



COMUNE DI NONANTOLA

INTERVENTI DI RIPARAZIONE CON MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA D'INFANZIA "DON A.P. ANSALONI"

REGIONE: EMILIA ROMAGNA

PROVINCIA: MODENA

COMUNE: NONANTOLA

TITOLO : ISTITUTO DON ANSALONI - PROGETTO STRUTTURE

Relazione sui materiali, relazione geotecnica e sulle fondazioni, relazione sismica, relazione di calcolo e giudizio motivato di accettabilità dei risultati

CODICE ELABORATO: 16GA088 | PE | CO | R | ST | 05.A | 1
commessa livello progettazione destinatario tipo elaborato settore n° elaborato variante

ST.05.A

VAR. N.	DESCRIZIONE MODIFICA	DATA	SOSTITUISCE ELABORATO
0	PRIMA EMISSIONE	03.09.2018	/
1	AGGIORNAMENTO IN SEGUITO RICHIESTA INTEGRAZIONI	18.06.2019	

EMESSO PER:

Consulenza	<input type="checkbox"/>	Progetto preliminare	<input type="checkbox"/>	Progetto esecutivo	<input checked="" type="checkbox"/>
Richiesta autorizzazione	<input type="checkbox"/>	Progetto definitivo	<input type="checkbox"/>	Direzione Lavori	<input type="checkbox"/>

Il progettista

Ing. Claudio Pantanali

Il direttore tecnico

Ing. Claudio Pantanali

Il committente



INDICE

1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2	METODO DI CALCOLO	4
3	RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI IMPIEGATI	7
4	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI	21
5	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA	27
6	RELAZIONE DI CALCOLO	39

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1.1 NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA

- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*”;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617 - “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”;
- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 “*Norme tecniche per le costruzioni*”;
- Circolare 10 aprile 1997, n.65/AA.GG. “*Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996*”;
- Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996 “*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*”;
- L. 02.02.1974 n. 64 “*Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche*”.

1.2 NORME GENERALI RELATIVE AI MANUFATTI IN C.A. E A QUELLI A STRUTTURA METALLICA, METODI DI CALCOLO E VERIFICA, CARICHI DI PROGETTO

- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*”;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617 - “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”;
- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 “*Norme tecniche per le costruzioni*”;
- Circolare 10 aprile 1997, n.65/AA.GG. “*Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996*”;
- Decreto Ministeriale 9 gennaio 1996 “*Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche*”;
- Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996 “*Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*”;
- Circ. Min. LL.PP. 04.07.1996, n. 156 AA.GG./S.T.C. “*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16.01.1996*”.
- L. 05.11.1971 n. 1086 “*Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica*”.

1.3 NORME RELATIVE ALLE OPERE DI FONDAZIONE E ALLE INDAGINI SUI TERRENI

- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*”;

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

- Circolare 2 febbraio 2009, n.617 - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008";
- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 *"Norme tecniche per le costruzioni"*;

1.4 NORME RELATIVE AI MATERIALI DA COSTRUZIONE

- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'*"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"* di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"*;
- EN 206-1 *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità*;
- UNI11104 *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN-206-1*.

1.5 ALTRE NORME

1.5.1 CNR

- CNR-DT 212/2013 – *Istruzioni per la valutazione affidabilistica della sicurezza sismica di edifici esistenti*.

2 METODO DI CALCOLO

2.1 METODO DI CALCOLO

Il calcolo è eseguito applicando il metodo di verifica agli stati limite ultimi applicando il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" e la Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", utilizzando il programma di calcolo 3MURI della STADATA S.r.l. e il programma VcaSlu rel.7.7 di Piero GELFI.

La definizione degli spettri di risposta è stata effettuata con il programma *Spettri-NTCver1.03* stilato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

2.2 DESCRIZIONE SINTETICA CODICE DI CALCOLO 3MURI



2.2.1 DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA 3MURI

Si tratta di un programma di calcolo strutturale nato specificatamente per il calcolo sismico e statico delle strutture in muratura secondo il DM 14-1-2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", DM 17-01-2018, Circolre n.7 21-1-2019, EC6, EC8, SIA. Non è semplicemente l'adattamento di un software FEM generico ma 3MURI è stato sviluppato in modo specifico per la progettazione di edifici nuovi o l'esame di edifici esistenti, in muratura e misti (con elementi in cemento armato, acciaio e legno), di piccole o grandi dimensioni. Il software utilizza un metodo di calcolo detto FME - Frame by Macro Element che schematizza la struttura attraverso un telaio equivalente costituito da un particolare tipo di elemento, detto macroelemento. Il solutore del software ha dimostrato la sua affidabilità grazie a test effettuati presso numerose Università e Centri di ricerca nazionali e internazionali, con risultati in grado di rappresentare fedelmente il reale comportamento delle strutture analizzate. Dall'analisi effettuata è quindi possibile prevedere i necessari interventi di adeguamento sismico, mediante il rinforzo delle murature esistenti o l'inserimento di nuovi elementi in muratura o muratura armata.

2.2.2 SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE E CRITERI DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

3MURI consente di calcolare le strutture in muratura modellando i diversi elementi: pareti, solai, tetti, elementi aggiuntivi in cemento armato, acciaio, legno (travi, pilastri, setti) e considera i solai con l'effettiva rigidezza degli elementi che lo costituiscono; ciò permette di simulare il comportamento complessivo e di poterne valutare il contributo, senza necessariamente renderli infinitamente rigidi. In particolare, sono previste tutte le tipologie di solaio:

E' noto infatti che la rigidezza del solaio, soprattutto per i solai a bassa rigidezza come quelli in legno, condizionano fortemente

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

il comportamento complessivo sotto sisma.

La costruzione del modello viene eseguita in modo interattivo, introducendo graficamente la struttura e controllando in ogni momento i dati ed i risultati.

La prima fase prevede l'input completamente grafico della struttura attraverso "oggetti strutturali": pannelli di muratura, travi e pilastri in c.a., acciaio, legno, muratura, catene, e cordoli. Successivamente sono calcolati, in automatico, parametri fondamentali per l'analisi "push-over" come la flessibilità dei solai. Infine, il modello viene completato con i carichi introdotti direttamente sui solai, i vincoli, e le caratteristiche del terreno. La distribuzione dei carichi sugli elementi verticale è calcolata automaticamente.

Per tutti gli elementi previsti, vi è una sessione dedicata all'inserimento della geometria attraverso la lettura di disegni in formato DXF e IFC.

L'inserimento del materiale prevede la possibilità di richiamare le tabelle previste da normativa. Oltre agli elementi semplici, come pannelli murari, travi in c.a., legno e acciaio, setti e catene, 3MURI offre la possibilità di inserire anche elementi composti:

- Pannello + cordolo
- Pannello + trave
- Pannello + catena
- Pannello + rinforzi

Le coperture in 3MURI sono costituite da un insieme di elementi strutturali che fanno parte del livello attivo; è quindi possibile definire un tetto per ogni livello. Questa modalità di inserimento permette di definire un sistema di coperture a quote differenziate.

Le falde possono appartenere a diverse famiglie strutturali, come ad esempio quelle del legno e del latero cemento.

Il software permette di definire due tipologie di coperture:

- Copertura non strutturale → nel caso di una copertura NON strutturale come quella in legno di una struttura esistente, affidare la portanza sismica e la capacità di trasferire le forze a un sistema a bassa rigidezza, di cui spesso si possiedono limitate informazioni in merito al buon ammassamento con la muratura, costituisce un rischio. Quindi, è bene trascurare resistenza e rigidezza di tali elementi, facendo in modo che non entrino in gioco al momento della mesh e vengano trasformati in carichi applicati alla struttura sottostante. Le stesse porzioni in muratura (es. timpani), in assenza di falde a buona rigidezza, potrebbero dar luogo a meccanismi di fuori piano; in tal caso, sarebbe opportuno omettere la rigidezza di tali elementi murari. In questa condizione, la mesh dell'edificio sarebbe la medesima al caso in cui fosse stata eseguita la mesh prima di inserire il tetto.
- Copertura strutturale → nel caso di una copertura strutturale, in cui la falda possieda una rigidezza significativa, è possibile utilizzarla per avere una ripartizione delle forze più coerente con la realtà. In tal caso, è necessario che nella mesh della struttura siano coinvolti tutti gli elementi strutturali della copertura.

Le falde sono costituite da superfici (anche NON piane) che vengono discretizzate mediante mesh triangolare con elementi di tipo membrana (stesso elemento usato per i solai).

Data l'irregolarità delle strutture esistenti, capita spesso che per seguire in modo accurato il profilo murario vengano posate travi dell'orditura di una singola falda non complanari, questo è il motivo per cui è possibile inserire anche falde non piane. Inoltre, i maschi murari vengono modificati in altezza e forma per seguire correttamente il perimetro della falda.

I carichi vengono applicati direttamente sui solai. Il peso proprio delle murature è calcolato in automatico mentre i carichi dei solai, suddivisi tra permanenti e variabili, sono ripartiti automaticamente sulle murature su cui appoggiano secondo la loro reale disposizione, monodirezionale o bidirezionale.

Le tipologie di carico disponibili sono:

- • concentrati sui solai
- • concentrati sui muri
- • lineari sui solai
- • lineari sui muri
- • distribuiti sui solai e sui balconi

L'analisi della struttura in 3MURI è suddivisa in due fasi: nella prima viene generato automaticamente il modello a telaio equivalente, nella seconda si esegue l'analisi statica non lineare (push-over) da cui si ricava la curva di capacità della struttura (curva sforzo – spostamento del punto di controllo).

Il risultato della generazione del modello a telaio equivalente è la presentazione di una mesh che schematizza la struttura in maschi, fasce, travi, tiranti e pilastri. Questi elementi possono ancora essere modificati manualmente per tener conto di situazioni particolari.

L'analisi non lineare, invece, è condotta aumentando in modo monotono i carichi, e ricavando lo spostamento orizzontale della struttura. Superando un valore convenzionale di spostamento, calcolato automaticamente, si considera la struttura collassata e si può costruire la curva Forza orizzontale – Spostamento orizzontale, che rappresenta la Curva di capacità offerta, cioè il comportamento della struttura al variare dei carichi orizzontali.

Il software 3Muri permette la determinazione automatica del telaio equivalente, una volta definita la geometria dell'edificio, attraverso un algoritmo che riconosce le connessioni tra i pannelli murari e li suddivide in elementi rigidi, maschi, fasce e creando la struttura da analizzare.

Per ogni analisi viene presentata la curva push-over e la schematizzazione della bilatera del sistema equivalente. A seconda della normativa scelta vengono visualizzate le condizioni di verifica corrispondenti. E' possibile esaminare qualsiasi parametro della risposta della costruzione, al fine di un'adeguata comprensione del comportamento strutturale. Questi dati sono necessari per progettare al meglio eventuali interventi di adeguamento o miglioramento sismico.

Rappresentazione della curva sforzo – deformazione

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Il limite della curva a destra indica lo spostamento fornito dalla struttura. La barra rossa verticale indica lo spostamento minimo richiesto dalla normativa. Se questo valore risulta inferiore al limite destro della curva, la struttura è verificata.

Il modello 3Muri, attraverso lo studio del comportamento elasto-plastico degli elementi consente di valutare in ogni istante le condizioni degli elementi singoli e della struttura globale. La verifica si ottiene quindi in termini prestazionali, cioè di capacità della struttura di subire spostamenti superiori a quanto richiesto dalla norma.

I risultati sono rappresentati in termini di valori degli spostamenti, delle caratteristiche di sollecitazione e di deformazione dei nodi per le varie pareti che compongono la struttura per ogni sottopasso dell'analisi.

E' inoltre visualizzato l'andamento delle deformate, sia di pianta che della parete, il differente colore mette in luce lo stato di avanzamento del danno nei vari macroelementi. Osservando le tonalità di colore presenti nella mappa della parete deformata, si può facilmente determinare i macroelementi danneggiati e la causa del danneggiamento (taglio, pressoflessione).

Per tutti gli elementi non danneggiati è anche possibile valutare la tendenza al danneggiamento, andando a distinguere se entrano in campo plastico per taglio o per pressoflessione. Questo tipo di visualizzazione non riguarda solamente gli elementi murari ma anche quelli in C.A., acciaio o legno.

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

3 RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI IMPIEGATI

3.1 CALCESTRUZZO

3.1.1 PRESCRIZIONI GENERALI

L'acqua utilizzata per l'impasto deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva, inoltre non deve provenire da zone di ristagno all'aperto.

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche limose ed argillose, di gesso ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature; devono provenire da impianti di estrazione e lavaggio autorizzati, ed avere granulometria opportunamente assortita, adeguatamente alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

3.1.1.1 LEGANTI

Nelle opere oggetto della presente relazione devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purchè idonei all'impiego previsto nonchè, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n.595.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

3.1.1.2 AGGREGATI

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

3.1.1.3 AGGIUNTE

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

3.1.1.4 ADDITIVI

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

3.1.1.5 ACQUA DI IMPASTO

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

3.1.1.6 MISCELE PRECONFEZIONATE DI COMPONENTI PER CALCESTRUZZO

In assenza di specifica norma armonizzata europea, il produttore di miscele preconfezionate di componenti per calcestruzzi, cui sia da aggiungere in cantiere l'acqua di impasto, deve documentare per ogni componente utilizzato la conformità alla relativa norma armonizzata europea.

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

3.1.2 PRESCRIZIONI PER IL CONTROLLO DELLA FESSURAZIONE

Allo scopo di controllare la formazione di fessure nel calcestruzzo fresco si forniscono le seguenti prescrizioni:

- costipare adeguatamente il calcestruzzo nei casseri;
- proteggere i getti da un'evaporazione troppo rapida;
- ridurre lo scambio termico dei getti con l'ambiente;
- utilizzare cementi di miscela (che sviluppino un minore calore di idratazione).

Allo scopo di controllare la formazione di fessure nel calcestruzzo indurito si forniscono le seguenti prescrizioni:

- i cementi di miscela utilizzati saranno a basso contenuto di C3A (ad esempio cementi pozzolanici o cementi con scorie d'altoforno);
- gli aggregati utilizzati dovranno essere non reattivi con gli alcali.

Allo scopo di controllare la formazione di fessure nel calcestruzzo indurito dovute ai cicli di gelo – disgelo si forniscono le seguenti prescrizioni:

- Utilizzare additivi aeranti che provocano microbolle diffuse che permettono l'espansione dell'acqua durante il passaggio di stato (aria 5-6% in volume)

Si raccomanda infine una particolare attenzione nel posizionamento dell'armatura e dei casseri in modo tale da garantire lo spessore e la qualità del copriferro richiesti ed indicati dal progettista

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

3.1.3 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA FONDAZIONI

Minima classe di resistenza	25/30
Tipo di cemento	Portland tipo I o II/A LL
Dimensioni inerti	≤25mm
Classe di esposizione	XC2
Contenuto minimo in aria	--
Altri requisiti	--
Additivi	--
Classe di consistenza	S5

3.1.3.1 RESISTENZE DI CALCOLO DEL MATERIALE

Resistenza caratteristica cubica a 28gg	R_{ck}	30 N·mm⁻²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck}$	f_{ck}	24,9 N·mm⁻²
Valor medio della resistenza caratteristica cilindrica a compressione $f_{cm} = f_{ck} + 8$	f_{cm}	32,9 N·mm⁻²
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al cls	γ_c	1,5
RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	f_{cd}	14,11 N·mm⁻²
Resistenza di calcolo a compressione nel caso di elementi piani (solette, pareti, etc) gettati in opera con spessori minori di 50mm	0,80f_{cd}	11,28 N·mm⁻²
RESISTENZA MEDIA A TRAZIONE SEMPLICE ASSIALE $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ per classi ≤C50/60 $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln[1 + f_{cm}/10]$ per classi >C50/60	f_{ctm}	2,55N·mm⁻² ----- N·mm⁻²
RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0,7 \cdot f_{ctm}}{1,5}$ per classi ≤C50/60 $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0,7 \cdot f_{ctm}}{1,5}$ per classi >C50/60	f_{ctd}	1,19 N·mm⁻² ----- N·mm⁻²
Resistenza di calcolo a trazione nel caso di elementi piani (solette, pareti, etc) gettati in opera con spessori minori di 50mm. per classi ≤C50/60 per classi >C50/60	0,80f_{ctd} 0,80f_{ctd}	0,95 N·mm⁻² ----- N·mm⁻²

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

RESISTENZA MEDIA A TRAZIONE PER FLESSIONE $f_{cfm} = 1,20 \cdot f_{ctm}$ per classi $\leq C50/60$ $f_{cfm} = 1,20 \cdot f_{ctm}$ per classi $> C50/60$	f_{cfm} f_{cfm}	3,06 N·mm ⁻² ----- N·mm ⁻²
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$ $\eta = 1,0$ per barre di diametro $\Phi \leq 32\text{mm}$ $\eta = (132 - \phi) / 100$ per barre di diametro superiore per classi $\leq C50/60$ e $\eta = 1$	f_{bk}	4,03 N·mm ⁻²
TENSIONE TANGENZIALE DI ADERENZA ACCIAIO-CALCESTRUZZO $f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c}$	f_{bd}	2,68 N·mm ⁻²
MODULO ELASTICO ISTANTANEO DEL CALCESTRUZZO $E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0,3}$	E_{cm}	31.447,1 N·mm ⁻²
COEFFICIENTE DI POISSON (calcestruzzo non fessurato)	ν	0,2
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA	α_c	10 10 ⁻⁶ C ⁻¹

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

3.1.4 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA STRUTTURE IN ELEVAZIONE – OPERE INTERNE

Minima classe di resistenza	C25/30
Tipo di cemento	Portland tipo I o II/A LL
Dimensioni inerti	≤25mm
Classe di esposizione	XC1
Contenuto minimo in aria	--
Altri requisiti	--
Additivi	--
Classe di consistenza	S4

3.1.4.1 RESISTENZE DI CALCOLO DEL MATERIALE

Resistenza caratteristica cubica a 28gg	R_{ck}	30 N·mm⁻²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck}$	f_{ck}	24,9 N·mm⁻²
Valor medio della resistenza caratteristica cilindrica a compressione $f_{cm} = f_{ck} + 8$	f_{cm}	32,9 N·mm⁻²
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al cls	γ_c	1,5
RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	f_{cd}	14,11 N·mm⁻²
Resistenza di calcolo a compressione nel caso di elementi piani (solette, pareti, etc) gettati in opera con spessori minori di 50mm	0,80f_{cd}	11,28 N·mm⁻²
RESISTENZA MEDIA A TRAZIONE SEMPLICE ASSIALE $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ per classi ≤C50/60 $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln[1 + f_{cm}/10]$ per classi >C50/60	f_{ctm} f_{ctm}	2,55N·mm⁻² ----- N·mm⁻²
RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0,7 \cdot f_{ctm}}{1,5}$ per classi ≤C50/60 $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0,7 \cdot f_{ctm}}{1,5}$ per classi >C50/60	f_{ctd} f_{ctd}	1,19 N·mm⁻² ----- N·mm⁻²
Resistenza di calcolo a trazione nel caso di elementi piani (solette, pareti, etc) gettati in opera con spessori minori di 50mm. per classi ≤C50/60 per classi >C50/60	0,80f_{ctd} 0,80f_{ctd}	0,95 N·mm⁻² ----- N·mm⁻²

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

RESISTENZA MEDIA A TRAZIONE PER FLESSIONE $f_{cfm} = 1,20 \cdot f_{ctm}$ per classi $\leq C50/60$ $f_{cfm} = 1,20 \cdot f_{ctm}$ per classi $> C50/60$	f_{cfm} f_{cfm}	3,06 N·mm ⁻² ----- N·mm ⁻²
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $f_{bk} = 2,25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$ $\eta = 1,0$ per barre di diametro $\Phi \leq 32\text{mm}$ $\eta = (132 - \phi) / 100$ per barre di diametro superiore per classi $\leq C50/60$ e $\eta = 1$	f_{bk}	4,03 N·mm ⁻²
TENSIONE TANGENZIALE DI ADERENZA ACCIAIO-CALCESTRUZZO $f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c}$	f_{bd}	2,68 N·mm ⁻²
MODULO ELASTICO ISTANTANEO DEL CALCESTRUZZO $E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0,3}$	E_{cm}	31.447,1 N·mm ⁻²
COEFFICIENTE DI POISSON (calcestruzzo non fessurato)	ν	0,2
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA	α_c	10 10 ⁻⁶ C ⁻¹

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

3.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Non si devono porre in opera armature eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne menomino la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

Acciaio d'armatura ordinaria in barre tonde ad aderenza migliorata, controllato in stabilimento, tipo **B450C**

Modulo elastico	E_s	206000 N·mm ⁻²
Tensione caratteristica di snervamento di calcolo	$f_{y \text{ nom}}$	450 N·mm ⁻²
Tensione caratteristica di rottura di calcolo	$f_{t \text{ nom}}$	540 N·mm ⁻²
Coeff. parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_{m,s}$	1,15
Tensione di snervamento di calcolo $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{m,s}}$	f_{yd}	391,3 N·mm ⁻²
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	≥450 N·mm ⁻²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	≥540 N·mm ⁻²
Rapporti geometrici	$1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$ $(f_y/f_{y \text{ nom}})_k \leq 1,25$	
Allungamento	$(A_{gt})_k$	≥7,5%
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche	Ø<12mm	4Ø
	12≤Ø≤16mm	5Ø
	16<Ø≤25mm	8Ø
	25<Ø≤40mm	10Ø

Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo da normativa: $n_{ca}=15$.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

3.3 MURATURA ARMATA

3.3.1 MURATURA IN MATTONI SEMPIENI PER ZONA SISMICA

Elementi	Percentuale di foratura ϕ	Area f della sezione normale del foro
SEMPIENI	$15\% < \phi \leq 45\%$	$f \leq 12 \text{ cmq}$

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Classe della malta
Poroton P800 o equivalente	$f_{bk} \geq 8 \text{ N/mm}^2$	$\geq \text{M10}$

CLASSE DI ESECUZIONE 2

La suddetta classe di esecuzione richiede:

- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, dipendente dell'impresa esecutrice, per la supervisione del lavoro (capocantiere);
- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, indipendentemente dall'impresa esecutrice, per il controllo ispettivo del lavoro (Direttore dei Lavori).

