



COMUNE DI CASTELVERDE

Piazza municipio, 23

26022 - Castelveverde (CR)

P.IVA 00299440198



Finanziato
dall'Unione Europea
NextGenerationEU

FUTURA

**LA SCUOLA
PER L'ITALIA DI DOMANI**



**Next Generation EU Missione 4 C1 "Istruzione e ricerca"
Investimento 3.3 - Piano di messa in sicurezza e
riqualificazione delle scuole**

**LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA
DELL'INFANZIA "IL GIRASOLE" DI SAN MARTINO IN
BELISETO IN COMUNE DI CASTELVERDE**

CUP: E95J19000290009

PROGETTO

RELAZIONE DI CALCOLO E SUI MATERIALI

COD: PE.02.04

SCALA:

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO		VERIFICATO	
0	EMISSIONE	F.S.	03/2023		

CODIFICA DOCUMENTO:

RELAZIONE CALCOLO.PDF

Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Ing. Fabio Scaroni

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

IL PROGETTISTA :

Ing. PAOLO ORLANDI

Ing. FABIO SCARONI

Via G.A. Poli, 100
25018 Montichiari (BS)
Tel 030-9651824

mail: scaronicimarosti@yahoo.it



COMMESSA: 480/2023

PROGETTO ESECUTIVO

INDICE

1. PREMESSE.....	3
1.1. DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE DEL SITO	3
1.2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE.....	3
1.3. ANALISI STORICO-CRITICA E RILIEVI	4
1.4. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI ESISTENTI.....	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3. RELAZIONE SUI MATERIALI	6
3.1. MATERIALI STRUTTURE ESISTENTI	6
3.1.1. Muratura.....	7
3.1.2. Calcestruzzi.....	9
3.1.3. Acciaio armatura lenta	9
3.1.4. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	10
3.2. MATERIALI NUOVE COSTRUZIONI	10
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLE OPERE	13
5. ANALISI DEI CARICHI	14
5.1.1. Murature.....	14
5.1.2. Solaio bidirezionale sp 22 cm.....	14
5.1.3. Solai monodirezionale sp 20 cm.....	14
5.1.4. Solai monodirezionale sp 16 cm.....	14
5.1.5. Gronde	15
5.1.6. Neve in copertura.....	15
5.1.7. Azione del vento.....	15
5.2. AZIONE DEL SISMA.....	17
6. COMBINAZIONI DI CARICO	22
7. CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA	23
8. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DELLA STRUTTURA ESISTENTE.....	25
8.1. VERIFICHE GLOBALI.....	25
8.2. VERIFICHE MECCANISMI LOCALI.....	25
9. OBIETTIVI DEL PROGETTO	26
10. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	27
10.1. ILLUSTRAZIONE DELLE PRINCIPALI TECNOLOGIE PREVISTE	27
10.1.1. Collegamento tramezzi-solai – antiribaltamento tramezzi.....	27
10.1.2. Rinforzo con FRCM delle pareti.....	28
10.1.3. Rinforzo pareti con intonaco armato.....	32
10.1.4. Rinforzo pareti mediante sostituzione di pareti in muratura con maschi in c.a.....	33
10.1.5. Iniezione nel terreno di resine espandenti.....	33
11. VERIFICHE DELL'EDIFICIO RINFORZATO	36
11.1. INDIVIDUAZIONE DEI MASCHI RINFORZATI	36

11.2. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	36
12. SINTESI DELL’AZIONE SISMICA.....	38
13. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	41
14. VERIFICHE SUI MASCHI MURARI	43
15. VERIFICHE SUI MASCHI MURARI RINFORZATI CON PBO.....	48
16. VERIFICHE IN FASE DI RINFORZO (TRANSITORIE)	51
17. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....	52

1. PREMESSE

La presente relazione viene redatta a corredo del progetto relativo ai lavori di adeguamento sismico della scuola dell'infanzia "Il Girasole" sita in frazione San Martino in Beliseto - Comune di Castelveverde (CR)".

La valutazione della sicurezza dell'edificio esistente è riportata su separato elaborato.

Nel presente elaborato vengono riportati i calcoli effettuati per l'adeguamento sismico dell'edificio in oggetto.

1.1. DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE DEL SITO

In Figura 1 si riporta una foto aerea del sito in cui sorge il fabbricato oggetto di intervento, al fine di apprezzare le caratteristiche del contesto edilizio circostante.



1.2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE

L'edificio sorge in una zona pianeggiante e, dai documenti agli atti, risale alla seconda metà degli anni '60 (gli elaborati grafici strutturali sono datati 1963 e dall'estratto del Certificato di Regolare Esecuzione redatto dall'ing. Mario Galli si deriva che i lavori sono stati ultimati nel maggio del 1967).

Il fabbricato in muratura è costituito da un piano terra (trattasi di solaio poggianti sulle fondazioni con un intercapedine di areazione) e da una copertura composta da solai in laterocemento con soprastanti muricci e tavelloni sostenenti la copertura.

I dati dimensionali sono indicati sugli elaborati agli atti. L'edificio ha una sagoma in pianta irregolare ed è situato sulla via Ponchielli in frazione San Martino in Beliseto; è nato isolato e gli elaborati strutturali agli atti riguardano tale porzione originaria.

Successivamente, in tempi che non si è riusciti a "ricostruire", e probabilmente in più fasi temporali, sono state compiute modifiche di aperture nelle murature portanti (chiusure di aperture precedenti e formazione di nuove aperture), come desumibile dal confronto tra lo stato indicato sugli elaborati grafici e lo stato dei luoghi e sono stati aggiunti i seguenti corpi:

- 1) in lato est un ampliamento del refettorio, appoggiato ed ancorato all'edificio originario, costituito da 2 pilastri e travi in c.a., muro in Doppio uni, gronda in c.a., veletta muraria, trave metallica interna e solaio in latero-cemento;
- 2) in angolo nord-ovest (verso nord) un ampliamento destinato ad ambulatorio, appoggiato all'edificio originario da tempo tale corpo risulta non utilizzato;
- 3) in angolo nord-ovest (verso ovest) un locale a servizio del centro civico, con struttura in mattoni portanti di laterizio semipieno Doppio Uni sp. 25cm, corree e solaio in laterocemento, appoggiato all'edificio originario;
- 4) in angolo nord-est (verso nord) un locale tecnico;
- 5) in angolo sud-ovest (verso sud) è stata costruita palestra in c.a. prefabbricato addossato all'edificio originario

1.3. ANALISI STORICO-CRITICA E RILIEVI

Si veda quanto riportato nell'elaborato Valutazione della sicurezza allegato al presente progetto.

1.4. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI ESISTENTI

Per quanto attiene ai materiali è stato redatto approfondito piano di indagine sulla base del quale sono state eseguite sulle strutture una serie di prove che hanno restituito le caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti le murature portanti (si veda in paragrafo 3 per le risultanze delle indagini e per il fattore di confidenza adottato e separato elaborato per l'esito delle prove).

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- **Legge nr. 1086 del 05/11/1971.** Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- **DM 17/01/2018.** Norme tecniche per le costruzioni.
- **Circolare 21/01/2019 n°7.** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17-01-2018.

3. RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1. MATERIALI STRUTTURE ESISTENTI

Le indagini sono consistite in 2 campagne rispettivamente una eseguita nel 2017 nell'ambito della valutazione della sicurezza svolta da altro professionista che si è focalizzata sulle opere in c.a ed una svolta nel 2020 che si è focalizzata sulle murature (vedere separato elaborato per le risultanze delle indagini).

Complessivamente sulle strutture sono state eseguite le seguenti indagini:

- N.1 PROVA DI COMPRESSIONE SU PROVINO CILINDRICO IN CALCESTRUZZO
- VALUTAZIONE DELLA PROFONDITA' DELLA CARBONATAZIONE DEL CALCESTRUZZO
- N.8 INDAGINI PACOMETRICHE
- N.3 INDAGINI SONREB SUL CALCESTRUZZO
- N.3 PROVE CON MICRODUROMETRO VICKERS PER LE BARRE DI ACCIAIO
- N.3 PROVE SULLE MURATURE CON MARTINETTO PIATTO DOPPIO
- N.3 PROVE PETROGRAFICHE SULLE MALTE

Le indagini effettuate permettono di caratterizzare gli elementi strutturali come meglio dettagliato di seguito:

3.1.1. Muratura

Le prove con martinetti piatti doppi hanno permesso di valutare una resistenza a compressione della muratura esistente prossima al valor medio della tabella C8.5.I. per la tipologia di muratura in esame.

Di conseguenza si è ritenuto opportuno adottare, una resistenza a compressione della muratura pari a tale valore medio.

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

*Al fine di tenere in conto delle masse associate all'intonaco e dell'incidenza in termini di massa dei sopra e sotto finestra non modellati quali elementi strutturali si assegna quale peso specifico convenzionale di calcolo alla parete strutturale in muratura in mattoni pieni un $W_{calcolo} = 19 \text{ KN/mc}$.

Con:

$f = 3.45 \text{ Mpa}$

$\tau_0 = 0.09 \text{ Mpa}$

$f_{v0} = 0.20 \text{ Mpa}$

$E = 1500 \text{ Mpa}$

$G = 500 \text{ Mpa}$

$W_{calcolo} = 19 \text{ KN/mc}$

la circolare NTC prevede per le murature in mattoni pieni e malta di calce i seguenti coefficienti maggiorativi:

- connessione trasversale $c=1,3$

- Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

- malta buona $c = f_m^{0,35} = 3,45^{0,35} = 1,54$

a favore della sicurezza si considera quale coefficiente moltiplicativo il minore dei 2 i valori di calcolo.

La muratura esistente di calcolo quindi si assume abbia i seguenti parametri:

$f = 4,49 \text{ Mpa}$

$\tau_0 = 0,12 \text{ Mpa}$

$f_{v0} = 0,26 \text{ Mpa}$

$E = 1500 \text{ Mpa}$

$G = 500 \text{ Mpa}$

$W_{calcolo} = 19 \text{ KN/mc}$

Nel caso dell'annesso realizzato con Doppio UNI si adottano i valori medi della tabella seguente:

Tabella C8.5.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

*Al fine di tenere in conto delle masse associate all'intonaco e dell'incidenza in termini di massa dei sopra e sottofinestre non modellati quali elementi strutturali si assegna quale peso specifico convenzionale di calcolo alla parete strutturale in muratura semipieni doppio UNI un $W_{calcolo} = 16 \text{ KN/mc}$.

Nel caso di analisi elastica con il fattore q (analisi lineare statica ed analisi dinamica modale con fattore di struttura), i valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali.

Per quanto riguarda il coefficiente di sicurezza del materiale, si fa riferimento alla Tabella 4.5.II del D.M. 17/01/2018; per elementi resistenti di categoria II (§11.10.1) e classe di esecuzione 2 (§4.5.6.1) si ha:

Coefficiente parziale di sicurezza: $\gamma_M = 3,0$

Coefficiente parziale di sicurezza per verifiche sismiche: $\gamma_M = 2,0$

Per una più completa definizione si veda l'elaborato relativo alle indagini sui materiali allegato al presente progetto.

3.1.2. Calcestruzzi

La resistenza caratteristica di calcolo del calcestruzzo viene valutata utilizzando la trattazione delle NTC2018 ove il numero dei campioni sia < 8 ovvero:

$$f_{C\text{opera medio}} \geq 0.85 \cdot f_{cm}$$

$$f_{C\text{opera medio}} \geq 0.85 \cdot (f_{ck} + 8)$$

$$f_{ck} = (f_{C\text{opera medio}} - 0.85 \cdot 8) / 0.85$$

$$R_{C\text{ opera medio}} = 19.10 \text{ Mpa}$$

$$f_{C\text{ opera medio}} = 0.83 \cdot 19.10 = 15.86 \text{ Mpa}$$

$$f_{ck} = (15.86 - 0.85 \cdot 8) / 0.85 = 10.66 \text{ Mpa}$$

3.1.3. Acciaio armatura lenta

Parametri medi prove V1 e V2

$$f_t = 475 \text{ Mpa}$$

Tabella 1 - Evoluzione temporale delle principali indicazioni normative relative alla classificazione degli acciai di armatura

Normativa	R.D.L. n°2229/1939			LL.PP. n°1472/1957				D.M.30/05/1972					D.M. 30/05/1974			
Tipologia	liscio			liscio		a.m.		liscio		aderenza migliorata (a.m)			liscio		a.m.	
Denominazione	Dolce	Semi duro	Duro	Aq42	Aq50	Aq60		FeB22	FeB32	A38	A41	FeB44	FeB22	FeB32	FeB38	FeB44
Snervamento (kgf/mm ²)	≥ 23	≥ 27	≥ 31	≥ 23	≥ 27	≥ 31	/	≥22	≥32	≥38	≥41	≥44	≥22	≥32	≥38	≥44
Rottura (kgf/mm ²)	42-50	50-60	60-70	42 - 50	50 - 60	60-70	/	≥34	≥50	≥46	≥50	≥55	≥34	≥50	≥46	≥55
Allungamento (%)	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 12	≥24	≥23	≥14	≥14	≥12	≥24	≥23	≥14	≥12

3.1.4. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Sulla base delle succitate informazioni di partenza, il livello di conoscenza dell'opera che si è prefissato di raggiungere è Muratura= LC2: Conoscenza Adeguata.

