



REGIONE DEL VENETO

Intervento finanziato nell'ambito
del POR 2014-2020 del Veneto
con il concorso di risorse
comunitarie del FESR

PROVINCIA DI TREVISO

COMUNE DI MORIAGO DELLA B.

PROGETTO ESECUTIVO PER L'ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SEDE MUNICIPALE

COMMITTENTE:

Comune di Moriago della Battaglia

Piazza della Vittoria, 14
31020 Moriago della Battaglia (TV)
C.F. 83002990261
www.comune.moriago.tv.it - lavoripubblici@comune.moriago.tv.it
tel. 0438 890811 - fax. 0438 892803

PROGETTO STRUTTURALE:

TRE ERRE
INGEGNERIA S.r.l.

di R. Fuser · R. Scotta · R. Vitaliani

Tecnico incaricato: Ing. Raffaele Fuser

31022 Preganziol (TV)
Via Terraglio, n. 10
www.treerreing.com - info@treerreing.com
tel. 0422 383282 - fax. 0422 492702

TIMBRO E FIRMA

CONSULENZA ARCHITETTONICA:

Arch. Luciano De Lazzari

Via G. e L. Olivi, n. 38
31100 Treviso (TV)
arch.l.delazzari@archiworld.it
Tel. / Fax 0422 419894

TIMBRO E FIRMA

CONSULENZA IMPIANTISTICA:

Ing. Mauro Baessato

EC ENGINEERING
PROGETTAZIONE
IMPIANTI TECNOLOGICI
M.E.P. ENGINEERING
CONSULTING

E.C. Engineering S.r.l.
Tel. +39 0422.928311r.a. Fax 0422.620978
P.I. - C.F. - R.I. TV 04297820260 - REA 338894
info@ec-eng.com - info@pec.ec-eng.it - www.ec-eng.com

TIMBRO E FIRMA

TITOLO

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

CODICE ELABORATO · · · · ·

REV.

SCALA
--

REV.N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	08/06/2017	Emissione	L.P.	R.F.	R.F.

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
4	GENERALITÀ SUL METODO DI CALCOLO E ANALISI.....	9
5	ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....	10
5.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	10
5.2	TIPOLOGIA DI TERRENO SECONDO NTC 08	10
5.3	CARATTERISTICHE SULLA TOPOGRAFIA SECONDO NTC 08.....	11
5.4	MODELLO DI INTERAZIONE TERRENO – FONDAZIONE.....	11
6	AZIONI SULLE COSTRUZIONI	12
6.1	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	12
6.2	ANALISI DEI CARICHI.....	14
6.2.1	AZIONE DELLA NEVE	14
6.2.2	AZIONE DEL VENTO	15
6.2.3	PESO PROPRIO MURATURE	16
6.2.4	CARICO PERMANENTE SOLAI.....	16
6.2.5	SOVRACCARICO ACCIDENTALE SOLAI.....	16
6.3	DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	16
6.3.1	VITA NOMINALE	17
6.3.2	CLASSE D'USO	17
6.3.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	17
6.3.4	TEMPO DI RITORNO.....	17
6.3.5	METODO DI ANALISI.....	19
6.3.6	SPETTRI ELASTICI.....	20
7	APERTURA GIUNTI	21
7.1	CALCOLO DELLA LARGHEZZA DEL GIUNTO SISMICO.....	22
8	INDAGINI EFFETTUATE.....	23
8.1	INDAGINE STORICA	23
8.2	INDAGINI EFFETTUATE	26

Committente:Comune di Moriago
della Battaglia (TV)**Tipo di relazione:**

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

9	INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO	28
9.1	PROPRIETÀ DEI MATERIALI.....	29
9.1.1	LIVELLO DI CONOSCENZA.....	29
9.1.2	PROPRIETÀ DEI MATERIALI PER L'INTERVENTO.....	30
9.2	MODELLO NUMERICO DELLA STRUTTURA	39
9.3	CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DELLA STRUTTURA	42
9.4	VERIFICHE STATICHE MURATURE.....	44
9.5	CURVE DI CAPACITA' DERIVANTI DA ANALISI PUSHOVER	47

Committente:

Comune di Moriago
della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo strutturale riguarda il progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia. I lavori di cui al presente progetto sono finanziati, almeno in parte, grazie al bando per il finanziamento di interventi di messa in sicurezza sismica degli edifici strategici e rilevanti pubblici ubicati nelle aree maggiormente a rischio, di cui al DGR nr.1057 del 29 giugno 2016. A tal proposito si richiamano i seguenti dati dell'intervento:

- il presente progetto di adeguamento sismico fa seguito alla verifica di vulnerabilità sismica, redatta da ITS Engineering Company in data 13/10/2011, a firma dell'ing. Michele Titton;
- il progetto considera l'edificio come isolato, conformemente a quanto fatto in sede di analisi di vulnerabilità sismica e comunque prevedendo fra i lavori in oggetto l'intervento di creazione del giunto sismico con l'edificio residenziale adiacente;
- gli indici di rischio risultanti dalla analisi di vulnerabilità sismica e riportati nella scheda di sintesi sono i seguenti:

28) Indicatori di rischio			
	Stato limite	Rapporto fra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno elevato ad a
A	di collasso (α_{col})	$1.1.1.1.1.1 = (PGA_{CLC}/PGA_{DLC})$	$1.1.1.1.1.1 = (TR_{CLC}/TR_{DLC})^a$
B	per la vita (α_{lv})	$0.215.1.1 = (PGA_{CLV}/PGA_{DLV})$	$0.2143.1 = (TR_{CLV}/TR_{DLV})^a$
C	di inagibilità (α_{ed})	$0.150.1.1 = (PGA_{CLD}/PGA_{DL0\%})$	$0.1608.1 = (TR_{CLD}/TR_{DL0})^a$
D	per l'operatività (α_{op})	$0.166.1.1 = (PGA_{CLO}/PGA_{DLO})$	$0.1752.1 = (TR_{CLO}/TR_{DLO})^a$

Con l'intervento in progetto si perviene all'adeguamento sismico $\alpha \geq 1$

Pertanto rispetto allo stato limite di salvaguardia della vita $\Delta = 1 - 0.25 = 0.75$;

- l'accelerazione massima al suolo prevista per il Comune di Moriago della Battaglia dall'allegato 7 dell'OPCM 3907/10 è $ag = 0.236882$;

La presente relazione tecnica elenca la normativa di riferimento utilizzata nella progettazione strutturale dell'intervento, i carichi permanenti ed accidentali, specifica le caratteristiche dei materiali, descrive le ipotesi di calcolo assunte nel progetto e dimostra i calcoli e le verifiche strutturali condotte.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

2 DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE

Il fabbricato si sviluppa su 3 piani fuori terra, con pianta pressoché rettangolare di dimensioni 26x14 e altezza di gronda circa 10.50m; la copertura è a padiglione con manto in coppi. L'altezza interpiano è 3.60m al piano terra e 3.40m al piano primo, mentre al piano secondo la copertura a padiglione è a vista, con un'altezza massima di circa 5.50m. Al piano terra la porzione ad ovest è occupata dall'Ufficio Postale mentre altrove ci sono uffici Comunali, così come al piano superiore; al secondo piano c'è la sala consiliare ad ovest e gli uffici tecnici nella restante porzione.

La struttura è costituita dalla muratura perimetrale in pietrame, i solai sono in laterocemento e si appoggiano sulle murature interne in mattoni semipieni, mentre perimetralmente si appoggiano su travi in c.a. interne rispetto alla muratura e ad essa collegata localmente con code di rondine. Le travi si appoggiano su pilastri in c.a.. Le fondazioni dei pilastri sono costituite da plinti in c.a., mentre le murature presentano un leggero allargamento della fondazione il cui piano di posa si trova ad una profondità di circa 80 cm. La copertura a padiglione è realizzata con travi in c.a., solaio in laterocemento e manto in coppi. All'interno dell'edificio sono presenti due vani scala: uno principale che collega i 3 piani, e uno secondario che collega il piano terra al primo, e la cui prosecuzione al piano secondo è realizzata con una scala a chiocciola metallica. Inoltre è presente un ascensore interno con vano in c.a. giuntato rispetto alle strutture dell'edificio.