3.4 SCHEDE DEI MATERIALI

3.4.1 MASTEREMACO S 285 TIX

MasterEmaco S 285 TIX

Malta per muratura a base di calce e pozzolana, totalmente priva di cemento, ad alta resistenza (M15), di colore bianco, tixotropica, zero gravity, applicabile a cazzuola, spruzzo o per colaggio per strutture in muratura. Self-curing (tecnologia PWS), non rilascia sali idrosolubili e non produce efflorescenze.

DEFINIZIONE DEL MATERIALE

MasterEmaco S 285 TIX è una malta da muratura, di calce pozzolanica, priva di cemento, confezionata con aggregati silicei naturali aventi diametro massimo 2 mm. Garantisce una resistenza a compressione > 15 MPa ed è quindi classificabile come malta da muratura di tipo M15 secondo la normativa europea UNI EN 998-2. MasterEmaco S 285 TIX applicabile sia a spruzzo con intonacatrici a ciclo continuo, a mano, anche in sopratesta, oppure per colaggio.

L'innovativa tecnologia PWS crea una sorta di "serbatoio di acqua interno" a lento rilascio che permette una migliore maturazione riducendo drasticamente la tendenza alla fessurazione.

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

MasterEmaco S 285 TIX grazie alla sua elevata resistenza meccanica, pur essendo una malta di calce priva di cemento, viene utilizzata per il consolidamento di strutture in muratura in molte situazioni quali ad esempio:

- lastre armate;
- ringrosso di volte, anche armate con barre in fibra di carbonio o aramide della linea MBar;
- allettamenti per fondazioni di cortine murarie o per opere in genere che necessino di malte da muratura ad alta resistenza;
- calcestruzzi PRIVI DI CEMENTO: per spessori superiori a 5 cm a MasterEmaco S 285 TIX si aggiungono degli aggregati di opportuna granulometria, ottenendo così betoncini o calcestruzzi di calce ad alta resistenza;
- piccoli ringrossi di volte;
- giunti armati (ristilature dei giunti di malta armati con barrette in fibra di carbonio).



Memento: questo prodotto non contiene cemento, nel rispetto delle tradizionali tecniche di costruzione delle strutture in muratura.



Zero Gravity: facilitiamo il tuo lavoro anche per applicazioni sopratesta riducendo al minimo lo sfido.



Self Curing: minimizziamo il rischio di fessurazione anche per applicazioni in ambienti caldi e ventilati.



Classe M15 (EN 998-2): garantiamo alte prestazioni e durabilità in accordo alle normative vigenti per malte da muratura.

 1305 BASF Construction Chemicals Italia spa Via Vicinale delle Corti, 21 Treviso 18 IT0004/02	
EN 998-2 Malta da muratura a prestazione garantita per usi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali	
Resistenza a compressione:	Categoria M15
Contenuto di cloruri:	$< 0,05\%$
Aderenza - resistenza al taglio:	$0,15 \text{ N/mm}^2$ (valore tabulato)
Aderenza - resistenza a flessione:	$> 1,0 \text{ N/mm}^2$
Conducibilità termica:	$0,83 \text{ W/m.K}$ (valore tabulato)
Assorbimento capillare:	$0,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$
Assorbimento d'acqua:	$\mu 15/35$ (valore tabulato)
Reazione al fuoco:	Classe A1
Sostanze pericolose:	vedi SDS

MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS

MasterEmaco S 285 TIX

Malta per muratura a base di calce e pozzolana, totalmente priva di cemento, ad alta resistenza (M15), di colore bianco, tixotropica, zero gravity, applicabile a cazzuola, spruzzo o per colaggio per strutture in muratura. Self-curing (tecnologia PWS), non rilascia sali idrosolubili e non produce efflorescenze.



CARATTERISTICHE

MasterEmaco S 285 TIX risponde ai limiti di accettazione indicati nella UNI EN 998/2 ed è certificato con marcatura CE.

Le caratteristiche peculiari di MasterEmaco S 285 TIX sono:

- **completa assenza di cemento:** l'assenza assoluta di cemento fa di MasterEmaco S 285 TIX un prodotto del tutto compatibile con la muratura che si desidera consolidare;
- **elevate prestazioni meccaniche:** le elevate resistenze meccaniche sono requisiti eccezionali per un prodotto di calce, che così coniuga le esigenze storiche e tecnologiche, con quelle strutturali ed esecutive;
- **elevata adesione alla muratura:** sia a taglio (importante per gli allettamenti) che per trazione diretta (importante per le lastre armate e per le volte armate);
- **innovazione:** l'impiego della tecnologia PWS permette di ottenere notevoli benefici, quali una drastica riduzione della tendenza alla fessurazione, grazie ad una riserva di acqua interna che garantisce una sorta di stagionatura interna;



MASTER®
BUILDERS
SOLUTIONS

MasterEmaco S 285 TIX

Malta per muratura a base di calce e pozzolana, totalmente priva di cemento, ad alta resistenza (M15), di colore bianco, tixotropica, zero gravity, applicabile a cazzuola, spruzzo o per colaggio per strutture in muratura. Self-curing (tecnologia PWS), non rilascia sali idrosolubili e non produce efflorescenze.

- **elevata adesione** anche nelle applicazioni sopraelevata minimizzando lo sfido (ZERO GRAVITY).
- **bassissimo contenuto di sali idrosolubili**: MasterEmaco S 285 TIX è infatti caratterizzata da un basso valore di conduttività elettrica, non apporta sali contenenti solfati, cloruri, nitrati, potassio e sodio e non contribuisce ai fenomeni di degrado chimico-fisico legato alla formazione e cristallizzazione dei sali stessi;
- **versatilità e semplicità applicativa**: a cazzuola o a spruzzo è utilizzata per interventi di consolidamento in spessori fino a 5 cm. Per gli interventi di spessore > 5 cm può essere anche utilizzata per colaggio aggiungendo alla malta degli aggregati al fine di ottenere betoncini o calcestruzzi di calce ad alta resistenza;
- **elevata permeabilità al vapore d'acqua**: importante per consentire la normale traspirazione della muratura;
- **basso assorbimento capillare**: importante affinché l'acqua dall'esterno non entri nella muratura;
- **nessuna reazione al fuoco**: il materiale non è combustibile e non produce fumi (Euroclasse A1).



PRESTAZIONI

Le prestazioni sotto riportate sono ottenute con consistenza 100-170 mm, secondo UNI EN 1015/3

Metodo di prova	Prestazione
Resistenza a compressione, UNI EN 1015/11	18 MPa Classe M15
Coefficiente di diffusione del vapore, EN 1745	$\mu < 35$
Contenuto sali idrosolubili (malta indurita), UNI 11087	Conduttività elettrica specifica $< 80 \mu S \cdot cm^{-1}$ $SO_4^{2-} < 0,1 \%$ $Na^+ < 0,05 \%$ $K^+ < 0,05 \%$
Coefficiente di assorbimento capillare, UNI EN 1015/18	$0,2 \text{ Kg} \cdot m^{-2} \cdot min^{-0,5}$
Reazione al fuoco, EN 13501/1	Euroclasse A1
Resistenza allo sfilamento barre d'acciaio e della linea MBar, RILEM-CEB-FIP RC8-78	$> 6 \text{ MPa}$
Modulo elastico statico, UNI EN 13412	16.000 MPa
Adesione al supporto, - UNI EN 1015/12 (trazione diretta)	$> 0,6 \text{ MPa}$, rottura di tipo A (interfaccia malta-supporto)
- UNI EN 1052/3 (per taglio)	$\tau_d > 0,80 \text{ MPa}$

Aggiungendo a MasterEmaco S 285 TIX un ghiaietto D_{max} 20 mm, si ottiene un calcestruzzo di calce avente consistenza S3, UNI EN 206/1, caratterizzato da resistenza a compressione > 15 MPa.

CONSUMO E CONFEZIONE

Consumo:

- Malta: 18 kg/m² per cm di spessore.
- Calcestruzzo: 13 kg/m² circa per cm di spessore

Confezione: sacco da 25 kg.

MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS

MasterEmaco S 285 TIX

Malta per muratura a base di calce e pozzolana, totalmente priva di cemento, ad alta resistenza (M15), di colore bianco, tixotropica, zero gravity, applicabile a cazzuola, spruzzo o per colaggio per strutture in muratura. Self-curing (tecnologia PWS), non rilascia sali idrosolubili e non produce efflorescenze.

SCHEDA APPLICATIVA

STOCCAGGIO

Conservare il prodotto in luogo asciutto e coperto a temperatura compresa tra +5°C e +35°C.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

L'intonaco degradato deve essere rimosso mediante demolizione con martelletti elettrici o ad aria compressa oppure mediante semplice scalpellatura. Devono essere eliminati inoltre eventuali residui di efflorescenze e qualunque altra sostanza che possa pregiudicare la buona adesione al supporto. Prima dell'applicazione della malta, il supporto deve essere pulito e saturato con acqua a bassa pressione. La saturazione è necessaria per impedire al supporto di sottrarre acqua alla malta; una saturazione non accurata potrebbe determinare perdite di aderenza e fessurazione della malta di apporto. Qualora il supporto non possa essere saturato, si consiglia comunque di effettuare una minima bagnatura per consentire un corretto aggrappo della malta.

EVENTUALE APPLICAZIONE DELL' ARMATURA DI RINFORZO

Nel caso di interventi di rinforzo mediante la tecnica della lastra armata o della volta armata, la rete di rinforzo dovrà avere un copriferro di almeno 2 cm e dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 1 cm mediante l'uso di distanziatori. Lo spessore minimo d'intervento in presenza di rete di rinforzo non potrà essere quindi inferiore a 4 cm.

TEMPERATURA

MasterEmaco S 285 TIX può essere impiegata quando la temperatura dell'ambiente del supporto è compresa tra +5°C e +35°C.

MISCELAZIONE

Nel caso di applicazione a spruzzo o a cazzuola, MasterEmaco S 285 TIX va impastata con acqua pulita, esente da sali o particelle organiche in ragione di 3,75 ÷ 4,25 litri per sacco (pari al 15÷17% sul peso totale).

Nel caso di applicazione per "colaggio", tipico per le applicazioni di spessori superiori a 5 cm, è necessario

confezionare betoncini fluidi aggiungendo alla malta del ghiaietto o pietrischetto (5-20 mm) in quantità pari al 35 % sul peso della malta secca e l'acqua in ragione del 28% circa per raggiungere una consistenza fluida (S3-S4).

La miscelazione dovrà essere eseguita in betoniera a biochiera o nel miscelatore dell'intonacatrice e protrarsi fino ad ottenere un impasto plastico, omogeneo e privo di grumi. E' sconsigliata la miscelazione a mano.

APPLICAZIONE

L'applicazione di MasterEmaco S 285 TIX potrà avvenire a cazzuola od a spruzzo con macchina intonacatrice anche a ciclo continuo (con post-miscelatore), oppure mediante colaggio nel caso di betoncini (si veda quanto indicato al paragrafo precedente). Nel caso di applicazione a mano, si consiglia di applicare con la cazzuola un sottile strato di 2÷3 mm di rinzafo, eseguito con lo stesso materiale, a consistenza semi liquida, così da uniformare l'assorbimento della muratura e migliorarne l'aderenza.

Si procederà quindi ad applicare la malta per strati successivi di spessore pari a 1 - 1,5 cm avendo l'accortezza di applicare lo strato successivo quando il precedente non sia completamente indurito.

Se il supporto di applicazione si dovesse presentare molto assorbente, come si ha ad esempio in presenza di pietra tufacea, si consiglia di eseguire l'applicazione del rinzafo con MasterEmaco P 225, in modo da contenere l'assorbimento del fondo dell'acqua d'impasto della malta. Terminata l'applicazione a cazzuola di MasterEmaco S 285 TIX, la malta andrà lasciata in modo da ottenere la planarità delle superfici.

Quando il supporto sia costituito da materiali eterogenei (laterizio, pietra, tufo ecc.), caratterizzati da comportamenti termici differenti, si consiglia di inserire una rete in fibra di vetro alcali-resistente, in modo da contrastare il rischio di fessurazione. Tale accorgimento è valido anche in corrispondenza degli spigoli di aperture (porte, finestre ecc.) dove si generano concentrazioni di tensioni che possono causare fenomeni fessurativi.

FRATTAZZATURA

La frattazzatura di MasterEmaco S 285 TIX dovrà

MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS

MasterEmaco S 285 TIX

Malta per muratura a base di calce e pozzolana, totalmente priva di cemento, ad alta resistenza (M15), di colore bianco, tixotropica, zero gravity, applicabile a cazzuola, spruzzo o per colaggio per strutture in muratura. Self-curing (tecnologia PWS), non rilascia sali idrosolubili e non produce efflorescenze.

eseguirsi, utilizzando un frattazzo di spugna, dopo un tempo opportuno dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

L'intervallo di tempo tra l'applicazione e la finitura con frattazzo è stabilito in funzione del primo irrigidimento della malta, che si determina quando, appoggiando una mano sulla superficie, le dita non affondano ma lasciano una leggera impronta sull'intonaco. Una corretta frattazzatura sarà indispensabile per contrastare efficacemente la formazione di microfessure derivanti dal ritiro plastico. Per migliorare la stagionatura si consiglia di posare al di sopra di MasterEmaco S 285 TIX, qualora fosse possibile come nel caso di realizzazione di massetti e cappe di volte, un telo di polietilene per la durata di circa 1 giorno dall'applicazione, in modo da mantenere una elevata umidità e contenere il ritiro plastico.

AVVERTENZE

La combinazione calce e reattivo pozzolanico porta inizialmente, qualora la presa dell'impasto avvenisse in ambiente con scarsa aerazione o in presenza di grandi quantitativi di umidità, ad assumere una cromia tendente al verde scuro. La colorazione è il risultato della reazione chimica dei due composti combinati insieme che porta alla formazione principalmente di silicato di calcio idrato (CSH) e ghelenite idrata (C_2ASH_3). Tale cromia a distanza di qualche giorno e a contatto con aria ritornerà del colore chiaro originale.

FINITURA

Dopo l'applicazione di MasterEmaco S 285 TIX si consiglia di realizzare una rasatura millimetrica con MasterEmaco N 215 FC, in modo da creare il fondo ottimale per realizzare sia finiture a spessore che tinteggi. Le finiture più appropriate saranno quelle che non impediscono la traspirazione del muro e dei materiali precedentemente applicati, quali ad esempio il tonachino MasterEmaco N 245 FC.

Dal 16/12/1992 BASF Construction Chemicals Italia Spa opera in regime di Sistema Qualità Certificato conforme alla Norma UNI EN ISO 9001. Inoltre il Sistema di Gestione Ambientale è certificato secondo la Norma UNI EN ISO 14001 ed il Sistema di Gestione Sicurezza è certificato secondo la norma OHSAS 18001. Sostenibilità ambientale: Socio Green Building Council dal 2009.

BASF Construction Chemicals Italia Spa

Via Vidinale delle Corti, 21 - 31100 Treviso - Italy

T +39 0422 429200 F +39 0422 421802

<http://www.master-builders-solutions.basf.it>

e-mail: informac@basf.com

Per maggiori informazioni si consulti il Tecnico di zona della BASF Construction Chemicals Italia Spa.

I consigli tecnici eventualmente forniti, verbalmente o per iscritto, circa le modalità d'uso o di impiego dei nostri prodotti, corrispondono allo stato attuale delle nostre conoscenze scientifiche e pratiche e non comportano l'assunzione di alcuna nostra garanzia e/o responsabilità sul risultato finale delle lavorazioni con impiego dei nostri prodotti. Non dispensano, quindi, il cliente dall'onere e responsabilità esclusivi di verificare l'idoneità dei nostri prodotti per l'uso e gli scopi che si prefigge.

La presente edizione annulla e sostituisce ogni altra precedente.

Ottobre 2018

MASTER®
BUILDERS
SOLUTIONS

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

3.5 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI MATERIALI

La ditta è libera di offrire prodotti diversi da quelli elencati purchè di pari caratteristiche tecniche e che comunque saranno soggette ad approvazione della Direzione Lavori che potrà accettarle o rifiutarle qualora non le ritenga tecnicamente adeguate.

Udine, giugno 2019

Il Direttore dei Lavori

(dott.ing. Claudio PANTANALI)

Il Progettista strutturale

(dott.ing. Claudio PANTANALI)

.....

.....

4 RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

4.1 PREMESSA

I dati finalizzati all'accertamento della natura e delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione interessato dall'opera in oggetto, alla stabilità dell'area ed all'individuazione di eventuali pericoli di ordine geotecnico sono stati desunti dalla RELAZIONE GEOLOGICA redatta dal dott. geol. Pier Luigi DALLARI della società GEO GROUP s.r.l. con sede a Modena (MO), via C. Costa n.182.

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

- a) dal punto di vista litostratigrafico l'area in esame è caratterizzata da:
- STRATO 1 **fino a circa -3,40m dal p.c.**: orizzonte superficiale costituito da argilla o argilla limosa sovraconsolidata caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

PESO DI VOLUME SECCO	PESO DI VOLUME SATURO	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO	COESIONE (condizione drenata)	COESIONE (condizione non drenata)
$\gamma_{c,SEC}=1850\text{daN/mc}$	$\gamma_{c,SAT}=2150\text{daN/mc}$	$\phi_t=24^\circ$	$c'=0,06\text{daN/cm}^2$	$c_{uk}=0,60\text{daN/cm}^2$

- STRATO 2 **da circa -3,40 a -6,60m dal p.c.**: orizzonte costituito da argilla o argilla limosa a scarsa consistenza, caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

PESO DI VOLUME SECCO	PESO DI VOLUME SATURO	ANGOLO DI ATTRITO INTERNO	COESIONE (condizione drenata)	COESIONE (condizione non drenata)
$\gamma_{c,SEC}=1750\text{daN/mc}$	$\gamma_{c,SAT}=2050\text{daN/mc}$	$\phi_t=20^\circ$	$c'=0,03\text{daN/cm}^2$	$c_{uk}=0,35\text{daN/cm}^2$

- b) Dal punto di vista del profilo stratigrafico il sottosuolo di fondazione è stato definito di **categoria C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzato da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*
- c) Categoria topografica **T1**.
- d) Dal punto di vista idrologico la falda è piuttosto superficiale e si rinviene a circa -1,40m e quindi interferente con il piano fondazionale delle strutture esistenti.

4.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DEL SISTEMA FONDAZIONALE ESISTENTE

La campagna geognostica eseguita, le cui risultanze sono riportate nella relazione geologica a firma del dott. geol. Pier Luigi DALLARI, hanno permesso di indagare il volume significativo di terreno posto al di sotto del sistema fondazionale esistente; la documentazione tecnica resa disponibile dall'Ufficio tecnico comunale oltre ai sondaggi eseguiti (vedere Analisi di vulnerabilità) hanno permesso di ricostruire, in alcuni casi per analogia, la geometria del sistema fondazionale esistente.

Alla luce di quanto sopra, considerato che:

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

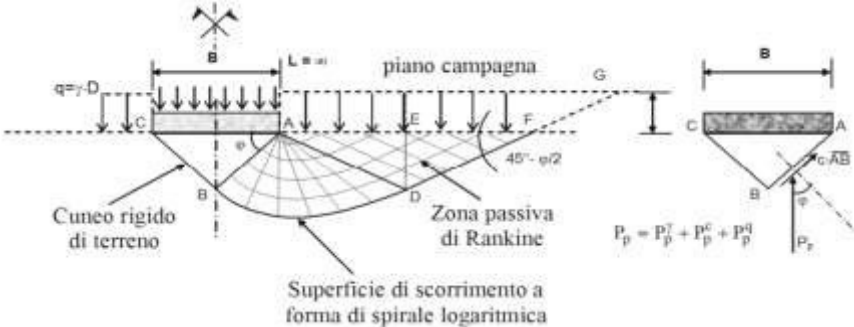
- non sono stati riscontrati durante i sopralluoghi effettuati quadri fessurativi significativi sulle pareti fuori terra riconducibili a cedimenti del sistema fondazionale esistente;
 - il sistema fondazionale esistente costituito da un graticcio di travi rovesce in c.a. opportunamente connesse tra di loro, considerata anche la geometria e l'altezza delle costruzioni fuori terra, non si ritiene possa essere soggetto a fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione (unità strutturale) riconducibile alle condizioni morfologiche del terreno;
 - dalla relazione geologica si evince che sono esclusi fenomeni di liquefazione (rischio di liquefazione molto basso);
- si omettono, ai sensi del paragrafo 8.3 delle NTC 2018, le verifiche geotecniche e di resistenza del sistema fondazionale esistente.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

4.4 STIMA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE

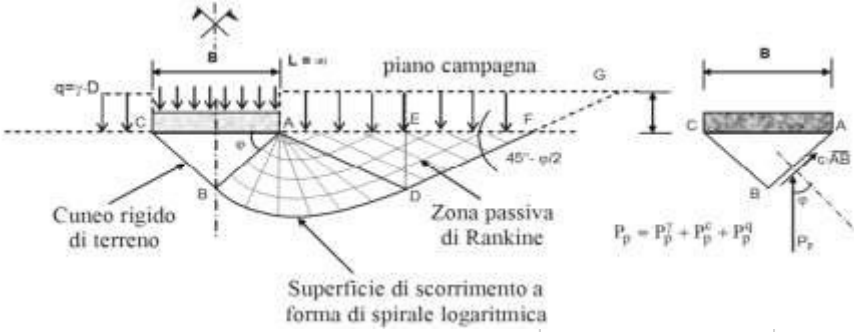
4.4.1 STIMA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE NASTRIFORME – CONDIZIONI DRENATE