Calcestruzzi ed acciai= LC2: Conoscenza Adeguata.

MURATURA

Fattore di Confidenza (LC2): 1,20 FC

CALCESTRUZZI ED ACCIAI

Fattore di Confidenza (LC2): 1,20 FC

3.2. MATERIALI NUOVE COSTRUZIONI

Si prevede l'impiego di reti bidirezionali in PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo), conforme alle norme AC434 e ACI549, reazione al fuoco A2,s1-d0 con le seguenti caratteristiche:

Reti bidirezionali in PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo), conforme alle norme AC434 e ACI549, reazione al fuoco A2,s1-d0 con le seguenti caratteristiche:

FIBRE IN PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) IN RETE BIDIREZIONALE

Resistenza a trazione	5,8 GPa
Modulo elastico	270 GPa
Spessore per il calcolo della sezione di PBO a 0 e 90°	0,014 mm
Allungamento a rottura	2,50 %

MATRICE INORGANICA STABILIZZATA DI NATURA POZZOLANICA (PER RETI IN PBO)

Resistenza a compressione a 28 gg (UNI EN 12190)	20 Mpa
Resistenza a flessione a 28 gg (UNI EN 1290)	3,5 Mpa
Modulo elastico (UNI EN 13412)	7,5 Gpa

CONNETTORE IN PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo)

Densità	(g/cm ³): 1,56
Resistenza a trazione	(GPa): 5,8
Modulo elastico	(GPa): 270
Allungamento a rottura	(%): 2,15
Diametro	: 10 mm
Tensione di rottura a trazione:	>= 1500 MPa
Dilatazione di delaminazione per calcestruzzo:	4‰
Dilatazione di delaminazione per muratura:	5‰

MATRICE INORGANICA STABILIZZATA DI NATURA POZZOLANICA (CONNETTORI IN PBO)

Resistenza a compressione:	> 40 MPa;
Resistenza a flessione:	> 3,0 MPa;
Modulo elastico a 28 giorni:	> 18.500 MPa

MALTA TIXOTROPICA A BASE DI CALCE E POZZOLANA PER RISTILATURA GIUNTI

Adesione al supporto:	> 0,6 MPa, EN 1015/12 (trazione diretta), > 0,8 MPa, UNI EN 1052/3 (taglio)
Coefficiente di diffusione del vapore:	$\mu < 35$, EN 1745
Sali idrosolubili (malta idrata):	80 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, NorMaL 13/83; SO ₄ ²⁻ / < 0,1% ; Ca ⁺⁺ / < 1,3% ; Na ⁺ / < 0,05% ; K ⁺ / < 0,05% , NorMaL 26-87
Assorbimento capillare:	0,2 Kg _m -2/min-0,5/, EN 1015/18
Resistenza a compressione:	18 MPa, EN 1015/11
Reazione al fuoco:	Euroclasse A1 secondo EN 13501/1

CALCESTRUZZO

Resistenza a compressione (cubica)	→	R_{ck}	= 35 MPa
Resistenza a compressione (cilindrica)	→	f_{ck}	= 28 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5$	= 15.9 MPa
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	= 2.77 MPa
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	= 1.94 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.29 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara)	→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck}$	= 16.80 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)		$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck}$	= 12.6 MPa
Resistenza a compressione (comb. Rara – Ferrovie) →		$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck}$	= 12.6 MPa
Resistenza a compressione (comb. Quasi perm. – Ferrovie)		$\sigma_c = 0.4 \cdot f_{ck}$	= 11.2 Mpa

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa

Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→	f_{yk}	\geq	450	MPa
Tensione caratteristica a rottura	→	f_{tk}	\geq	540	MPa
Fattore di sicurezza acciaio	→	γ_s	=	1.15	
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$		= 391.30	MPa
Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)→	σ_c	=		0.80* f_{yk} =360	MPa
Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara – Ferrovie)→	σ_c	=		0.65* f_{yk} =292.5	Mpa

MATRICE FIBRORINFORZATA PER INTONACO ARMATO

Resistenza a compressione:	> 45 MPa;
Resistenza a flessione:	> 3,0 MPa;
Modulo elastico a 28 giorni:	> 15.000 MPa

RESINA ESPANDENTE PER CONSOLIDAMENTO FONDAZIONI

Tabella 1: Proprietà tipiche del prodotto a 20 °C:		
Aspetto:	Liquido giallo paglierino	
Viscosità:	300 – 800	mPa
Peso specifico:	1,110 ± 0,05	kg/l
Tabella 2: Reattività tipica del prodotto a 20 °C (Dati rilevati in laboratorio con agitatore meccanico)		
Tempo di presa:	70 – 80	secondi
Tempo di gel:	150 – 170	secondi
Tempo di blocco:	190 – 230	secondi
Tempo di indurimento:	5 – 7	minuti
Densità in massa:	150 ± 10	kg/m³
Tabella 3: Raccomandazioni per l'uso		
Temperatura del materiale:	14 – 24 °C	
Rapporto d'impiego:		
PRIOACOL CT 0200 P1	100	parti in peso
ISOTEM P 200	100	parti in peso
PRIOACOL CT 0200 P1	100	parti in volume
ISOTEM P 200	100	parti in volume
Classificazione al fuoco:		
Euroclasse F	(EN 11925-2)	
Classe B3	(DIN 4102)	
Proprietà meccaniche		
EN 12620 - UNI 6150		
Resistenza alla compressione:	> 10 kg/cm²	

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLE OPERE

L'attività di indagine è finalizzata alla caratterizzazione sismica del terreno di fondazione in accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17.01.18, che costituiscono a loro volta uno sviluppo (dal punto di vista della classificazione sismica del terreno di fondazione) delle O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2009.

In accordo con tali Ordinanze, il comune di Castelveverde ricade in classe 3. A tale categoria la normativa assegna al parametro a_g il valore di 0,05 g.

Dalla relazione geologica e sismica allegata al PGT i suoli nella frazione di S.Martino in Beliseto sono assimilabili alla categoria C. I valori soglia indicati dalla scheda regionale nel comune di Castelveverde, per suoli di tipo C, sono di 0.9 e di 1.3 rispettivamente per edifici con periodo inferiore a 0.5 s (bassi e rigidi) e superiore a 0.5.

Il risultato comune è che i valori di F_a calcolati sono più elevati di quelli forniti dalla regione Lombardia, per gli edifici con periodo inferiore. Pertanto, in fase progettuale, in tutte le aree indagate soggette a predominante rischio di tipo litologico (scenario di PSL Z4) per questa tipologia di edificio sono necessarie indagini di III livello oppure dovranno essere utilizzati gli spettri di normativa validi per la categoria di suolo sismico D.

5. ANALISI DEI CARICHI

5.1.1. Murature

Peso specifico muratura in mattoni pieni e malta di calce	19 KN/mc * vedi 3.1.1
Peso specifico muratura in doppio UNI e malta di calce	16 KN/mc * vedi 3.1.1
Peso specifico elementi in cls e malte	25 KN/mc

5.1.2. Solaio bidirezionale sp 22 cm

Peso proprio solaio (laterocemento 16+6)	2.80 KN/mq
Peso intonaco (sp 2 cm γ 21 KN/mc)	0.42 KN/mq
Peso muricci a gelosia	1.00 KN/mq
Peso lastre fibrocemento	0.50 KN/mq
Peso guaina	0.20 KN/mq
Peso coibentazione	<u>0.10 KN/mq</u>
Totale pesi e p.p.	5.02 KN/mq

5.1.3. Solai monodirezionale sp 20 cm

Peso proprio solaio (laterocemento 16+4)	2.30 KN/mq
Peso intonaco (sp 2 cm γ 21 KN/mc)	0.42 KN/mq
Peso muricci a gelosia	1.00 KN/mq
Peso lastre fibrocemento	0.50 KN/mq
Peso guaina	0.20 KN/mq
Peso coibentazione	<u>0.10 KN/mq</u>
Totale pesi e p.p.	4.52 KN/mq

5.1.4. Solai monodirezionale sp 16 cm

Peso proprio solaio (laterocemento 12+4)	2.00 KN/mq
Peso intonaco (sp 2 cm γ 21 KN/mc)	0.42 KN/mq
Peso muricci a gelosia	1.00 KN/mq
Peso lastre fibrocemento	0.50 KN/mq
Peso guaina	0.20 KN/mq
Peso coibentazione	<u>0.10 KN/mq</u>

Totale pesi e p.p.

4.22 KN/mq

5.1.5. Gronde

*ai fini della simulazione agli e.f. le gronde sono schematizzate quale carico equivalente sulle pareti perimetrali pari a $0.5 \times 0.2 \times 25 = 2.50$ KN/ml

5.1.6. Neve in copertura

- Regione: Lombardia
- Provincia: Cremona
- Ubicazione: Zona I - Mediterranea
- Quota sito s.l.m.m. a_s : 60,00 m
- Topografia: Normale
- Coefficiente di esposizione C_E : 1,0
- Coefficiente termico C_t : 1,00
- Valore caratteristico di carico neve al suolo ($T_R=50$ anni) q_{sk} : 15,00 kN/m²
- Angolo α_1 della falda 1 sull'orizzontale: 18°
- Angolo α_2 della falda 2 sull'orizzontale: 18,00°
- Coefficiente di forma $\mu_1(\alpha_1)$: 0,80
- Coefficiente di forma $\mu_1(\alpha_2)$: 0,80

Caso (i) - Carico neve in assenza di vento

- Carico neve su falda 1 q_1 : 12,00 kN/m²
- Carico neve su falda 2 q_2 : 12,00 kN/m²

Caso (ii) - Carico neve in presenza di vento

- Carico neve su falda 1 q_1 : 6,00 kN/m²
- Carico neve su falda 2 q_2 : 12,00 kN/m²

Caso (iii) - Carico neve in presenza di vento

- Carico neve su falda 1 q_1 : 12,00 kN/m²
- Carico neve su falda 2 q_2 : 6,00 kN/m²

5.1.7. Azione del vento

L'azione del vento, in accordo con le prescrizioni di cui al DM 2018, è stata analizzata mediante un'azione statica equivalente utilizzando le seguenti espressioni:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

con:

q_r = pressione cinetica di riferimento

c_e = coefficiente di esposizione

c_p = coefficiente di forma

c_d = coefficiente dinamico

di seguito si riportano i valori relativi ai coefficienti ed alla spinta per travi ad anima piena

Dati sito

Dati sito

- Regione: Lombardia
- Provincia: Cremona
- v_0 : 25,00 m/s
- a_0 : 1.000,00 m
- k_s : 0,45 s⁻¹
- Zona: 1
- Classe di rugosità: B
- Distanza dalla costa: 200,00 km
- Categoria di esposizione: IV
- k_r : 0,22
- z_0 : 0,30 m
- z_{min} : 8,00 m
- Quota s.l.m.m.: 60,00 m
- Pendenza falda α : 18,00 °
- Altezza edificio sul p.c.: 4,00 m
- Tempo di ritorno T_R : 50 anni
- Coefficiente di topografia c_t : 1,00
- Coefficiente dinamico c_d : 1,00
- Coefficiente di esposizione c_e : 1,91
- α_R : 1,00
- v_b : 25,00 m/s
- $v_b(T_R)$: 25,02 m/s
- $q_b(T_R)$: 391,20 N/m²

Caso (1): Costruzioni aventi una parete con aperture di superficie <33% di quella totale

Coefficienti di pressione

- $c_{pe,1} = 0,8$
- $c_{pe,2} = -0,4$
- $c_{pe,3} = -0,4$
- $c_{pe,4} = -0,4$
- $c_{pi} = \pm 0,2$

Pressioni del vento (area interna in pressione)

- $p_1 = 0,45 \text{ kN/m}^2$
- $p_2 = -0,45 \text{ kN/m}^2$
- $p_3 = -0,45 \text{ kN/m}^2$
- $p_4 = -0,45 \text{ kN/m}^2$

Pressioni del vento (area interna in depressione)

- $p_1 = 0,75 \text{ kN/m}^2$
- $p_2 = -0,15 \text{ kN/m}^2$
- $p_3 = -0,15 \text{ kN/m}^2$
- $p_4 = -0,15 \text{ kN/m}^2$

Caso (2): Costruzioni aventi una parete con aperture di superficie $\geq 33\%$ di quella totale

Coefficienti di pressione

- $c_{pe,AB} = 0,8$
- $c_{pe,2} = -0,4$
- $c_{pe,3} = -0,4$
- $c_{pe,4} = -0,4$
- $c_{pi,sop} = 0,8$
- $c_{pi,sot} = -0,5$
- $c_{pi,AB} = -0,2$

Pressioni del vento (apertura sopravento)

- $p_{AB} = 0,75 \text{ kN/m}^2$
- $p_2 = -0,90 \text{ kN/m}^2$
- $p_3 = -0,90 \text{ kN/m}^2$
- $p_4 = -0,90 \text{ kN/m}^2$

Pressioni del vento (apertura sottovento)

- $p_1 = 0,97 \text{ kN/m}^2$
- $p_2 = 0,07 \text{ kN/m}^2$
- $p_3 = 0,07 \text{ kN/m}^2$
- $p_{AB} = -0,15 \text{ kN/m}^2$

Caso (3): Costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie $\geq 33\%$ di quella totale

Coefficienti di pressione

- $c_{pe} + c_{pi} = \pm 1.2$
- $c_{pi} = \pm 0.2$

Pressioni del vento

- $p_1 = 0,90 \text{ kN/m}^2$
- $p_2 = -0,15 \text{ kN/m}^2$
- $p_3 = -0,15 \text{ kN/m}^2$
- $p_4 = -0,90 \text{ kN/m}^2$

*La condizione e combinazione di carico con vento non è dimensionante in quanto fornisce risultati inferiori alla combinazione sismica.

