [N/m ³]	CdT [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	Caratteristiche Acciaio									
						f _{yk,1} / f _{yk,2} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yd,1} / f _{yd,2} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}
Feb44K - (B450C)															

Caratteristiche Acciaio

N	γ_k	CdT	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	f_{tk}	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/m ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	F	430,00	-	311,59	-	1,15	-	-	-	-	-

LEGENDA Caratteristiche Acciaio

- N** Numero identificativo del materiale.
- γ_k** Peso specifico.
- CdT** Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E** Modulo elastico normale.
- G** Modulo elastico tangenziale.
- Stz** Indica il 'Tipo Situazione': [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente) (tiene conto del FC); [-/P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo); [-] = resistenze medie /caratteristiche del materiale.
- $f_{yk,1}$** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con $t \leq 40$ mm).
- $f_{yk,2}$** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
- f_{tk}** Resistenza a Rottura (Bulloni).
- $f_{yd,1}$** Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).
- $f_{yd,2}$** Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
- f_{td}** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
- γ_s** Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
- γ_{M1}** Coefficiente di sicurezza per instabilità.
- γ_{M2}** Coefficiente di sicurezza per sezioni tese indebolite.
- $\gamma_{M3,SLV}$** Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLV (Bulloni).
- $\gamma_{M3,SLE}$** Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLE (Bulloni).
- γ_{M7}** Coefficiente di sicurezza precarico bulloni ad alta resistenza (Bulloni): [-] = parametro NON significativo per il materiale.

7 - METODO DI ANALISI

Analisi	Metodo di analisi	
	Fattore di struttura q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale con fattore di struttura q	2,40	2,40

LEGENDA: Metodo di analisi

Analisi Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.

Fattore di struttura q [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - PERIODI FONDAMENTALI E MASSE PARTECIPANTI

Direzione	Periodo	Modo di vibrare	Periodi fondamentali e masse partecipanti	
			Masse partecipanti	Coefficiente di partecipazione
a	[s]		[%]	
X	0.228	1	62.98	608.32
Y	0.170	2	49.75	540.66

LEGENDA: Periodi fondamentali e masse partecipanti

- Periodo** Periodo di vibrazione nella direzione considerata.
- Modo di vibrare** Modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Masse partecipanti** Percentuale di masse partecipanti relative al modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Coefficiente di partecipazione** Coefficiente di partecipazione massimo, in valore assoluto, nella direzione considerata.

9 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile	
			PGA _c	T _{RC}
			[Ag/g]	[anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.581	>2475
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.368	1956
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.460	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.178	241
SLV	Taglio	CA	0.187	273
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.096	58

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo.
T_{Rc} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno.

10 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite		PGA _D [g]	T _{RD} [anni]
SLO		0.085	45
SLD		0.109	75
SLV		0.273	712
SLC		0.334	1'462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito (S_s-S_T-a₀/g)
T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno

11 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite		α _{PGA}	α _{TR}
SLO		4.314	4.695
SLD		5.342	4.892
SLV		0.351	0.358

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
α_{PGA} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_c/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.
α_{TR} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: (T_{Rc}/T_{RD})^{0,41} - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

Solofra, 17/07/2017

Il Verificatore

Ing. Nicola Vigilante

ANALISI VULNERABILITA' SISMICA DI UNA
STRUTTURA IN C.A. DESTINATA A SCUOLA
ELEMENTARE

Oggetto

Sito
Località S.Andrea Comune di Solofra

Foglio 3 Particella 1-2-3-4

Proprietà
COMUNE DI SOLOFRA

Fraz. S.Andrea Apostolo

Committente
COMUNE DI SOLOFRA

Fase
VALUTAZIONE SICUREZZA

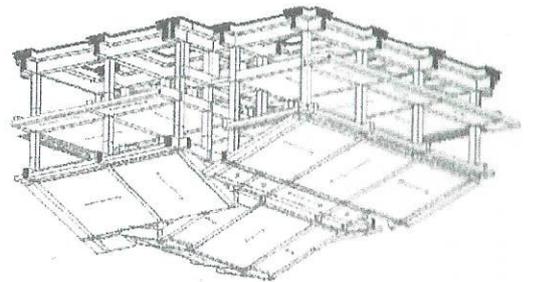
Descrizione
SCHEDA VULNERABILITA' CORPO B