APPROCCIO 2 - (A1+M1+R3) - SLU/SLV

Falda INTERFERENTE con la capacità portante		
Profondità specchio freatico (misurata dal p.c.)	$H_w =$	1,15 m
CATEGORIA DI SUOLO		C
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1,42 [-]
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1,0 [-]
Accelerazione orizzontale massima su sottosuolo di categoria A allo SLV	$a_g =$	0,267 g
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h =$	0,379 [-]
TERRENO DI FONDAZIONE		
Angolo d'attrito interno	$\phi_k =$	24 °
Coesione drenata	$c'_k =$	600 daN/mq
Peso specifico terreno secco	$\gamma_{dry} =$	1850 daN/mc
Peso specifico terreno saturo	$\gamma_{sat} =$	2150 daN/mc
TERRENO DI RICOPRIMENTO LATERALE		
Peso specifico terreno secco	$\gamma_{dry} =$	1800 daN/mc
Peso specifico terreno saturo	$\gamma_{sat} =$	2100 daN/mc
Peso specifico acqua	$\gamma_w =$	1000 daN/mc
Peso specifico terreno immerso	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w =$	1100 daN/mc
Profondità piano di posa della fondazione	$D_f =$	1,15 m
Sovraccarico	$q = H_w \cdot \gamma_{dry} + (D_f - H_w) \cdot \gamma' =$	2070 daN/mq
VERIFICA CAPACITA' PORTANTE CON LA FORMULA DI TERZAGHI - CONDIZIONI DRENATE (terreni incoerenti)		
$q_{ult} = (c' \cdot N_c \cdot Z_c) / \gamma_c + (q \cdot N_q \cdot Z_q) / \gamma_q + (0,5 B \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot Z_\gamma) / \gamma_\gamma$		
		
COEFFICIENTI PARZIALI M1 PER I PARAMETRI GEOTECNICI	$\gamma_c =$	1,00 [-]
	$\gamma_\gamma =$	1,00 [-]
	$\gamma_{tangf'k} =$	1,00 [-]
	$\phi_d =$	24 °
	$c'_d =$	600 daN/mq
FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE	$N_c =$	19,3 [-]
	$N_q =$	9,6 [-]
	$N_\gamma =$	7,7 [-]
LARGHEZZA FONDAZIONE NASTRIFORME	$B =$	1,25 m
FATTORE CORRETTIVO PER INERZIA DEL SUOLO (Paolucci e Pecker, 1997) - terreni incoerenti	$Z_q = Z_\gamma =$	0,51 [-]
	$Z_c =$	0,88 [-]
Capacità portante del terreno	$q_{ult} =$	2,32 daN/cm ²
COEFFICIENTE PARZIALE R3 PER LE VERIFICHE AGLI SLU	$\gamma_{R3} =$	2,3 [-]
Capacità portante del terreno di progetto	$q_{ult, \gamma R3} =$	1,01 daN/cm ²

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

APPROCCIO 2 - (A1+M1+R3) - SLU/SLV

Falda INTERFERENTE con la capacità portante		
Profondità specchio freatico (misurata dal p.c.)	$H_w =$	1,15 m
CATEGORIA DI SUOLO		C
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1,42
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1,0
Accelerazione orizzontale massima su sottosuolo di categoria A allo SLV	$a_g =$	0,267 g
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h =$	0,379
TERRENO DI FONDAZIONE		
Angolo d'attrito interno	$\phi'_k =$	24 °
Coesione drenata	$c'_k =$	600 daN/mq
Peso specifico terreno secco	$\gamma_{dry} =$	1850 daN/mc
Peso specifico terreno saturo	$\gamma_{sat} =$	2150 daN/mc
TERRENO DI RICOPRIMENTO LATERALE		
Peso specifico terreno secco	$\gamma_{dry} =$	1800 daN/mc
Peso specifico terreno saturo	$\gamma_{sat} =$	2100 daN/mc
Peso specifico acqua	$\gamma_w =$	1000 daN/mc
Peso specifico terreno immerso	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w =$	1100 daN/mc
Profondità piano di posa della fondazione	$D_f =$	1,15 m
Sovraccarico	$q = H_w \cdot \gamma_{dry} + (D_f - H_w) \cdot \gamma' =$	2070 daN/mq
VERIFICA CAPACITA' PORTANTE CON LA FORMULA DI TERZAGHI - CONDIZIONI DRENATE (terreni incoerenti)		
$q_{ult} = (c' \cdot N_c \cdot Z_c) / \gamma_c' + (q \cdot N_q \cdot Z_q) / \gamma_\gamma + (0,5 B \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot Z_\gamma) / \gamma_\gamma$		
		
COEFFICIENTI PARZIALI M1 PER I PARAMETRI GEOTECNICI	$\gamma_{c'} =$	1,00
	$\gamma_\gamma =$	1,00
	$\gamma_{tangf'k} =$	1,00
	$\phi'_d =$	24 °
	$c'_d =$	600 daN/mq
FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE	$N_c =$	19,3
	$N_q =$	9,6
	$N_\gamma =$	7,7
LARGHEZZA FONDAZIONE NASTRIFORME	$B =$	1,25 m
FATTORE CORRETTIVO PER INERZIA DEL SUOLO (Paolucci e Pecker, 1997) - terreni incoerenti	$Z_q = Z_\gamma =$	0,51
	$Z_c =$	0,88
Capacità portante del terreno	$q_{ult} =$	2,32 daN/cm ²
COEFFICIENTE PARZIALE R3 PER LE VERIFICHE AGLI SLU	$\gamma_{R3} =$	2,3
Capacità portante del terreno di progetto	$q_{ult, \gamma R3} =$	1,01 daN/cm²

NOTA A favore di sicurezza si è assunto la quota della falda coincidente con il piano d'imposta delle fondazioni.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

4.4.2 STIMA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE NASTRIFORME – CONDIZIONI NON DRENATE

APPROCCIO 2 - (A1+M1+R3) - SLU/SLV

Falda INTERFERENTE con la capacità portante			
Profondità specchio freatico (misurata dal p.c.)	$H_w =$	1,15	m
CATEGORIA DI SUOLO			
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_s =$	1,42	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1,0	[-]
Accelerazione orizzontale massima su sottosuolo di categoria A allo SLV			
Coefficiente sismico orizzontale	$a_g =$	0,267	g
	$k_h =$	0,379	[-]
TERRENO DI FONDAZIONE			
Coesione non drenata	$c_{uk} =$	6000	daN/mq
Peso specifico terreno secco	$\gamma_{dry} =$	1850	daN/mc
Peso specifico terreno saturo	$\gamma_{sat} =$	2150	daN/mc
TERRENO DI RICOPRIMENTO LATERALE			
Peso specifico terreno secco	$\gamma_{dry} =$	1800	daN/mc
Peso specifico terreno saturo	$\gamma_{sat} =$	2100	daN/mc
Peso specifico acqua	$\gamma_w =$	1000	daN/mc
Peso specifico terreno immerso	$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w =$	1100	daN/mc
Profondità piano di posa della fondazione	$D_f =$	1,15	m
Sovraccarico	$q = H_w \cdot \gamma_{dry} + (D_f - H_w) \cdot \gamma_{sat} =$	2070	daN/mq
VERIFICA CAPACITA' PORTANTE CON LA FORMULA DI TERZAGHI - CONDIZIONI DRENATE (terreni coesivi)			
$q_{ult} = (c' \cdot N_c) / \gamma_c + (q \cdot N_q) / \gamma_r + (0,5 B \cdot \gamma \cdot N_\gamma) / \gamma_r$			
COEFFICIENTI PARZIALI M1 PER I PARAMETRI GEOTECNICI			
	$\gamma_{cu} =$	1,00	[-]
	$\gamma_r =$	1,00	[-]
	$\gamma_\phi =$	-	
	$c'_d =$	6000	daN/mq
FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE			
	$N_c =$	5,14	[-]
	$N_q =$	1,0	[-]
	$N_\gamma =$	0,0	[-]
LARGHEZZA FONDAZIONE NASTRIFORME	$B =$	1,15	m
Capacità portante del terreno	$q_{ult} =$	3,29	daN/cm ²
COEFFICIENTE PARZIALE R3 PER LE VERIFICHE AGLI SLU			
	$\gamma_{R3} =$	2,3	[-]
Capacità portante del terreno di progetto	$q_{ult, \gamma R3} =$	1,43	daN/cm ²

NOTA A favore di sicurezza si è assunto la quota della falda coincidente con il piano d'imposta delle fondazioni.

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Udine, giugno 2019

Il Progettista strutturale

(dott.ing. Claudio PANTANALI)

.....

Il Direttore dei Lavori

(dott.ing. Claudio PANTANALI)

.....

5 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

5.1 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

5.1.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per il presente progetto si è assunta una vita nominale $V_N \geq 50$ anni.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	≤ 10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	≥ 50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	≥ 100

5.1.2 CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- *Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- *Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- *Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per il presente progetto si è assunta una **classe d'uso III**.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

5.1.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{anni}$$

5.1.4 LOCALIZZAZIONE DEL SITO DI COSTRUZIONE

Regione: EMILIA ROMAGNA

Provincia: MODENA

Comune: NONANTOLA

Località: --

Altitudine: 23m s.l.m.m.

COORDINATE DELLA ZONA	LONGITUDINE	LATITUDINE
	11,0676	44,6734



5.2 AZIONI SISMICHE

5.2.1 INTRODUZIONE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o 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.

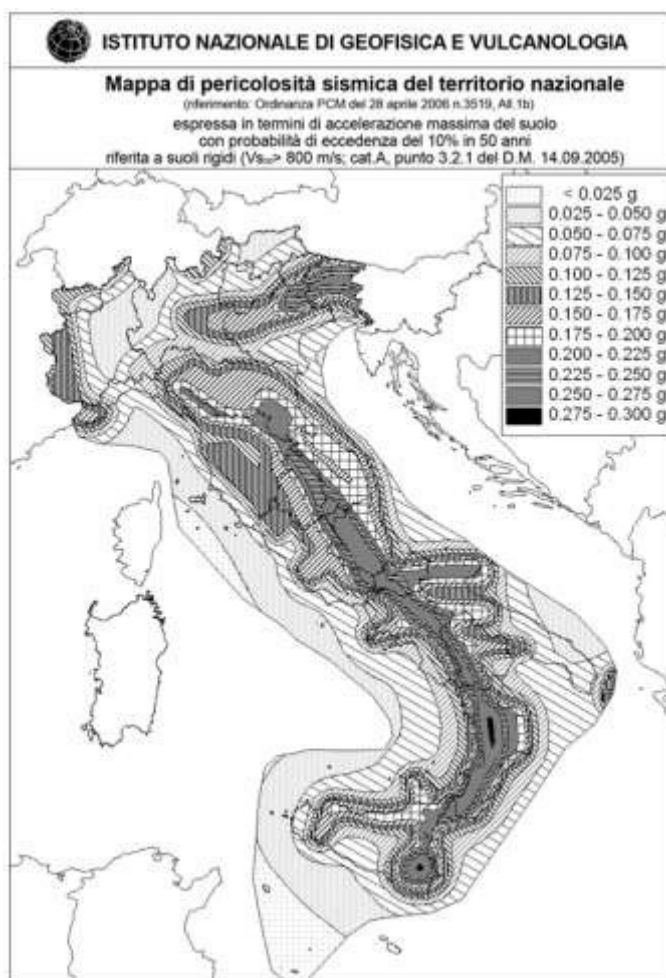


Figura 1 Mappa di pericolosità sismica

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

5.2.2 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITA' DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **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 rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati Limite Ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

5.2.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

5.2.3.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Dalla relazione geotecnica suindicata il suolo di fondazione appartiene alla **Categoria C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzato da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

5.2.3.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Nel presente progetto si è assunta una **categoria topografica T1**.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

5.2.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

5.2.4.1 GENERALITA'

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A).

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La disponibilità di informazioni così puntuali e dettagliate, in particolare il riferimento a più probabilità di superamento, consente ad un tempo di:

- a) adottare, nella progettazione e verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della costruzione e all'uso cui essa è destinata, consentendo così significative economie e soluzioni più agevoli del problema progettuale, specie nel caso delle costruzioni esistenti;
- b) trattare le problematiche di carattere tecnico-amministrativo connesse alla pericolosità sismica adottando una classificazione sismica riferibile anche a porzioni territoriali dei singoli comuni. In particolare, è possibile separare le questioni di cui al punto a) dalle questioni di cui al punto b);

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Le azioni di progetto si ricavano, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;

- F_0 e T^*_c i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

5.2.4.2 VALORI DEI PARAMETRI DI RIFERIMENTO a_g , F_0 e T^*_c PER I PERIODI DI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
30	0,047	2,478	0,255
50	0,058	2,513	0,269
72	0,069	2,484	0,276
101	0,082	2,459	0,276
140	0,096	2,471	0,274
201	0,113	2,521	0,273
475	0,160	2,563	0,274
975	0,211	2,523	0,280
2475	0,298	2,438	0,293

Tabella 1 Valori dei parametri di riferimento per il sito in esame

5.2.4.3 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

5.2.4.3.1 DESCRIZIONE DEL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE E SUL PIANO DI FONDAZIONE

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. La componente verticale deve essere considerata solo in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale.

5.2.4.3.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

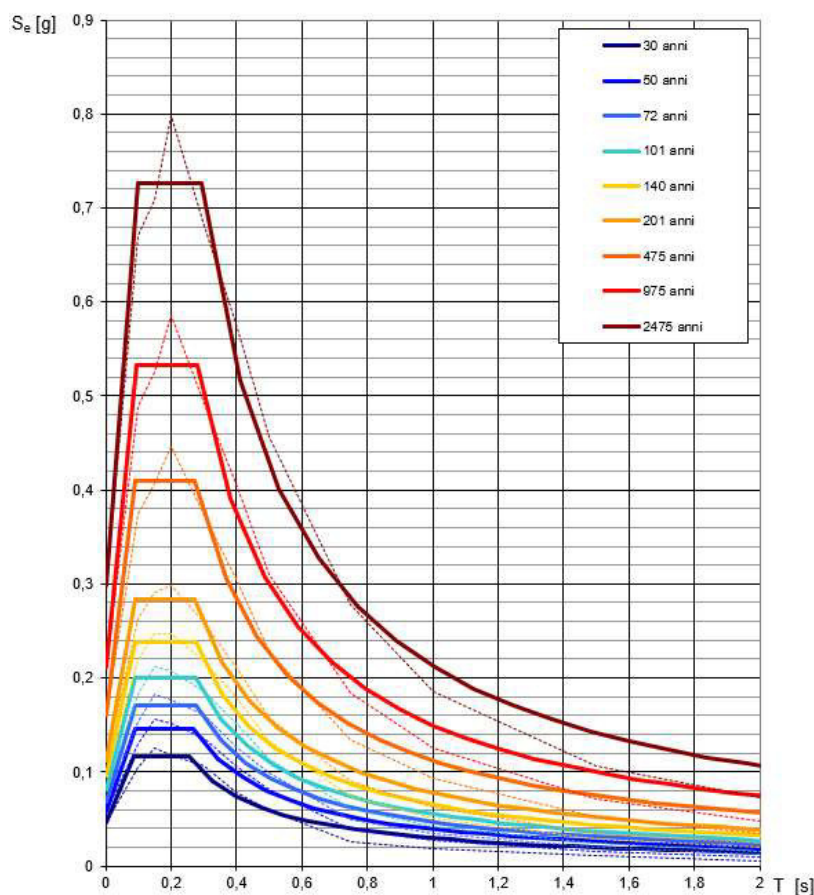


Tabella 2 **Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento.** Con linea continua sono riportati gli spettri di normativa mentre con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui derivano.

5.2.4.3.2.1 VALORI DEI PARAMETRI a_g , F_o e T^*_c PER I PERIODI DI RITORNO T_R ASSOCIATI AGLI STATI LIMITE

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T^*_c [s]
SLO	45	0,056	2,506	0,266
SLD	75	0,070	2,481	0,276
SLV	712	0,187	2,540	0,278
SLC	1462	0,245	2,486	0,286

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansalmi in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

5.2.4.3.2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali T e S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S \cdot S_T,$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T^*_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T^*_C = C_C \cdot T^*_c$$

dove *

C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3,$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot (a_g/g) + 1,6$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove. In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione, la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c .

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Figura 2 Espressioni di S_s e C_c previste dalle NTC2008

CATEGORIA TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA D'INTERVENTO	S_T
T1	--	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Figura 3 Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T previsti dalle NTC 2008

5.2.4.3.2.3 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_V = 1,35 \cdot F_0 \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_0 , S , η sono quelli definiti per le componenti orizzontali; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella successiva tabella.

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05s	0,15s	1,0s

Tabella 3 Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

5.2.4.3.2.4 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN SPOSTAMENTO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali $S_{De}(T)$ si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione $S_e(T)$ mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \cdot \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

purché il periodo di vibrazione T non ecceda i valori T_E riportati nella successiva tabella:

Categoria di sottosuolo	$T_E[s]$	$T_F[s]$
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

Tabella 4 Valori dei parametri T_E e T_F

Per i periodi di vibrazione eccedenti T_E , le ordinate dello spettro possono essere ottenute dalle seguenti formule:

$$T_E < T \leq T_F \quad S_{De}(T) = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot \left[\eta \cdot F_0 + (1 - \eta \cdot F_0) \frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right]$$

$$T > T_F \quad S_{De}(T) = d_g$$

dove tutti i simboli sono già stati definiti, ad eccezione di d_g , definito nel paragrafo successivo.

5.2.4.3.2.5 SPOSTAMENTO ORIZZONTALE E VELOCITA' ORIZZONTALE DEL TERRENO

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

$$v_g = 0,16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C$$

dove a_g , S , T_C , T_D assumono i valori già definiti al paragrafo "SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI".

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

5.2.4.3.2.6 SPETTRI DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata.

5.2.4.3.2.7 SPETTRI DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE ULTIMI

Qualora le verifiche agli stati limite ultimi non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo il parametro η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Si assumerà comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

5.2.4.4 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI

Le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella successiva tabella:

CATEGORIA/AZIONE VARIABILE	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
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 Aree per immagazzinamento, uso commerciale e industriale. Biblioteche, archivi, magazzini ed ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30kN$)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30kN$)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I Coperture praticabili	Da valutarsi caso per caso		
Categoria K Coperture per usi speciali (impianti, eliporti,)	Da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000m$ s.l.m)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000m$ s.l.m)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 5 Valori dei coefficienti di combinazione NTC 2018

6 RELAZIONE DI CALCOLO

6.1 INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa agli interventi su singole parti della struttura rientranti nell'ambito di un'intervento programmato più esteso di miglioramento sismico dell'edificio scolastico denominato SCUOLA MATERNA DON ANSALONI; in particolare nell'analisi di *vulnerabilità sismica*, alla quale si rimanda per la descrizione in cui verte il fabbricato, le principali criticità rilevate riguardano sia la mancata realizzazione di elementi strutturali (pareti) previste nell'intervento di adeguamento strutturale eseguito tra il 2008 e il 2009 che costruttive quali la presenza di una guaina tagliamuro alla base dei pannelli murari portanti perimetrali.

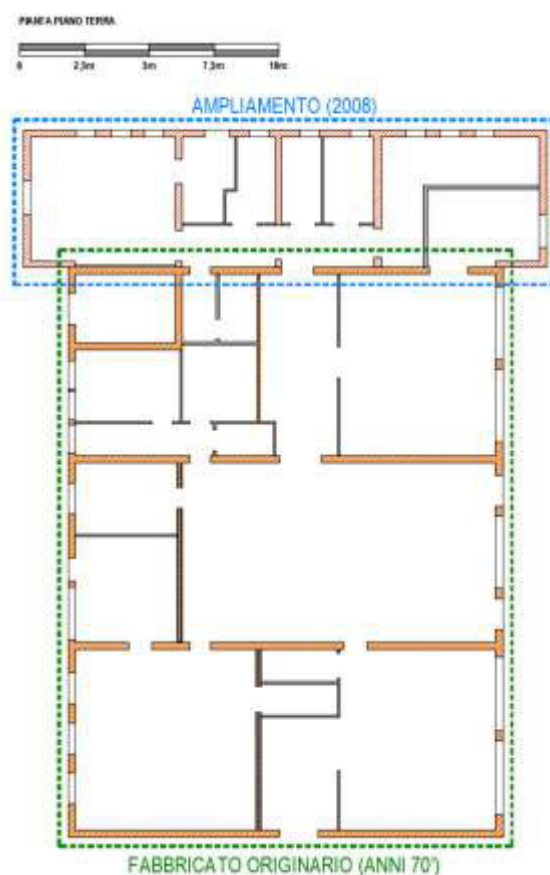


Figura 4 Planimetria fabbricato

In questo primo stralcio d'intervento, progettato sulla base della disponibilità economica resa disponibile dall'Amministrazione, si prevede la realizzazione delle pareti murarie già previste nell'ambito degli interventi di adeguamento progettati nel 2008 e attuato, su alcune pareti esistenti, l'ammorsamento della rete elettrosaldata presente nel rinforzo con betoncino sia alla sottostante fondazione che alle pareti ortogonali, mentre è rimandato a un secondo lotto funzionale d'intervento la realizzazione degli accorgimenti strutturali

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

atti a scongiurare scorrimenti eccessivi, per la presenza della guaina tagliamuro, conseguenti alle azioni sismiche orizzontali, che potrebbero portare alla temporanea inagibilità dell'edificio scolastico.

Nel proseguo della presente relazione vengono confrontati i risultati dell'analisi sismica globale riportati nell'analisi di vulnerabilità con quelli ottenuti, aggiornando i modelli di calcolo con gli interventi in progetto; i modelli si riferiscono alla singola unità strutturale assumendo ininfluente la presenza della guaina tagliamuro di base ai fini degli spostamenti orizzontali (la risoluzione di tale criticità viene rimandata a lotti d'intervento successivo).

6.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Gli interventi, meglio descritti negli elaborati grafici allegati, prevedono sostanzialmente il ripristino della condizione progettuale prevista nel progetto di adeguamento di data febbraio 2008; in particolare si prevede:

- la realizzazione di due nuovi pannelli murari debitamente intelaiati da cordoli verticali e orizzontali in c.a. a sostituzione delle pareti esistenti in cartongesso, previa realizzazione delle rispettive travi di fondazione in c.a..
- la realizzazione degli ammorsamenti sia a livello fondazionale che alle pareti ortogonali dell'intervento con rete e betoncino previsto nell'ambito dei lavori eseguiti tra il 2008 e il 2009.