Committente:Comune di Moriago
della Battaglia (TV)**Tipo di relazione:**

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

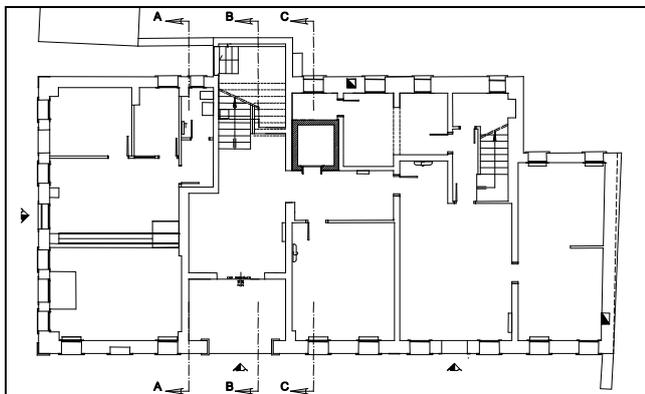


Figura 1 - pianta piano terra

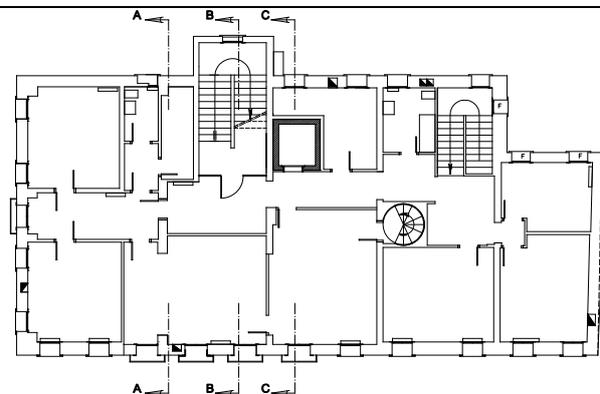


Figura 2 - pianta piano primo

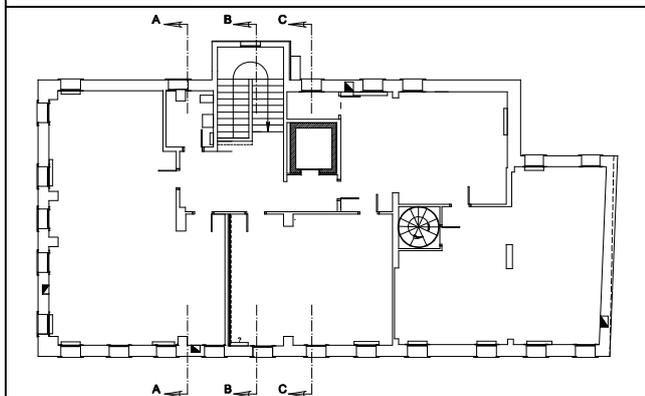


Figura 3 - pianta piano secondo

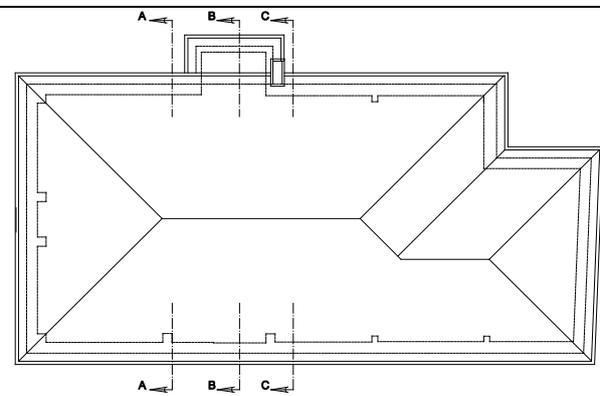


Figura 4 - pianta copertura

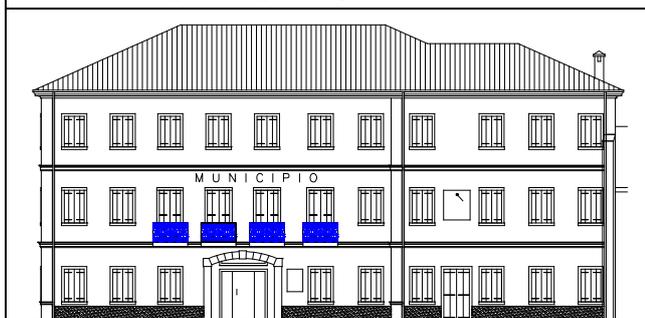


Figura 5 - prospetto sud



Figura 6 - prospetto nord

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

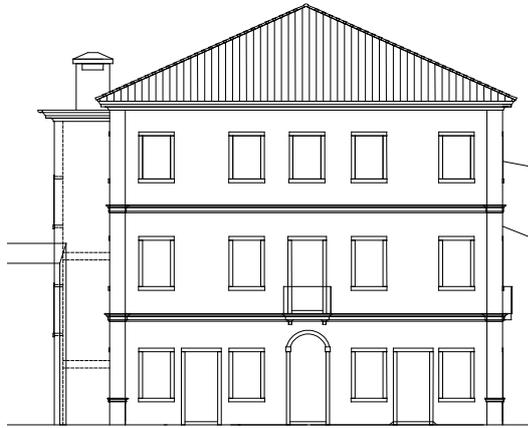


Figura 7 - prospetto ovest

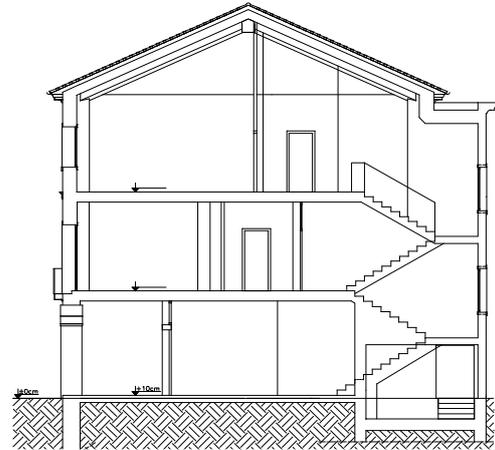


Figura 8 - sezione C-C

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024



Figura 9 - prospetto sud



Figura 10 - prospetto ovest



Figura 11 - angolo sud-ovest

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato redatto in osservanza delle **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008** e Circolare esplicativa del 02/02/2008 n°617. Per quanto non compiutamente descritto nella suddetta, si è fatto riferimento alle seguenti normative (di comprovata affidabilità):

Strutture

- L. 5.11.1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- D.M. 09.01.96: "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" (*relativamente al metodo di verifica agli Stati Limite*).
- Circ. Min. LL.PP. 15.10.96: "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. del 09.01.96" (*relativamente al metodo di verifica agli Stati Limite*).
- D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987: "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento."
- Circolare M.LL.PP. 4 Gennaio 1989 n° 30787 – "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- Eurocodice 2 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo".
- Eurocodice 3 Parte 1-1 "Progettazione delle strutture di acciaio: regole generali e regole per gli edifici".

Carichi e Sovraccarichi

- D.M. 16.01.1996: "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Circ. Min. LL.PP. 04.07.96: 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. del 16.01.96.
- Eurocodice 1: "Basi della progettazione ed azioni sulle strutture".

Normativa Sismica

- Delib. G.R. del 03/12/2003 n° 67 (Regione Veneto): Nuova classificazione sismica del territorio regionale.
- Legge 02/02/1974: "Provvedimenti per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche".

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 10.04.1997 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”.
- Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 (pubbl. G.U. n°105), aggiornata di tutte le modifiche introdotte dalla Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 3.5.2005 n.3431: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Circolare esplicativa delle nuove norme tecniche per le costruzioni del 02/02/2008 n°617 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- Eurocodice 8: “Regole progettuali per le strutture antisismiche”.

Terreni - Fondazioni

- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24.09.1988, n° 30483: “Legge 02.02.1974, n° 64 - articolo 1. D.M. 11.03.1988: “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

Materiali

- Regolamento (UE) N. 305/2011 (CPR) del Parlamento Europeo e del Consiglio del 09.03.2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.
- UNI EN 206:2014: “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104 Marzo 2004: “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”.
- UNI EN 10025: “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali”;
- UNI EN 1090: “Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio”.

4 GENERALITÀ SUL METODO DI CALCOLO E ANALISI

La verifica delle strutture è eseguita con il metodo degli stati limite (S.L.U. e S.L.E.). Il calcolo delle sollecitazioni sulla struttura e la verifica delle varie sezioni caratteristiche sono stati condotti con i metodi della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni.

Il codice di calcolo adottato è:

3Muri ver. 10.9.05 Professional della S.T.A. DATA, con chiave Hardware n. 043553

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

5 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Per quanto riguarda le caratteristiche del terreno di fondazione si fa riferimento alla Relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Boaga ad agosto 2011, a supporto della relazione di vulnerabilità sismica.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n. 1 analisi FTAN in prossimità del Municipio al fine di determinare il periodo proprio del suolo e di conseguenza fornirne una caratterizzazione sismica.

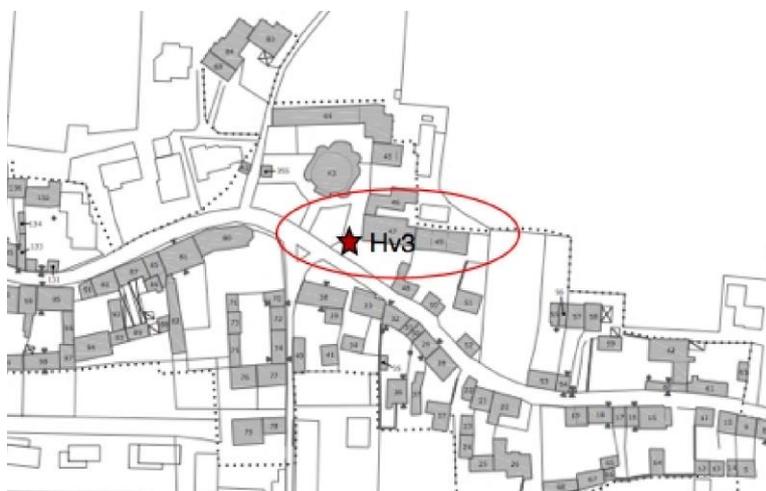


Figura 12 - ubicazione dell'indagine

Dalle misure sperimentali effettuate e la modellazione del sottosuolo si individuano materiali sciolti eterogenei di media consistenza caratterizzati da velocità delle onde sismiche di taglio tipiche di materiali medio-grossolani. Seguendo le indicazioni del DM 14/01/2008 si determina la V_s media del primo sottosuolo **$V_s=354.1$ m/s**

5.2 TIPOLOGIA DI TERRENO SECONDO NTC 08

In base a quanto indicato nella relazione sopracitata, il terreno è riconducibile ad una **categoria C** secondo quanto previsto dalle NTC 08 al § 3.2.2: “*Depositi di terra a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine)*”.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

5.3 CARATTERISTICHE SULLA TOPOGRAFIA SECONDO NTC 08

In base a quanto indicato nella relazione sopracitata, la topografia del sito rientra in una categoria di **tipo T1** “*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ”.

5.4 MODELLO DI INTERAZIONE TERRENO – FONDAZIONE

Per simulare l'interazione tra il terreno e le fondazioni nelle verifiche si considera il metodo del suolo elastico alla Winkler. Tale metodo prevede di schematizzare il terreno con un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti, caratterizzate dal coefficiente di reazione del terreno k , rapporto fra carico e cedimento. Si è assegnata una rigidezza pari a **4kg/cm³** (40000kN/m³), valore piuttosto elevato per tener conto della maggior rigidezza nella risposta ad azioni dinamiche.

Committente:Comune di Moriago
della Battaglia (TV)**Tipo di relazione:**

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

6 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Nel presente capitolo vengono indicati tutti i carichi e le combinazioni considerati in progetto.

6.1 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Con:

- G_1 peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q azioni variabili;
- E azioni sismiche.

Nelle combinazioni sono indicati con il pedice k i valori caratteristici, senza pedice k i valori nominali.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

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

$$G_1 + G_2 + \sum_i (\Psi_{2j} Q_{kj})$$

I valori dei coefficienti di combinazione sono riportati in Tabella 1.

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 Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 1: Valori dei coefficienti di combinazione

Per i solai di piano si è adottato un valore di Ψ_{2j} pari a 0.3 (cat. B), mentre per i solai di copertura si è adottato un valore di Ψ_{2j} pari a 0.0 (neve a quota ≤ 1000 m s.l.m.).