5.2. AZIONE DEL SISMA

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.

Essa è definita, inoltre, in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel § 3.2.1 delle NTC 2018, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4 delle NTC 2018.

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.

In allegato alla normativa è possibile trovare per tutti i siti ubicati sul territorio nazionale i valori di a_g , F_o , T^*_C .

L'azione sismica è stata definita, in accordo con il progetto definitivo e secondo quanto indicato dalle NTC 2018 ed in particolare:

- Classe III - Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi
- $V_n = 50$ anni – Costruzioni ordinarie.

Trattandosi di una manutenzione straordinaria di metà vita, ai fini della valutazione dello spettro sismico viene utilizzato un $V_n=50$ anni che rispecchia l'orizzonte temporale di riferimento per la vita residua della struttura.

Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018

La costruzione è caratterizzata da non regolarità in pianta e regolarità in altezza considerando un comportamento non dissipativo (ND).

Parametri fattore in direzione x e y

Sistema costruttivo:	muratura
Tipologia strutturale:	costruzioni di muratura ordinaria
Definizione rapporto α_u/α_1 :	media tra 1 e il valore da normativa
Riferimento normativo α_u/α_1 :	costruzioni di muratura ordinaria
Valore rapporto $\alpha_u/\alpha_1 =$	1.350
Valore base fattore $q_0 = 1.750 \alpha_u/\alpha_1 =$	2.363
Fattore di regolarità $K_R =$	1.0
Fattore dissipativo $q_D = q_0 \cdot K_R =$	2.363
Fattore non dissipativo $q_{ND} = 2/3 \cdot q_D =$	1.500 (≤ 1.5)

Fattori di comportamento utilizzati

	Dissipativi	Non dissipativi
q SLU x	2.363	1.500
q SLU y	2.363	1.500
q SLU z	1.500	1.500

Il coefficiente di struttura q è stato assunto pari a = 1.5

Ai fini della suddetta analisi, sono stati utilizzati i seguenti dati in input:

Ubicazione struttura:	Castelverde (Provincia di Cremona); LATITUDINE 45.2150 N LONGITUDINE 9.9852 E
Vita nominale della struttura:	50 anni;
Classe d'uso della struttura: III	$C_U = 1.5$ (coefficiente di utilizzo)
Periodo di riferimento dell'azione sismica:	$T_R = 75$ anni;

Categoria di sottosuolo

D;

Categoria superficie topografica

T1.

Spettro di risposta di progetto SLD orizzontale

ag= 0.0458 g; F0= 2.5370; TC*= 0.2513 s;

TB= 0.2090 s; TC= 0.6270 s; TD= 1.7830 s; S= 1.8000 ; csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0825	80.8637
2	0.020900	0.0951	93.2924
3	0.041800	0.1078	105.7212
4	0.062700	0.1205	118.1499
5	0.083600	0.1332	130.5787
6	0.104500	0.1458	143.0074
7	0.125400	0.1585	155.4362
8	0.146300	0.1712	167.8649
9	0.167200	0.1838	180.2936
10	0.188100	0.1965	192.7224
11	0.209000	0.2092	205.1511
12	0.627000	0.2092	205.1511
13	0.742590	0.1766	173.2177
14	0.858180	0.1528	149.8867
15	0.973770	0.1347	132.0946
16	1.089360	0.1204	118.0783
17	1.204950	0.1089	106.7511
18	1.320540	0.0993	97.4069
19	1.436130	0.0913	89.5669
20	1.551720	0.0845	82.8950
21	1.667310	0.0787	77.1481
22	1.782900	0.0736	72.1504
23	1.783000	0.0736	72.1423
24	2.004700	0.0582	57.0682
25	2.226400	0.0472	46.2686
26	2.448100	0.0390	38.2679
27	2.669800	0.0328	32.1762
28	2.891500	0.0280	27.4313
29	3.113200	0.0241	23.6635
30	3.334900	0.0210	20.6218
31	3.556600	0.0185	18.1310
32	3.778300	0.0164	16.0657
33	4.000000	0.0146	14.3342

Spettro di risposta di progetto SLV orizzontale

ag= 0.0981 g; F0= 2.5643; TC*= 0.3000 s;

TB= 0.2280 s; TC= 0.6850 s; TD= 1.9930 s; S= 1.8000 ; q= 1.5000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.1767	173.2364
2	0.022800	0.1892	185.5281
3	0.045600	0.2017	197.8198
4	0.068400	0.2143	210.1115
5	0.091200	0.2268	222.4032
6	0.114000	0.2393	234.6949
7	0.136800	0.2519	246.9866
8	0.159600	0.2644	259.2783
9	0.182400	0.2769	271.5700
10	0.205200	0.2895	283.8617
11	0.228000	0.3020	296.1535
12	0.685000	0.3020	296.1535
13	0.815790	0.2536	248.6732
14	0.946580	0.2185	214.3138
15	1.077370	0.1920	188.2966
16	1.208160	0.1712	167.9125

17	1.338950	0.1545	151.5106
18	1.469740	0.1407	138.0279
19	1.600530	0.1292	126.7487
20	1.731320	0.1195	117.1737
21	1.862110	0.1111	108.9437
22	1.992900	0.1038	101.7939
23	1.993000	0.1038	101.7888
24	2.193700	0.0857	84.0157
25	2.394400	0.0719	70.5215
26	2.595100	0.0612	60.0353
27	2.795800	0.0527	51.7252
28	2.996500	0.0459	45.0284
29	3.197200	0.0403	39.5526
30	3.397900	0.0357	35.0182
31	3.598600	0.0318	31.2211
32	3.799300	0.0286	28.0096
33	4.000000	0.0258	25.2694

Spettro di risposta di progetto SLD verticale

ag= 0.0458 g; TC*= 0.2513 s; Fv= 0.7330;

TB= 0.0500 s; TC= 0.1500 s; TD= 1.0000 s; Ss= 1.0000 ; csi= 5.0000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0132	12.9797
2	0.005000	0.0153	14.9747
3	0.010000	0.0173	16.9697
4	0.015000	0.0193	18.9646
5	0.020000	0.0214	20.9596
6	0.025000	0.0234	22.9546
7	0.030000	0.0254	24.9496
8	0.035000	0.0275	26.9445
9	0.040000	0.0295	28.9395
10	0.045000	0.0315	30.9345
11	0.050000	0.0336	32.9295
12	0.150000	0.0336	32.9295
13	0.234990	0.0214	21.0197
14	0.319980	0.0157	15.4367
15	0.404970	0.0124	12.1970
16	0.489960	0.0103	10.0813
17	0.574950	0.0088	8.5910
18	0.659940	0.0076	7.4847
19	0.744930	0.0068	6.6307
20	0.829920	0.0061	5.9517
21	0.914910	0.0055	5.3988
22	0.999900	0.0050	4.9404
23	1.000000	0.0050	4.9394
24	1.300000	0.0030	2.9227
25	1.600000	0.0020	1.9295
26	1.900000	0.0014	1.3683
27	2.200000	0.0010	1.0205
28	2.500000	0.0008	0.7903
29	2.800000	0.0006	0.6300
30	3.100000	0.0005	0.5140
31	3.400000	0.0004	0.4273
32	3.700000	0.0004	0.3608
33	4.000000	0.0003	0.3087

Spettro di risposta di progetto SLV verticale

ag= 0.0981 g; TC*= 0.3000 s; Fv= 1.0840;

TB= 0.0500 s; TC= 0.1500 s; TD= 1.0000 s; Ss= 1.0000 ; q= 1.5000

n	T(sec)	S(T) g	S(T) cm/sec^2
1	0.000000	0.0415	40.6843
2	0.005000	0.0444	43.5710
3	0.010000	0.0474	46.4577
4	0.015000	0.0503	49.3444
5	0.020000	0.0533	52.2311
6	0.025000	0.0562	55.1178
7	0.030000	0.0591	58.0045
8	0.035000	0.0621	60.8912
9	0.040000	0.0650	63.7778
10	0.045000	0.0680	66.6645
11	0.050000	0.0709	69.5512
12	0.150000	0.0709	69.5512
13	0.234990	0.0453	44.3963
14	0.319980	0.0332	32.6042
15	0.404970	0.0263	25.7616
16	0.489960	0.0217	21.2929
17	0.574950	0.0196	19.2485
18	0.659940	0.0196	19.2485
19	0.744930	0.0196	19.2485
20	0.829920	0.0196	19.2485
21	0.914910	0.0196	19.2485
22	0.999900	0.0196	19.2485
23	1.000000	0.0196	19.2485
24	1.300000	0.0196	19.2485
25	1.600000	0.0196	19.2485
26	1.900000	0.0196	19.2485
27	2.200000	0.0196	19.2485
28	2.500000	0.0196	19.2485
29	2.800000	0.0196	19.2485
30	3.100000	0.0196	19.2485
31	3.400000	0.0196	19.2485
32	3.700000	0.0196	19.2485
33	4.000000	0.0196	19.2485

Secondo il DM 17/01/2018, il sisma va applicato secondo 3 direzioni principali EX, EY, EZ, e si effettua la combinazione

sismica: $A_{Ex} + 0,30A_{Ey} + 0,30A_{Ez}$

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Secondo il DM 17/01/2018, i valori caratteristici delle azioni, i coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni e i coefficienti per le azioni variabili per i diversi tipi di combinazione sono definiti in base al paragrafo 2.5.2 e 2.5.3.

Si sono considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 valore caratt. delle azioni da peso proprio;

G_2 valore caratt. delle azioni da carichi permanenti portati;

Q_{k1} valore caratt. dell'azione variabile di base di ogni combinazione;

Q_{ki} valore caratt. delle azioni variabili tra loro indipendenti;

P valore caratt. delle deformazioni impresse;

$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$ coefficienti parziali per le azioni;

ψ_{0i} coefficienti di comb. per le verifiche allo stato limite ultimo.

Combinazioni S.L.E:

- Combinazione caratteristica (rara);

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente :

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente :

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica (per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

In particolare si considerano 3 direzioni principali secondo cui si effettuano le combinazioni sismiche (E_x, E_y, E_z):

$$A_{Ex} + 0,30A_{Ey} + 0,30A_{Ez}$$

- Combinazione eccezionale (per gli stati limite ultimi connessi all'azione eccezionale di progetto A_d):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Ed i coefficienti di combinazione ψ sono assunti pari alla categoria C di cui alla tabella 2.5.I ($\psi_{0j}=0.7$; $\psi_{1j}=0.7$; $\psi_{2j}=0.6$).

7. CRITERI DI CALCOLO E DI VERIFICA

In accordo a quanto indicato nel § 8.3. delle NTC - D.M. 17/01/2018, *“la valutazione della sicurezza di una struttura esistente è un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.*

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- *l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;*
- *l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);*
- *sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.*

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 delle NTC - D.M. 17/01/2018.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6.

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζE tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso riguardo ai carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi dell'uso della costruzione e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

Conformemente a quanto prescritto al § 8.4.2 del D.M. 17/01/2018, **il progetto e la valutazione della sicurezza saranno estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme, oltre che i possibili meccanismi locali.** Il medesimo punto normativo, per la fattispecie degli interventi di miglioramento di costruzioni in classe d'uso III ad uso scolastico e di classe d'uso IV **il valore di ζE , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6.**

La verifica del fabbricato è stata condotta con riferimento al § 8.7.1 del D.M. 17/01/2018, che regola la progettazione di costruzioni in muratura esistenti in presenza di azioni sismiche.