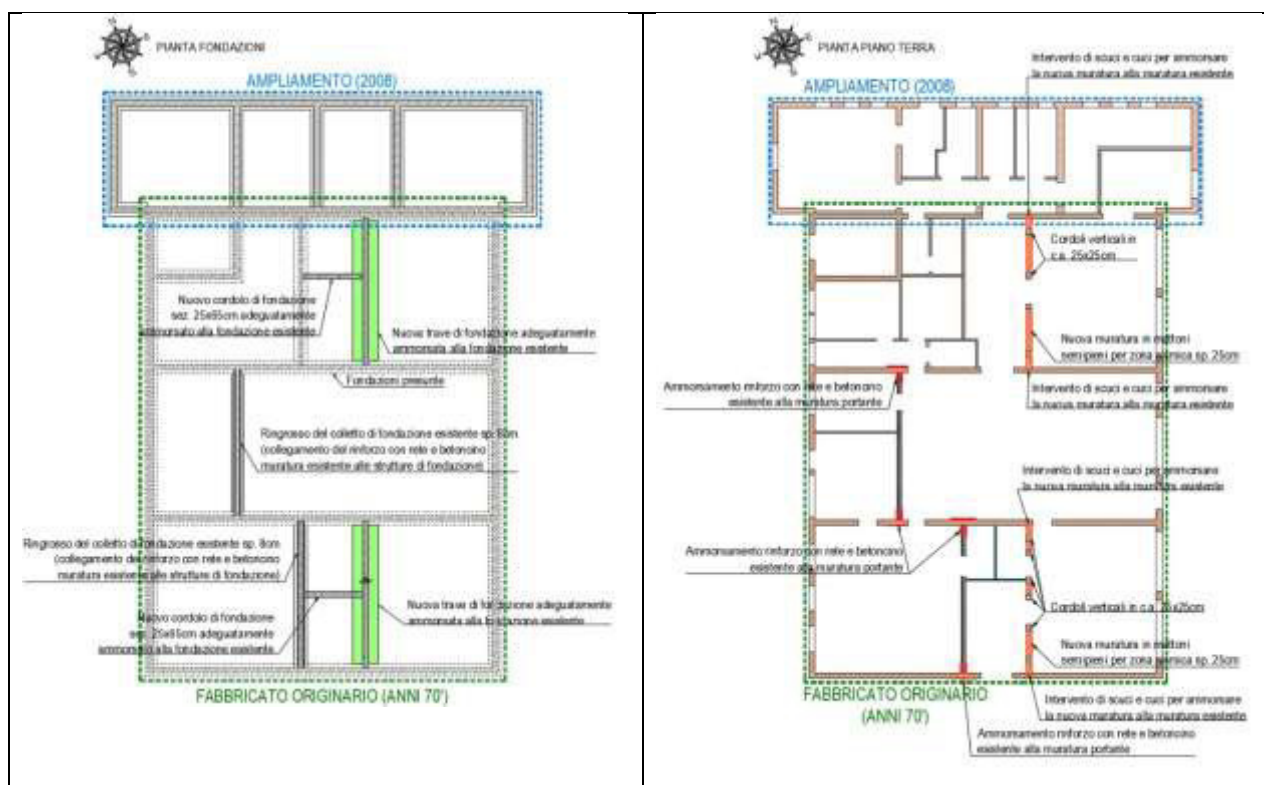


Figura 5 Pianta fondazioni e piano terra con descrizione degli interventi previsti in progetto

6.3 ASPETTI DI MODELLAZIONE

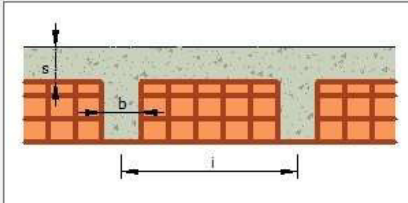
Nel paragrafo presente sono riportate le principali considerazioni e scelte effettuate per la modellazione del fabbricato in esame.

Per quanto riguarda il sistema fondazionale, le strutture portanti verticali dell'edificio sono state considerate come incastrate al piede e il calcolo delle tensioni massime indotte nel terreno valutate considerando l'effettiva larghezza della trave di fondazione in c.a.; questa ipotesi appare idonea poiché le fondazioni delle murature non risultano affette da problemi deformativi flessionali in quanto la rigidità della muratura sovrastante impedisce alla fondazione di inflettersi, permettendo una semplice rotazione rigida con andamento lineare delle tensioni a contatto con il terreno. Tale considerazione può essere ritenuta valida anche nel caso delle fondazioni inserite al di sotto delle nuove pareti in muratura "intelaiata" da cordoli verticali in c.a..

Per quanto concerne gli aspetti di modellazione degli impalcati, è stata considerata la loro effettiva rigidità a partire dalla definizione dei parametri geometrici (spessori, interassi, presenza o meno della cappa collaborante) e meccanici dei materiali (in termini di modulo elastico del calcestruzzo).

Orizzontamenti

- Legno con travetti affiancati e tavolato semplice
- Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
- Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
- Legno con soletta
- Putrelle e tavelloni
- Putrelle e voltini
- Latero cemento**



☒ Presenza di una soletta continua

Valori calcolati

Spessore	40	[mm]
G	13.115,00	[N/mm ²]
Ex	61.692,96	[N/mm ²]
Ey	31.476,00	[N/mm ²]
V	0,2	

Parametri

b [mm]	120
h solaio [mm]	200
i [mm]	500
S [mm]	40
E calcestruzzo [N/mm ²]	31476

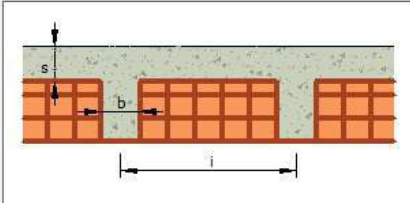
OK Annulla ?

Figura 6 Parametri di rigidità solaio di copertura fabbricato in ampliamento

Sulla base delle prove endoscopiche effettuate dalla ditta "4 EMME Service S.p.A.", il solaio del fabbricato originario è stato considerato privo della cappa collaborante.

Orizzontamenti

- Legno con travetti affiancati e tavolato semplice
- Legno con travetti affiancati e tavolato doppio
- Legno con travetti affiancati e soletta in c.a.
- Legno con soletta
- Putrelle e tavelloni
- Putrelle e voltini
- Latero cemento**



☐ Presenza di una soletta continua

Valori calcolati		
Spessore	40	[mm]
G	1.000,00	[N/mm ²]
Ex	62.920,20	[N/mm ²]
Ey	0,00	[N/mm ²]
V	0	

Parametri	
b [mm]	120
h solaio [mm]	280
i [mm]	400
E calcestruzzo [N/mm ²]	29962

OK Annulla ?

Figura 7 Parametri di rigidezza solaio di copertura corpo di fabbrica originario

Il nodo di controllo è stato scelto tra quelli che subiscono gli spostamenti maggiori durante l'analisi non lineare; è stato scelto un nodo di controllo di primo tentativo basandosi sull'andamento delle diverse forme modali derivanti dall'analisi dinamica lineare e su considerazioni derivanti dalla geometria in pianta del fabbricato in esame; si effettua l'analisi statica non lineare con il nodo di primo tentativo e si verifica se il nodo adottato è effettivamente quello che subisce gli spostamenti maggiori. In caso contrario si effettua nuovamente l'analisi statica non lineare utilizzando un nuovo nodo di controllo.

Utilizzando questa scelta, la curva di capacità è tracciata in base allo spostamento del solo nodo di controllo.

Per quanto concerne le caratteristiche meccaniche dei materiali, sono stati impiegati i valori riportati nella tabella C8.5.I della circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. applicando un coefficiente parziale γ_m non inferiore a 2 (come riportato nel § 7.8.1.1 di NTC 2018 e al § C8.5 della circolare esplicativa).

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.3.1 VISTE MODELLO DI CALCOLO

6.3.1.1 VISTE MODELLO DI CALCOLO EDIFICIO PRIMORDIALE – STATO DI PROGETTO

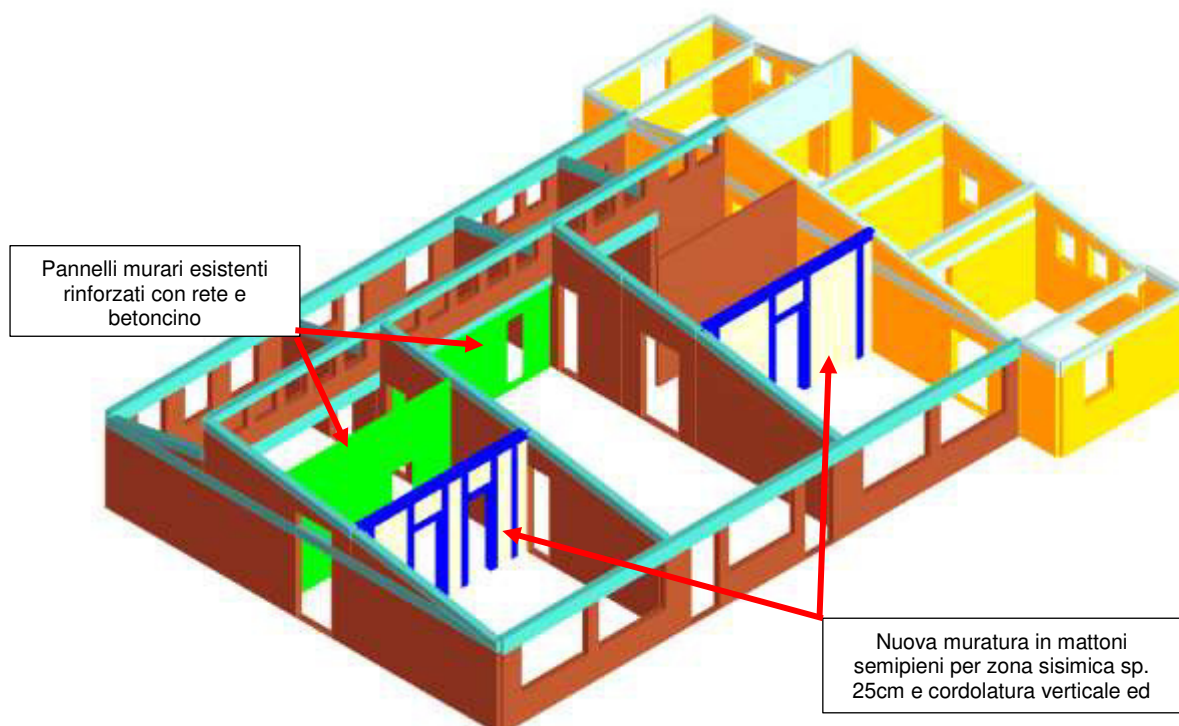


Figura 8 Modello di calcolo: VISTA 1

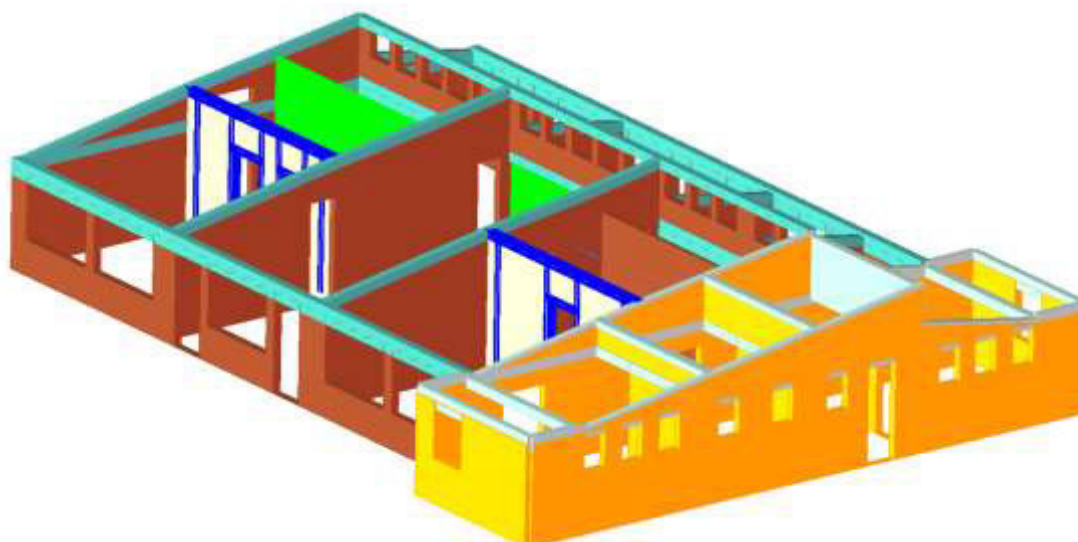


Figura 9 Modello di calcolo: VISTA 2

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.4 PARAMETRI DEI MATERIALI CONSIDERATI NELL'ANALISI

Le caratteristiche dei materiali da utilizzare nelle verifiche vengono ricavate in base alle indicazioni delle NTC2018 (§8.5.3), tenendo conto delle prescrizioni dei progetti strutturali.

Come richiesto dalla normativa, le caratteristiche devono essere poi opportunamente modificate per tener conto dell'inevitabile grado d'incertezza insito nell'approccio delle costruzioni esistenti; a tal fine i valori caratteristici dei materiali sono divisi per i corrispondenti coefficienti parziali γ_M e per il fattore di confidenza FC relativo al livello di conoscenza raggiunto.

Nel caso in esame, sulla base di quanto descritto nei paragrafi precedenti, si adottano le seguenti caratteristiche dei materiali (calcestruzzo, acciaio e muratura).

In relazione ai contenuti riportati nell'analisi di vulnerabilità si assume cautelativamente ai fini del presente calcolo un livello di conoscenza limitata pari a quello indicato come LC1 dalle vigenti norme, caratterizzato da un fattore di confidenza FC=1,35 per le caratteristiche dei materiali.

6.4.1 PARAMETRI DEI MATERIALI STRUTTURALI COSTITUENTI I FABBRICATI ESISTENTI

6.4.1.1 PARAMETRI MATERIALI - EDIFICIO PRIMORDIALE

CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO FABBRICATO ORIGINARIO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)						
Elementi strutturali	Informazioni dal progetto strutturale	f_{cm} da Prove di laboratorio	R_{cm} assunto per l'attuale verifica sismica	f_{ck}	f_{cd}	f_{cd}/FC (con FC=1,35)
Fondazioni ed elevazioni	C20/25	-	25 N/mm ²	19,1 N/mm ²	12,7 N/mm ²	9,4 N/mm ²

CARATTERISTICHE ACCIAIO D'ARMATURA FABBRICATO ORIGINARIO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)						
Elementi strutturali	Informazioni dal progetto strutturale	f_{ym} / f_{tm} da Prove di laboratorio	f_{ym} assunto per l'attuale verifica sismica	f_{yk}	f_{yd}	f_{yd}/FC (con FC=1,35)
Fondazioni ed elevazioni	-	-	230N/mm ²	230 N/mm ²	200 N/mm ²	148 N/mm ²

CARATTERISTICHE MURATURA PORTANTE FABBRICATO ORIGINARIO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)						
Elementi strutturali	Informazioni dal progetto strutturale	f_{km} da Prove di laboratorio	f_{km} assunto per l'attuale verifica sismica	f_{km}	f_{dm}	f_{yd}/FC (con FC=1,35)
Elevazioni	Mattoni pieni	-	$f_{bkm}=2,6N/mm^2$ $f_{vko,m}=0,13N/mm^2$ $\gamma=18,0kN/mc$ $E_k=1500N/mm^2$	$f_{bkm}=2,6N/mm^2$ $f_{vko,m}=0,13N/mm^2$ $\gamma=18,0kN/mc$ $E_k=1500N/mm^2$	$f_{bdm}=1,3N/mm^2$ $f_{vdo,m}=0,065N/mm^2$ $\gamma=18,0kN/mc$ $E_d=1500N/mm^2$	$0,96N/mm^2$ $0,048N/mm^2$

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

			E_{k,f}=750N/mmq G_k=500N/mmq G_{k,f}=250N/mmq	E _{k,f} =750N/mmq G _k =500N/mmq G _{k,f} =250N/mmq	E _{d,f} =750N/mmq G _d =500N/mmq G _{d,f} =250N/mmq	
--	--	--	---	--	--	--

6.4.1.2 PARAMETRI MATERIALI – AMPLIAMENTO

CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO AMPLIAMENTO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)						
Elementi strutturali	Informazioni dal progetto strutturale	f _{cm} da Prove di laboratorio	R _{cm} assunto per l'attuale verifica sismica	f _{ck}	f _{cd}	f _{cd} /FC (con FC=1,35)
Fondazioni ed elevazioni	C25/30	-	30 N/mmq	24,9 N/mmq	16,6 N/mmq	12,3 N/mmq

CARATTERISTICHE ACCIAIO D'ARMATURA AMPLIAMENTO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)						
Elementi strutturali	Informazioni dal progetto strutturale	f _{ym} / f _{lm} da Prove di laboratorio	f _{ym} assunto per l'attuale verifica sismica	f _{yk}	f _{yd}	f _{yd} /FC (con FC=1,35)
Fondazioni ed elevazioni	FEb44K	-	430N/mmq	430 N/mmq	373 N/mmq	277 N/mmq

CARATTERISTICHE MURATURA PORTANTE AMPLIAMENTO (LIVELLO DI CONOSCENZA LC1)						
Elementi strutturali	Informazioni dal progetto strutturale	f _{km} da Prove di laboratorio	f _{km} assunto per l'attuale verifica sismica	f _{km}	f _{dm}	f _{yd} /FC (con FC=1,35)
Elevazioni	Laterizi semipieni termoresistente (tipo Poroton) e malta tipo M1 o M2. Muratura con f _k =8,0N/mmq e γ=12kN/mc	-	f_{bkm}=5,0N/mmq f_{vko,m}=0,20N/mmq γ=15,0kN/mc E_k=4550N/mmq E_{k,f}=2275N/mmq G_k=1137,5N/mmq G_{k,f}=568,8N/mmq	f _{bkm} =5,0N/mmq f _{vko,m} =0,20N/mmq γ=15,0kN/mc E _k =4550N/mmq E _{k,f} =2275N/mmq G _k =1137,5N/mmq G _{k,f} =568,8N/mmq	f _{bdm} =2,5N/mmq f _{vdo,m} =0,10N/mmq γ=15,0kN/mc E _d =4550N/mmq E _{d,f} =2275N/mmq G _d =1137,5N/mmq G _{d,f} =568,8N/mmq	1,85N/mmq 0,074N/mmq

NOTA 1 I valori di resistenza caratteristici sono stati desunti dalla tabella C8.5.I della circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. “ Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

NOTA 2 Le analisi sono state condotte assumendo i valori di rigidezza fessurata (rigidezze fessurate assunte pari alla metà di quelle non fessurate).

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.4.2 PARAMETRI DEI MATERIALI PREVISTI PER GLI INTERVENTI IN PROGETTO

Per le caratteristiche dei materiali impiegati per gli interventi in progetto si rimanda al capitolo 3 "Relazione illustrativa sui materiali".

6.5 ANALISI DEI CARICHI

I carichi di calcolo sono stati desunti dal progetto strutturale originario, dai rilievi visivi effettuati, con le limitazioni dovute alla presenza delle finiture, dalle risultanze delle indagini non distruttive eseguite dalla ditta 4 EMME Service s.p.a. e dalle risultanze delle indagini distruttive eseguite; per i carichi variabili, come previsto dalle NTC 2018, si fa invece riferimento ai valori caratteristici attualmente prescritti.

6.5.1 PESO PROPRIO DEI MATERIALI STRUTTURALI





MATERIALI	PESO UNITA' DI VOLUME [kN/mc]
Calcestruzzi cementizi e malte	
CALCESTRUZZO ORDINARIO	24,0
CALCESTRUZZO ARMATO (E/O PRECOMPRESSO)	25,0
CALCESTRUZZI "LEGGERI": DA DETERMINARSI CASO PER CASO	14,0÷20,0
CALCESTRUZZI "PESANTI": DA DETERMINARSI CASO PER CASO	28,0÷50,0
MALTA DI CALCE	18,0
MALTA DI CEMENTO	21,0
CALCE IN POLVERE	10,0
CEMENTO IN POLVERE	14,0
SABBIA	17,0
Metalli e leghe	
ACCIAIO	78,5
GHISA	72,5
ALLUMINIO	27,0
Materiale lapideo	
TUFO VULCANICO	17,0
CALCARE COMPATTO	26,0
CALCARE TENERO	22,0
GESEO	13,0
GRANITO	27,0
LATERIZIO (PIENO)	18,0
Legnami	
CONIFERE E PIOPPA	4,0÷6,0
LATIFOGLIE (ESCLUSO PIOPPA)	6,0÷8,0
Sostanze varie	
ACQUA DOLCE (CHIARA)	9,81
ACQUA DI MARE (CHIARA)	10,1
CARTA	10,0
VETRO	25,0

6.5.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.5.2.1 NEVE STIMA CARICO SECONDO INDICAZIONI NTC 2018

NEVE - COPERTURA A DUE FALDE			
ZONA I - Alpina			
COPERTURA A DUE FALDE			
altitudine del sito riferita al livello del mare	as=	25	m
inclinazione falda SX	α_{sx} =	8	°
inclinazione falda DX	α_{dx} =	8	°
valore di riferimento carico neve al suolo	q _{sk} =	150	daN/mq
coefficiente di esposizione	CE=	1,0	
coefficiente termico	C _t =	1,0	
coefficienti di forma della copertura	$\mu_1(\alpha_{sx})$ =	0,80	
	$\mu_1(\alpha_{dx})$ =	0,80	
	$\mu_2(\alpha_{sx})$ =	1,01	
	$\mu_2(\alpha_{dx})$ =	1,01	
<div> <div>Caso I: $\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_2)$</div> <div>Caso II: $0,5 \mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_2)$</div> <div>Caso III: $\mu_1(\alpha_1)$  $0,5 \mu_1(\alpha_2)$</div> <div></div> </div>			
Carico neve sulla copertura			
CASO I	$q_{s1,sx} = \mu_1(\alpha_{sx}) \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot C_t =$	120	daN/mq
	$q_{s1,dx} = \mu_1(\alpha_{dx}) \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot C_t =$	120	daN/mq
CASO II	$q_{s1,sx} = 0,5 \cdot \mu_1(\alpha_{sx}) \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot C_t =$	60	daN/mq
	$q_{s1,dx} = \mu_1(\alpha_{dx}) \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot C_t =$	120	daN/mq
CASO III	$q_{s1,sx} = \mu_1(\alpha_{sx}) \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot C_t =$	120	daN/mq
	$q_{s1,dx} = 0,5 \cdot \mu_1(\alpha_{dx}) \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot C_t =$	60	daN/mq

6.5.2.2 AZIONI ANTROPICHE

6.5.2.2.1 ESTRATTO ANALISI DEI CARICHI DALLA RELAZIONE DI CALCOLO A FIRMA ING. GIANCARLO BOSCHETTI

ANALISI DEI CARICHI

Solai esistenti: h= 28 cm

peso proprio + carichi permanenti (copertura): 380 daN/mq;

sovraccarico variabile: 130 daN/mq (neve);

Solai nuovi: h= 20 cm (16+4);

peso proprio + carichi permanenti (copertura): 320 daN/mq;

sovraccarico variabile: 130 daN/mq (neve).