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

6.2 ANALISI DEI CARICHI

6.2.1 Azione della neve

Dati carico Neve

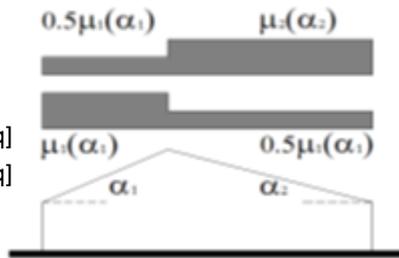


Regione: **VENETO**
 Provincia: **TREVISO**
 Comune: **Moriago della Battaglia**
 Altitudine: **119** [s.l.m.]
 Zona: **ZONA I-MEDITERRANEA**
 Topografia: **Normale**
 Coeff. di esposizione: **1**
 Carico di neve al suolo: **1.50** [kN/m²]
 Coefficiente termico: **1**

$\alpha_1 =$	22	[deg]	$b_1 =$		[m]
$\alpha_2 =$	22	[deg]	$b_2 =$		[m]
$h =$	0	[m]	$d =$	-	[m]
$b =$	0	[m]			

Dati per carico tipo 2

$\mu_1(\alpha_1) =$ **0.80**
 $\mu_2(\alpha_2) =$ **0.80**
 $q_{s(\mu_1)} =$ **1.20** [kN/mq]
 $q_{s(\mu_2)} =$ **1.20** [kN/mq]



Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

6.2.2 Azione del vento

Dati carico Vento



Regione: **VENETO**

Provincia: **TREVISO**

Comune: **Moriago della Batta**

Altitudine: **119** [s.l.m.]

Zona: **1**

Altezza Edificio: **6** [m]

Velocità caratt.ca: **25** [m·sec⁻¹]

Altezza di rif.to: **1000** [m]

k_a : **0.01** [sec⁻¹]

T_R : **50** [anni]

α_R : **1.00**

q_{ref} : **0.39** [kN/m²]

Distanza dalla costa: **200** [km]

Zona di esposizione

A	○	Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperto da edifici con $H > 15m$
B	⊙	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	○	Aree con ostacoli diffusi (alberi, recinzioni, ecc.); aree con rugosità nonriconducibile alle classi A, B, D
D	○	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zonepaludose o sabbiose, mare, laghi,...)

Categorie e coefficiente di esposizione

	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
IV	0.22	0.3	8

$ce(z) = 1.63$

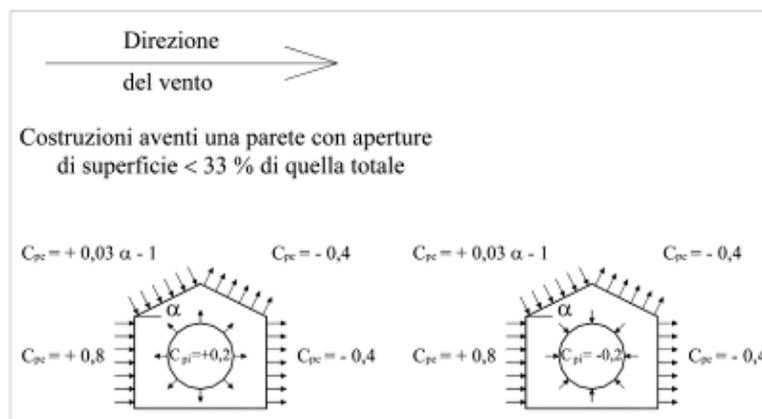


Figura 13 - Coefficienti di forma per gli edifici (C3.3.10.1 circolare D.M. 14/01/2008)

I coefficienti di forma risultano:

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

- su parete verticale investita ortogonalmente (sopravento): $c_{pe} = +0.8 \rightarrow p=0.51$ kPa
- su parete verticale ortogonale ma non direttamente investita: $c_{pe} = -0.4 \rightarrow p=-0.25$ kPa
- su falda inclinata sopravento: $c_{pe} = -0.34 \rightarrow p=-0.22$ kPa
- su falda inclinata sottovento: $c_{pe} = -0.4 \rightarrow p=-0.25$ kPa

6.2.3 Peso proprio murature

Il peso proprio delle murature viene calcolato in base allo spessore, assumendo i valori di peso specifico indicati dalla normativa DM'08. In particolare sono state identificate due tipologie di murature:

- *muratura a conci sbazzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno*, per la muratura perimetrale, di cui si valuta il peso specifico $w=20$ kN/mc;
- *muratura in mattoni semipieni con malta di cementizia*, per la muratura interna, di cui si valuta il peso specifico $w=15$ kN/mc;

6.2.4 Carico permanente solai

p.p. solaio laterocemento $h=20+4$ cm **2.55 kN/mq**

come si evince dalla documentazione di progetto dei solai

carico permanente portato **2.10 kN/mq**

come si evince dalla documentazione di progetto dei solai

6.2.5 Sovraccarico accidentale solai

Data la destinazione d'uso di Municipio, si considera la categoria B2 - Uffici aperti al pubblico per la quale la normativa prevede un sovraccarico di **3.00 kN/mq**

6.3 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica viene determinata secondo la vigente normativa con riferimento alle coordinate geografiche dell'edificio:

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024



Figura 14 - localizzazione Municipio

Latitudine: 45.867370

Longitudine: 12.107008

Il Comune di Moriago della Battaglia (TV) è classificato in **zona sismica 2** ($0.15 < a_g \leq 0.25$).

6.3.1 Vita nominale

L'edificio rientra nelle costruzioni ordinarie di dimensioni contenute o di importanza normale. Tali costruzioni hanno una vita nominale $V_N \geq 50$ anni.

6.3.2 Classe d'uso

Trattandosi di un edificio strategica ai fini della gestione nell'emergenza post-sisma, l'edificio rientra nella **IV classe** ($C_U = 2.0$).

6.3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Secondo quanto prescritto dalle NTC, la vita di riferimento dell'edificio viene calcolata come prodotto della vita nominale (V_N) e del coefficiente d'uso (C_U), legato alla classe d'uso del fabbricato.

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2.0 = 100 \text{ anni.}$$

6.3.4 Tempo di ritorno

Noti tutti i dati necessari per la definizione della pericolosità sismica, ivi comprese anche le probabilità di superamento, è possibile determinare i periodi di ritorno per gli stati limite di riferimento, utilizzando l'espressione seguente:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Di seguito si riportano le probabilità di superamento per gli stati limite di esercizio e ultimi.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

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%

Di seguito si riporta la tabella con i parametri dell'azione sismica per i diversi stati limite ed i grafici che ne mostrano l'andamento al variare del tempo di ritorno dell'azione sismica.

STATO LIMITE	Tr (anni)	ag (g)	Fo	Tc* (s)
SLO	60	0.089	2.442	0.256
SLD	101	0.117	2.407	0.272
SLV	949	0.316	2.417	0.342
SLC	1950	0.420	2.408	0.364