Nelle costruzioni esistenti in muratura, in particolare negli edifici, si possono manifestare meccanismi, sia locali, sia globali. I meccanismi locali interessano singoli pannelli murari o più ampie porzioni della costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente fuori del loro piano medio; essi sono favoriti dall'assenza e scarsa efficacia dei collegamenti, sia tra pareti e orizzontamenti, sia negli incroci tra pareti. I meccanismi globali sono quelli che interessano l'intera costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente nel loro piano medio.

La sicurezza della costruzione deve essere valutata nei confronti di entrambi i tipi di meccanismo.

Nel seguito si riporta quindi la dimostrazione dell'adeguamento statico della costruzione allo stato di progetto, con riferimento alle verifiche per le combinazioni delle azioni statiche allo SLU. Si sono pertanto eseguite tutte le verifiche statiche di competenza per gli elementi strutturali.

Si è quindi eseguita la dimostrazione dell'adeguamento del fabbricato in termini di comportamento sismico globale attraverso il confronto tra gli esiti dell'analisi statica lineare allo stato di progetto ed allo stato di fatto, esplicitando il raggiungimento del valore di $\zeta E \geq 1,00$.

Per le verifiche di sicurezza nei riguardi del comportamento sismico globale, si applica quanto prescritto ai §§ 7.8.1.6, 7.8.2 e 7.8.3 delle NTC, con le precisazioni riportate al § 8.7.1.5 delle NTC.

Infine si è condotta l'analisi dei meccanismi locali ritenuti significativi con il metodo dell'*analisi limite dell'equilibrio secondo l'approccio cinematico*.

Per l'analisi sismica dei meccanismi locali si può far ricorso ai metodi dell'analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie, tenendo conto, anche se in forma approssimata, della resistenza a compressione, della tessitura muraria, della qualità della connessione tra le pareti murarie, della presenza di catene e tiranti. Con tali metodi è possibile valutare la capacità sismica in termini di resistenza (applicando un opportuno fattore di struttura) o di spostamento (determinando l'andamento dell'azione orizzontale che la struttura è progressivamente in grado di sopportare all'evolversi del meccanismo).

I dimensionamenti effettuati tengono conto della normativa per le costruzioni in zona sismica di cui al D.M. 17/01/2018.

8. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DELLA STRUTTURA ESISTENTE

8.1. VERIFICHE GLOBALI

Si veda quanto riportato in separato elaborato.

8.2. VERIFICHE MECCANISMI LOCALI

Si veda quanto riportato in separato elaborato.

9. OBIETTIVI DEL PROGETTO

A seguito delle analisi statiche lineari globali e delle analisi dei meccanismi locali di collasso per l'edificio nello stato di fatto si può concludere che:

- Globalmente l'edificio è contraddistinto da un mediocre comportamento nei confronti di carichi orizzontali. La risposta della struttura a carichi sismici è prevalentemente di tipo flessionale caratterizzata da un limitato contributo torsionale.
- L'esito delle verifiche normative restituisce che il primo elemento portante dell'edificio e quindi l'edificio stesso va in crisi per un'accelerazione al suolo pari al 60% di quella attesa mentre in condizione statica in assenza di sisma tutto l'edificio risulta verificato.
- L'analisi dei meccanismi locali ha permesso di osservare che la capacità della struttura di resistere ad azioni sismiche è pari o superiore alla domanda e pertanto i cinematismi locali non rappresentano una criticità dal punto di vista del comportamento sismico della struttura.

L'obiettivo del progetto, COMPATIBILMENTE CON LE RISORSE A DISPOSIZIONE, è quello di un ADEGUAMENTO SISMICO DELLA STRUTTURA.

10. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Al fine di adeguare la struttura si procede nel seguente modo:

- 1- Demolizione dell'annesso;
- 2- Rinforzo con aumento dello spessore delle pareti da 12 cm perimetrali;
- 3- Collegamento al solaio delle tramezzature;
- 4- Rimozione intonaco sull'intero perimetro esterno e ristillatura dei giunti di malta;
- 5- Sostituzione dei serramenti con nuovi elementi dotati di vetri anti scheggia;
- 6- Rinforzo con FRM e intonaco armato delle pareti interne deficitarie;
- 7- Demolizione di piccole porzioni di muratura portante e sostituzione con maschi murari in c.a.;
- 8- Iniezioni nel terreno per consolidamento fondazioni nella zona prospiciente la palestra;
- 9- Ripristino delle gronde con malte tixotropiche;
- 10- Rifacimento completo dell'intonaco esterno e delle tinteggiature.

A tali interventi sommano la formazione di giunti anti martellamento tra l'edificio scolastico vero e proprio e la palestra ed il miglioramento delle caratteristiche del terreno nella zona di giunzione tra i 2 corpi di fabbrica mediante iniezione di resine espandenti.

Poiché le lavorazioni sulle pareti perimetrali dovranno necessariamente raggiungere l'estradosso del cordolo in c.a. delle fondazioni dovrà essere previsto il completo rifacimento dei marciapiede esterni e delle canalizzazioni.

Poiché la demolizione e ricostruzione in c.a. di alcune porzioni di murature interne deve raggiungere il piano fondale, si prevede il rifacimento di alcune porzioni della pavimentazione interna del fabbricato.

Quali opere a corredo si dovranno poi rifare i canali di gronda e le lattonerie.

Nessun intervento verrà eseguito sugli impianti, sui rivestimenti e sulla copertura che dovranno essere, al pari del rinforzo anti sfondellamento dei solai, oggetto di separato appalto.

10.1. ILLUSTRAZIONE DELLE PRINCIPALI TECNOLOGIE PREVISTE

Di seguito si riportano le descrizioni delle lavorazioni caratterizzanti

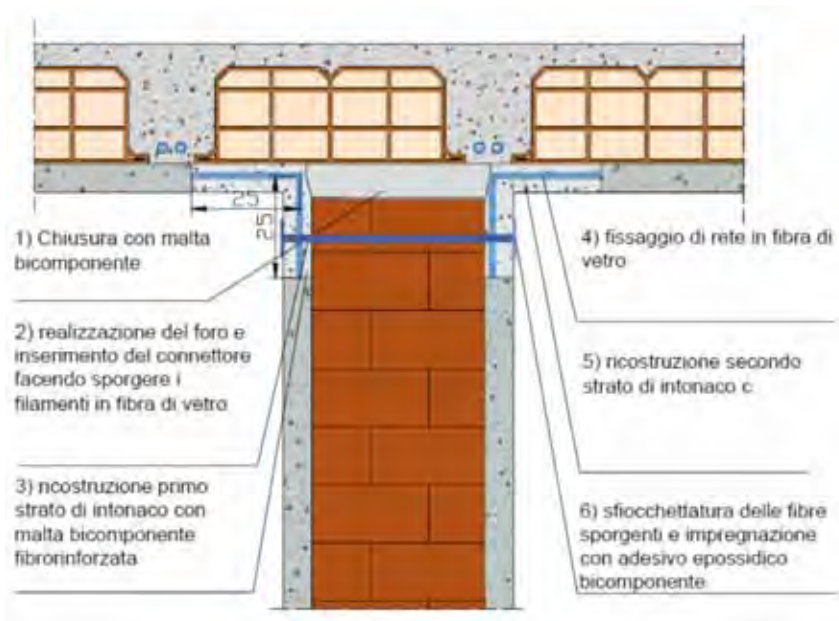
10.1.1. Collegamento tramezzi-solai – antiribaltamento tramezzi

Al fine di prevenire il ribaltamento delle tramezzature non strutturali durante il sisma, si provvede a realizzare un collegamento tra dette pareti ed il solaio.

La lavorazione consiste nelle seguenti fasi:

- 1- Asportazione delle parti incoerenti;
- 2- Realizzazione fori sulla muratura;
- 3- Sigillatura strutturale delle fessure e delle lacune;
- 4- Stesura di due mani di malta fibrorinforzata con interposizione di rete in PBO fra prima e seconda mano;
- 5- Inserire i connettori e iniettare;
- 6- Apertura del fiocco.

Lo schema applicativo è il seguente (esemplificativo):



10.1.2. Rinforzo con FRCM delle pareti

Per alcuni maschi è prevista una doppia rete in PBO per faccia muraria.

Tali FRCM sono costituiti da maglie bidirezionali in PBO (poliparafenilenbenzobisoxazolo) che vengono “fissate” ad entrambe i lati delle pareti da rinforzare mediante malte costituite da una inorganica stabilizzata di natura pozzolanica.

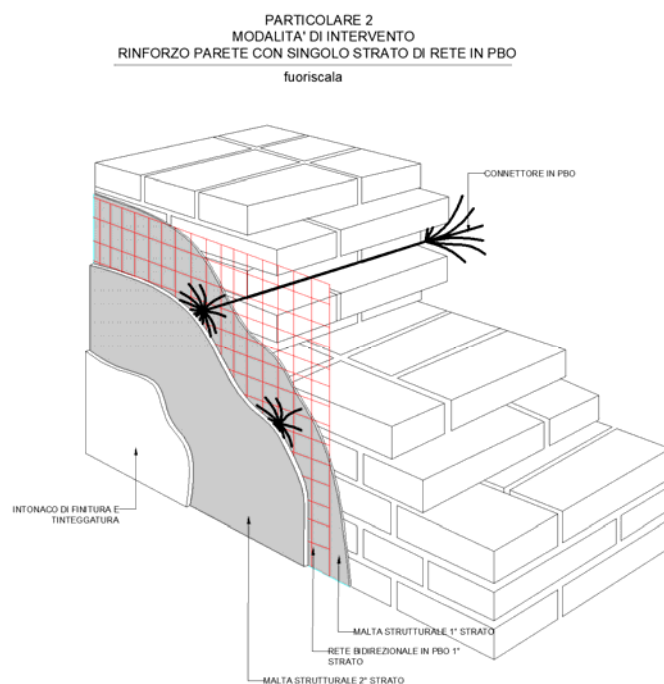
Per garantire la connessione strutturale fra le strutture esistenti e/o i sistemi di rinforzo strutturali vengono utilizzati dei connettori anch'essi in PBO.

Gli FRCM a differenza degli FRP (carbonio), impiegano una matrice inorganica, costituita da un legante idraulico pozzolanico ed additivi specifici, perfettamente compatibile sotto il profilo chimico, fisico e meccanico con il supporto, con particolare riferimento alle murature.

Per quanto riguarda la fibra, l'FRCM scelto (PBO) ha prestazioni meccaniche pari o superiori ad un tradizionale FRP (carbonio) ma prestazioni riguardo al comportamento al fuoco nettamente superiori.

Tipo di fibra	Resistenza a trazione (MPa)	Modulo elasticità (GPa)	Deformazione a rottura (%)	Densità (g/cm ³)	Resistenza al calore (°C)	Coef. di dilatazione termica α ($10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
PBO	5800	270	2,5	1,56	650	-6
Carbonio (alta resistenza)	4100	240	1,6	1,75	1400	-1,45
Aramidica (Alto Modulo)	2800	109	2,4	1,45	550	-2
Aramidica	650	17	2,2	1,38	400	-2
Acciaio da costruzione	250-400 (snervamento) 350-600 (rottura)	206	20-30	7,8	—	+10,4
Vetro	3500	80	4,5	2,5	1200	+5,4

L'intervento è visibile nelle illustrazioni seguenti (per doppie e singolo strato):



Il sistema può essere utilizzato negli interventi di rinforzo strutturale delle murature, in particolare per:

- ✓ incrementare la resistenza a taglio nei pannelli in muratura, della capacità portante di colonne e pilastri e eliminazione della formazione di cerniere su archi e volte, favorendo la redistribuzione delle tensioni all'interno della struttura;
- ✓ aumentare la duttilità nell'elemento rinforzato, con grande capacità di dissipazione dell'energia ed elevata affidabilità del sistema, anche se sottoposto a sovraccarichi di tipo ciclico (es. sisma);
- ✓ diminuire e/o annullare la possibilità di ribaltamento della parete.