Figura 10 Stralcio relazione di calcolo

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.5.2.2.2 ANALISI DEI CARICHI SOLAIO DI COPERTURA PORZIONE IN AMPLIAMENTO ADOTTATO PER IL PRESENTE PROGETTO

COPERTURA ESISTENTE a struttura portante in latero cemento			
Descrizione	Peso al mc [daN/mc]	Spessore [m]	Carico [daN/mq]
Sovrastuttura e finitura			90,00
CARICHI PERMANENTI PORTATI $G_{k2} =$			90,00
Solaio in latero cemento H=16+4			230,00
CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_{k1} =$			230,00
Carico accidentale (NEVE)			120,00
CARICHI ACCIDENTALI $Q_{k,1} =$			120,00

6.5.2.2.3 ANALISI DEI CARICHI SOLAIO DI COPERTURA FABBRICATO PRIMORDIALE ADOTTATO PER IL PRESENTE PROGETTO

COPERTURA ESISTENTE a struttura portante in latero cemento			
Descrizione	Peso al mc [daN/mc]	Spessore [m]	Carico [daN/mq]
Sovrastuttura e finitura			90,00
Controsoffitto			20,00
CARICHI PERMANENTI PORTATI $G_{k2} =$			110,00
Solaio in latero cemento			290,00
CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_{k1} =$			290,00
Carico accidentale (NEVE)			120,00
CARICHI ACCIDENTALI $Q_{k,1} =$			120,00

6.5.2.2.4 PARETE MURATURA PORTANTE (FABBRICATO PRIMORDIALE) – SPESSORE 25cm

MURATURA (PER UN'ALTEZZA DI 1,00m)			
Descrizione	Peso al mc [daN/mc]	Spessore [m]	Carico [daN/m]
Intonaco			30,00
Muratura in laterizio PIENO	1800	0,25	450,00
Intonaco			30,00
CARICHI PERMANENTI PORTATI $G_{k2} =$			510,00

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.5.2.2.5 PARETE MURATURA RINFORZATA CON INTONACO ARMATO (FABBRICATO PRIMORDIALE) – SPESSORE 4+12+4cm

MURATURA (PER UN'ALTEZZA DI 1,00m)			
Descrizione	Peso al mc [daN/mc]	Spessore [m]	Carico [daN/m]
Intonaco armato	2500	0,04	100,00
Muratura in laterizio PIENO	1800	0,12	216,00
Intonaco armato	2500	0,04	100,00
CARICHI PERMANENTI PORTATI $G_{k2} =$			416,00

6.5.2.2.6 PARETE MURATURA PORTANTE PERIMETRALE – SPESSORE 25cm

MURATURA (PER UN'ALTEZZA DI 1,00m)			
Descrizione	Peso al mc [daN/mc]	Spessore [m]	Carico [daN/m]
Intonaco			30,00
Muratura in laterizio tipo POROTON	1500	0,25	375,00
Intonaco			30,00
CARICHI PERMANENTI PORTATI $G_{k2} =$			435,00

6.5.2.2.7 PARETE MURATURA PORTANTE – SPESSORE 30cm

MURATURA (PER UN'ALTEZZA DI 1,00m)			
Descrizione	Peso al mc [daN/mc]	Spessore [m]	Carico [daN/m]
Intonaco			30,00
Muratura in laterizio tipo POROTON	1500	0,3	450,00
Intonaco			30,00
CARICHI PERMANENTI PORTATI $G_{k2} =$			510,00

6.5.2.2.8 PESO PROPRIO DEI MATERIALI STRUTTURALI

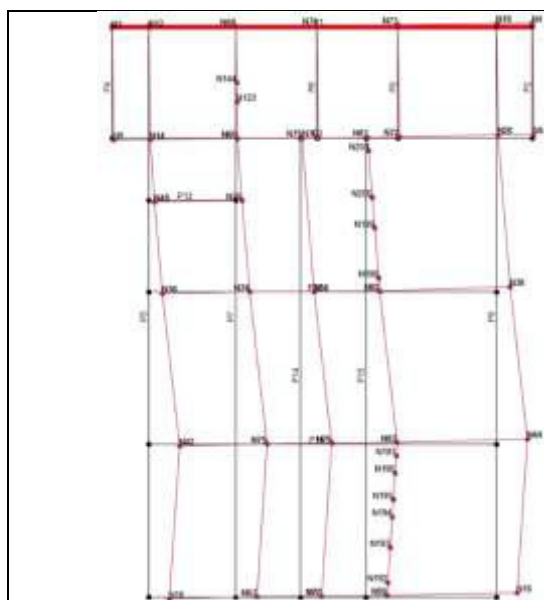
I pesi propri degli elementi strutturali esistenti (pilastri e travi in calcestruzzo armato, e pareti in muratura) sono valutati in funzione delle dimensioni geometriche adottate per le carpenterie assumendo un peso dell'unità di volume unitario pari a 2500daN/mc per gli elementi in calcestruzzo e pari a 1500daN/mc per gli elementi in laterizio semipieno e pari a 1800daN/mc per gli elementi in laterizio pieno. Per quanto riguarda le nuove pareti in mattoni semipieni è stato assunto un peso di volume pari a 1500daN/mc.

6.6 PRINCIPALI RISULTATI DELLE ANALISI CONDOTTE

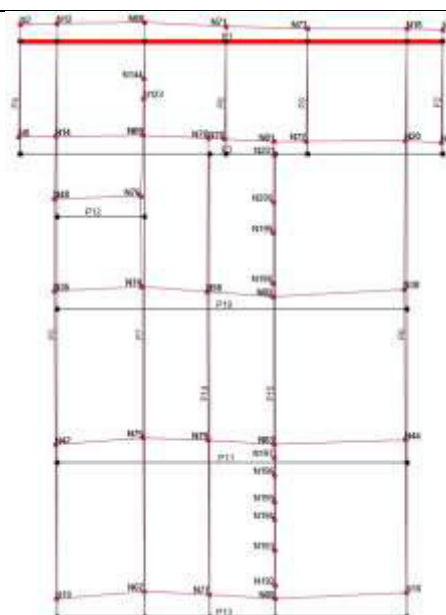
6.6.1 ANALISI DINAMICA LINEARE

Nel presente paragrafo sono riportati i principali modi di vibrare, la percentuale di massa partecipata e le forme modali relative al fabbricato originario al fine di verificare quanto riportato al §7.3.4.2 di NTC 2018.

Modo	T [s]	mx [kg]	Mx [%]	my [kg]	My [%]	mz [kg]	Mz [%]
1	0,110	190559,4	56,24	882,5	0,26	18,1	0,0
2	0,100	1439,4	0,42	317.957,4	93,85	62,6	0,0
3	0,089	4064,9	1,20	2,0	0,0	16,9	0,0
4	0,082	32735,2	9,66	2.253,7	0,7	77,9	0,0
5	0,075	16248,4	4,80	116,1	0,0	6795,1	2,0
6	0,072	17762,9	5,24	15,3	0,0	6540,1	1,9
7	0,068	29871,8	8,82	53,1	0,0	36,0	0,0
8	0,066	197,9	0,06	1.631,2	0,5	5,6	0,0
9	0,063	4,4	0,00	40,2	0,0	6728,0	2,0
10	0,062	6,7	0,00	1,8	0,0	657,4	0,2
11	0,061	8330,3	2,46	127,2	0,0	21,7	0,0
12	0,060	70,7	0,02	2.191,7	0,7	39,7	0,0
13	0,057	44,7	0,01	281,1	0,1	308,3	0,1
14	0,056	20460,0	6,04	82,3	0,0	73,1	0,0
15	0,054	2102,3	0,62	17,3	0,0	7,1	0,0



Deformata relativa al I modo di vibrare



Deformata relativa al II modo di vibrare

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Da quanto riportato nella tabella riassuntiva relativa all'analisi dinamica modale:

- in direzione X la massa partecipata risulta essere $M_x = 56,24\% < 75\%$;
- in direzione Y la massa partecipata risulta essere $M_y = 93,85 > 75\%$

Per quanto riportato al §7.8.1.5.4 di NTC 2018 "l'analisi statica non lineare è applicabile agli edifici in muratura secondo le modalità descritte al §7.3.4.2, con la possibilità di estendere quanto ivi indicato per le strutture in cui il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%, anche ai casi in cui la partecipazione di massa non sia inferiore al 60%.

Con l'introduzione della circolare, tale limite è stato superato secondo quanto riportato al paragrafo C8.7.1.3.1 dove si afferma che: " nel caso invece di diaframmi dotati di rigidità non trascurabile, l'analisi di risposta globale può essere effettuata con uno dei metodi di cui al § 7.3, con le precisazioni e le restrizioni indicate al §7.8.1.5, delle NTC. In particolare è possibile utilizzare l'analisi statica non lineare assegnando, come distribuzione principale e secondaria, rispettivamente, la prima distribuzione sia del gruppo 1, sia del gruppo 2, indipendentemente dalla percentuale di massa partecipante sul primo modo.

Sulla base di queste indicazioni, è stata adottata per la verifica statica non lineare:

- una distribuzione principale (gruppo 1) proporzionale alle forze statiche;
- una distribuzione secondaria (gruppo 2) di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione.

6.6.2 ANALISI STATICA NON LINEARE

Di seguito sono riportati i principali risultati delle analisi sismiche condotte per il fabbricato in esame

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [mm]	Dmax SLC [mm]	Du SLC [mm]	q* SLC	α SLC
1	+X	Uniforme	0	3	16	1,35	2,716
2	+X	Forze statiche	0	3	16	1,35	2,703
3	-X	Uniforme	0	6	28	1,69	2,368
4	-X	Forze statiche	0	6	28	1,72	2,328
5	+Y	Uniforme	0	5	16	1,90	2,108
6	+Y	Forze statiche	0	5	16	1,91	2,092
7	-Y	Uniforme	0	7	16	2,21	1,811
8	-Y	Forze statiche	0	7	16	2,33	1,715
9	+X	Uniforme	1356	2	10	1,27	2,297
10	+X	Uniforme	-1356	4	16	1,53	2,298
11	+X	Forze statiche	1356	2	10	1,28	2,164
12	+X	Forze statiche	-1356	4	16	1,52	2,301
13	-X	Uniforme	1356	4	14	1,46	2,22
14	-X	Uniforme	-1356	11	31	2,04	1,957
15	-X	Forze statiche	1356	4	14	1,49	2,187
16	-X	Forze statiche	-1356	11	31	2,07	1,935
17	+Y	Uniforme	996	5	16	1,83	2,185
18	+Y	Uniforme	-996	6	17	2,01	1,99
19	+Y	Forze statiche	996	5	16	1,84	2,171
20	+Y	Forze statiche	-996	6	17	2,02	1,977
21	-Y	Uniforme	996	6	16	2,13	1,882
22	-Y	Uniforme	-996	8	17	2,31	1,732
23	-Y	Forze statiche	996	6	16	2,22	1,798
24	-Y	Forze statiche	-996	8	18	2,45	1,634

Nella tabella sono riportate le principali risultanze dell'analisi statica non lineare per quanto riguarda lo stato limite di collasso (SLC) come richiesto dal §7.3.6.1 "verifiche di duttilità" di NTC 2018.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)											
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali								Progetto STR		

N.	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [mm]	Dmax SLV [mm]	Du SLV [mm]	q* SLV	Dmax SLD [mm]	Du SLD [mm]	Dmax SLO [mm]	Do SLO [mm]	α SLV	α SLD	α SLO
1	+X	Uniforme	0	2	12	1,11	1	1	0	1	2,656	2,317	1,918
2	+X	Forze statiche	0	2	12	1,11	1	1	0	1	2,643	2,314	1,915
3	-X	Uniforme	0	4	21	1,39	1	2	1	1	2,158	1,853	1,53
4	-X	Forze statiche	0	4	21	1,41	1	2	1	1	2,121	1,821	1,504
5	+Y	Uniforme	0	4	12	1,56	1	1	1	1	1,922	1,649	1,363
6	+Y	Forze statiche	0	4	12	1,57	1	1	1	1	1,907	1,636	1,352
7	-Y	Uniforme	0	5	12	1,82	1	1	1	1	1,649	1,417	1,169
8	-Y	Forze statiche	0	5	12	1,92	1	1	1	1	1,561	1,342	1,107
9	+X	Uniforme	1356	1	8	1,04	0	1	0	1	2,291	2,459	2,038
10	+X	Uniforme	-1356	3	12	1,26	1	1	1	1	2,246	2,049	1,694
11	+X	Forze statiche	1356	1	7	1,05	0	1	0	1	2,169	2,451	2,031
12	+X	Forze statiche	-1356	3	12	1,25	1	1	1	1	2,25	2,055	1,699
13	-X	Uniforme	1356	2	10	1,2	1	1	0	1	2,186	2,143	1,772
14	-X	Uniforme	-1356	8	23	1,69	2	3	2	2	1,78	1,531	1,28
15	-X	Forze statiche	1356	2	10	1,22	1	1	0	1	2,153	2,105	1,741
16	-X	Forze statiche	-1356	9	23	1,7	2	3	2	2	1,76	1,515	1,266
17	+Y	Uniforme	996	3	12	1,51	1	1	0	1	1,993	1,709	1,413
18	+Y	Uniforme	-996	4	13	1,65	1	1	1	1	1,813	1,557	1,285
19	+Y	Forze statiche	996	3	12	1,52	1	1	0	1	1,98	1,698	1,404
20	+Y	Forze statiche	-996	5	13	1,67	1	1	1	1	1,801	1,547	1,277
21	-Y	Uniforme	996	5	12	1,75	1	1	1	1	1,715	1,472	1,216
22	-Y	Uniforme	-996	6	13	1,9	1	2	1	1	1,576	1,355	1,117
23	-Y	Forze statiche	996	5	12	1,83	1	1	1	1	1,638	1,407	1,161
24	-Y	Forze statiche	-996	6	13	2,02	1	1	1	1	1,487	1,278	1,054

In questa seconda tabella sono riportate le risultanze principali dell'analisi statica non lineare per i restanti stati limite previsti dalle NTC 2018, dando maggior peso allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV). In arancione sono evidenziate le analisi maggiormente onerose.

Come si può notare il fabbricato, con le ipotesi di calcolo riportate nel paragrafo 6.1 *Introduzione*, risulta verificato in entrambe le direzioni principali (evidenziate in arancione sono riportate le analisi più gravose); gli interventi previsti in progetto risultano di miglioramento.

Tabella riassuntiva analisi 16 - X

Dettaglio verifiche				Parametri di Analisi	
SLC				T* [s]	0,17
Dmax	11,42	[mm]	<= Du 31,18 [mm]	m* [kg]	286109,279
q*	2,07	<= 4		w [kN]	4505
La verifica è soddisfatta				M [kg]	459205,364
Spostamento limite raggiunto				m*/M [%]	62,305
SLV				Γ	1,01
Dmax	8,56	[mm]	<= Du 23,39 [mm]	F*y [kN]	1154
q*	1,70	<= 3		d*y [mm]	2,96
La verifica è soddisfatta				d*u [mm]	30,77
SLD					
Dmax	1,98	[mm]	<= Du 3,00 [mm]		
La verifica è soddisfatta					
Raggiungimento del limite elastico della bilineare					
SLO					
Dmax	1,58	[mm]	<= Du 2,00 [mm]		
La verifica è soddisfatta					

Nella tabella sottostante sono riportati i principali indici di vulnerabilità sismica del fabbricato

							TR _C		TR = cost	
	TR _C	TR _D	α _{TR}	PGA _D [m/s ²]	PGA _C (TR) [m/s ²]	F ₀ (TR)	T* _C (TR)	α _{PGA} (TR)	PGA _C	α _{PGA}
SLC	>2475	1462	>1,693	3,21	6,21	2,44	0,29	1,151	6,21	1,936
SLV	>2475	712	>3,476	2,60	4,56	2,44	0,29	1,422	4,56	1,760
SLD	187	75	2,493	1,03	1,56	2,52	0,27	1,556	1,56	1,515
SLO	83	45	1,844	0,81	1,03	2,47	0,28	1,336	1,03	1,266

Ragionando in termini di SLV la vita residua del fabbricato risulta essere maggiore di 2475 anni rispetto ad un terremoto di progetto con un tempo di ritorno di 712 anni previsto dalla normativa vigente per un edificio nuovo della stessa categoria ($V_N = 50$ anni e C_u III).

Di seguito si riportano la pianta dell'edificio con la scelta del nodo di controllo e la curva di capacità dell'edificio.

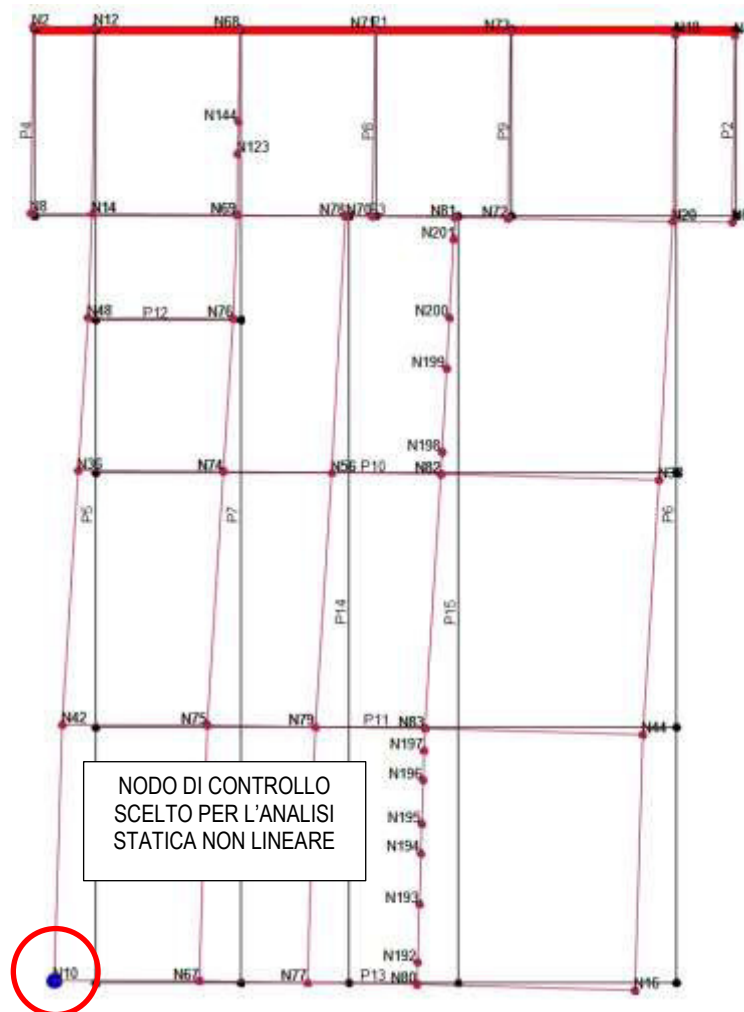


Figura 11 Pianta modello di calcolo con indicazione pareti e nodi

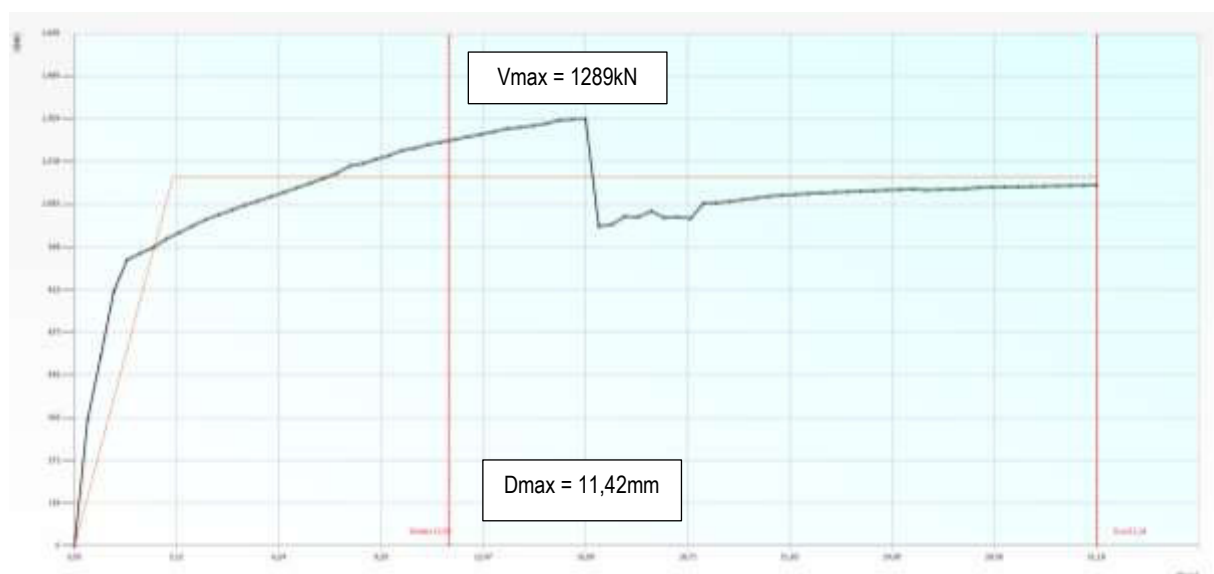


Figura 12 Curva di capacità del fabbricato in esame per la direzione X del sisma

Tabella riassuntiva analisi 24 - Y

Dettaglio verifiche		Parametri di Analisi	
SLC		T* [s]	0,137
Dmax 8,31 [mm]	<= Du 17,59 [mm]	m* [kg]	345678,717
q* 2,45 <= 4		w [kN]	4505
La verifica è soddisfatta		M [kg]	459205,364
Spostamento limite raggiunto		m*/M [%]	75,278
SLV		Γ	0,95
Dmax 6,27 [mm]	<= Du 13,19 [mm]	F*y [kN]	1118
q* 2,02 <= 3		d*y [mm]	1,53
La verifica è soddisfatta		d*u [mm]	18,59
SLD			
Dmax 1,13 [mm]	<= Du 1,45 [mm]		
La verifica è soddisfatta			
Raggiungimento del limite elastico della bilineare			
SLO			
Dmax 0,92 [mm]	<= Du 0,97 [mm]		
La verifica è soddisfatta			

Nella tabella sottostante sono riportati i principali indici di vulnerabilità sismica del fabbricato

							TR _C		TR = cost	
	TR _C	TR _D	α _{TR}	PGA _D [m/s²]	PGA _C (TR) [m/s²]	F ₀ (TR)	T* _C (TR)	α _{PGA} (TR)	PGA _C	α _{PGA}
SLC	>2475	1462	>1,693	3,21	3,69	2,44	0,29	1,151	5,24	1,634
SLV	>2475	712	>3,476	2,59	3,69	2,44	0,29	1,424	3,85	1,487
SLD	129	75	1,720	1,03	1,35	2,48	0,27	1,315	1,31	1,278
SLO	57	45	1,267	0,81	0,90	2,50	0,27	1,113	0,85	1,054

Ragionando in termini di SLV la vita residua del fabbricato risulta essere maggiore di 2475 anni rispetto ad un terremoto di progetto con un tempo di ritorno di 712 anni previsto dalla normativa vigente per un edificio nuovo della stessa categoria ($V_N = 50$ anni e C_u III).