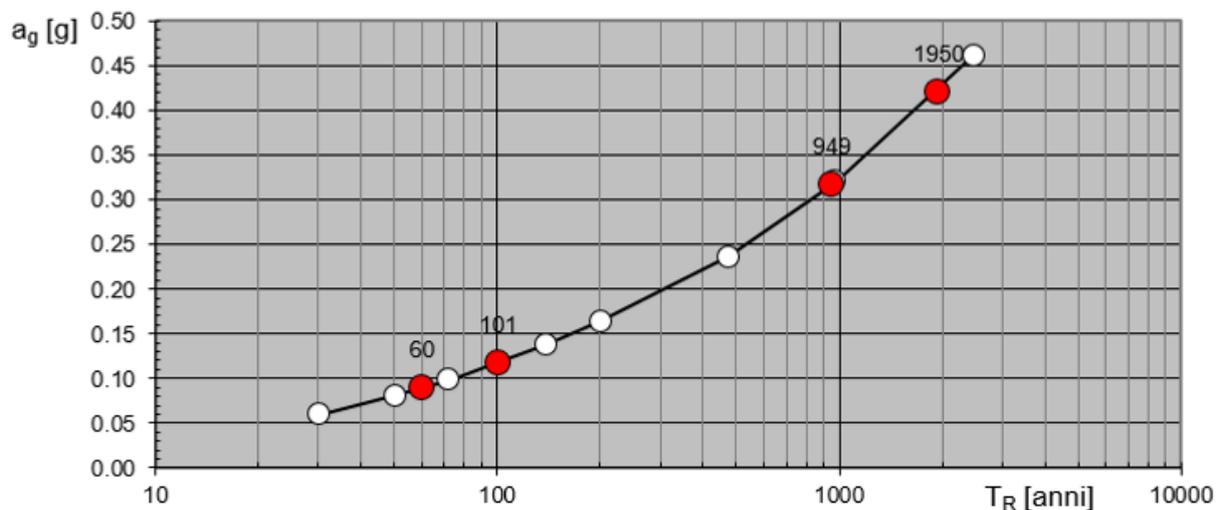


Figura 15 – Accelerazione di picco in funzione del T_R

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

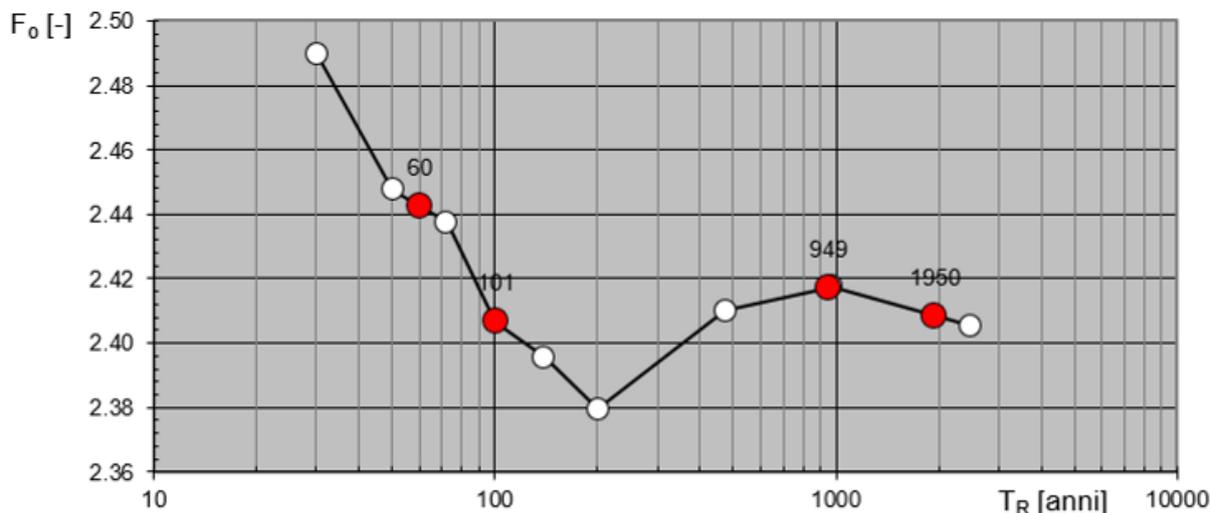


Figura 16 – Variazione del fattore di amplificazione dello spettro

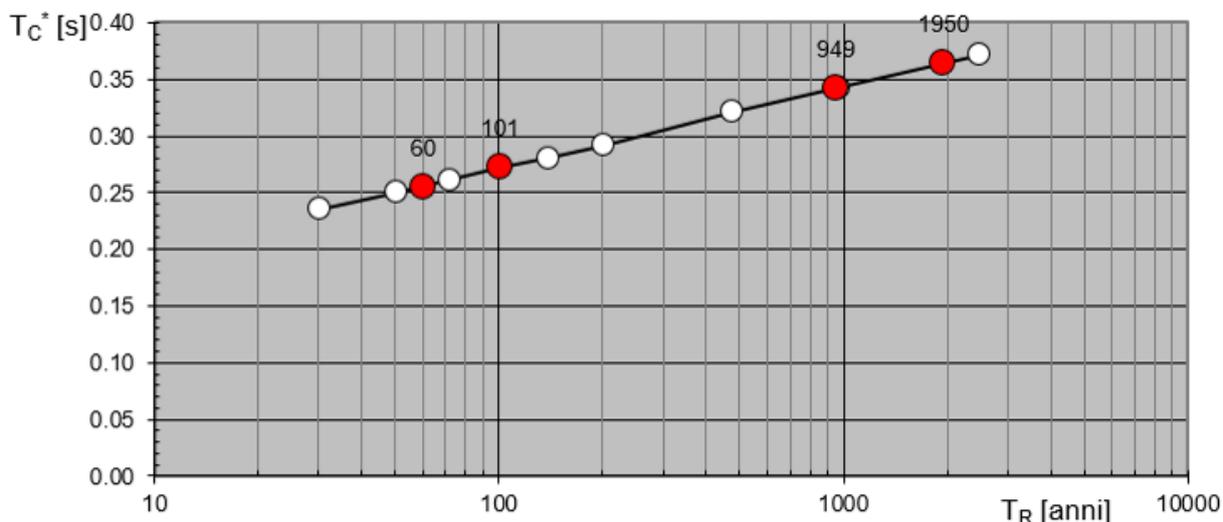


Figura 17 – Variazione del periodo d'inizio del tratto a velocità costante

6.3.5 Metodo di analisi

Si effettua un'analisi statica non lineare (pushover) ed il controllo degli spostamenti con il programma di calcolo 3Muri della S.T.A. DATA S.r.l.. Il programma schematizza la struttura attraverso un telaio equivalente costituito da macroelementi (FME – Frame by Macro Element). 3Muri, a partire dalle pareti inserite nel programma, genera automaticamente la mesh, cioè la divisione in maschi, fasce ed elementi rigidi. L'analisi statica non lineare 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

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

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. Da notare che questa curva è indipendente dal terremoto, in quanto si tratta di una caratteristica intrinseca della struttura, funzione solo di geometria e caratteristiche di resistenza dei materiali.

6.3.6 Spettri elastici

A seguire si riportano gli spettri elastici, per il sito in oggetto, per lo stato limite di operatività (SLO), per lo stato limite di danno (SLD) e per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

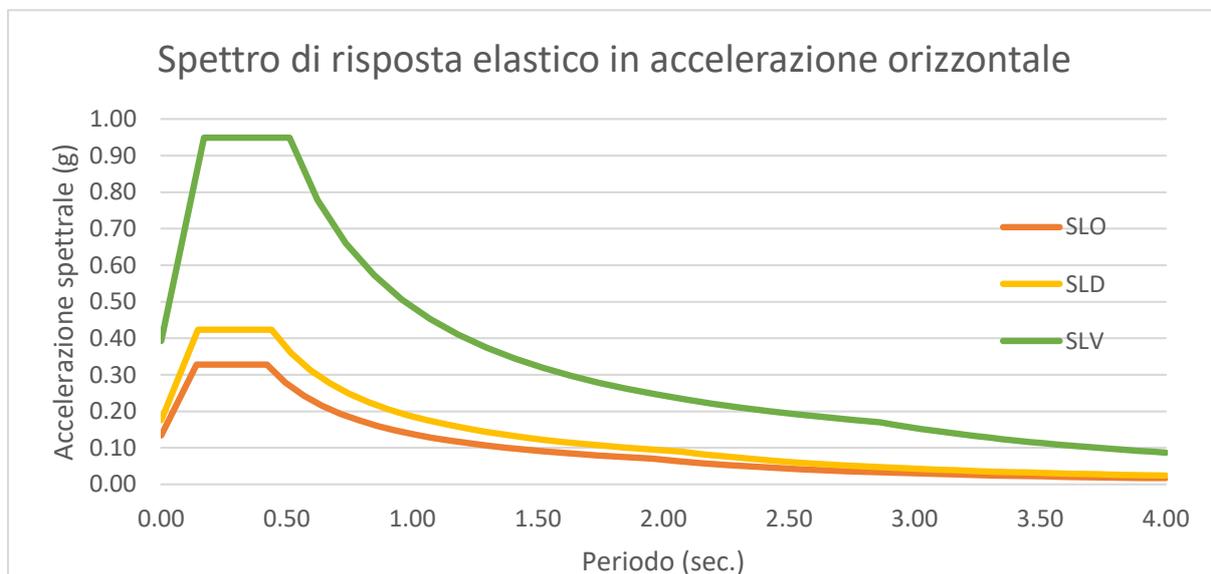


Figura 18 - Spettri elastici per il sito in oggetto

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

7 APERTURA GIUNTI

L'analisi di vulnerabilità sismica è stata svolta considerando l'edificio isolato, conformemente a quanto considerato nello studio di vulnerabilità sismica; per questo il presente progetto prevede la realizzazione di un giunto sismico di larghezza 8 cm con l'edificio adiacente.

Allo stato di fatto la presenza dell'edificio residenziale adiacente sul lato est del Municipio rappresenta un elemento di elevata vulnerabilità sismica: la presenza di solai a quota differente nei due edifici e la mancanza di un giunto sismico comporta il rischio di martellamento sulla parete. In tale meccanismo la rigidità dei solai è elevata rispetto a quella della parete, che non riuscirebbe a sopportare la sollecitazione di martellamento.



Figura 19 - pianta edifici adiacenti



Figura 20 - muro all'interfaccia degli edifici

Attualmente il muro fuoriesce ad una quota intermedia tra le due coperture, probabilmente a testimonianza della presenza di un antico edificio, come si evince dall'immagine seguente risalente al primo Dopoguerra.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024



Figura 21 - Municipio alla fine della Prima Guerra Mondiale

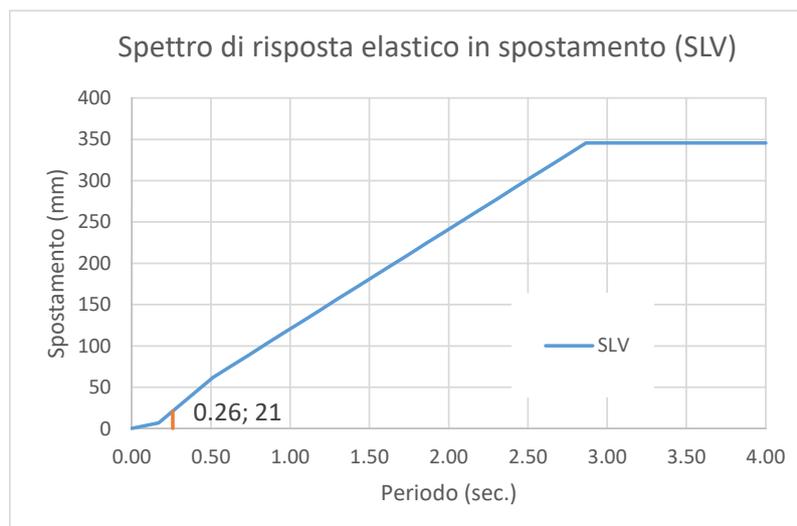
E' necessario creare un giunto sismico tra i due edifici adiacenti per evitare il pericolo di martellamento tra le strutture in modo da rendere gli edifici indipendenti tra di loro.

7.1 CALCOLO DELLA LARGHEZZA DEL GIUNTO SISMICO

La larghezza del giunto sismico viene calcolata con riferimento all'azione sismica allo SLV, come previsto in NTC §7.2.2. Si stima il periodo proprio dei corpi attigui mediante la formula della normativa NTC §7.3.3.2

$$T = C_1 \cdot H^{0.75} = 0.05 \cdot 9^{0.75} = 0.26s$$

Si ricava lo spostamento dallo spettro di risposta elastico in spostamento allo SLV



Alla quota di sommità della copertura dell'edificio adiacente, lo spostamento massimo orizzontale previsto per ciascun edificio è di 21 mm, pertanto risulterebbe necessario un giunto di larghezza

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

maggiore di $2 \cdot 21 = 42$ mm. Per quanto previsto in §7.2.2 la distanza tra due punti che si fronteggiano non può essere minore di $H/100 \cdot a_g \cdot S/0.5 \cdot g = 900/100 \cdot 0.316 \cdot g \cdot 1.24/0.5/g = 7.05$ cm, pertanto **si adotta un giunto di larghezza 8 cm.**

8 INDAGINI EFFETTUATE

8.1 INDAGINE STORICA

Sulla base della documentazione esaminata si è ricostruita la storia dell'edificio: da una mappa del 1717 risulta già presente un edificio, che nel 1898 viene adibito a Municipio.