Tipologia di rete in PBO

Al contempo tale sistema offre maggiori prestazioni rispetto ad un rinforzo tradizionale FRP a base di resina epossidica anche per quanto riguarda la sicurezza, l'affidabilità e la durabilità delle prestazioni meccaniche, ed in particolare i vantaggi possono essere riassunti come di seguito:

- ✓ elevata resistenza alle alte temperature: dopo l'indurimento della matrice, il sistema non è influenzato dalla temperatura esterna, a differenza degli FRP la cui resina perde le proprietà adesive fra 30°C e 80°C in funzione della sua temperatura di transizione vetrosa;
- ✓ ottima reazione al fuoco: il sistema assicura una reazione identica a quella del supporto poiché la matrice inorganica mantiene inalterate le sue caratteristiche fino alla temperatura di 550°C, non è combustibile, ha scarsa emissione di fumo e non rilascia particelle incandescenti;
- ✓ mantenimento della normale traspirabilità del supporto ed esclusione della formazione di condensazione superficiale, possibile fonte di degrado per le decorazioni murali presenti;
- ✓ elevata durabilità in condizioni di umidità ambientale: la matrice inorganica non ne viene influenzata, mentre la resina epossidica si degrada con prolungate esposizioni a elevati tassi di umidità ambientale;
- ✓ facilità di applicazione anche su superfici scabre e irregolari: non richiede una rasatura preliminare, necessaria per i sistemi FRP;
- ✓ atossicità delle matrici impiegate per gli operatori e per l'ambiente: sono infatti assimilabili ad una malta inorganica tradizionale, mentre le resine epossidiche sono nocive per inalazione e per contatto con la pelle e richiedono adeguate protezioni per gli operatori, quali maschere respiratorie e guanti.

Al fine di rendere ancor più efficace il rinforzo, si prevede l'uso di un sistema di connessione strutturale con fibre unidirezionali in PBO e matrice inorganica denominati "fiocchi" o "Joint".



Tipologia di Joint

Nel dettaglio, le pareti da rinforzare saranno sottoposte al seguente ciclo di lavorazioni:

RIMOZIONE FINITURA ESISTENTE

ASPORTAZIONE DELL'INTONACO ESISTENTE

RISTILLATURA DEI GIUNTI

ASPORTAZIONE MALTA DETERIORATA E RIGENERAZIONE DEI GIUNTI DI MALTA

RINFORZO PANNELLO MURARIO (2 STRATI DI RETE IN PBO)

1) PRIMO STRATO

- ✓ APPLICAZIONE DEL PRIMO STRATO DI MALTA STRUTTURALE (CONFORME ALLA NORMA UNI EN 998-2) DELLO SPESSORE DI 3-5 mm (secondo specifiche produttore).
- ✓ POSA IN RAPIDA SUCCESSIONE SULLA MALTA FRESCA DELLA RETE BIDIREZIONALE IN PBO CON SOVRAPPOSIZIONI DI ALMENO 10 cm. LA RETE DEVE ESSERE STESA CON CURA ESERCITANDO UNA CERTA PRESSIONE AL FINE DI PERMETTERE ALLA MALTA SOTTOSTANTE DI PENETRARE ATTRAVERSO LE MAGLIE
- ✓ PROCEDERE CON IL SECONDO STRATO DI MALTA STRUTTURALE DELLO SPESSORE DI 3-5 mm (secondo specifiche produttore).

2) SECONDO STRATO

- ✓ POSA IN RAPIDA SUCCESSIONE SULLA MALTA FRESCA DELLA RETE BIDIREZIONALE IN PBO CON SOVRAPPOSIZIONI DI ALMENO 10 cm. LA RETE DEVE ESSERE STESA CON CURA ESERCITANDO UNA CERTA PRESSIONE AL FINE DI PERMETTERE ALLA MALTA SOTTOSTANTE (SUL SECONDO STRATO DI MALTA APPLICATA AL PRIMO STRATO DI RETE IN PBO) DI PENETRARE ATTRAVERSO LE MAGLIE.

3) INSERIMENTO CONNETTORI (FIOCCHI)

- ✓ PRATICARE I FORI NEL SUPPORTO DOPO L'APPLICAZIONE DEL RINFORZO STRUTTURALE MEDESIMO, A INDURIMENTO DELLA MATRICE AVVENUTO.
- ✓ ELIMINARE POLVERE E PARTI INCOERENTI PRODOTTE CON LA PERFORAZIONE ALL'INTERNO DEL FORO PER GARANTIRE LA MIGLIORE ADESIONE DELLA MATRICE AL SUPPORTO.
- ✓ INSERIRE IL FIOCCO CON UNA LUNGHEZZA PARI A QUELLA DEL FORO AUMENTATA DI 15 cm PER OGNI ESTREMITA' DA ANCORARE ALLA SUPERFICIE DELLA PARETE.
- ✓ SFILARE DALL'ESTREMITA' DEL FIOCCO LE FIBRE DALLA RETE DI CONTENIMENTO DEL CONNETTORE AVENDO CURA DI NON ESTRARLA COMPLETAMENTE MA SOLO PER LA LUNGHEZZA CHE DOVRA' ESSERE INSERITA NEL FORO.

4) SFOCCATURA DEI CONNETTORI

- ✓ PROCEDERE ALL'APERTURA DEL FASCIO DI FIBRE IN PBO DEI CONNETTORI PER FAVORIRE LA SUCCESSIVA IMPREGNAZIONE DELLA MATRICE.

5) RASATURA

- ✓ PROCEDERE CON IL TERZO STRATO DI MALTA STRUTTURALE DELLO SPESSORE DI 3-5 mm (secondo specifiche produttore).

FINITURA

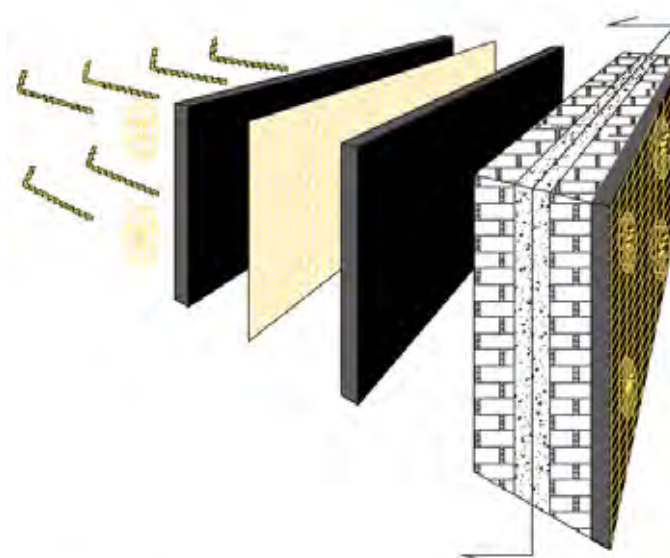
- ✓ SI CONCLUDE IL CICLO CON L'APPLICAZIONE DI INTONACO DA FINITURA PER UNO SPESSORE DI 5-10 mm E LA TINTEGGIATURA IN TINTA

Il ciclo è riferito alle pareti che prevedono 2 reti in PBO, per le pareti in cui si prevede un singolo strato in PBO la procedura è analoga a meno della posa del secondo strato.

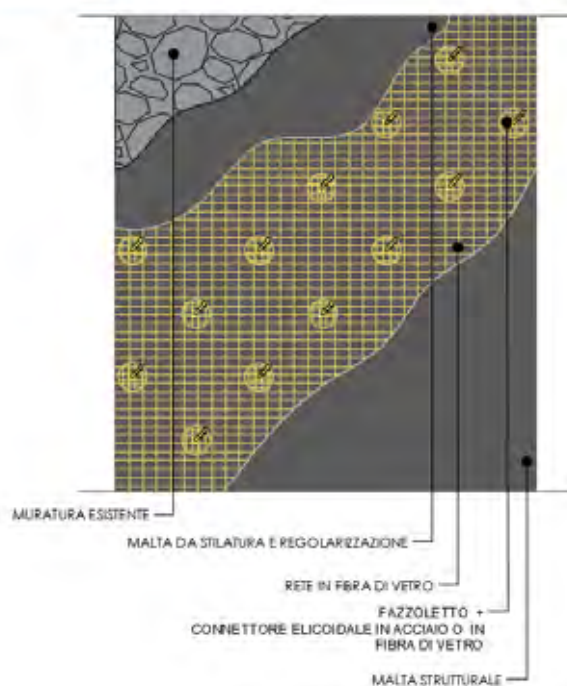
Lo spessore delle pareti rinforzate sarà di circa 2/3 cm superiore allo spessore delle pareti prima del rinforzo. Tutti gli interventi previsti non andranno a modificare lo sviluppo planimetrico dell'edificio.

10.1.3. Rinforzo pareti con intonaco armato

La tecnica consiste nell'applicare una rete in fibra di vetro sulla superficie del paramento murario prevedendo degli opportuni distanziali per tenere la rete staccata dal supporto di 1,5 cm circa fissata con gli appositi connettori e concludere con la posa di una malta strutturale.



PROSPETTO



L'intervento viene realizzato mediante le seguenti fasi lavorative:

- 1- asportare l'intonaco e le parti incoerenti;
- 2- Applicare uno strato di malta per regolarizzare il sottofondo
- 3- Applicare la rete in fibra di vetro
- 4- Forare la muratura, inserire i connettori (in acciaio o in fibra di vetro) e iniettare la restante matrice fino a rendere il foro saturo
- 5- ricoprire con la malta strutturale.

10.1.4. Rinforzo pareti mediante sostituzione di pareti in muratura con maschi in c.a.

Alcune pareti perimetrali in muratura non consentono, neanche se rinforzate con i metodi sopra esposti, le necessarie caratteristiche di resistenza di resistenza.

Si procede quindi per alcune porzioni limitate, alla demolizione e successiva sostituzione di dette porzioni in muratura con pareti in c.a. di spessore pari all'esistente. I nuovi setti saranno ammorsati nelle fondazioni esistenti mediante inghisaggi con resine epossidiche.

10.1.5. Iniezione nel terreno di resine espandenti

Il miglioramento delle caratteristiche del terreno nella zona di giunzione tra i 2 corpi di fabbrica (scuola e palestra) avviene mediante iniezione di resine espandenti.

Il fine di prevenire il peggioramento del quadro fessurativo attuale è necessario ridurre gli stati tensionali agenti sul terreno attraverso il ricorso all'ampliamento dell'impronta fondale del fabbricato o all'aumento della sua capacità portante. Questo tipo di intervento risulta, allo stato attuale, non privo di oggettive difficoltà di esecuzione dovute alla conformazione del fabbricato in oggetto.

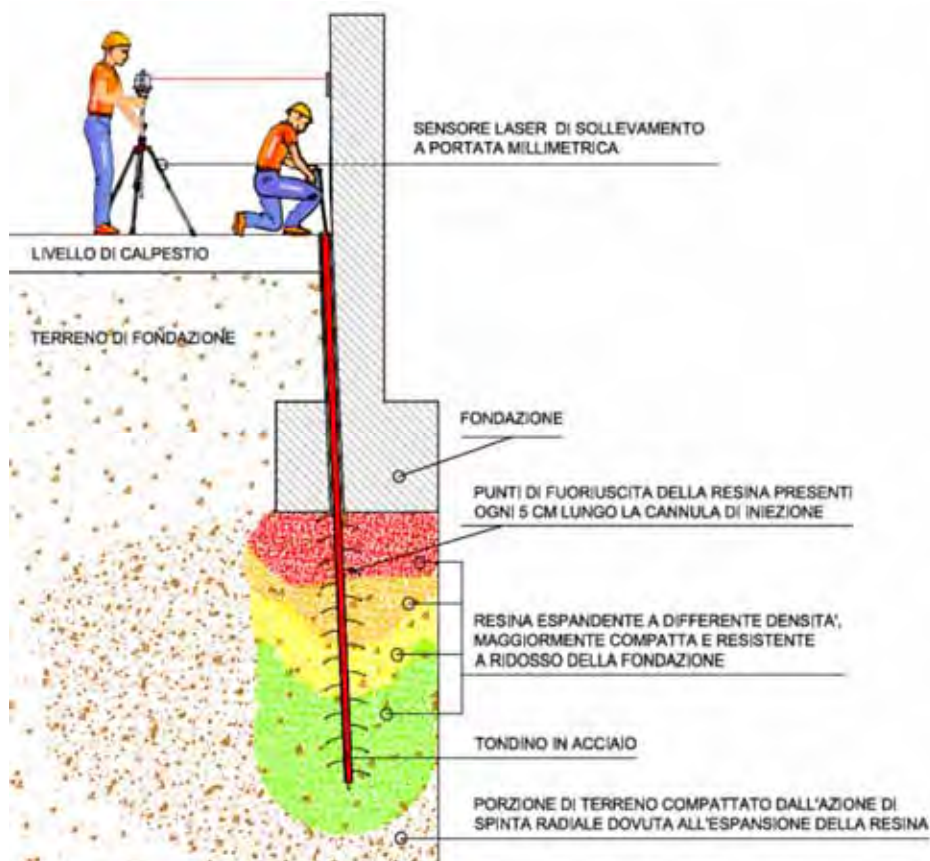
Per tali motivi si è ritenuto preferibile ricorrere al consolidamento del terreno di fondazione, limitatamente alla porzione interessata dal cedimento, mediante l'iniezione nel sottosuolo di resine espandenti evitando di ricorrere a scavi per la realizzazione di sottomurazioni, sottofondazioni e fondazioni profonde che richiederebbero spazi e tempi non compatibili con la situazione in essere.