Di seguito si riportano la pianta dell'edificio con la scelta del nodo di controllo e la curva di capacità dell'edificio.

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

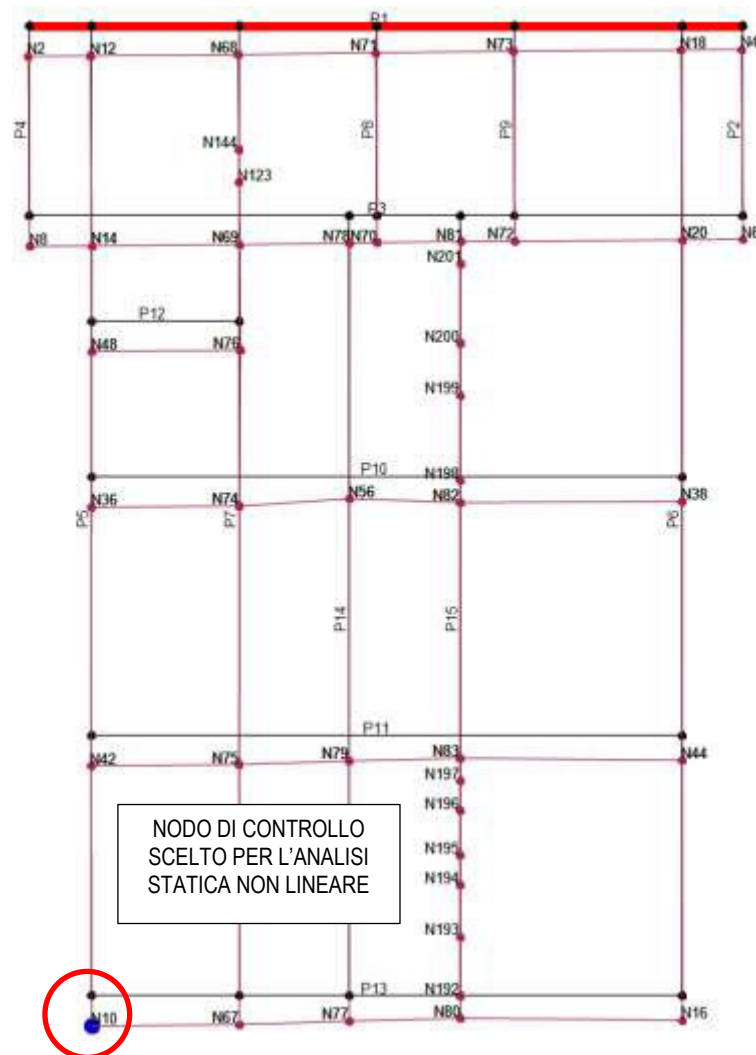


Figura 13 Pianta modello di calcolo con indicazione pareti e nodi

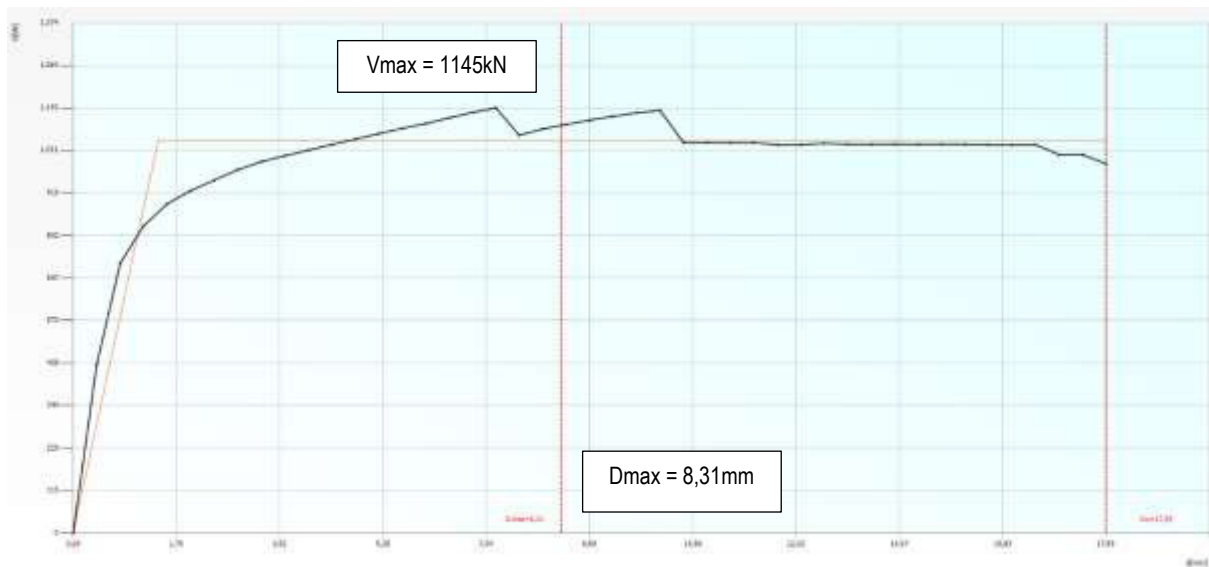


Figura 14 Curva di capacità del fabbricato in esame per la direzione Y del sisma

6.7 VERIFICHE NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI

Nei paragrafi successivi si riportano le verifiche strutturali relative ai nuovi elementi strutturali in calcestruzzo armato (fondazioni, cordoli verticali e orizzontali); le verifiche dei nuovi pannelli murari sono implicite nelle analisi non lineari globali eseguite.

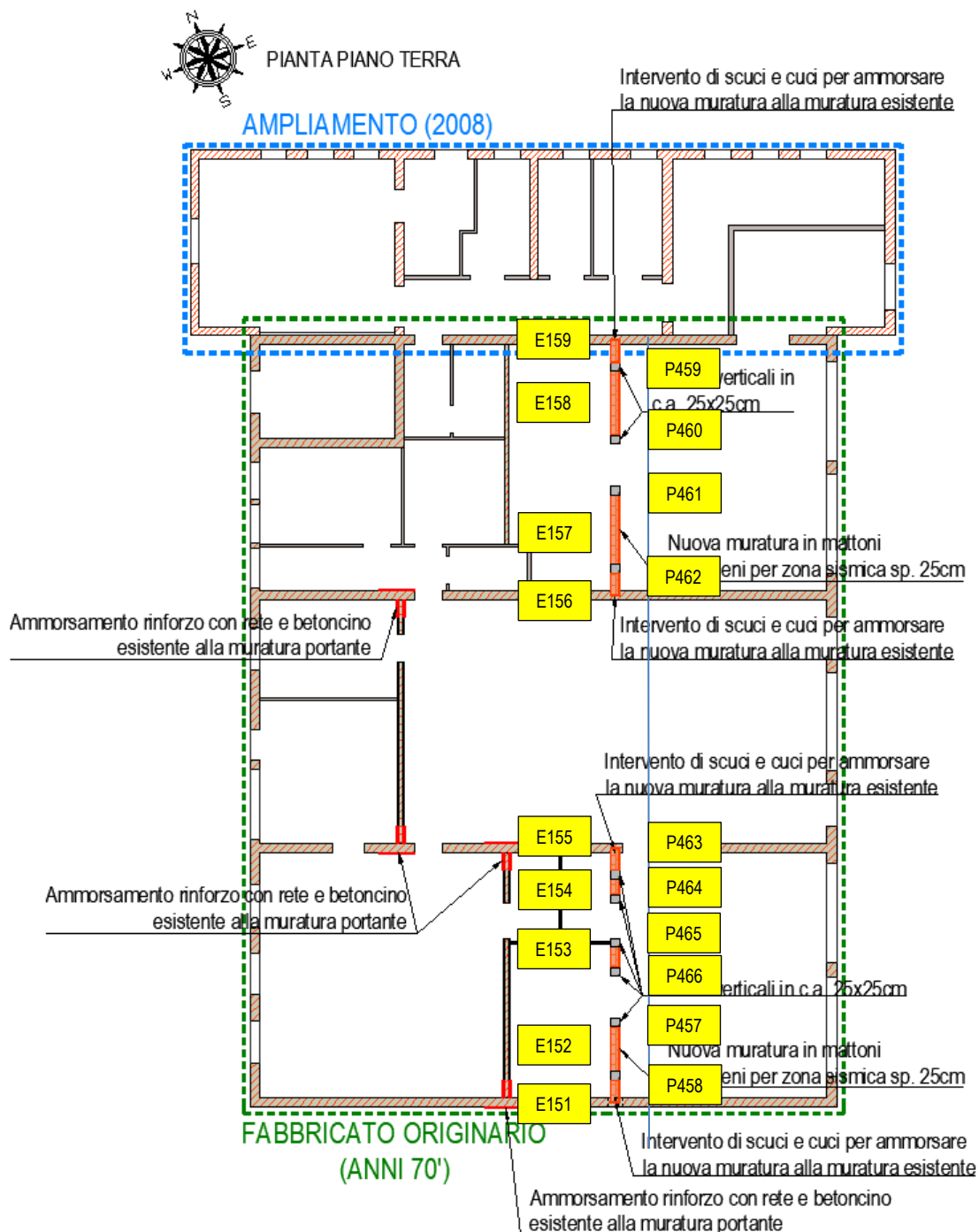
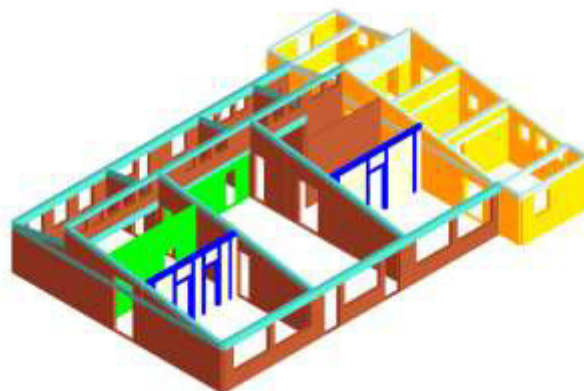
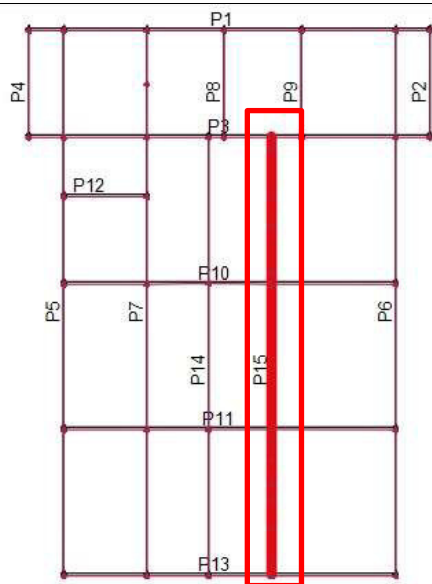


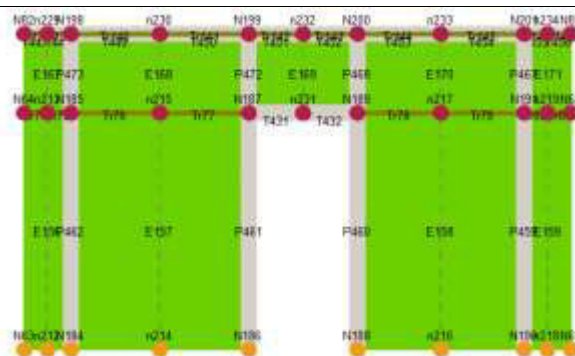
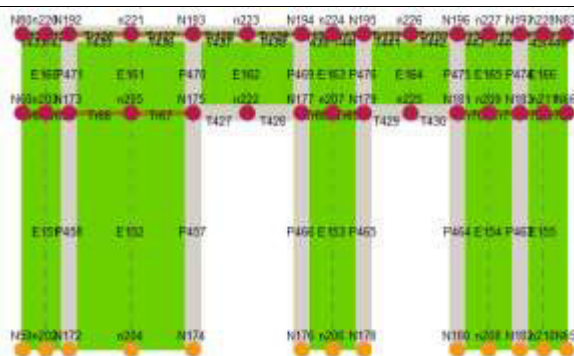
Figura 15 Pianta piano terra con individuazione della numerazione dei cordoli verticali in c.a.

6.7.1 NUOVI ELEMENTI IN C.A. - CORDOLI VERTICALI E ORIZZONTALI



Pianta pareti fabbricato originario

Vista 3D elementi in muratura /c.a. oggetto di verifica



Prospetto frontale parete 15

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.7.1.1 SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI

6.7.1.1.1 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI CORDOLI VERTICALI IN C.A. – ANALISI 16-X

In giallo sono evidenziati i nodi dei pilastri vincolati a terra

P	Nodo I	Nodo J	N[kN]	Txi[kN]	Txj[kN]	Tyi[kN]	Tyj[kN]	Mxi[kNm]	Mxj[kNm]	Myi[kNm]	Myj[kNm]
457	174	175	-31,0	6,0	-6,0	1,0	-1,0	-2,0	-2,0	21,0	-1,0
458	172	173	-59,0	7,0	-7,0	1,0	-1,0	-2,0	-2,0	22,0	-2,0
459	190	191	-46,0	2,0	-2,0	1,0	-1,0	-2,0	-2,0	5,0	2,0
460	188	189	-51,0	3,0	-3,0	1,0	-1,0	-2,0	-2,0	7,0	2,0
461	186	187	-44,0	4,0	-4,0	1,0	-1,0	-2,0	-2,0	9,0	3,0
462	184	185	-83,0	4,0	-4,0	1,0	-1,0	-2,0	-2,0	11,0	2,0
463	182	183	-82,0	5,0	-5,0	2,0	-2,0	-3,0	-3,0	18,0	-2,0
464	180	181	-64,0	5,0	-5,0	2,0	-2,0	-3,0	-3,0	19,0	-2,0
465	178	179	-52,0	5,0	-5,0	2,0	-2,0	-3,0	-3,0	19,0	-2,0
466	176	177	-54,0	6,0	-6,0	2,0	-2,0	-3,0	-3,0	20,0	-2,0
467	191	201	-14,0	-2,0	2,0	5,0	-5,0	-3,0	-3,0	-2,0	0,0
468	189	200	-28,0	-2,0	2,0	5,0	-5,0	-2,0	-2,0	-2,0	0,0
469	177	194	-30,0	2,0	-2,0	2,0	-2,0	-1,0	-1,0	2,0	0,0
470	175	193	-69,0	1,0	-1,0	2,0	-2,0	-1,0	-1,0	1,0	0,0
471	173	192	40,0	2,0	-2,0	2,0	-2,0	-1,0	-1,0	2,0	0,0
472	187	199	-77,0	-1,0	1,0	4,0	-4,0	-2,0	-2,0	-3,0	1,0
473	185	198	-13,0	-1,0	1,0	4,0	-4,0	-2,0	-2,0	-2,0	2,0
474	183	197	-28,0	2,0	-2,0	4,0	-4,0	-2,0	-2,0	2,0	0,0
475	181	196	-57,0	2,0	-2,0	4,0	-4,0	-2,0	-2,0	2,0	0,0
476	179	195	-57,0	2,0	-2,0	2,0	-2,0	-1,0	-1,0	2,0	0,0

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.7.1.2 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI CORDOLI VERTICALI IN C.A. – ANALISI 24-Y

P	Nodo I	Nodo J	N[kN]	Txi[kN]	Txj[kN]	Tyi[kN]	Tyj[kN]	Mxi[kNm]	Mxj[kNm]	Myi[kNm]	Myj[kNm]
457	174	175	-30,0	0,0	0,0	24,0	-24,0	-37,0	-37,0	0,0	0,0
458	172	173	-97,0	0,0	0,0	24,0	-24,0	-37,0	-37,0	0,0	0,0
459	190	191	-46,0	0,0	0,0	27,0	-27,0	-43,0	-43,0	0,0	0,0
460	188	189	-62,0	0,0	0,0	27,0	-27,0	-43,0	-43,0	0,0	0,0
461	186	187	-41,0	0,0	0,0	27,0	-27,0	-43,0	-42,0	0,0	0,0
462	184	185	-103,0	0,0	0,0	27,0	-27,0	-43,0	-42,0	0,0	0,0
463	182	183	-71,0	0,0	0,0	24,0	-24,0	-38,0	-38,0	0,0	0,0
464	180	181	-66,0	0,0	0,0	24,0	-24,0	-38,0	-38,0	0,0	0,0
465	178	179	-36,0	0,0	0,0	23,0	-23,0	-37,0	-37,0	0,0	0,0
466	176	177	-79,0	0,0	0,0	23,0	-23,0	-37,0	-37,0	0,0	0,0
467	191	201	-18,0	0,0	0,0	13,0	-13,0	-7,0	-7,0	0,0	0,0
468	189	200	-15,0	0,0	0,0	13,0	-13,0	-7,0	-7,0	0,0	0,0
469	177	194	22,0	0,0	0,0	11,0	-11,0	-5,0	-7,0	0,0	0,0
470	175	193	-128,0	0,0	0,0	12,0	-12,0	-6,0	-7,0	0,0	0,0
471	173	192	55,0	0,0	0,0	12,0	-12,0	-6,0	-7,0	0,0	0,0
472	187	199	-116,0	0,0	0,0	10,0	-10,0	-5,0	-6,0	0,0	0,0
473	185	198	-12,0	0,0	0,0	10,0	-10,0	-5,0	-5,0	0,0	0,0
474	183	197	-15,0	0,0	0,0	16,0	-16,0	-8,0	-8,0	0,0	0,0
475	181	196	-23,0	0,0	0,0	16,0	-16,0	-8,0	-8,0	0,0	0,0
476	179	195	-108,0	0,0	0,0	11,0	-11,0	-5,0	-7,0	0,0	0,0

6.7.1.2.1 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI CORDOLI ORIZZONTALI IN C.A. – ANALISI 16-X

T	Nodo I	Nodo J	N[kN]	Ti[kN]	Tj[kN]	Mi[kNm]	Mj[kNm]
427	175	222	-20,0	-11,0	11,0	5,0	4,0
428	222	177	-11,0	1,0	-1,0	0,0	0,0
429	179	225	-12,0	-11,0	11,0	3,0	3,0
430	225	181	-3,0	7,0	-7,0	-2,0	-3,0
431	187	231	-14,0	-11,0	11,0	4,0	4,0
432	231	189	-4,0	2,0	-2,0	0,0	-1,0

6.7.1.2.2 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI CORDOLI ORIZZONTALI IN C.A. – ANALISI 24-Y

T	Nodo I	Nodo J	N[kN]	Ti[kN]	Tj[kN]	Mi[kNm]	Mj[kNm]
427	175	222	-5,0	-16,0	16,0	7,0	4,0
428	222	177	2,0	-6,0	6,0	0,0	4,0
429	179	225	-13,0	-27,0	27,0	9,0	7,0
430	225	181	8,0	-3,0	3,0	1,0	0,0
431	187	231	6,0	-17,0	17,0	6,0	6,0
432	231	189	21,0	-1,0	1,0	1,0	0,0

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

6.7.1.2.3 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI NUOVI PANNELLI MURARI – ANALISI 16-X

E	Nodo I	Nodo J	N[kN]	Ti[kN]	Tj[kN]	Mi[kNm]	Mj[kNm]
151	202,0	203,0	-24,0	3,0	-3,0	-5,0	-5,0
152	204,0	205,0	-44,0	21,0	-21,0	-35,0	-30,0
153	206,0	207,0	-26,0	7,0	-7,0	-11,0	-10,0
154	208,0	209,0	-36,0	9,0	-9,0	-13,0	-14,0
155	210,0	211,0	-33,0	4,0	-4,0	-6,0	-6,0
156	212,0	213,0	-33,0	2,0	-2,0	-4,0	-3,0
157	214,0	215,0	-89,0	53,0	-53,0	-94,0	-72,0
158	216,0	217,0	-64,0	42,0	-42,0	-67,0	-65,0
159	218,0	219,0	-17,0	3,0	-3,0	-4,0	-4,0

6.7.1.2.4 SOLLECITAZIONI MASSIME AGENTI SUI NUOVI PANNELLI MURARI – ANALISI 24-Y

E	Nodo I	Nodo J	N[kN]	Ti[kN]	Tj[kN]	Mi[kNm]	Mj[kNm]
151	202,0	203,0	-40,0	8,0	-8,0	-12,0	-12,0
152	204,0	205,0	-62,0	30,0	-30,0	-48,0	-47,0
153	206,0	207,0	-28,0	7,0	-7,0	-11,0	-11,0
154	208,0	209,0	-34,0	9,0	-9,0	-14,0	-14,0
155	210,0	211,0	-27,0	5,0	-5,0	-8,0	-8,0
156	212,0	213,0	-41,0	8,0	-8,0	-12,0	-12,0
157	214,0	215,0	-102,0	68,0	-68,0	-108,0	-106,0
158	216,0	217,0	-71,0	46,0	-46,0	-73,0	-73,0
159	218,0	219,0	-16,0	3,0	-3,0	-5,0	-5,0

6.7.1.3 VERIFICHE

6.7.1.3.1 VERIFICHE A FLESSIONE

I cordoli verticali, di sezione geometrica $b=25\text{cm} \times h=25\text{cm}$, sono armati con 8 barre correnti $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 8$ disposte a passo 20cm con infittimento a 10cm in corrispondenza delle estremità. Le massime sollecitazioni agenti risultano pari a:

$$M_x=43\text{kNm} \quad T_y=27\text{kN}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	4,1
2	8,04	20,9

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN

M xEd 43 0 kNm

M yEd 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰

E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?

ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75

$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6

τ_{c1} 1,829

M xRd 55,69 kNm

σ_c -14,17 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ϵ_c 3,5 ‰

ϵ_s 9,489 ‰

d 20,9 cm

x 5,631 x/d 0,2694

δ 0,7768

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

I cordoli orizzontali, di sezione geometrica $b=25\text{cm} \times h=25\text{cm}$, sono armati con 4 barre correnti $\varnothing 16$ e staffe $\varnothing 8$ disposte a passo 20cm con infittimento a 10cm in corrispondenza delle estremità. Le massime sollecitazioni agenti risultano pari a:

$$M_x=9\text{kNm} \quad T_y=27\text{kN}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,02	4,1
2	4,02	20,9

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN

M xEd 9 0 kNm

M yEd 0 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰

E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8

ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75

$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6

τ_{c1} 1,829

M xRd 29,3 kNm

σ_c -14,17 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ϵ_c 3,5 ‰

ϵ_s 12,62 ‰

d 20,9 cm

x 4,537 x/d 0,2171

δ 0,7114

Tipo Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

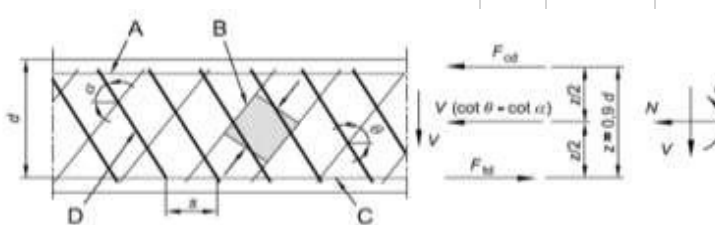
6.7.1.3.2 VERIFICHE A TAGLIO

VERIFICA CORDOLI VERTICALI

PILASTRO IN C.A.			
Dati geometrici PILASTRO			
Larghezza minima della sezione	$b_w =$	250 mm	
Altezza della sezione	$h_w =$	250 mm	
Distanza tra il baricentro dell'armature e il bordo del cls	$d' =$	41 mm	
Materiali utilizzati			
Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck} =$	30 MPa	
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck} =$	24,9 MPa	$f_{ck} = 0,83 R_{ck}$
Valor medio della resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{cm} =$	32,9 MPa	$f_{cm} = f_{ck} + 8$
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2,56 MPa	$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$
Modulo elastico istantaneo del calcestruzzo	$E_{cm} =$	31447 MPa	$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0,3}$
Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo	$\gamma_c =$	1,5 [-]	
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio di armatura	$f_{yk} =$	450 MPa	
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s =$	210000 MPa	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s =$	1,15 [-]	
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	$f_{cd} =$	14,1 MPa	$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c$
Resistenza di calcolo ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima	$f'_{cd} =$	7,1 MPa	$f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd} =$	391,3 MPa	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
Sollecitazioni			
SOLLECITAZIONI ALLO SLU/SLV [comb --]			
	$N_{Ed} =$	0 kN	
	$V_{Ed} =$	27 kN	
Verifica elementi con armature trasversali resistenti a taglio § 4.1.2.3.5.2			
Altezza utile della sezione	$d =$	209 mm	$d = h_w - d'$
Diametro delle staffe	$\phi_{sw} =$	8 mm	
Numero di braccia	$n_b =$	2 [-]	
Passo delle staffe	$s =$	200 mm	
Angolo di inclinazione delle armature orizzontali rispetto alla verticale	$\alpha =$	90 °	
Angolo di inclinazione dei puntoni compressi	$\theta =$	45 °	generalmente si adotta $\theta = 45^\circ$
Area della sezione trasversale resistente a taglio	$A_{sw} =$	101 mmq	$A_{sw} = n_b (\pi \phi_{sw}^2) / 4 \leq A_{sw,max}$
Braccio della coppia interna	$z =$	188,1 mm	$z = 0,9 d$
Cotangenti degli angoli di inclinazione delle armature e dei puntoni	$\cotg \alpha =$	0,00 [-]	
	$\cotg \theta =$	1,00 [-]	
Seno dell'angolo di inclinazione delle armature	$\sen \alpha =$	1,00 [-]	
Tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp} =$	0,00 MPa	$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c =$	1,00 [-]	
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio-trazione)	$V_{Rsd} =$	37,00 kN	$V_{Rsd} = 0,9 d A_{sw} / s f_{yd} (\cotg \alpha + \cotg \theta) \sen \alpha$
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo per taglio	$v =$	0,5 [-]	
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cotg \theta = 1$	$A_{sw,max} =$	450,7 mmq	$A_{sw,max} = 0,5 \alpha_c v_1 f_{cd} b_w s / f_{ywd}$
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio-compressione)	$V_{Rcd} =$	165,88 kN	$V_{Rcd} = 0,9 d b_w \alpha_c f_{cd} (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg \theta^2)$
Resistenza a taglio del pilastro	$V_{Rd} =$	37,00 kN	$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

VERIFICA CORDOLI ORIZZONTALI

TRAVE IN C.A.		
Dati geometrici TRAVE		
Larghezza minima della sezione	$b_w =$	250 mm
Altezza della sezione	$h_w =$	250 mm
Distanza tra il baricentro dell'armature e il bordo del cls	$d' =$	41 mm
Materiali utilizzati		
Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck} =$	30 MPa
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck} =$	24,9 MPa
Valor medio della resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{cm} =$	32,9 MPa
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2,56 MPa
Modulo elastico istantaneo del calcestruzzo	$E_{cm} =$	31447 MPa
Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo	$\gamma_c =$	1,5 [-]
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio di armatura	$f_{yk} =$	450 MPa
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s =$	210000 MPa
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s =$	1,15 [-]
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	$f_{cd} =$	14,1 MPa
Resistenza di calcolo ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima	$f'_{cd} =$	7,1 MPa
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd} =$	391,3 MPa
Sollecitazioni		
SOLLECITAZIONI ALLO SLU [comb --]	$N_{Ed} =$	0 kN
	$V_{Ed} =$	0 kN
SOLLECITAZIONI ALLO SLV [comb --]	$N_{Ed} =$	0 kN
	$V_{Ed} =$	27 kN
Verifica elementi con armature trasversali resistenti a taglio § 4.1.2.3.5.2		
Altezza utile della sezione	$d =$	209 mm
Diametro delle staffe	$\phi_{sw} =$	8 mm
Numero di braccia	$n_b =$	2 [-]
Passo delle staffe	$s =$	200 mm
Angolo di inclinazione delle armature trasversali rispetto all'asse della trave	$\alpha =$	90 °
Angolo di inclinazione dei puntoni compressi	$\theta =$	21,8 °
Area della sezione trasversale resistente a taglio	$A_{sw} =$	101 mmq
Braccio della coppia interna	$z =$	188,1 mm
Cotangenti degli angoli di inclinazione delle armature e dei puntoni	$\cotg \alpha =$	0,00 [-]
	$\cotg \theta =$	2,50 [-]
Seno dell'angolo di inclinazione delle armature	$\sen \alpha =$	1,00 [-]
Tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp} =$	0,00 MPa
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c =$	1,00 [-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio-trazione)	$V_{Rsd} =$	92,5 kN
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio	$v_1 =$	0,6 [-]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cotg \theta = 1$	$A_{sw,max} =$	540,9 mmq
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio-compressione)	$V_{Rcd} =$	114,4 kN
Resistenza a taglio della trave	$V_{Rd} =$	92,5 kN
MODELLO A TRALICCIO E NOTAZIONE PER ELEMENTI ARMATI A TAGLIO		
		<p>Legenda</p> <p>A = corrente compresso</p> <p>B = puntoni</p> <p>C = corrente teso</p> <p>D = armatura a taglio</p>

6.7.2 VERIFICA A CAPACITÀ PORTANTE DELLE NUOVE FONDAZIONI

Di seguito è riportato l'involuppo delle tensioni agenti sul piano di fondazione

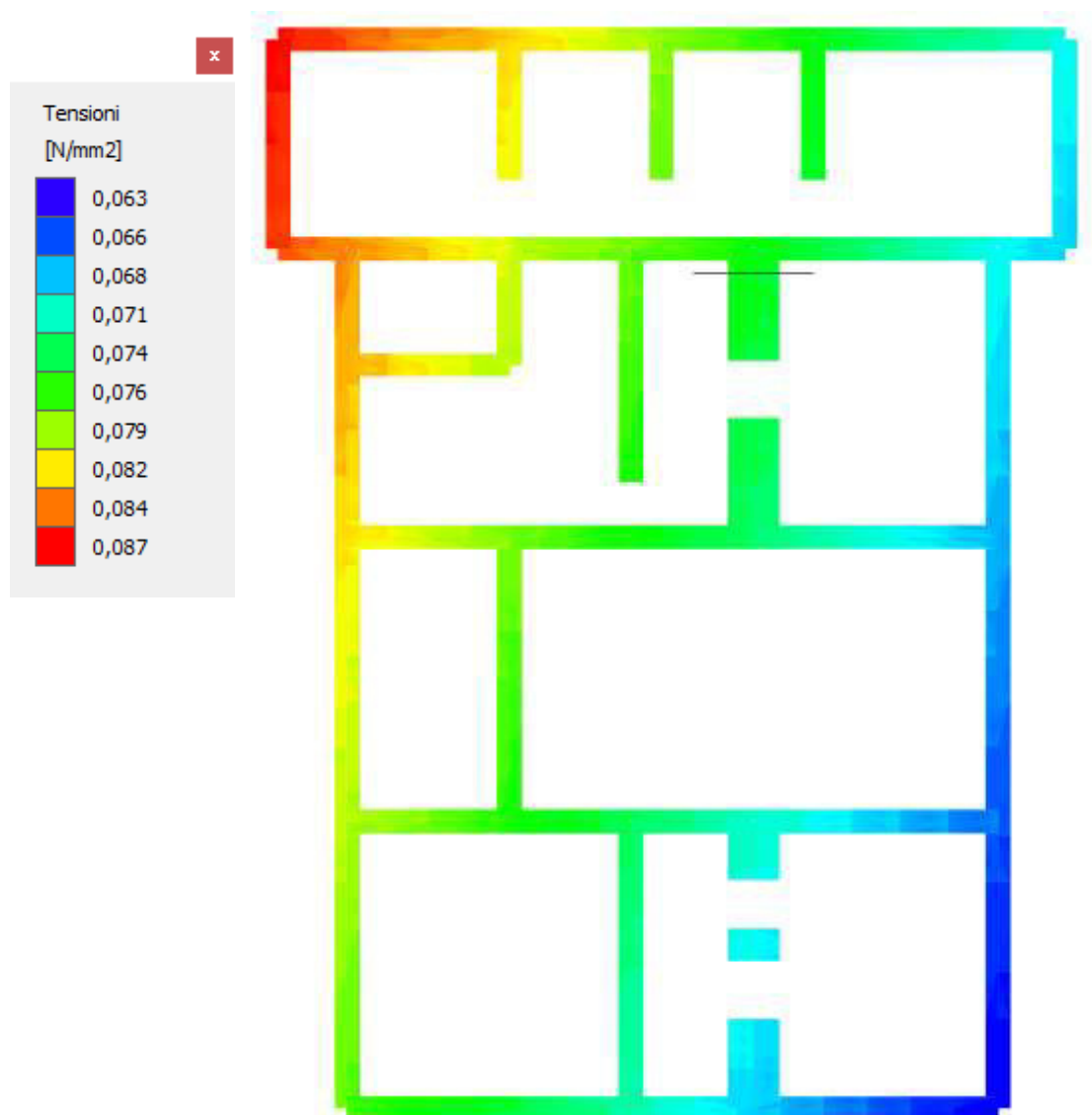


Figura 16 Pianta fondazioni con andamento sollecitazioni agenti nel terreno

Sollecitazioni massime agenti in fondazione

Coordinata	Tensioni
[m]	[N/mm ²]
0,00	0,074
0,56	0,074
1,11	0,075
1,67	0,075
2,23	0,075

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Le massime pressioni trasmesse al terreno, pari a $q_{Ed}=0,75\text{daN/cm}^2$, risultano inferiori alla capacità portante del terreno $q_{ult}=1,12\text{daN/cm}^2$ (vedere paragrafo 4.4 Stima capacità portante delle fondazioni).

6.7.3 VERIFICA SEMPLIFICATA FONDAZIONI ALLO SLV

È stata condotta un'ulteriore verifica semplificata delle fondazioni utilizzando il software "Trave 1 campata" di Piero Gelfi, al fine di confermare le risultanze in termini di tensioni sul terreno e di valutare i massimi valori di momento e taglio agenti sulle strutture di fondazione in c.a..

Le azioni agenti sulla fondazione sono quelle derivanti dall'analisi sismica in direzione Y risultata maggiormente gravosa nella verifica globale del fabbricato e riportate nelle tabelle dei paragrafi precedenti.

Di seguito sono riportate le principali risultanze derivanti dall'analisi sismica per i due nuovi tratti di fondazione previsti in progetto.

6.7.3.1 VERIFICHE NUOVA FONDAZIONE LATO NORD

Nell'immagine seguente sono riportati i valori dei carichi applicati alla fondazione.

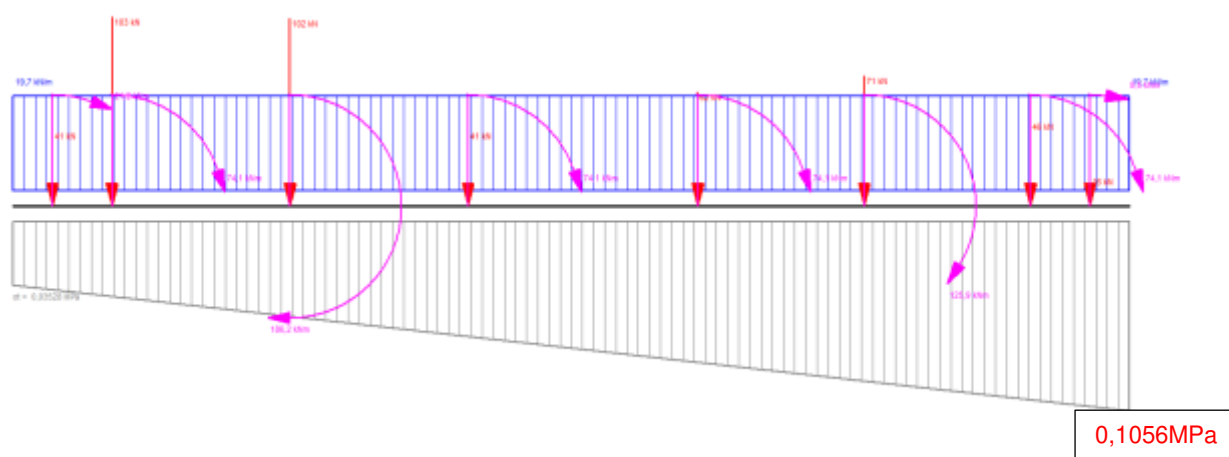


Figura 17 Definizione dei carichi agenti in fondazione

Le forze agenti sulla trave di fondazione (N, M, T) sono state considerate con il loro valore puntuale ed i rispettivi punti di applicazione sono ubicati nella mezzzeria dei singoli elementi verticali sismoresistenti. Le estremità della fondazione non tengono conto del vincolo offerto dalle fondazioni esistenti su cui vengono connesse; tale configurazione risulta a favore di sicurezza rispetto alla situazione reale in cui le azioni risultano uniformemente distribuite sull'intera lunghezza di influenza dei singoli elementi verticali e le singole travi di fondazione connesse le une alle altre.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri di input ed i risultati ottenuti dall'analisi con il programma "Trave 1 campata".

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

----- **DATI** -----

E [MPa]	J [cm ⁴]	Luce [m]
31400	6138231	7,05

Vincoli: Fondazione infinitamente rigida; b = 1,25 m; suolo non reagente a trazione

Carichi distribuiti trapezi

N°	q1 [kN/m]	q2 [kN/m]	d1 [m]	d2 [m]
1	19,7	19,7	0,0	7,05

Carichi concentrati

N°	F [kN]	D [m]
1	41,0	0,25
2	103,0	0,375
3	102,0	1,125
4	41,0	1,125
5	62,0	1,45
6	71,0	1,05
7	46,0	1,05
8	16,0	0,375

Coppie concentrate

N°	W [kNm]	D [m]
1	21,2	0,25
2	74,1	0,375
3	186,2	1,125
4	74,1	1,125
5	74,1	1,45
6	125,9	1,05
7	74,1	1,05
8	8,5	0,375

Nota: i valori di momento inseriti sono ottenuti dalla somma tra il momento flettente agente alla base dell'elemento sismoresistente e il taglio moltiplicato per l'altezza della fondazione (1,15m)

Risultati

sigma_tA =	0,03528	MPa	sigma_tB =	0,1056	MPa
max M =	152,6	kNm	x max M =	1,75	m
max V =	-184,2	kN	x max V =	1,75	m
f max =	0,00528	m	x f max =	7,05	m
sigma_t max =	0,1056	MPa	X Sigma_t max =	7,05	m

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Nelle immagini seguenti sono riportati i diagrammi delle sollecitazioni derivanti dall'analisi con il programma "Trave 1 campata".

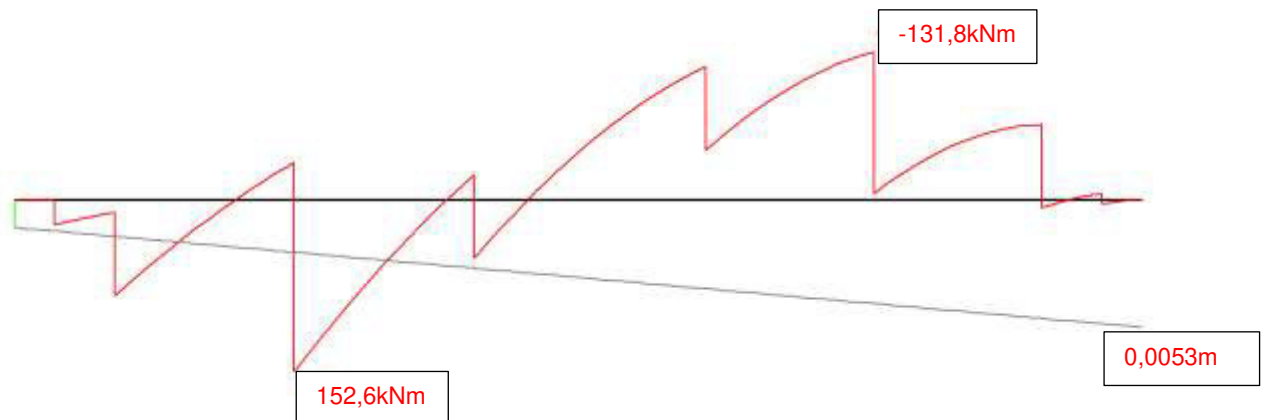


Figura 18 Andamento del momento flettente agente sulla trave di fondazione

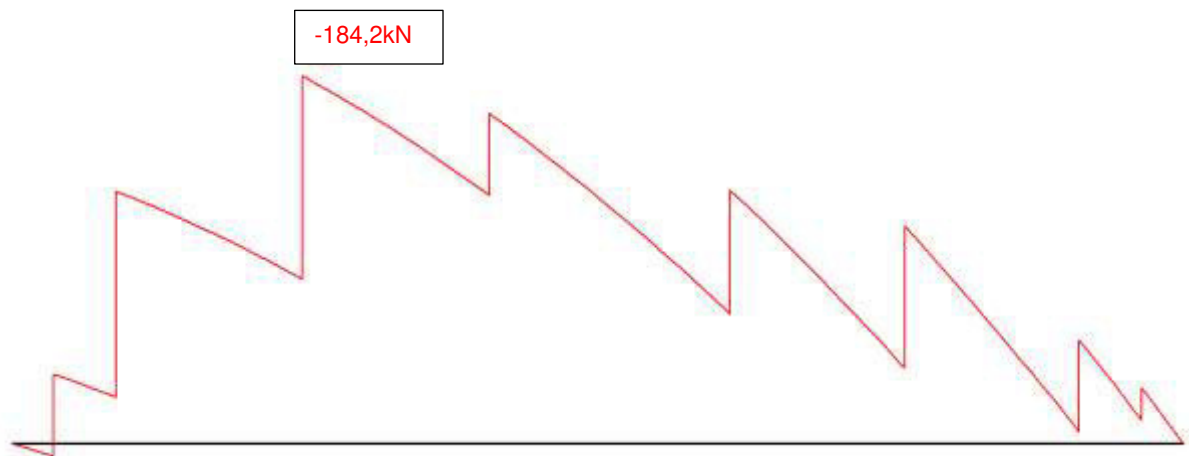


Figura 19 Andamento del taglio agente sulla trave di fondazione

I valori di tensione trasmessa al terreno risultano leggermente maggiori rispetto a quanto ottenuto con il modello di calcolo realizzato con il software "3Muri"; questo è sostanzialmente dovuto alle semplificazioni adottate nel calcolo con il software "Trave 1 campata". Ad ogni modo i valori presentano un ordine di grandezza perfettamente confrontabile.

6.7.3.1 VERIFICHE NUOVA FONDAZIONE LATO SUD

Nell'immagine seguente sono riportati i valori dei carichi applicati alla fondazione.