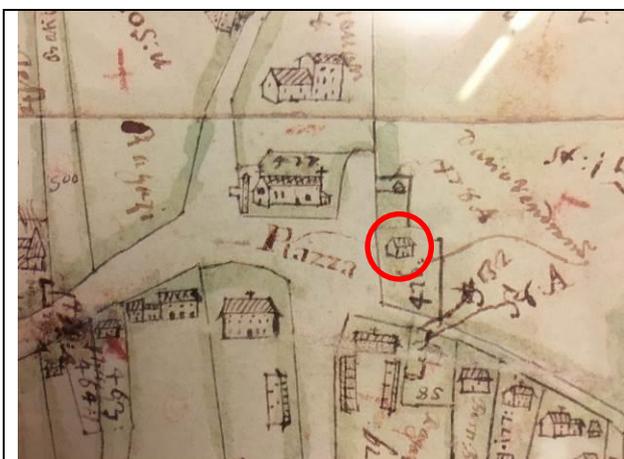


Figura 22 - Giugno 1717 particolare della mappa catastale di Moriago

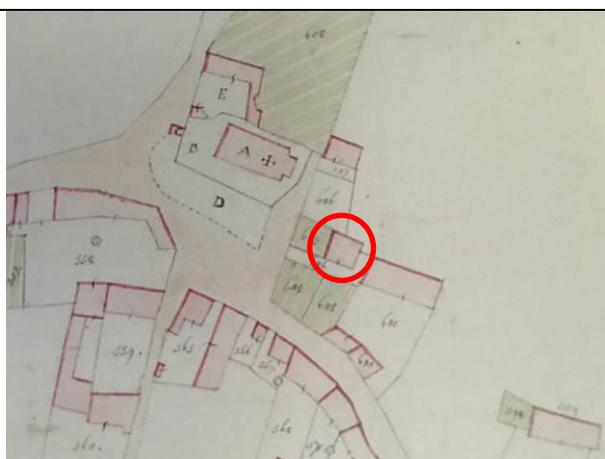


Figura 23 - 1812 Centro di Moriago

Nella mappa del 1717 l'edificio risulta ad un piano con tetto a due falde, mentre da quella del 1812 si evidenzia che l'edificio dovesse essere più piccolo, inoltre si vede un passaggio sul lato est, ed un edificio il cui prospetto sud risulta più avanzato rispetto a quello del Municipio.

Durante la Prima Guerra Mondiale l'edificio subì ingenti danni e venne successivamente riparato: dalla foto delle rovine si nota la copertura in legno a padiglione parzialmente crollata e danni alle murature perimetrali del prospetto sud in particolare al secondo piano. Si nota che il prospetto ovest era uguale a quello attuale e che l'edificio era già stato ampliato verso est, risultando adiacente ad un altro edificio. Si nota anche che il prospetto sud presentava una forometria leggermente diversa rispetto a quella attuale.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024



Figura 24 - Municipio alla fine della Prima Guerra Mondiale



Figura 25 - Dopo la ristrutturazione



Figura 26 - Municipio nel periodo fascista

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024



Figura 27 - Ristrutturazione anni '70



Figura 28 - Dopo ristrutturazione anni '70

Durante il periodo fascista la fisionomia dell'edificio non mutò ma si evidenziano numerosi fregi sull'intonaco in corrispondenza delle forometrie. Negli anni '70 l'edificio fu oggetto di una profonda ristrutturazione: vennero preservate solo le murature perimetrali, e si ricostruirono i solai e la copertura in latero-cemento e le murature portanti interne in muratura di mattoni semipieni. L'intervento fu eseguito dall'Impresa edile 2M di Garbuio Marco & C. s.a.s di Sernaglia della Battaglia, il Progettista e Direttore dei lavori fu il geom. Fabrizio Zanoni, il calcolatore delle opere in c.a. fu l'arch. Adriano Zanoni. Visto lo stato di danneggiamento della muratura perimetrale, in particolare nella parte ovest dell'edificio, si scelse di realizzare dei pilastri in c.a. in modo da non far gravare i solai sulla muratura. Nell'occasione vennero rifatte le cornici delle finestre ed anche l'intonaco esterno, che è quello attualmente presente. Inoltre vennero realizzati i vani scala attualmente presenti.

Circa 10 anni fa venne realizzato l'ascensore interno, realizzato con vano in c.a. giuntato rispetto ai solai dell'edificio su progetto dell'ing. Villanova di Sernaglia della Battaglia.

A seguito di richiesta di verifica di interesse culturale dell'immobile, presentata dal Comune di Moriago della Battaglia, il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo in data 25 maggio 2015 ha dichiarato l'immobile oggetto di interesse culturale.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

8.2 INDAGINI EFFETTUATE

In occasione della analisi di vulnerabilità sismica sono state effettuate alcune indagini di caratterizzazione della geometria e dei materiali costituenti le strutture portanti dell'edificio.

Di seguito se ne riporta un breve sunto.

FONDAZIONI

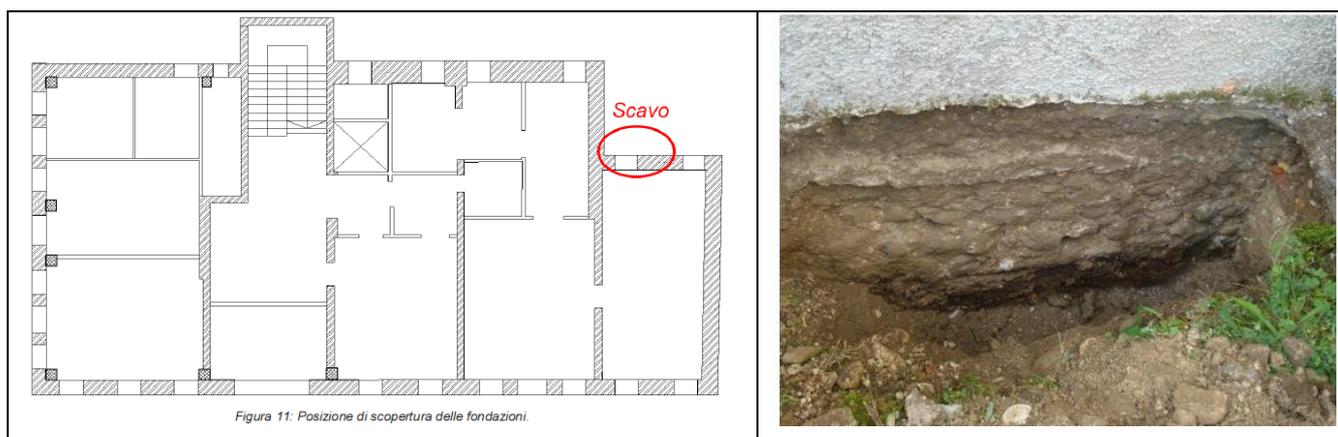


Figura 11: Posizione di scopertura delle fondazioni.

Le fondazioni della muratura perimetrale è a trave continua con un ridotto allargamento della sezione ed il piano di posa ad una profondità di circa 80 cm.

STRUTTURE IN C.A.



Figura 29 - prelievi di carote



Figura 30 - prelievi di barre

Le prove di compressione sulle carote hanno evidenziato una resistenza a compressione media di 59 MPa e le prove a trazione sulle barre in acciaio hanno evidenziato una resistenza a snervamento media di 430 MPa

MURATURE INTERNE

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

**Figura 31 - martinetto piatto****Figura 32 - prova con martinetto piatto su muratura interna**

La prova con martinetto piatto singolo ha evidenziato una tensione di esercizio di 0.6 MPa, la prova con martinetto piatto doppio ha evidenziato una resistenza della muratura a compressione superiore 6 MPa, valore oltre il quale non si è potuto investigare per raggiunto limite del sistema di carico utilizzato. Il modulo elastico ricavato è all'incirca pari a 3000 MPa.

Un'ulteriore campagna di indagini è stata effettuata preliminarmente al presente progetto esecutivo, in particolare al fine di individuare puntualmente la geometria delle fondazioni e la tipologia delle murature portanti perimetrali. Si è riscontrato che quasi ovunque le fondazioni sono in pietrame posate a circa 80-100 cm di profondità con un ridotto allargamento a circa 50 cm di profondità. Dai saggi le murature sono risultate in pietrame e laterizio, con paramenti esterni molto compatti e la zona centrale ricca di vuoti. Si rimanda agli elaborati grafici per maggiori dettagli.

**Figura 33 - saggio sulle fondazioni****Figura 34 - saggio sulla muratura perimetrale****Committente:**

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

9 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO

Il presente progetto di adeguamento sismico è costituito dai seguenti interventi:

- rinforzo delle fondazioni della muratura perimetrale attraverso la realizzazione di cordolo in c.a. interno ed esterno in affiancamento alla fondazione esistente e ad essa legata mediante inghisaggi;
- consolidamento della muratura perimetrale mediante iniezione di miscele leganti a base di calce;
- realizzazione di muri in c.a. al piano terra nella porzione dell'edificio ad ovest, a ridosso della muratura perimetrale fra il telaio in c.a., nel rispetto delle forometrie esistenti;
- realizzazione di cordoli perimetrali con angolari in acciaio fissati alla muratura perimetrale;
- rinforzo della muratura perimetrale con intonaco armato con rete e connessioni in FRP, posato in opera su entrambe le facce della muratura (sistema tipo Fibrebuild-FRCM della Fibre Net o similare);
- tamponatura e ammorsamento mediante scuci-cuci con mattoni pieni delle nicchie di canne fumarie presenti nella muratura perimetrale;
- realizzazione di un nuovo giunto sismico con l'edificio adiacente, previa realizzazione di nuova muratura in laterizio a sostegno del solaio e della copertura dell'edificio adiacente;
- messa in sicurezza antisfondellamento dei solai in laterocemento esistenti mediante rete in GFRP sistema Fibrenet Life+ o similare, finitura con rasatura o controsoffitto.

Committente:Comune di Moriago
della Battaglia (TV)**Tipo di relazione:**

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

9.1 PROPRIETÀ DEI MATERIALI

9.1.1 Livello di conoscenza

Le strutture esistenti si distinguono da quelle di nuova progettazione per gli aspetti seguenti:

- il progetto riflette lo stato delle conoscenze al tempo della loro costruzione;
- il progetto può contenere difetti di impostazione concettuale e di realizzazione non evidenti.

Tali opere possono essere state soggette a terremoti passati o ad altre azioni accidentali i cui effetti non sono manifesti. Di conseguenza la valutazione della sicurezza ed il progetto degli interventi sono normalmente affetti da un grado di incertezza diverso da quello delle strutture di nuova progettazione. Ciò comporta l'impiego di adeguati fattori di confidenza nelle verifiche di sicurezza come pure metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile.