L'intervento prevede l'esecuzione di perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro, ed eventualmente attraverso le fondazioni, e la successiva iniezione di materiale polimerico a diffusione controllata nei volumi di terreno interessati dal cedimento differenziale al fine di ottenere, in seguito all'espansione e all'indurimento della resina, incrementi nei valori di resistenza a rottura, incremento del carico ammissibile e dei moduli di elasticità del terreno.



L'intervento di consolidamento mediante resine espandenti garantisce il miglioramento delle caratteristiche tecniche del terreno lungo tutto il tratto compreso tra il piano di calpestio e la profondità di progetto. L'intervento viene realizzato mediante le seguenti fasi lavorative:

- 1- perforazione della fondazione attraverso punte del diametro massimo di 26 mm ad un interasse di circa 70-90 cm;
- 2- introduzione della cannula di iniezione attraverso la fondazione con spinta della stessa, nel terreno, fino alla profondità desiderata;
- 3- introduzione di un tondino in acciaio del diametro di circa 14-16 mm all'interno della cannula di iniezione;
- 4- applicazione del rilevatore, a portata millimetrica, per il monitoraggio del consolidamento e sollevamento dell'edificio;
- 5- iniezione della resina espandente a libera diffusione che attraverso la cannula consoliderà il terreno per tutto il tratto di lunghezza della cannula;
- 6- taglio della cannula a livello superficiale e chiusura del foro mediante malta cementizia.



11. VERIFICHE DELL'EDIFICIO RINFORZATO

11.1. INDIVIDUAZIONE DEI MASCHI RINFORZATI

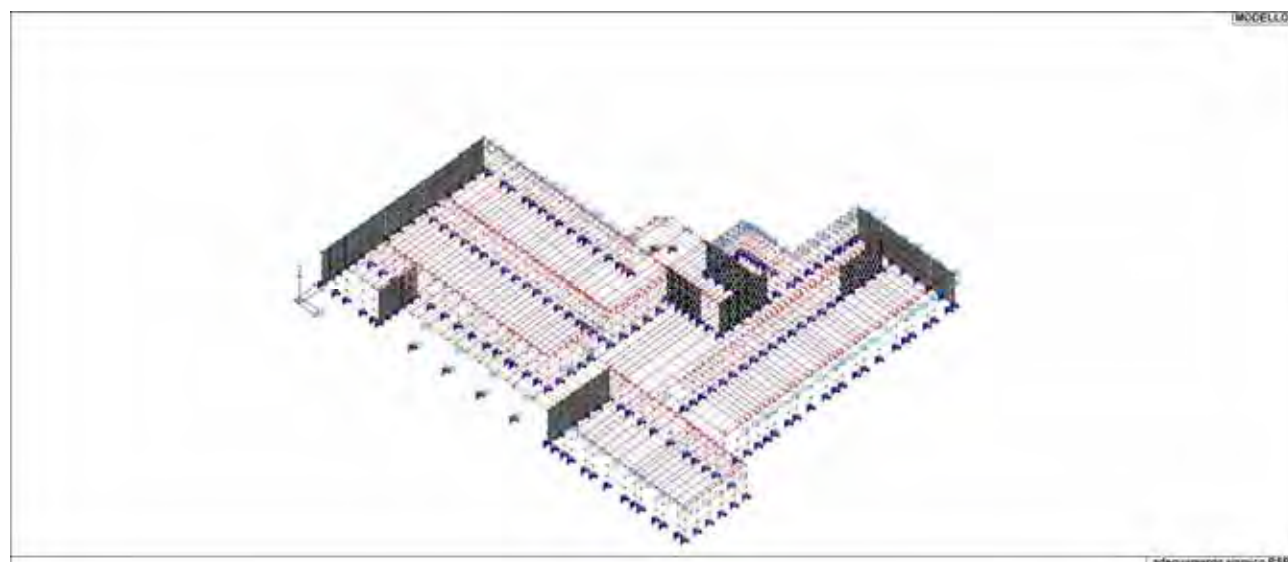
Le porzioni di murature da rinforzare sono riassunte nell'illustrazione seguente:



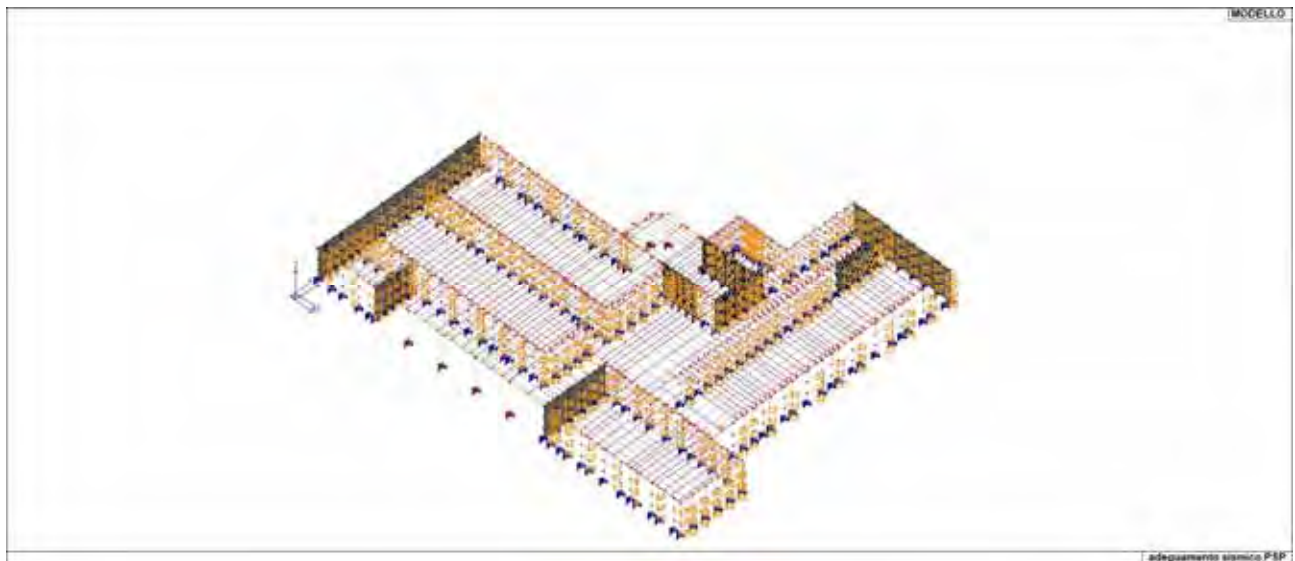
NOTA: LE PARETI EVIDENZIATE IN VERDE HANNO GIA' SPESSORE 25 cm. NEL MODELLO SI CONSIDERANO AVENTI SPESSORE 12 cm PER COERENZA CON LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ESEGUITA DA SEPARATO PROFESSIONISTA E RIELABORATA NELL'AMBITO DEL PROGETTO DEFINITIVO.

11.2. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Il modello complessivo è il seguente



La numerazione dei maschi murari è la seguente:



12. SINTESI DELL'AZIONE SISMICA

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sotto riportati (le masse sono espresse in unità di forza):

- analisi sismica statica equivalente:
 - o quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - o azione sismica complessiva

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
4	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D
			fattore di sito $S = 1.800$
			ordinata spettro (tratto T_b-T_c) = 0.301 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T_1 : 0.114 sec.
			fattore q : 1.500
			fattore q (fragili): 1.000
			fattore per spost. μ d: 3.500
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Λ : 1.000
			ordinata spettro $S_d(T_1)$: 0.239

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	$(r/L_s)^2$	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	1.219e+05	1.219e+05	4.319e+05	2016.81	1436.27	0.0	-155.50	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.799e+04	1.399e+05	9.559e+04	1948.96	1517.82	0.0	-155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	8984.57	1.489e+05	9.549e+04	1949.95	1517.43	0.0	-155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	1.489e+05		6.229e+05									

-

-

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. -)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D
			fattore di sito $S = 1.800$
			ordinata spettro (tratto T_b-T_c) = 0.301 g
			angolo di ingresso: 0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T_1 : 0.114 sec.
			fattore q : 1.500
			fattore q (fragili): 1.000
			fattore per spost. μ d: 3.500
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Λ : 1.000
			ordinata spettro $S_d(T_1)$: 0.239

-

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	$(r/L_s)^2$	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	1.219e+05	1.219e+05	4.319e+05	2016.81	1436.27	0.0	155.50	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.799e+04	1.399e+05	9.559e+04	1948.96	1517.82	0.0	155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	8984.57	1.489e+05	9.549e+04	1949.95	1517.43	0.0	155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	1.489e+05		6.229e+05									

-

-

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D

RELAZIONE DI CALCOLO

													fattore di sito S = 1.800
													ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.301 g
													angolo di ingresso:90.00
													eccentricità aggiuntiva: positiva
													periodo proprio T1: 0.110 sec.
													fattore q: 1.500
													fattore q (fragili): 1.000
													fattore per spost. mu d: 3.500
													classe di duttilità CD: B
													coefficiente Lambda: 1.000
													ordinata spettro Sd(T1): 0.237

-

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	1.208e+05	1.208e+05	4.319e+05	2016.81	1436.27	187.70	0.0	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.782e+04	1.386e+05	9.559e+04	1948.96	1517.82	187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	8902.26	1.475e+05	9.549e+04	1949.95	1517.43	187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	1.475e+05		6.229e+05									

-

-

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.301 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.110 sec.
			fattore q: 1.500
			fattore q (fragili): 1.000
			fattore per spost. mu d: 3.500
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.237

-

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	1.208e+05	1.208e+05	4.319e+05	2016.81	1436.27	-187.70	0.0	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.782e+04	1.386e+05	9.559e+04	1948.96	1517.82	-187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	8902.26	1.475e+05	9.549e+04	1949.95	1517.43	-187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	1.475e+05		6.229e+05									

-

-

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.208 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.114 sec.
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.151

-

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	7.704e+04	7.704e+04	4.319e+05	2016.81	1436.27	0.0	-155.50	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.137e+04	8.840e+04	9.559e+04	1948.96	1517.82	0.0	-155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	5678.12	9.408e+04	9.549e+04	1949.95	1517.43	0.0	-155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	9.408e+04		6.229e+05									

-

-

RELAZIONE DI CALCOLO

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.208 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.114 sec.
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.151

-

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	7.704e+04	7.704e+04	4.319e+05	2016.81	1436.27	0.0	155.50	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.137e+04	8.840e+04	9.559e+04	1948.96	1517.82	0.0	155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	5678.12	9.408e+04	9.549e+04	1949.95	1517.43	0.0	155.50	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	9.408e+04		6.229e+05									

-

-

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.208 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.110 sec.
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.149

-

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	7.580e+04	7.580e+04	4.319e+05	2016.81	1436.27	187.70	0.0	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.119e+04	8.698e+04	9.559e+04	1948.96	1517.82	187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	5586.93	9.257e+04	9.549e+04	1949.95	1517.43	187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	9.257e+04		6.229e+05									

-

-

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.200
			categoria suolo: D
			fattore di sito S = 1.800
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.208 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.110 sec.
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.149

-

-

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
340.00	7.580e+04	7.580e+04	4.319e+05	2016.81	1436.27	-187.70	0.0	2105.34	1678.75	1.865	0.047	0.075
226.67	1.119e+04	8.698e+04	9.559e+04	1948.96	1517.82	-187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.049
113.33	5586.93	9.257e+04	9.549e+04	1949.95	1517.43	-187.70	0.0	2105.70	1679.19	1.756	0.084	0.050
Risulta	9.257e+04		6.229e+05									

13. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	856
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	126
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	492
elementi solaio	10
elementi solidi	0
Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	-0.00
Xmax =	3754.00
Ymin =	234.93
Ymax =	3344.93
Zmin =	0.00
Zmax =	340.00
Strutture verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	SI
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
Strutture non verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	NO

Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

14. VERIFICHE SUI MASCHI MURARI

Le verifiche sono eseguite nel seguente modo:

Nodo/Pos.	numero del nodo appartenente al setto / posizione relativa al nodo I per D2
h0/t	valore della snellezza convenzionale
Ecc/t (M)	massimo valore del rapporto e_1/t o e_2/t
Ecc/t	valore del rapporto di eccentricità trasversale utilizzato per la verifica a taglio - Par. 7.8.2.2.2
Fi t	fattore f_i per la riduzione della resistenza in funzione dell'eccentricità trasversale calcolato con Ecc/t
P/A	tensione verticale media (A_o relativamente alla verifica di pressoflessione per carichi laterali in assenza di sisma, $A_o(s)$ relativamente alla verifica di pressoflessione per carichi laterali in presenza di sisma, A_p relativamente alla verifica a pressoflessione nel piano del muro, A_v relativamente alla verifica a taglio nel piano del muro per edifici esistenti formula C8.7.1.16 della circolare 21-01-19)
P/Acv	tensione verticale media nella parte compressa, utilizzata nella verifica a taglio nel piano del muro
V. Mo	rapporto tra l' azione assiale di progetto e l' azione assiale ultima in relazione alla verifica Par. 4.5.6.2 (pressoflessione ortogonale) effettuato per le combinazioni senza sisma
V. Mo(S)	rapporto tra l' azione assiale di progetto e l' azione assiale ultima in relazione alla verifica Par. 7.8.2.2.3 (pressoflessione ortogonale) effettuato per le combinazioni con sisma
V. Mp	rapporto tra il momento di progetto e il momento M_{rd} in relazione alla verifica Par. 7.8.2.2.1 (pressoflessione complanare) effettuato per tutte le combinazioni
Ver. V	rapporto il taglio di progetto e il taglio ultimo in relazione alla verifica Par. 7.8.2.2.2 (taglio complanare) o C8.7.1.16 della circolare 21-01-19 per edifici esistenti effettuato per tutte le combinazioni
	Per travi in muratura:
Ver. V	rapporto tra il taglio di progetto e il minore dei tagli resistenti V_p e V_t in relazione alla verifica del par. 7.8.2.2.3
Rif. cmb	Combinazioni in cui si hanno i massimi valori dei rapporti V. Mo, V. Mo(S), V. Mp, Ver. V

Fibra	Tipo di fibra del fibrorinforzo
E frp	Modulo elastico del fibrorinforzo
epsr	Dilatazione di rottura del fibrorinforzo
epsd	Dilatazione di calcolo
epsd(s)	Dilatazione di calcolo per combinazioni sismiche
Spess.	Spessore del fibrorinforzo, il programma prevede l' applicazione di uno strato di spessore s su entrambe le facce della parete (o sui quattro lati della sezione in caso di confinamento)
AO frp	Area orizzontale complessiva di fibrorinforzo per metro lineare
AV frp	Area verticale complessiva di fibrorinforzo per metro lineare

h0/t	non superiore a 20 e al limite imposto per zona sismica e tecnica costruttiva
Ecc/t (M)	non superiore a 0.33
V.Mo, V.Mo(S), V.Mp, Ver.V	non superiore a 1

A titolo esemplificativo si riporta il listato di verifica di un maschio murario esistente non rinforzato e rinforzato con intonaco armato, l'esito della verifica di tutti i maschi murari è rappresentato, per chiarezza e brevità, sotto forma di mappe colorate con rappresentazione dell'indice (verificato se < 1). Il listato contenente la totalità delle verifiche su ogni maschio murario non rinforzato è riportato nell'allegato fascicolo dei calcoli.

Setto	Mat.	Spessore cm	Gamma non sis.	Gamma sis.	Stato
23	Muratura in mattoni pieni e malta di calce - Circ. n617/2009-muratura E = 1.500e+04-muratura E = 1.500e+04	25.0	3.60	2.88	ok L

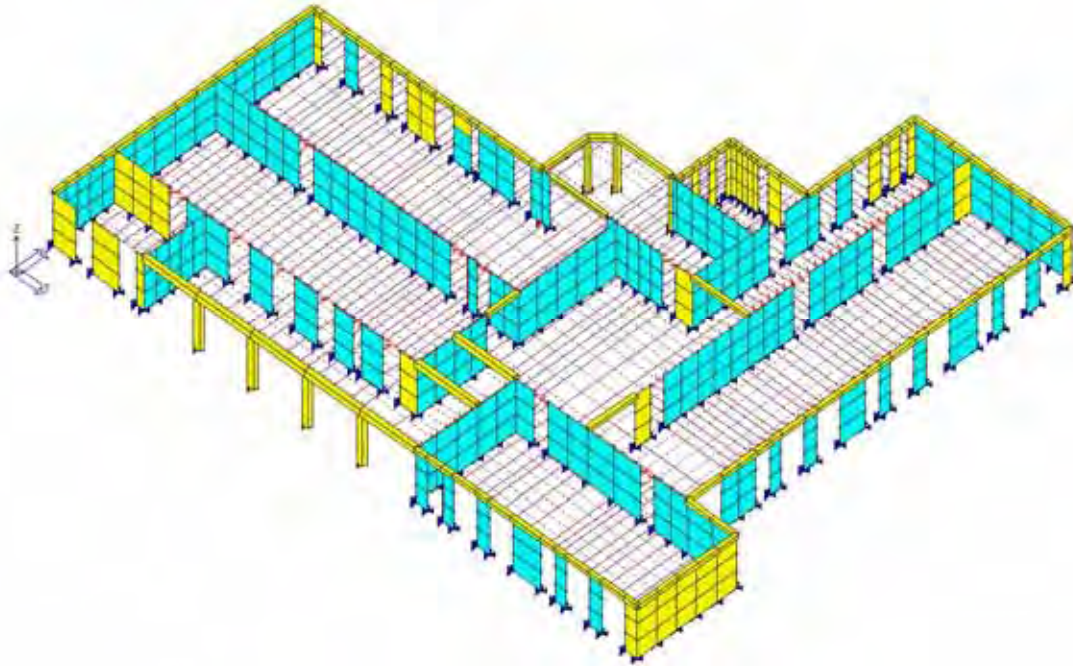
Nodo	h0/t	Ecc/t(M)	Ecc/t	Fi t	P/Ao daN/cm2	P/Ao(s) daN/cm2	P/Ap daN/cm2	P/Acv daN/cm2	Ver Mo	Ver Mo(S)	Ver Mp	Ver. V	Rif. cmb
189	11.6	0.07	0.07	0.60	2.06	0.91	1.11	-1.11	0.27	0.05	0.29	0.19 (MC)	65,25,7,7
190	11.6	0.07	0.07	0.60	2.06	0.70	1.11	-1.11	0.27	0.01	0.29	0.19 (MC)	65,25,7,7
191	11.6	0.07	0.07	0.60	2.00	0.91	1.20	-1.35	0.27	0.05	0.16	0.17 (MC)	65,25,1,4
192	11.6	0.07	0.07	0.60	1.82	1.00	1.10	-1.14	0.24	0.02	0.09	0.12 (MC)	65,25,1,4
193	11.6	0.07	0.07	0.60	2.06	0.91	1.11	-1.11	0.27	0.05	0.29	0.19 (MC)	65,25,7,7
194	11.6	0.07	0.07	0.60	2.06	0.70	1.11	-1.11	0.27	0.01	0.29	0.19 (MC)	65,25,7,7
195	11.6	0.07	0.07	0.60	2.00	0.91	1.20	-1.35	0.27	0.05	0.16	0.17 (MC)	65,25,1,4
196	11.6	0.07	0.07	0.60	1.82	1.00	1.10	-1.14	0.24	0.02	0.09	0.12 (MC)	65,25,1,4
197	11.6	0.07	0.07	0.60	2.06	0.91	1.11	-1.11	0.27	0.05	0.29	0.19 (MC)	65,25,7,7
198	11.6	0.07	0.07	0.60	2.06	0.70	1.11	-1.11	0.27	0.01	0.29	0.19 (MC)	65,25,7,7
199	11.6	0.07	0.07	0.60	2.00	0.91	1.20	-1.35	0.27	0.05	0.16	0.17 (MC)	65,25,1,4
200	11.6	0.07	0.07	0.60	1.82	1.00	1.10	-1.14	0.24	0.02	0.09	0.12 (MC)	65,25,1,4

< TABELLA VERIFICHE ELEMENTI - MATERIALI ESISTENTI >

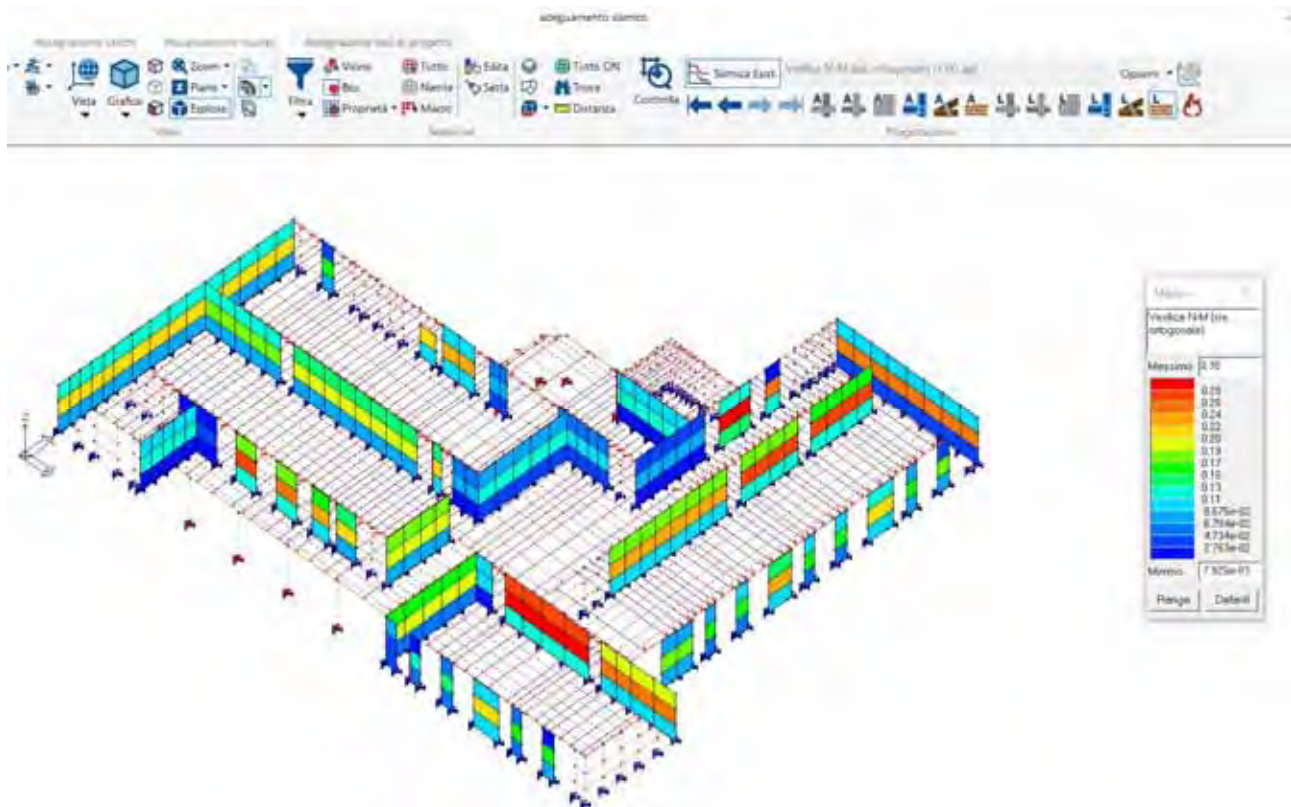
Setto	Mat.	Spessore cm	Gamma non sis.	Gamma sis.	Stato
8	rinforzo intonaco armato-muratura (consolidata) E = 1.500e+04	25.0	3.60	2.88	ok L

Nodo	h0/t	Ecc/t(M)	Ecc/t	Fi t	P/Ao daN/cm2	P/Ao(s) daN/cm2	P/Ap daN/cm2	P/Acv daN/cm2	Ver Mo	Ver Mo(S)	Ver Mp	Ver. V	Rif. cmb
19	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
20	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,3,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
22	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
24	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,5,65,27	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
25	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
26	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,5,65,27	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
27	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,3,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
30	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
31	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,5,65,27	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
32	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,3,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
33	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
34	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,3,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
35	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
36	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,5,65,27	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
37	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
38	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,3,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
39	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
41	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)	
65,5,65,27	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
44	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)	
193	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.63	0.97	-0.53	0.13	0.11	0.43	0.94 (MC)	
65,5,26,29	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)	