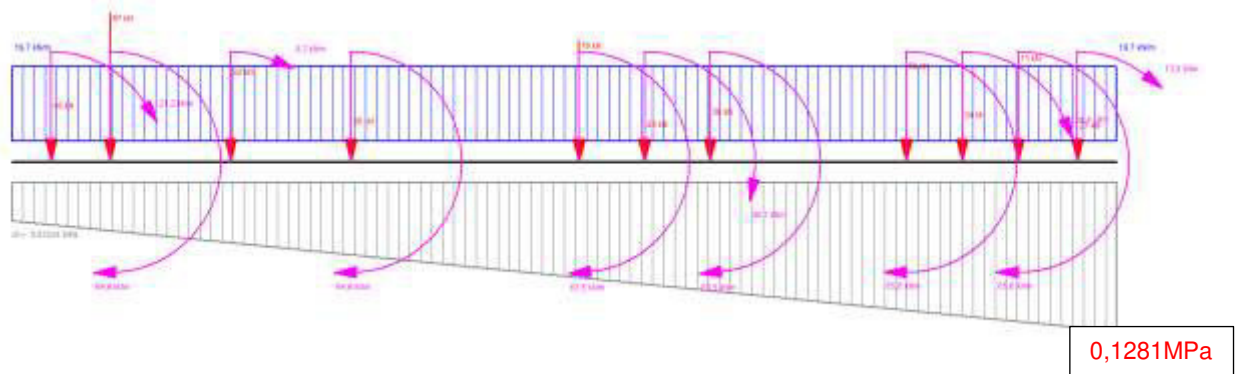


Figura 20 Definizione dei carichi agenti in fondazione

----- DATI -----

E [MPa]	J [cm ⁴]	Luce [m]
31400	6138231	7,02

Vincoli: Fondazione infinitamente rigida; b = 1,25 m; suolo non reagente a trazione

Carichi distribuiti trapezi

N°	q1 [kN/m]	q2 [kN/m]	d1 [m]	d2 [m]
1	19,7	19,7	0,0	7,02

Carichi concentrati

N°	F [kN]	D [m]
1	40	0,25
2	97,0	0,375
3	62,0	0,765
4	30,0	0,765
5	79,0	1,45
6	28,0	0,415
7	36,0	0,415
8	66,0	1,25
9	34,0	0,355
10	71,0	0,355
11	27,0	0,375

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Coppie concentrate

N°	W [kNm]	D [m]
1	21,2	0,25
2	64,6	0,375
3	8,3	0,765
4	64,6	0,765
5	63,5	1,45
6	36,1	0,415
7	63,5	0,415
8	65,6	1,25
9	24,4	0,355
10	65,6	0,355
11	13,8	0,375

Nota: i valori di momento inseriti sono ottenuti dalla somma tra il momento flettente agente alla base dell'elemento sismoresistente e il taglio moltiplicato per l'altezza della fondazione (1,15m)

Risultati

sigma_tA =	0,03334	MPa	sigma_tB =	0,1281	MPa
max M =	-170,8	kNm	x max M =	3,605	m
max V =	-152,2	kN	x max V =	1,39	m
f max =	0,0064	m	x f max =	7,02	m
sigma_t max =	0,1281	MPa	X Sigma_t max =	7,02	m

Nelle immagini seguenti sono riportati i diagrammi delle sollecitazioni derivanti dall'analisi con il programma "Trave 1 campata".



Figura 21 Andamento del momento flettente agente sulla trave di fondazione

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

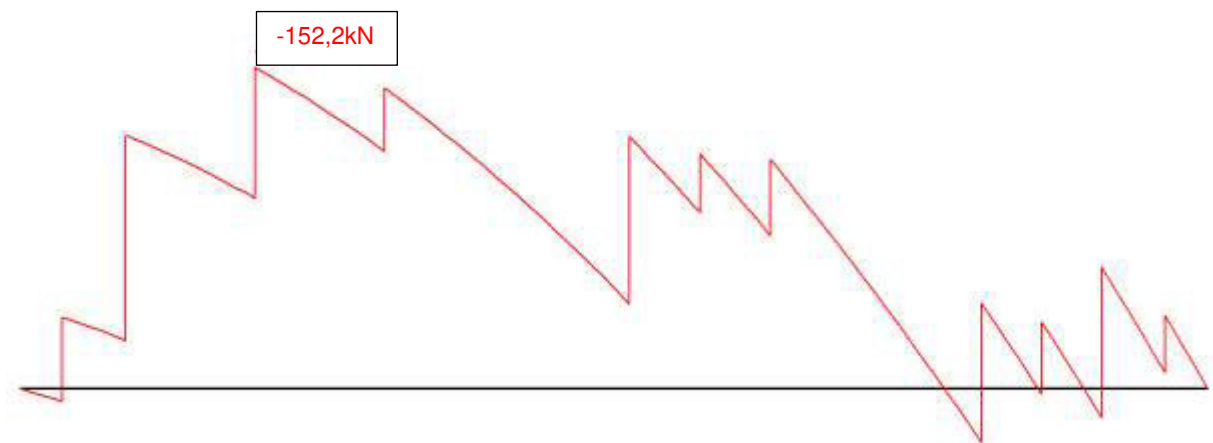


Figura 22 Andamento del taglio agente sulla trave di fondazione

Anche in questo caso i valori di tensione trasmessa al terreno risultano maggiori ma comunque confrontabili con quanto ottenuto dall'analisi con il software "3Muri".

Nel paragrafo successivo sono riportati i risultati delle verifiche condotte in campo statico.

6.7.3.1 VERIFICHE SEMPLIFICATE NUOVE FONDAZIONI IN CAMPO STATICO

Per quanto riguarda le verifiche in campo statico sono stati considerati i valori di sforzo normale agenti sui pannelli murari riportati nella tabella seguente.

Coordinata	Tensioni
151	38,2
152	82,5
153	46,9
154	61,3
155	56,7
156	53,0
157	161,5
158	125,2
159	37,3

Per quanto riguarda i cordoli verticali in c.a. è stato considerato il loro peso proprio (sezione 25x25 cm H=4,0m) amplificato del coefficiente correttivo $\gamma_G = 1,3$ ($G = 8,125$ kN).

Le azioni derivanti dall'analisi allo SLU risultano essere meno gravose rispetto a quanto visto per l'analisi sismica, data la presenza dei soli carichi verticali.

Come si può notare dalle immagini riportate sotto, il massimo valore di pressione agente per la condizione statica è pari a 0,066MPa per la nuova fondazione a Sud, mentre risulta pari a 0,077MPa per la nuova fondazione più a Nord.

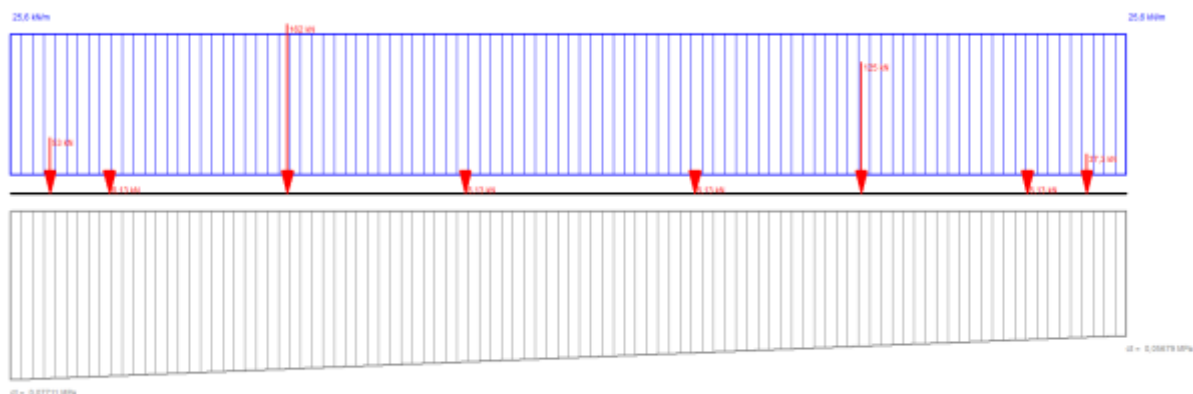


Figura 23 Definizione dei carichi agenti in fondazione (lato Nord)

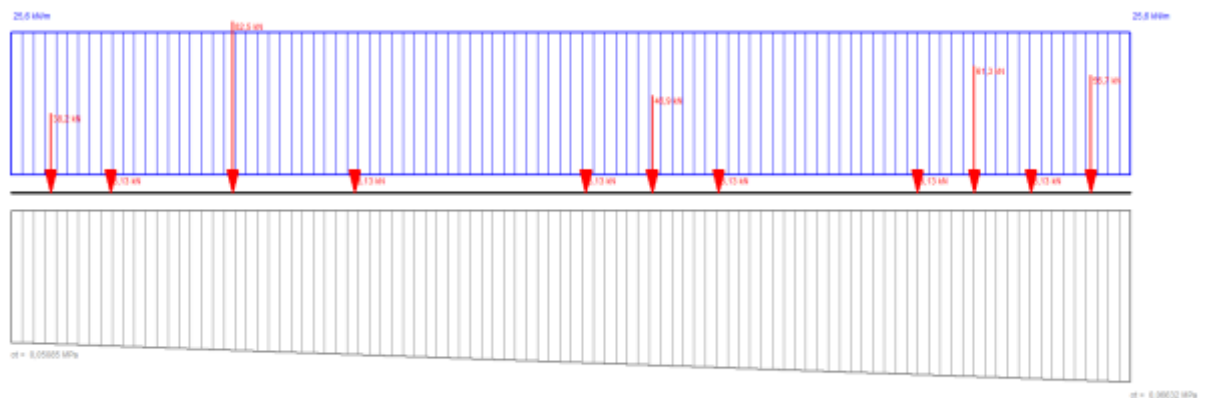
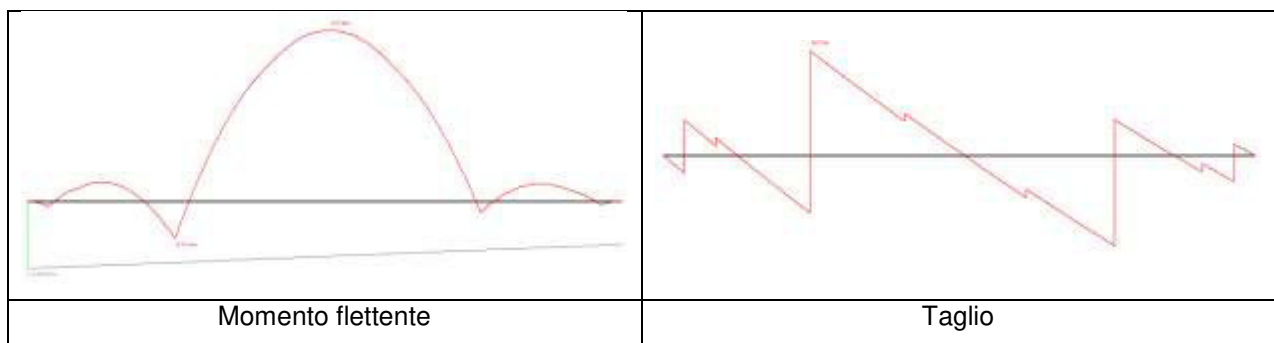


Figura 24 Definizione dei carichi agenti in fondazione (lato Sud)

Risultati fondazione lato Nord

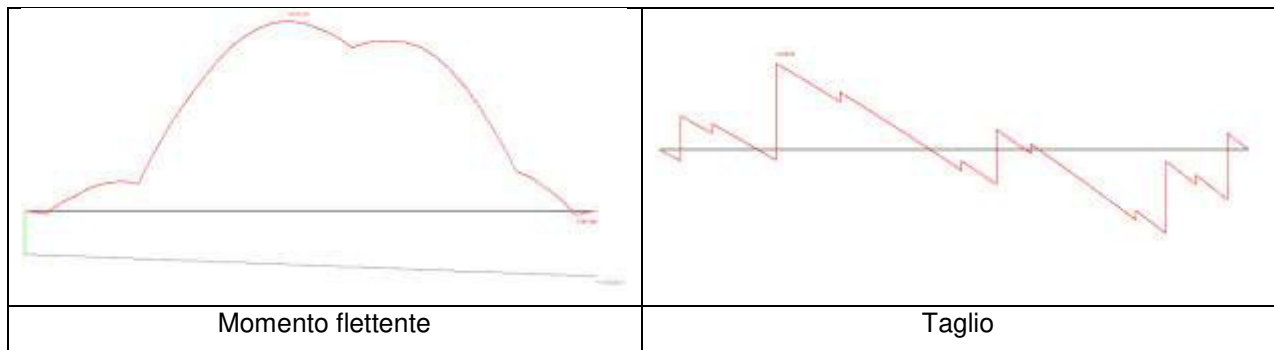
sigma_tA =	0,07711	MPa	sigma_tB =	0,05679	MPa
max M =	-75,7	kNm	x max M =	3,595	m
max V =	-104,3	kN	x max V =	1,75	m
f max =	0,007711	m	x f max =	0,00	m
sigma_t max =	0,07711	MPa	X Sigma_t max =	0,00	m



Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Risultati fondazione lato Sud

sigma_tA =	0,05085	MPa	sigma_tB =	0,06632	MPa
max M =	-82,0	kNm	x max M =	3,23	m
max V =	-73,4	kN	x max V =	1,39	m
f max =	0,003316	m	x f max =	7,02	m
sigma_t max =	0,06632	MPa	X Sigma_t max =	7,02	m



In entrambi i casi i valori di momento flettente, taglio e pressioni indotte nel terreno risultano inferiori rispetto a quanto visto per le verifiche in condizioni sismiche.

6.7.3.1 VERIFICA SEZIONE TRAVE DI FONDAZIONE TIPO

Nell'immagine seguente è riportata la sezione tipo della fondazione oggetto di verifica.

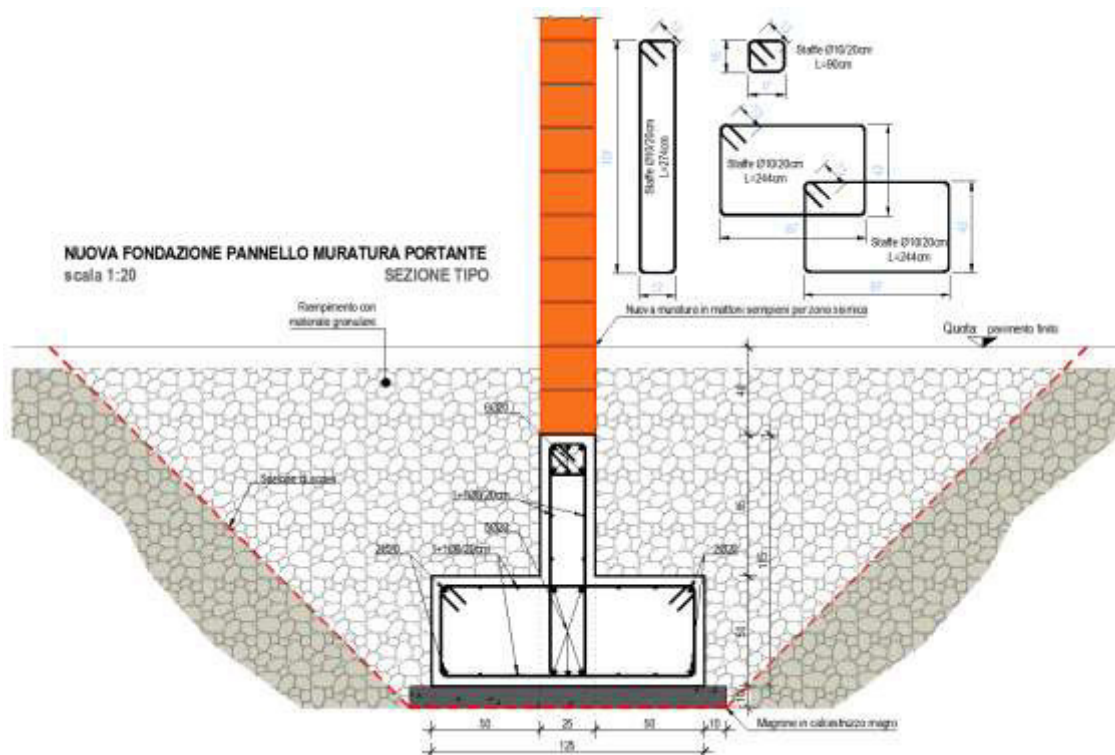


Figura 25 Sezione tipo trave di fondazione

L'armatura prevista per la trave in oggetto rispetta quanto riportato al paragrafo 7.2.5 per quanto concerne il valore minimo di armatura longitudinale al lembo inferiore e superiore.

$$\text{Area sezione} \rightarrow 1250 \times 500 + 250 \times 650 = 787500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Armatura minima} \rightarrow 0,2\% A_{sez} = (0,2/100) \times 787500 = 1575 \text{ mm}^2$$

$$\text{Armatura presente al lembo superiore} \rightarrow 6f20 = 6 \times 314 = 1884 \text{ mm}^2 > 1575 \text{ mm}^2$$

$$\text{Armatura presente al lembo inferiore} \rightarrow 5f20 + 4f8 = 5 \times 314 + 4 \times 50 = 1770 \text{ mm}^2 > 1575 \text{ mm}^2$$

Nelle pagine seguenti sono riportate le verifiche a flessione e taglio della trave di fondazione.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave di fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° Vertici 8 Zoom N° barre 15 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	125	0
3	125	50
4	75	50
5	75	115
6	50	115

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 152,6 kNm
M_{yEd} 0

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

N°	As [cm ²]	x [cm]	y [cm]
1	3,14	7	7
2	3,14	57	7
3	3,14	68	7
4	3,14	118	7
5	3,14	7	43
6	3,14	57	43
7	3,14	68	43
8	3,14	118	43
9	3,14	57	108
10	3,14	62,5	108
11	3,14	68	108
12	3,14	57	95

Tipo rottura

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

o 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave di fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° Vertici 8 Zoom N° barre 15 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	125	0
3	125	50
4	75	50
5	75	115
6	50	115

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 152,6 kNm
M_{yEd} 0

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

N°	As [cm ²]	x [cm]	y [cm]
1	3,14	7	7
2	3,14	57	7
3	3,14	68	7
4	3,14	118	7
5	3,14	7	43
6	3,14	57	43
7	3,14	68	43
8	3,14	118	43
9	3,14	57	108
10	3,14	62,5	108
11	3,14	68	108
12	3,14	57	95

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 912,8 kNm

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 13,05 ‰
d 108 cm
x 22,84 x/d 0,2115
 δ 0,7043

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

o 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave di fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° Vertici 8 Zoom N° barre 15 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	125	0
3	125	50
4	75	50
5	75	115
6	50	115

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3,14	7	7
2	3,14	57	7
3	3,14	68	7
4	3,14	118	7
5	3,14	7	43
6	3,14	57	43
7	3,14	68	43
8	3,14	118	43
9	3,14	57	108
10	3,14	62,5	108
11	3,14	68	108
12	3,14	57	95

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -170,8 kNm
M_{yEd} 0 kNm

Materiali B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -915,4 kNm

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 45,11 ‰
d 108 cm
x 7,776 x/d 0,072
 δ 0,7

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☒ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

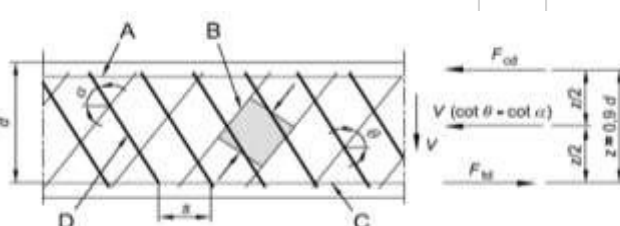
N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

o 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

La sezione risulta verificata a flessione sia nel caso di momento positivo che negativo.

Dati geometrici TRAVE		
Larghezza minima della sezione	$b_w =$	250 mm
Altezza della sezione	$h_w =$	1150 mm
Distanza tra il baricentro dell'armature e il bordo del cls	$d' =$	70 mm
Materiali utilizzati		
Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	$R_{ck} =$	30 MPa
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	$f_{ck} =$	24,9 MPa
Valor medio della resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{cm} =$	32,9 MPa
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2,56 MPa
Modulo elastico istantaneo del calcestruzzo	$E_{cm} =$	31447 MPa
Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo	$\gamma_c =$	1,5 [-]
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio di armatura	$f_{yk} =$	450 MPa
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s =$	210000 MPa
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	$\gamma_s =$	1,15 [-]
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	$f_{cd} =$	14,1 MPa
Resistenza di calcolo ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima	$f'_{cd} =$	7,1 MPa
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd} =$	391,3 MPa
Sollecitazioni		
SOLLECITAZIONI ALLO SLU [comb --]	$N_{Ed} =$	0 kN
	$V_{Ed} =$	0 kN
SOLLECITAZIONI ALLO SLV [comb --]	$N_{Ed} =$	0 kN
	$V_{Ed} =$	184 kN
Verifica elementi con armature trasversali resistenti a taglio § 4.1.2.3.5.2		
Altezza utile della sezione	$d =$	1080 mm
Diametro delle staffe	$\phi_{sw} =$	10 mm
Numero di braccia	$n_b =$	2 [-]
Passo delle staffe	$s =$	200 mm
Angolo di inclinazione delle armature trasversali rispetto all'asse della trave	$\alpha =$	90 °
Angolo di inclinazione dei puntoni compressi	$\theta =$	24,7 °
Area della sezione trasversale resistente a taglio	$A_{sw} =$	157 mmq
Braccio della coppia interna	$z =$	972 mm
Cotangenti degli angoli di inclinazione delle armature e dei puntoni	$\cotg \alpha =$	0,00 [-]
	$\cotg \theta =$	2,17 [-]
Seno dell'angolo di inclinazione delle armature	$\sen \alpha =$	1,00 [-]
Tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp} =$	0,00 MPa
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c =$	1,00 [-]
Resistenza offerta dall'armatura a taglio (meccanismo taglio-trazione)	$V_{Rsd} =$	649,5 kN
Coefficiente riduttivo della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio	$v_1 =$	0,6 [-]
Massima area efficace di armatura a taglio per $\cotg \theta = 1$	$A_{sw,max} =$	540,9 mmq
Resistenza offerta dai puntoni (meccanismo taglio-compressione)	$V_{Rcd} =$	650,8 kN
Resistenza a taglio della trave	$V_{Rd} =$	649,5 kN
MODELLO A TRALICCIO E NOTAZIONE PER ELEMENTI ARMATI A TAGLIO		
		Legenda
		A = corrente compresso
		B= puntoni
		C = corrente teso
		D = armatura a taglio

La sezione risulta essere verificata a taglio.

<i>Miglioramento antisismico della scuola materna comunale Don Ansaloni in Comune di Nonantola (MO)</i>		
OGGETTO	Relazione dei calcoli strutturali	Progetto STR

Udine, giugno 2019

Il Progettista strutturale
(dott.ing. *Claudio PANTANALI*)

.....