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- LC 1: Conoscenza limitata;
- LC 2: Conoscenza adeguata;
- LC 3: Conoscenza accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;
- dettagli strutturali, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti;
- materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

L'insieme dei dati raccolti da documentazione esistente e indagine conoscitiva specifica ha permesso di raggiungere nel caso in esame il **Livello di Conoscenza LC2** secondo la tabella C8.A.1.2 del D.M. 14/01/08 (riportata a seguire). A tale livello di conoscenza corrisponde l'assunzione di un fattore di confidenza pari a **1.20**.

Committente:Comune di Moriago
della Battaglia (TV)**Tipo di relazione:**

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

9.1.2 PROPRIETÀ DEI MATERIALI PER L'INTERVENTO

MURATURE ESISTENTI

Per la definizione delle proprietà meccaniche delle murature esistenti si fa riferimento alla Tabella C8A.2.1 dell'Appendice della Circolare esplicativa alle NTC 08, riportata a seguire. Nel dettaglio si prendono come riferimento i parametri indicati per la voce “*Muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore e nucleo interno*” e “*Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia*”.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte; f_m = resistenza media a compressione della muratura, τ_0 = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

Per un Livello di Conoscenza 2 si devono prendere come valori di resistenza le medie dei valori riportati nell'intervallo. La resistenza di calcolo è definita dal rapporto fra questo valore ed il fattore di confidenza FC (LC2→FC=1.20). Anche per quanto riguarda i moduli elastici si prendono i valori medi indicati nella tabella.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

MURATURA INTERNA (MATTONI SEMIPIENI CON MALTA CEMENTIZIA)

$$E_m = E_{medio}(3500;5600) = 4550 \text{ MPa}$$

$$G_m = G_{medio}(875;1400) = 1137.5 \text{ MPa}$$

$$f_m = f_{medio}(5.00;8.00) = 6.50 \text{ MPa}$$

$$\tau_0 = \tau_{0,medio}(0.24;0.32) = 0.28 \text{ MPa}$$

$$f_m^{statica} = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_{Statica}} = \frac{6.50 \text{ MPa}}{1.20 \cdot 3} = 1.80 \text{ MPa}$$

$$f_m^{sismica} = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_{Sismica}} = \frac{6.50 \text{ MPa}}{1.20 \cdot 2} = 2.71 \text{ MPa}$$

$$w = 15 \frac{kN}{m^3}$$

MURATURA PERIMETRALE (A CONCI SBOZZATI CON PARAMENTO DI LIMITATI SPESSORE E NUCLEO INTERNO)

$$E_m = E_{medio}(1020;1440) = 1230 \text{ MPa}$$

$$G_m = G_{medio}(340;480) = 410 \text{ MPa}$$

$$f_m = f_{medio}(2.00;3.00) = 2.50 \text{ MPa}$$

$$\tau_0 = \tau_{0,medio}(0.035;0.051) = 0.043 \text{ MPa}$$

$$f_m^{statica} = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_{Statica}} = \frac{2.50 \text{ MPa}}{1.20 \cdot 3} = 0.69 \text{ MPa}$$

$$f_m^{sismica} = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_{Sismica}} = \frac{2.50 \text{ MPa}}{1.20 \cdot 2} = 1.04 \text{ MPa}$$

$$w = 20 \frac{kN}{m^3}$$

MURATURE CONSOLIDATE CON INTONACO ARMATO

Si prevede il consolidamento delle murature perimetrali con iniezioni di miscele leganti e successivo rinforzo con intonaco armato secondo il sistema Fibrebuild FRCM della Fibre Net o similare, mediante l'utilizzo di reti e connettori in GFRP (cioè fibre di vetro impregnate con resina

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

termoindurente) abbinati a malte a base calce che permettono di realizzare intonaci armati con spessori ridotti (3 cm), in modo da incrementarne la resistenza a flessione e a taglio nel piano. Le caratteristiche dei materiali che si propone di utilizzare sono le seguenti:

- Rete in materiale composito fibrorinforzato G.F.R.P. (Glass Fiber Reinforced Polymer) maglia 66x66mm
Sezione nominale della singola barra 10mm²
Resistenza a trazione della singola barra 3.5kN
Allungamento a rottura 1.5%
Rigidezza assiale di un filo della rete EA = 230kN
- Connettori e accessori preformati in GFRP (elementi a "L" previsti 4 al m²)
- Malte a base di calce (E=15000 MPa, f_c = 20.00 MPa, f_t = 1 MPa)

A seguire si riportano delle formule indicate dalla ditta Fibre Net per il calcolo della resistenza a trazione e della rigidezza equivalente della muratura rinforzata mediante il sistema Fibrebuild, determinate sulla base di un'ampia campagna sperimentale.

Stima della resistenza a trazione equivalente in configurazione non fessurata

A partire dalla resistenza a trazione della muratura non rinforzata $f_{t,m}$, della resistenza a trazione della malta dell'intonaco $f_{t,int}$ e del tipo di rete utilizzata per il rinforzo, è possibile calcolare la resistenza a trazione equivalente $f_{t,calc}$ utilizzando la relazione:

$$f_{t,calc} = \beta \cdot f_{t,m} + 2 \cdot \left(f_{t,int} \cdot \frac{t_{int}}{t_m} + \frac{EA_r \cdot \bar{\varepsilon}}{t_m \cdot p} \right)$$

Dove:

t_m spessore della muratura escluso il rinforzo;

t_{int} spessore dello strato di intonaco;

p dimensione della maglia della rete;

EA_r rigidezza assiale di un filo della rete;

$\bar{\varepsilon}$ rappresenta la deformazione della malta in condizione non fessurata:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{f_{t,int}}{E_{int}} ;$$

E_{int} equivale al modulo elastico della malta dell'intonaco;

β coefficiente che tiene conto dell'efficienza dell'intonaco armato sulla resistenza a trazione in funzione del tipo di muratura; la dimensione della maglia ha mostrato una leggera influenza sul valore del coefficiente dovuta principalmente alla maggiore difficoltà della malta di penetrare completamente all'interno delle maglie. Dai risultati sperimentali si è notato che minore è la resistenza della muratura di base, maggiore è l'incremento di resistenza. I valori assunti da tale coefficiente sono riportati nella tabella sottostante.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

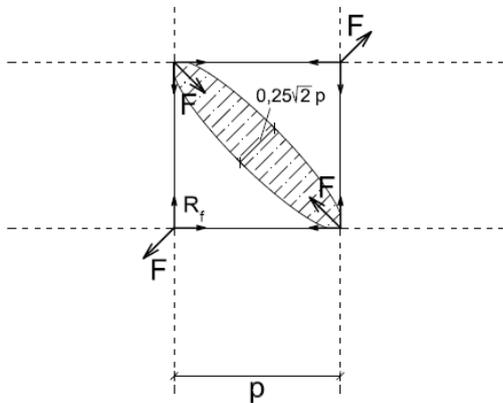
n° Comm/Prot.:

17024

	Valori del coefficiente β					150S	200S
	GFRP 33S	GFRP 66S	GFRP 99S	GFRP 66D	GFRP 99D		
Muratura in mattoni, singolo paramento			1.30			1.00	1.30
Muratura in pietra, singolo paramento			1.50			-	-
Muratura a sacco, doppio paramento			1.00			-	-

Stima della resistenza a trazione equivalente in configurazione fessurata

Per garantire un'adeguata capacità dissipativa del pannello, è necessario che il meccanismo a puntone-tirante formato dalla rete e dalla malta dell'intonaco, sia in grado di sopportare una forza superiore al 60% della resistenza di picco.



Schema semplificato a puntone-tirante che simula le sollecitazioni in una maglia della rete inglobata nell'intonaco

Dallo studio sperimentale si è notato, infatti, che i campioni di muratura dimensionati per garantire una resistenza dopo la fessurazione superiore al 60% di quella di picco hanno mostrato una capacità di spostamento superiore allo 0.6% dell'altezza del pannello murario, in corrispondenza di una riduzione della resistenza del 40% di quella massima. Nello schema soprariportato il puntone equivalente di malta viene assunto di larghezza pari a 0.25 volte la lunghezza della diagonale ($\sqrt{2} \cdot p$). Per il calcolo della quantità minima di armatura si valuta prima la forza di trazione diagonale F necessaria per far cedere a compressione il puntone diagonale, uguagliandola ad una forza di trazione proporzionale a quella di picco:

$$F = 2 \cdot 0.25 \cdot \sqrt{2} \cdot p \cdot f_{c,int} \cdot t_{int} = \delta_1 \cdot f_{t,calc} \cdot t_m \cdot \sqrt{2} \cdot p$$

dove $f_{c,int}$ è la resistenza a compressione della malta dell'intonaco e δ_1 rappresenta la quota parte della resistenza di picco che può essere sopportata dal puntone di malta. Dall'equazione si ricava δ_1 :

$$\delta_1 = \frac{0.5 f_{c,int} \cdot t_{int}}{f_{t,calc} \cdot t_m}$$

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

Si determina poi la forza di trazione diagonale F necessaria per far cedere a trazione la rete, uguagliandola ad una forza di trazione proporzionale a quella di picco

$$F = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot R_f = \delta_2 \cdot f_{t,calc} \cdot t_m \cdot \sqrt{2} P$$

dove R_f è la resistenza a trazione di un filo della rete e δ_2 rappresenta la quota parte della resistenza di picco che può essere sopportata dalla rete in GFRP. Dall'equazione si ricava δ_2 :

$$\delta_2 = \frac{2 R_f}{f_{t,calc} \cdot t_m \cdot P}$$

Per una rottura bilanciata, corrispondente alla contemporanea rottura a compressione del puntone di malta e a trazione della rete, è necessario progettare la rete in modo che sia soddisfatta la seguente uguaglianza:

$$\delta_1 = \delta_2$$

A seguire si riporta il calcolo della rigidezza equivalente e delle resistenze equivalenti, parametri inseriti nel modello di calcolo.

MURATURA A CONCI SBOZZATI CON INTONACO ARMATO**Committente:**

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

FIBREBUILD
SISTEMI PER IL RINFORZO STRUTTURALE

**RINFORZO MURATURE
SISTEMA RI-STRUTTURA**
Rev. 1.0 06/2015 - Pagina 2 di 3

**CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA
MURATURA RINFORZATA MEDIANTE L'APPLICAZIONE DEL SISTEMA
DI RINFORZO FIBREBUILD INTONACO ARMATO**

Si procede alla determinazione delle caratteristiche meccaniche equivalenti di una muratura rinforzata con il sistema di rinforzo della Fibre Net S.r.l.