N. Elaborato
7
Scala

Revisione n.
0

Data
15.07.2017

Note



Timbro e Firma Verificatore

Ing. Nicola Vighante

Cod. Pratica
2017-0001
Responsabile
Collaboratori

File
RELAZIONE DI CALCOLO.doc

N. progressivo elab.

7

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N [anni]	V _R [anni]	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
				Classe 3	50			

LEGENDA: Edificio

- V_N Vita nominale dell'edificio
- V_R Periodo di riferimento per l'azione sismica.
- Materiale Principale [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
- Latitudine Latitudine geografica del sito.
- Longitudine Longitudine geografica del sito.
- Categoria Sottosuolo Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
- Categoria Topografica [T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i = 15° - [T2] = Pendii con inclinazione media i > 15° - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° = i = 30° - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°.
- S_T Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	Parametri di pericolosità sismica							
	a _g [g]	F ₀	T* _c [s]	C _c	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]	S _s [s]
SLO	0.0592	2.363	0.308	1.39	0.143	0.429	1.837	1.20
SLD	0.0755	2.377	0.332	1.37	0.152	0.455	1.902	1.20
SLV	0.1895	2.440	0.409	1.32	0.179	0.538	2.358	1.20
SLC	0.2393	2.488	0.423	1.31	0.184	0.553	2.557	1.16

LEGENDA: Pericolosità sismica

- Stato Limite [SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
- a_g Accelerazione di picco al suolo
- F₀ Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T*_c Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- C_c Coefficienti di amplificazione di T*_c
- T_B Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
- T_C Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
- T_D Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- S_s Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Sistema resistente		
	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Distribuzione Tamponature in Pianta
A telaio, miste equivalenti a telaio	telai multicampata	Assenti	Irregolare

LEGENDA: Sistema resistente

- Tipologia Struttura Cemento armato: Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso;
- Muratura: Un solo piano - Più di un piano;
- Acciaio: Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA		Regolarità della struttura
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze.		NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4.		NO
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione.		NO
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti. Per edifici in muratura: i solai sono ben collegati alle pareti e dotati di una sufficiente rigidezza e resistenza nel loro piano.		SI

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA

Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione.	NO
Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base.	NO
Nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti. (Non significativo per strutture in muratura)	NO
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.	NO

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza	Livello di conoscenza e fattore di confidenza
	Fattore di confidenza
LC2	1.20

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
 Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza	Livello di conoscenza e fattore di confidenza
	Fattore di confidenza
LC2	1,2

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza

Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
 Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N	γ_k [N/m ³]	CdT [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ_c	Caratteristiche Calcestruzzo Armato					
										f _{cd}	f _{ctd}	f _{ctm}	n	n Ac	
Rcm15-Feb44K - (Rcm15)															
001	25.000	0,000010	30.200	12.583	F	-	17,85	1,00	1,50	8,23	0,70	1,81	15	002	

LEGENDA Caratteristiche Calcestruzzo Armato

- N Numero identificativo del materiale.
- γ_k Peso specifico.
- CdT Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E Modulo elastico normale.
- G Modulo elastico tangenziale.
- Stz Indica il 'Tipo Situazione': [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente)(tiene conto del LC/FC); [P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo);
- R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.
- R_{cm} Resistenza media cubica.
- %R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}
- γ_c Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
- f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.
- f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.
- f_{ctm} Resistenza media a trazione per flessione.
- n Coefficiente di omogeneizzazione.
- n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N	γ_k	CdT	E	G	Stz	f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	Caratteristiche Acciaio		
													$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}
Feb44K - (B450C)															

Caratteristiche Acciaio

N	γ_k	CdT	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	f_{tk}	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/m ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
002	78,500	0,000010	210.000	80.769	F	430,00	-	311,59	-	1,15	-	-	-	-	-