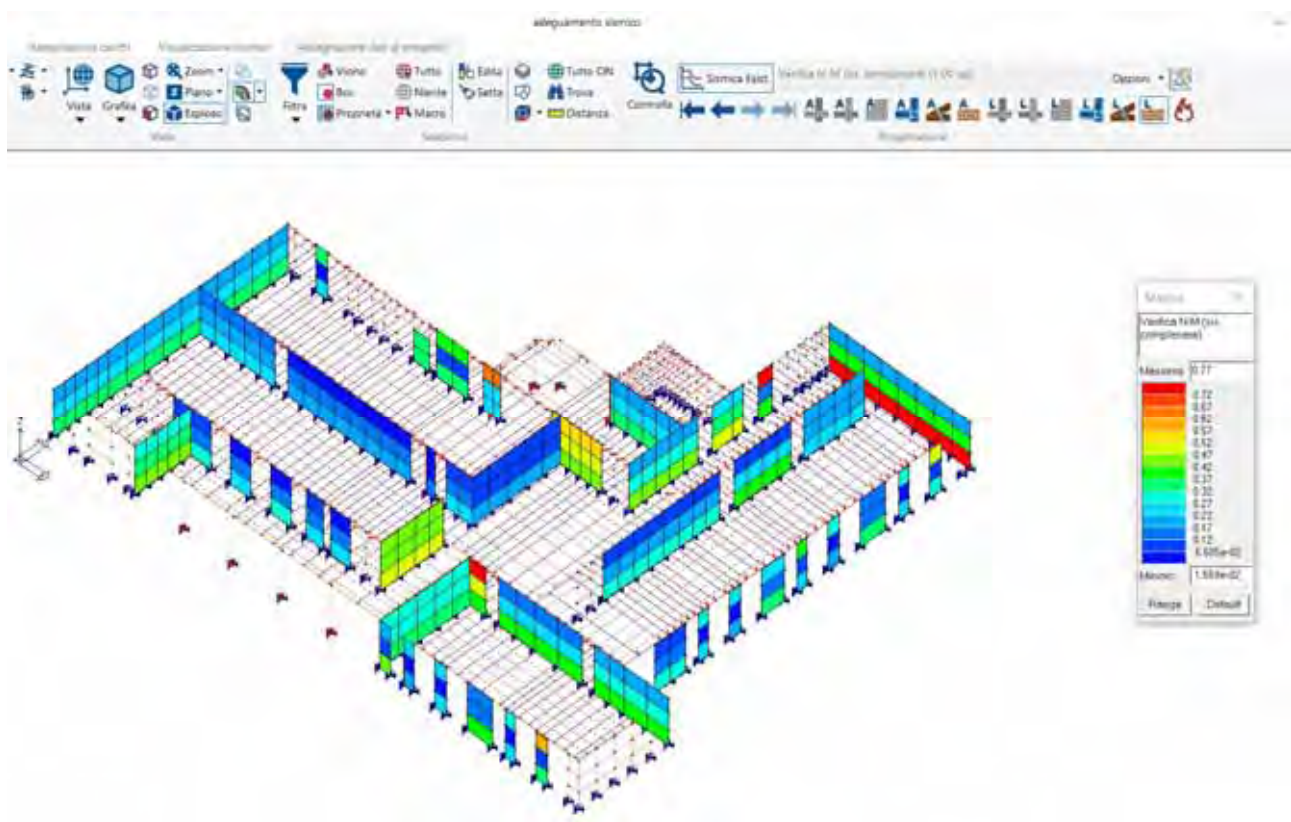
194	11.6	0.07	0.07	0.61	1.14	0.77	0.97	-0.53	0.13	7.92e-03	0.43	0.94 (MC)
65,3,26,29												
195	11.6	0.08	0.07	0.59	1.05	0.63	0.83	-0.55	0.12	0.11	0.33	0.91 (MC)
65,5,26,29												
196	11.6	0.08	0.08	0.59	0.77	0.46	0.77	-0.42	0.09	0.11	0.30	0.84 (MC)
65,5,65,27												



Stato generale di verifica con PGA 100% (ok se azzurro o giallo no se rosso)



Verifica N-M sisma ortogonale



Verifica N-M sisma planare



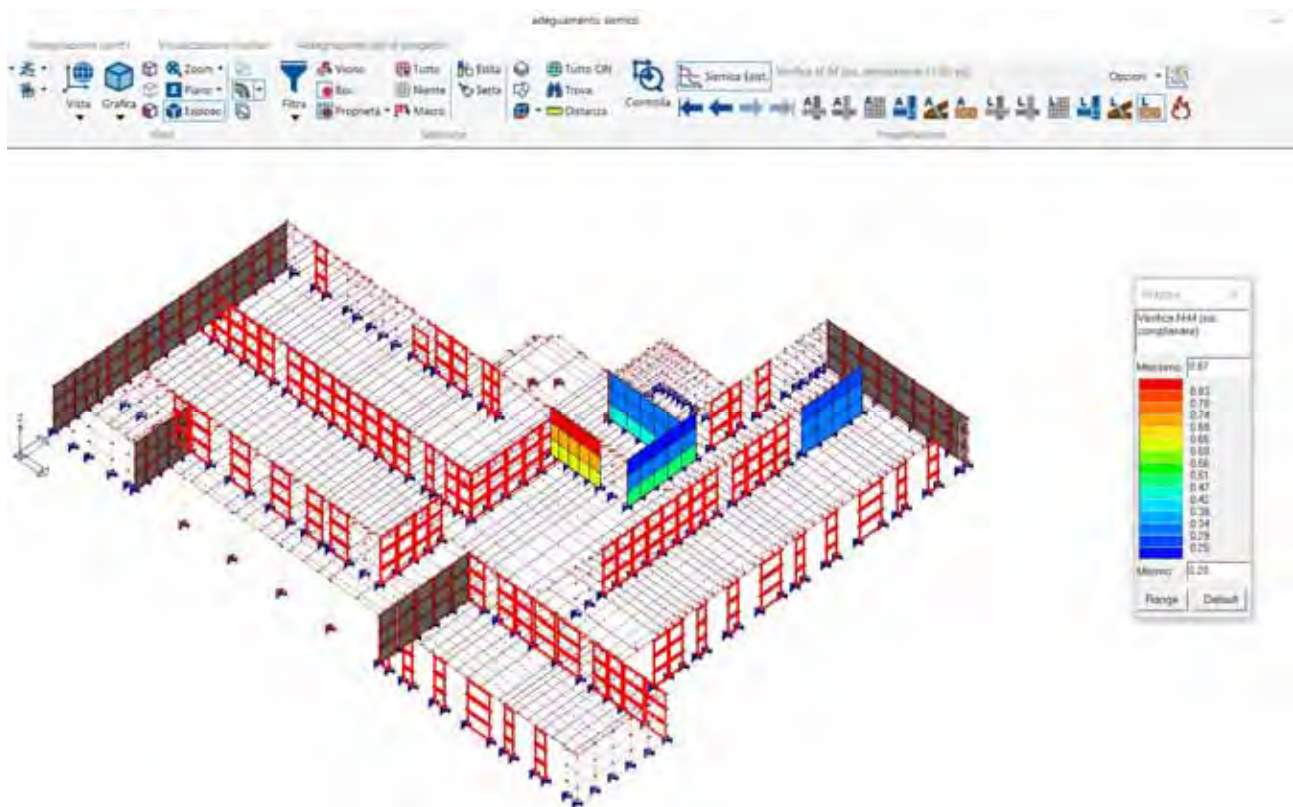
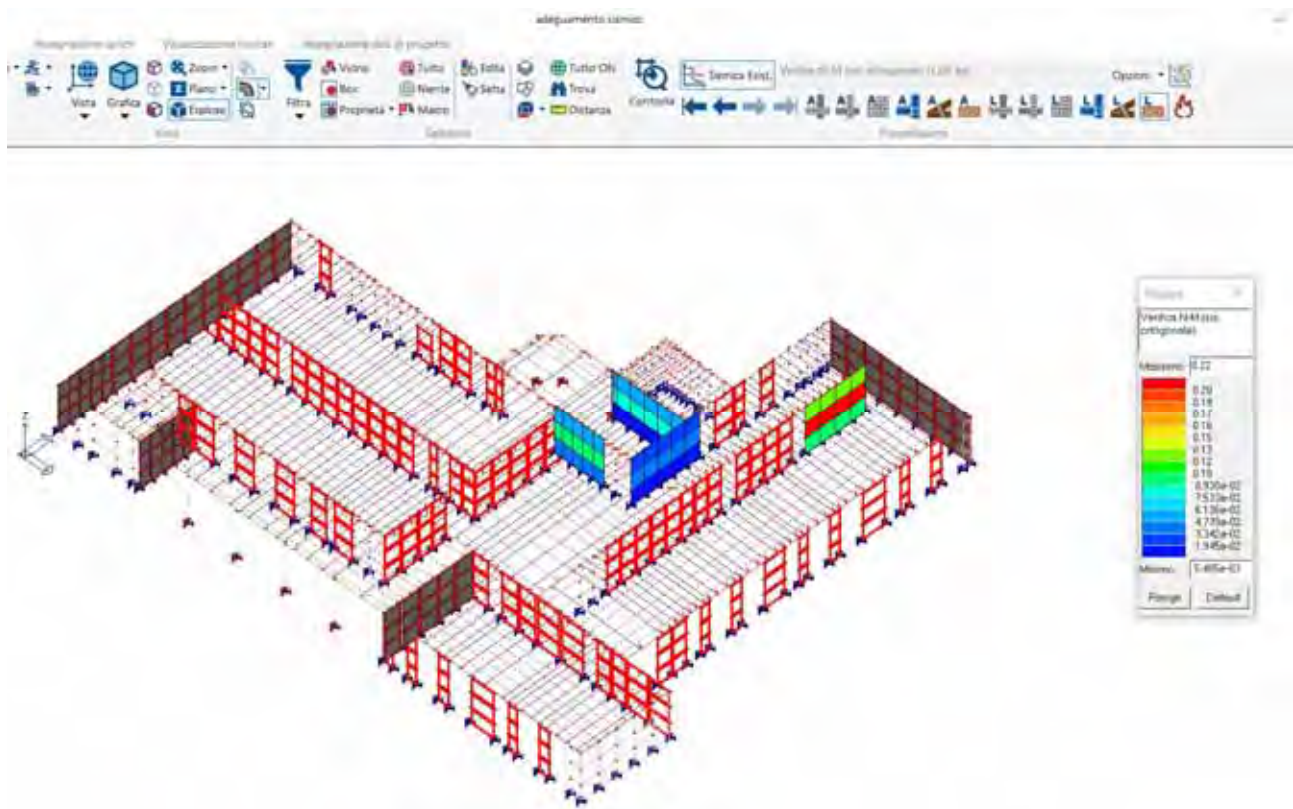
Verifica V (taglio)

15. VERIFICHE SUI MASCHI MURARI RINFORZATI CON PBO

Come nel caso delle pareti non rinforzate, a titolo esemplificativo si riporta il listato di verifica di un maschio murario rinforzato con PBO, l'esito della verifica di tutti i maschi murari è rappresentato, per chiarezza e brevità, sotto forma di mappe colorate con rappresentazione dell'indice (verificato se < 1). Il listato contenente la totalità delle verifiche su ogni maschio murario rinforzato è riportato nell'allegato fascicolo dei calcoli.

Setto	Mat.	Spessore	Gamma non sis.	Gamma sis.	Stato
		cm			
15	rinforzo con PBO- muratura (consolidata) E = 1.500e+04	25.0	3.60	2.88	ok L

Nodo Rif. cmb	Fibra	E frp N/mm2	epsr %	epsd %	epsd(s) %	Spess. mm	AO frp mm2/m	AV frp mm2/m	Ver Mo 1.69e-03	Ver Mo(S) 0.01	Ver Mp 0.44	Ver. V 0.68
97	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,17,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.06	0.29	0.66
98	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,65,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
99	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
100	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,22,24,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
629	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.06	0.29	0.66
65,22,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
630	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,17,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
631	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.06	0.29	0.66
65,22,24,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
632	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,65,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
681	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.06	0.29	0.66
65,17,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
682	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
683	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,22,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
684	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
65,17,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.06	0.29	0.66
685	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,22,24,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
686	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
65,22,24,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.06	0.29	0.66
687	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,65,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
688	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,22,65,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
689	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
65,22,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
690	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.06	0.29	0.66
65,17,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
691	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,22,24,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
692	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
65,22,65,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
693	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
694	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,17,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
695	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
65,22,24,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
696	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,65,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
697	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,22,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
698	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
65,17,32,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
699	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69
65,22,24,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	3.46e-03	0.08	0.32	0.69
700	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	1.69e-03	0.01	0.44	0.68
65,22,65,10	aramm.	2.700e+05	1.40	0.027	0.030	0.28	224.0	224.0	2.95e-03	0.08	0.44	0.69





16. VERIFICHE IN FASE DI RINFORZO (TRANSITORIE)

Le verifiche in fase di realizzazione delle opere in progetto sono obbligatorie ai sensi del DM 2018.

In fase transitoria di l'edificio non viene sollecitato in modo maggiore o diverso rispetto alla configurazione attuale e di progetto in quanto le strutture esistenti:

- 1) non vedono una riduzione delle sezioni
- 2) non vi è modifica della conformazione del meccanismo resistente
- 3) le strutture in fase transitoria non vengono sollecitate in modo maggiore di quanto esse lo siano nella configurazione ante intervento

Per tali 3 ragioni le verifiche in fase transitoria equivalgono a quelle statiche (i lavori hanno durata inferiore a 2 anni pertanto le verifiche in fase transitoria soggette ad azioni sismiche non sono previste inoltre i solai verranno puntellati quando si necessita di demolizione di alcune porzioni di strutture per la successiva ricostruzione in c.a.).

E' pertanto possibile affermare che in fase transitoria le verifiche sono soddisfatte per ovvi motivi.

17. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati

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

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>