Caratteristiche della muratura di partenza:

Caratteristiche meccaniche di resistenza e rigidità della muratura da voi indicate:

Tipologia:	Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno
Livello di conoscenza:	LC2 (Fattore di confidenza FC = 1,2)
$f_m = 3,542$ MPa	Tensione media a compressione;
$\tau_0 = 0,061$ MPa	Tensione media tangenziale;
$G = 410$ MPa	Modulo di elasticità tangenziale;
$t_m = 500$ mm	Spessore medio della muratura;

I valori di resistenza meccanica sopraportati, sono già divisi per il fattore di confidenza e moltiplicati per i fattori correttivi adottati.

Caratteristiche della muratura rinforzata con intonaco e rete in GFRP:

Si procede ora alla determinazione dei risultati derivanti dall'applicazione, su entrambe le facce della muratura, di un intonaco armato con rete FB MESH in GFRP di Fibre Net S.r.l.. Il rinforzo verrà collegata alla muratura applicando un numero di connessioni al mq pari a 4

Caratteristiche meccaniche della malta:

Tipo 1:	Fibre Net- FB CALCEM 20 MPa
$f_{c,int} = 20$ MPa	Resistenza media a compressione;
$f_{t,int} = 1$ MPa	Resistenza media a trazione;
$E_m = 15000$ MPa	Modulo elastico medio.

Parametri di resistenza meccanica della muratura rinforzata:

Si riportano le caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata.

Caratteristiche geometriche del rinforzo:

Tipo di rete utilizzata:	FBMESH 66x66T96
Malta da intonaco:	Fibre Net – FB CALCEM 20 MPa
Spessore dell'intonaco:	30 mm
Tipo di connessione:	Passante
Numero di connettori:	4 Connettori al mq

www.fibrenet.it

FIBRE NET S.R.L. a Socio Unico

Sede Legale: Via del Lini, 1 - 33050 Moruzzo (Ud)

Sede Operativa: Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.L.U. Pavia di Udine (Ud)

Tel.: +39 0432 600918 - Fax +39 0432 526199 - email: info@fibrenet.info - web: www.fibrenet.it
C.F. e P.IVA 02212620302 - Capitale Sociale Euro 15.000 i.v. - Iscritt. Reg. Imp. Udine n. 02212620302

Azienda certificata
ISO 9001 : 2008



Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

FIBREBUILD
SISTEMI PER IL RINFORZO STRUTTURALE

**RINFORZO MURATURE
SISTEMA RI-STRUTTURA**

Rev. 1.0 06/2015 - Pagina 3 di 3

Caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata ottenute dal calcolo:

Resistenza a compressione: $f_{c,calc} = 3,542$ MPa;
Resistenza a taglio muratura rinforzata: $\tau_{0,calc} = 0,142$ MPa;
Modulo di elasticità tangenziale: $G_{calc} = 1626,1$ MPa;
Modulo di elasticità normale: $E_{calc} = 1626,1/0,4 = 4065,3$ MPa.

Verifica del rinforzo:

Cedimento a compressione della malta da intonaco: $\delta_1 = 2,826$
Cedimento a trazione del filo della rete: $\delta_2 = 0,999$

IL DIMENSIONAMENTO È CORRETTO

Caratteristiche meccaniche della muratura rinforzata consigliate per il calcolo:

Resistenza a compressione: $f_{c,calc} = 3,542$ MPa;
Resistenza a taglio muratura rinforzata: $\tau_{0,calc} = 0,142$ MPa;
Modulo di elasticità tangenziale: $G_{calc} = 1626,1$ MPa;
Modulo di elasticità normale: $E_{calc} = 1626,1/0,4 = 4065,3$ MPa.

I valori di resistenza meccanica sono già divisi per il fattore di confidenza ma non per il coefficiente di sicurezza γ_m . Tale coefficiente può essere assunto pari a 2,00 nel caso si conducano sul fabbricato delle analisi di tipo lineare, pari a 1,00 nel caso di analisi non lineari (es. analisi pushover) e può essere assunto pari a 3,00 per le verifiche, sui maschi murari, alle azioni gravitazionali.

Nota

Le informazioni fornite in questo documento sono confermate dalle numerose prove di compressione diagonale condotte da numerosi laboratori Universitari. I dati riportati non sono vincolanti e rappresentano un valido suggerimento al progettista, che mantiene proprie le responsabilità del suo ruolo.

08 giugno 2017

Fibre Net S.r.l.

www.fibre.net.it

FIBRE NET S.R.L. a Socio Unico
Sede Legale: Via del Lini, 1 - 33050 Monuzzo (UD)
Sede Operativa: Via Jacopo Steffani, 3 - 33050 Z.L.U. Pavia di Udine (UD)
Tel.: +39 0432 600918 - Fax: +39 0432 526199 - email: info@fibre.net - web: www.fibre.net.it
C.F. e P.IVA 02212620302 - Capitale Sociale Euro 15.000 i.v. - Iscriz. Reg. Imp. Udine n. 02212620302

Azienda certificata
ISO 9001 : 2008



Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO NORMALE

I materiali impiegati nella composizione del calcestruzzo armato normale, rispondenti ai requisiti della norma UNI EN 206-1, sono caratterizzati dalle seguenti caratteristiche prestazionali:

Ferro d'armo per opere in C.A.:

B450C

 $f_{yk} = 450$ MPa (resistenza caratteristica a snervamento) $f_{yd} = 450/1.15 = 391$ MPa (resistenza di calcolo a snervamento) $E_s = 206$ GPa (modulo di elasticità)Calcestruzzo per strutture difondazione:

classe Rck = C25/30 MPa

 $f_{ck} = 0.83 \cdot 30 = 24.90$ MPa (resistenza caratteristica a compressione) $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11$ MPa (resistenza di calcolo a compressione) $f_{ctd} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} / 1.5 = 1.19$ MPa (resistenza di calcolo a trazione)

classe di esposizione XC2 (ambiente bagnato, raramente asciutto)

classe di consistenza S4 (fluida)

dim. max aggregato 20 mm

STRUTTURE IN ACCIAIO

Acciaio in profili laminati a caldo e stampati a freddo.

Acciaio per carpenteria tipo S275JR $f_d = 275$ MPa (tensione di snervamento) $f_t = 430$ MPa (tensione di rottura) $E_s = 210$ GPa (modulo di elasticità)

Collegamenti bullonati ed unioni saldate:

bulloni : vite classe 8.8, dado 8 $f_{tb} = 800$ MPa (tensione di rottura) $f_{yb} = 649$ MPa (tensione di snervamento)Saldature in officina:

saldatura manuale ad arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001, in accordo con la norma UNI EN ISO 9692-1:2005 e definite al § 4.2.8.2 NTC 14 gennaio '08.

Classe di esecuzione EXC3 secondo UNI EN 1090

(Classe di Conseguenza CC2 secondo EN 1991-1-7, Categoria di Servizio SC2 in quanto strutture e componenti con connessioni progettate per azioni sismiche nelle regioni con media o alta attività sismica, Categoria di Produzione CP1 in quanto componenti saldati realizzati da prodotti di acciaio di classe minore a S355). Tolleranze geometriche secondo l'allegato D della UNI EN 1090-2. Criterio di accettazione per le imperfezioni delle saldature secondo la EN 1090-2, con riferimento alla EN ISO 5817 – Livello di qualità B Strutture zincate a caldo.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

9.2 MODELLO NUMERICO DELLA STRUTTURA

Per poter affrontare le verifiche della struttura è stato realizzato un modello del Municipio con il programma di calcolo 3Muri10 della S.T.A. DATA. A partire dalla planimetria di ciascun piano, il software permette di realizzare un modello in cui vengono introdotti la geometria degli elementi strutturali e delle aperture, e genera automaticamente la discretizzazione e quindi la definizione del telaio equivalente, distinguendo i seguenti elementi:

- Maschi murari: l'altezza del maschio murario viene assunta pari alla media delle altezze delle aperture adiacenti o limitata da condizioni relative alla tessitura o alla presenza di architravi;
- Fasce di piano: le travi orizzontali in muratura sono localizzate in corrispondenza della sovrapposizione delle aperture;
- Nodi rigidi: porzioni "indeformabili", rigide appunto, dove si collegano gli elementi al fine di formare il telaio equivalente.

A seguire si riportano alcune immagini del modello.