LEGENDA Caratteristiche Acciaio

- N** Numero identificativo del materiale.
- γ_k** Peso specifico.
- CdT** Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E** Modulo elastico normale.
- G** Modulo elastico tangenziale.
- Stz** Indica il 'Tipo Situazione' : [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente) (tiene conto del FC); [-/P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo); [-] = resistenze medie /caratteristiche del materiale.
- $f_{yk,1}$** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con $t \leq 40$ mm).
- $f_{yk,2}$** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
- f_{tk}** Resistenza a Rottura (Bulloni).
- $f_{yd,1}$** Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).
- $f_{yd,2}$** Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
- f_{td}** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
- γ_s** Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
- γ_{M1}** Coefficiente di sicurezza per instabilità.
- γ_{M2}** Coefficiente di sicurezza per sezioni tese indebolite.
- $\gamma_{M3,SLV}$** Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLV (Bulloni).
- $\gamma_{M3,SLE}$** Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLE (Bulloni).
- γ_{M7}** Coefficiente di sicurezza precarico bulloni ad alta resistenza (Bulloni); [-] = parametro NON significativo per il materiale.

7 - METODO DI ANALISI

Analisi	Metodo di analisi	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale con fattore di struttura q	2,40	2,40

LEGENDA: Metodo di analisi

- Analisi** Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.
- Fattore di struttura q** [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - PERIODI FONDAMENTALI E MASSE PARTECIPANTI

Direzione	Periodo	Modo di vibrare	Periodi fondamentali e masse partecipanti	
			Masse partecipanti	Coefficiente di partecipazione
e	[s]		[%]	
X	0.310	1	48.49	658.56
Y	0.263	2	43.84	626.19

LEGENDA: Periodi fondamentali e masse partecipanti

- Periodo** Periodo di vibrazione nella direzione considerata.
- Modo di vibrare** Modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Masse partecipanti** Percentuale di masse partecipanti relative al modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Coefficiente di partecipazione** Coefficiente di partecipazione massimo, in valore assoluto, nella direzione considerata.

9 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile	
			PGA _c	T _{RC}
			[Ag/g]	[anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.394	2224
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.256	626
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.425	>2475
SLV	Rivestimento a Pressoaffestione	CA	0.131	115
SLV	Taglio	CA	0.102	69
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.086	46

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo.
T_{RC} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno.

10 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite		PGA _D [g]	T _{RD} [anni]
SLO		0.085	45
SLD		0.109	75
SLV		0.273	712
SLC		0.334	1'462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_q/g$)
T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno

11 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite		α _{PGA}	α _{TR}
SLO		3.003	2.943
SLD		3.624	4.014
SLV		0.315	0.325

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
α_{PGA} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_c/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.
α_{TR} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0.41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

Solofra, 15/07/2017

Il Progettista

Ing. Nicola Vigilante

Oggetto

ANALISI VULNERABILITA' SISMICA DI UNA
STRUTTURA IN C.A. DESTINATA A SCUOLA
ELEMENTARE

Sito

Località S.Andrea Comune di Solofra

Foglio 3 Particella 1-2-3-4

Proprietà

COMUNE DI SOLOFRA

Fraz. S.Andrea Apostolo

Committente

COMUNE DI SOLOFRA

Fase

VALUTAZIONE SICUREZZA

Descrizione

**SCHEDA VULNERABILITA' SISMICA
CORPO C**

N. Elaborato

10

Scala

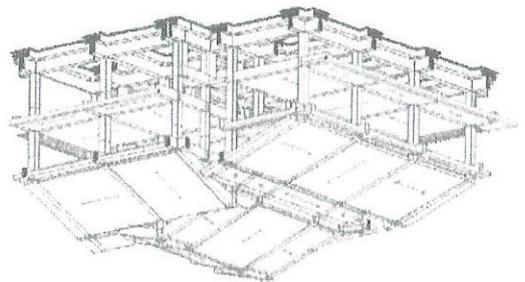
Revisione n.

0

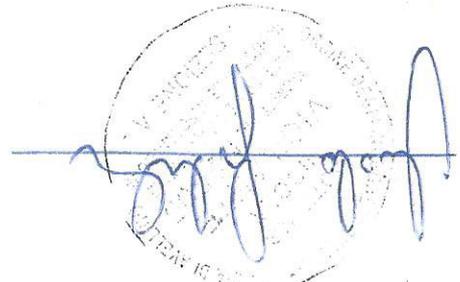
Data

15.07.2017

Note



Timbro e Firma Verificatore
Ing. Nicola Vigilante



Cod. Pratica
2017-0001

Responsabile

Collaboratori

File

RELAZIONE DI CALCOLO.doc

N. progressivo elab.

10

1 - EDIFICIO

Classe d'uso	V _N	V _R	Materiale Principale	Coordinate geografiche ED 50		Categoria Sottosuolo	Condizioni Topografiche	
				Latitudine	Longitudine		Categoria	S _T
Classe 3	[anni] 50	[anni] 75	CA	40.8303	14.8492	B	T2	1,20

LEGENDA: Edificio

V _N	Vita nominale dell'edificio
V _R	Periodo di riferimento per l'azione sismica.
Materiale Principale	[CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura.
Latitudine	Latitudine geografica del sito.
Longitudine	Longitudine geografica del sito.
Categoria Sottosuolo	Tipo terreno prevalente, categoria di suolo di fondazione: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m.
Categoria Topografica	[T1] = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i = 15^\circ$ - [T2] = Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ - [T3] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ = i = 30^\circ$ - [T4] = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.
S _T	Coefficiente di amplificazione topografica.

2 - PERICOLOSITA' SISMICA

Stato Limite	a _g [g]	F ₀	T* _c [s]	C _c	T _B [s]	T _C [s]	T _D [s]	Parametri di pericolosità sismica	
								S _s [s]	S _s [s]
SLO	0.0592	2.363	0.308	1.39	0.143	0.429	1.837	1.20	1.20
SLD	0.0755	2.377	0.332	1.37	0.152	0.455	1.902	1.20	1.20
SLV	0.1895	2.440	0.409	1.32	0.179	0.538	2.358	1.20	1.20
SLC	0.2393	2.488	0.423	1.31	0.184	0.553	2.557	1.16	1.16

LEGENDA: Pericolosità sismica

Stato Limite	[SLC] = stato limite di collasso - [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
a _g	Accelerazione di picco al suolo
F ₀	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
T* _c	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
C _c	Coefficienti di amplificazione di T* _c
T _B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T _C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico in accelerazione orizzontale.
T _D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
S _s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica.

3 - SISTEMA RESISTENTE

Tipologia Struttura	Sistema resistente		
	Telai Multicampata	Pareti Accoppiate	Distribuzione Tamponature in Pianta
A telaio, miste equivalenti a telaio	telai multicampata	Assenti	Irregolare

LEGENDA: Sistema resistente

Tipologia Struttura	Cemento armato: Telaio - Pareti - Mista telaio-pareti - Due pareti per direzione non accoppiate - Deformabili torsionalmente - Pendolo inverso; Muratura: Un solo piano - Più di un piano; Acciaio: Telaio - Controventi concentrici diagonale tesa - Controventi concentrici a V - Mensola o pendolo invertito - Telaio con tamponature
---------------------	--

4 - REGOLARITA' DELLA STRUTTURA

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN PIANTA		Regolarità della struttura
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità.		NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4.		NO
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione.		NO
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti. Per edifici in muratura: i solai sono ben collegati alle pareti e dotati di una sufficiente rigidità e resistenza nel loro piano.		SI

REGOLARITA' DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA

Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione.	NO
Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base.	NO
Nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti. (Non significativo per strutture in muratura)	NO
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.	NO

5 - LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza		Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
		Fattore di confidenza	
LC2		1.20	

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza
 Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
 Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

6 - MATERIALI

LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Livello di conoscenza		Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
		Fattore di confidenza	
LC2		1,2	

LEGENDA: Livello di conoscenza e fattore di confidenza
 Livello di conoscenza [LC1] = Conoscenza Limitata - [LC2] = Conoscenza Adeguata - [LC3] = Conoscenza Accurata.
 Fattore di confidenza Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N	γ_k [N/m ³]	CdT [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ_c	Caratteristiche Calcestruzzo Armato					
										f _{cd}	f _{ctd}	f _{cfm}	n	n Ac	
Rcm15-Feb44K - (Rcm15)															
001	25.000	0,000010	30.200	12.583	F	-	17,85	1,00	1,50	8,23	0,70	1,81	15	002	

LEGENDA Caratteristiche Calcestruzzo Armato

- N Numero identificativo del materiale.
- γ_k Peso specifico.
- CdT Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E Modulo elastico normale.
- G Modulo elastico tangenziale.
- Stz Indica il 'Tipo Situazione': [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente)(tiene conto del LC/FC); [P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo);
- R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.
- R_{cm} Resistenza media cubica.
- %R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}
- γ_c Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
- f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.
- f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.
- f_{cfm} Resistenza media a trazione per flessione.
- n Coefficiente di omogeneizzazione.
- n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato; [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N	γ_k [N/m ³]	CdT [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Stz [N/m ²]	Caratteristiche Acciaio									
						f _{yk,1} / f _{yk,2} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yd,1} / f _{yd,2} [N/mm ²]	f _{td} [N/mm ²]	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}
Feb44K - (B450C)															

Caratteristiche Acciaio

N	γ_k	CdT	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	f_{tk}	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/m ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	F	430,00	-	311,59	-	1,15	-	-	-	-	-

LEGENDA Caratteristiche Acciaio

- N** Numero identificativo del materiale.
- γ_k** Peso specifico.
- CdT** Coefficiente di Dilatazione Termica.
- E** Modulo elastico normale.
- G** Modulo elastico tangenziale.
- Stz** Indica il 'Tipo Situazione': [F] = materiale 'di Fatto' (Esistente) (tiene conto del FC); [-/P] = materiale 'di Progetto' (Nuovo); [-] = resistenze medie /caratteristiche del materiale.
- $f_{yk,1}$** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con $t \leq 40$ mm).
- $f_{yk,2}$** Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
- f_{tk}** Resistenza a Rottura (Bulloni).
- $f_{yd,1}$** Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).
- $f_{yd,2}$** Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).
- f_{td}** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
- γ_s** Coefficiente di sicurezza allo SLV del materiale.
- γ_{M1}** Coefficiente di sicurezza per instabilità.
- γ_{M2}** Coefficiente di sicurezza per sezioni tese indebolite.
- $\gamma_{M3,SLV}$** Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLV (Bulloni).
- $\gamma_{M3,SLE}$** Coefficiente di sicurezza a scorrimento alla SLE (Bulloni).
- γ_{M7}** Coefficiente di sicurezza precarico bulloni ad alta resistenza (Bulloni): [-] = parametro NON significativo per il materiale.

7 - METODO DI ANALISI

Analisi	Fattore di struttura q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale con fattore di struttura q	2,40	2,40

Metodo di analisi

LEGENDA: Metodo di analisi

Analisi Tipo di analisi usata per la verifica sismica e il calcolo degli indicatori di rischio sismico.

Fattore di struttura q [-] = Non significativo per il tipo di analisi usata.

8 - PERIODI FONDAMENTALI E MASSE PARTECIPANTI

Direzione	Periodo	Modo di vibrare	Periodi fondamentali e masse partecipanti	
			Masse partecipanti	Coefficiente di partecipazione
e	[s]		[%]	
X	0.257	1	78.46	409.72
Y	0.206	2	64.37	371.12

LEGENDA: Periodi fondamentali e masse partecipanti

- Periodo** Periodo di vibrazione nella direzione considerata.
- Modo di vibrare** Modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Masse partecipanti** Percentuale di masse partecipanti relative al modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Coefficiente di partecipazione** Coefficiente di partecipazione massimo, in valore assoluto, nella direzione considerata.

9 - CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile	
			PGA _c	T _{rc}
			[Ag/g]	[anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.513	>2475
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.311	1121
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.640	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.162	191
SLV	Taglio	CA	0.137	129
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.085	45

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo.
T_{Rc} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno.

10 - DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite	PGA _D [g]	T _{RD} [anni]
SLO	0.085	45
SLD	0.109	75
SLV	0.273	712
SLC	0.334	1'462

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito (S_a-S_r-a_g/g)
T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno

11 - INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	α _{PGA}	α _{TR}
SLO	3.647	3.737
SLD	4.716	4.648
SLV	0.310	0.322

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
α_{PGA} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_c/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.
α_{TR} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: (T_{Rc}/T_{RD})^{0.41} - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

Solofra, 15/07/2017

Il Progettista

Ing. Nicola Vigilante