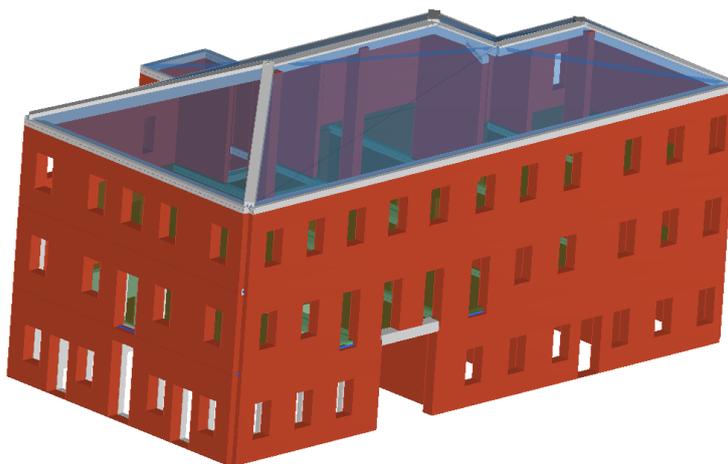


Figura 35 Vista globale 3D del modello di calcolo

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

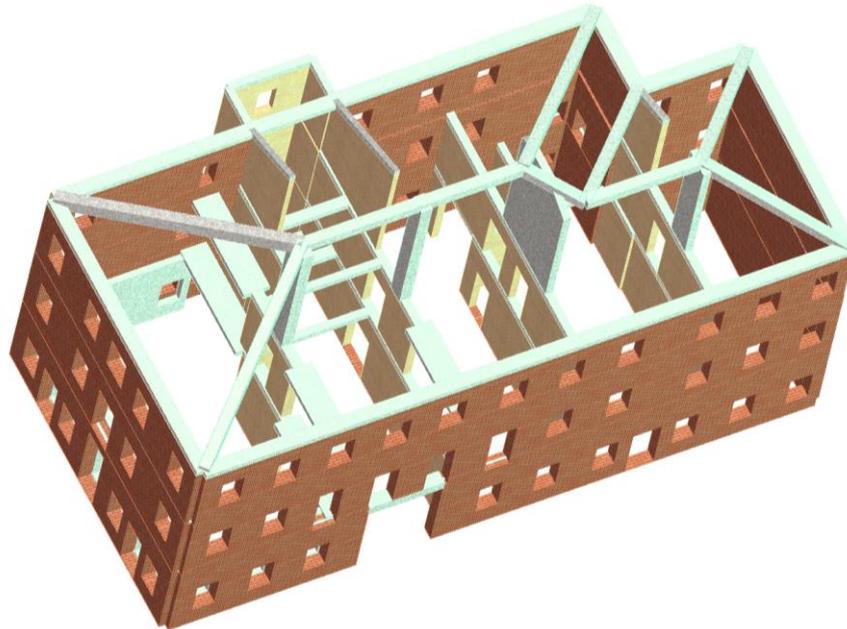


Figura 36 – Vista delle diverse tipologie di murature

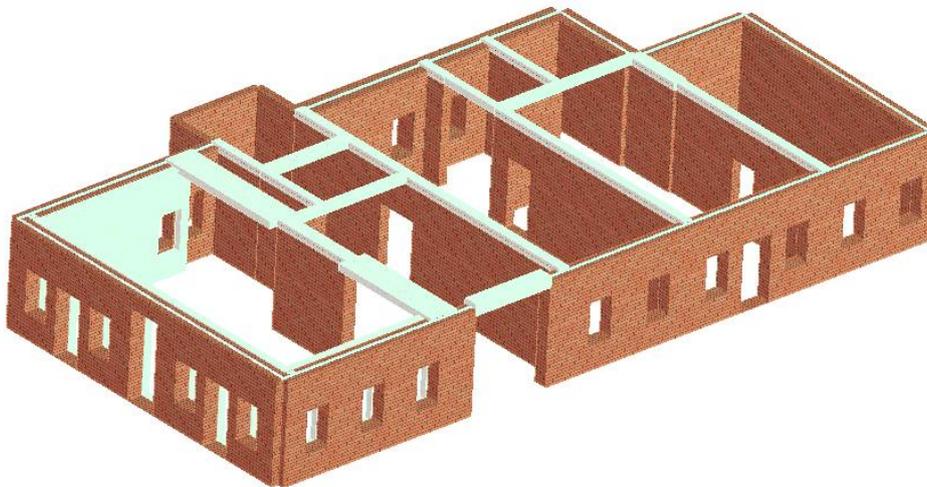


Figura 37 – Piano terra

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

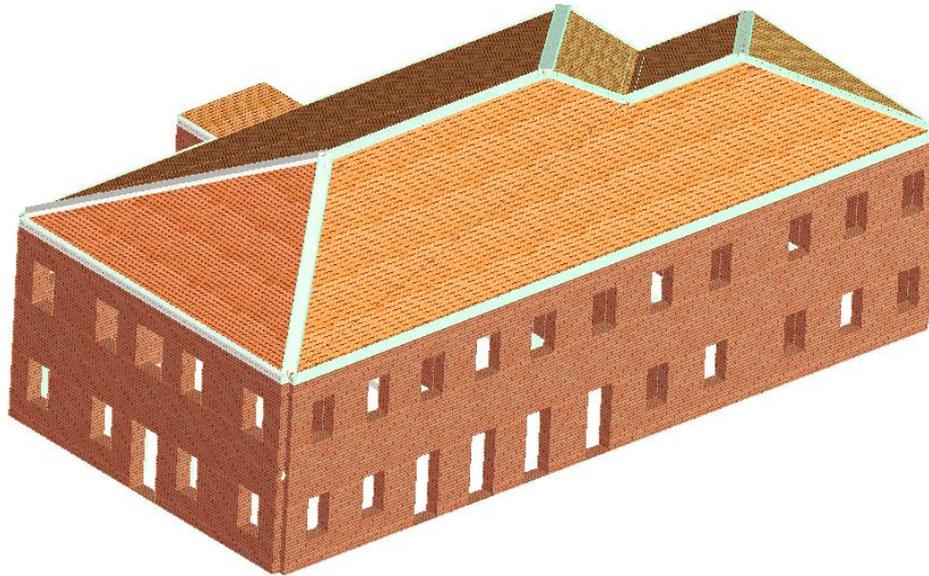


Figura 38 – Piano primo

Alle pareti esistenti è stato attribuito uno spessore pari a quello rilevato.

La numerazione delle pareti adottata nel modello è la seguente:

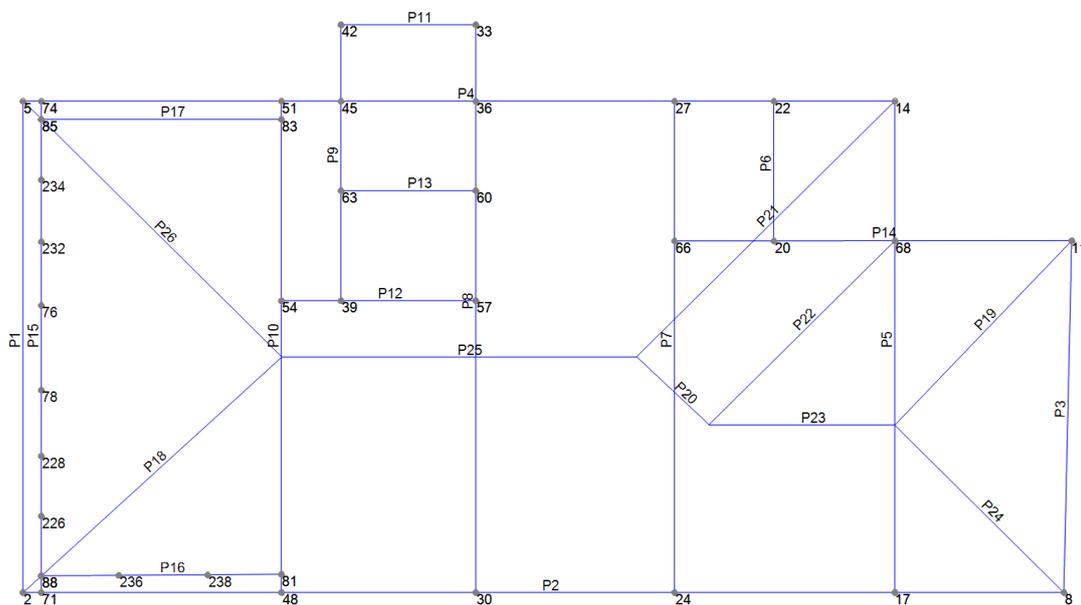


Figura 39 – Numerazione pareti

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

9.3 CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DELLA STRUTTURA

Il modo di vibrare principale per la direzione Y risulta essere il modo n. 1, mentre per la direzione X risulta essere il modo n. 2. Nella tabella seguente vengono sintetizzate le percentuali delle masse attivate per ogni modo di vibrare della struttura e il periodo corrispondente, per i primi 20 modi di vibrare.

Modo	T [s]	mx [kg]	Mx [%]	my [kg]	My [%]	mz [kg]	Mz [%]
1	0.200	20,209	1.62	798,920	63.91	81	0.01
2	0.164	134,928	10.79	11,347	0.91	8	0
3	0.149	507,123	40.57	157,132	12.57	32	0
4	0.132	369,972	29.6	124,664	9.97	86	0.01
5	0.100	14,482	1.16	25,215	2.02	1,383	0.11
6	0.068	918	0.07	94,244	7.54	21	0
7	0.064	4,236	0.34	12	0	116	0.01
8	0.059	76,358	6.11	11,119	0.89	37,909	3.03
9	0.056	6,894	0.55	5,557	0.44	149,556	11.96
10	0.055	32,499	2.6	819	0.07	228,357	18.27
11	0.050	27,460	2.2	10,213	0.82	50,044	4
12	0.049	2	0	758	0.06	1,613	0.13
13	0.046	7,701	0.62	35	0	77,746	6.22
14	0.044	842	0.07	549	0.04	107,679	8.61
15	0.041	15,272	1.22	1,455	0.12	548	0.04
16	0.040	863	0.07	608	0.05	1,951	0.16
17	0.040	387	0.03	405	0.03	211,032	16.88
18	0.039	1,066	0.09	1,964	0.16	32,193	2.58
19	0.037	280	0.02	448	0.04	5,696	0.46
20	0.037	1,008	0.08	261	0.02	1,894	0.15
			97.81		99.66		

Tabella 2 – Periodi e masse partecipanti

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

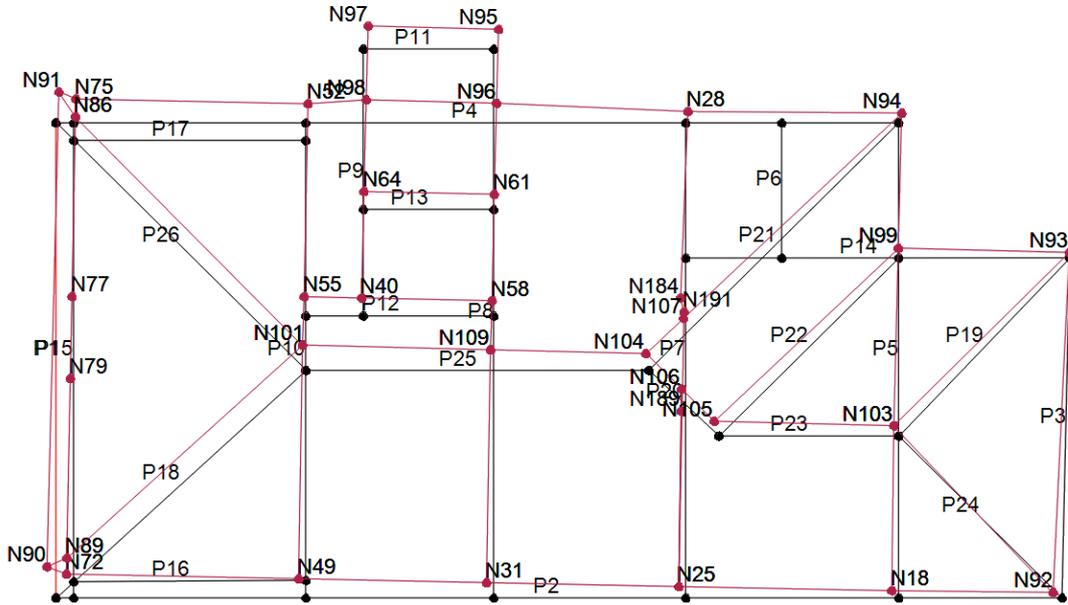


Figura 40 – Modo di vibrare n.1

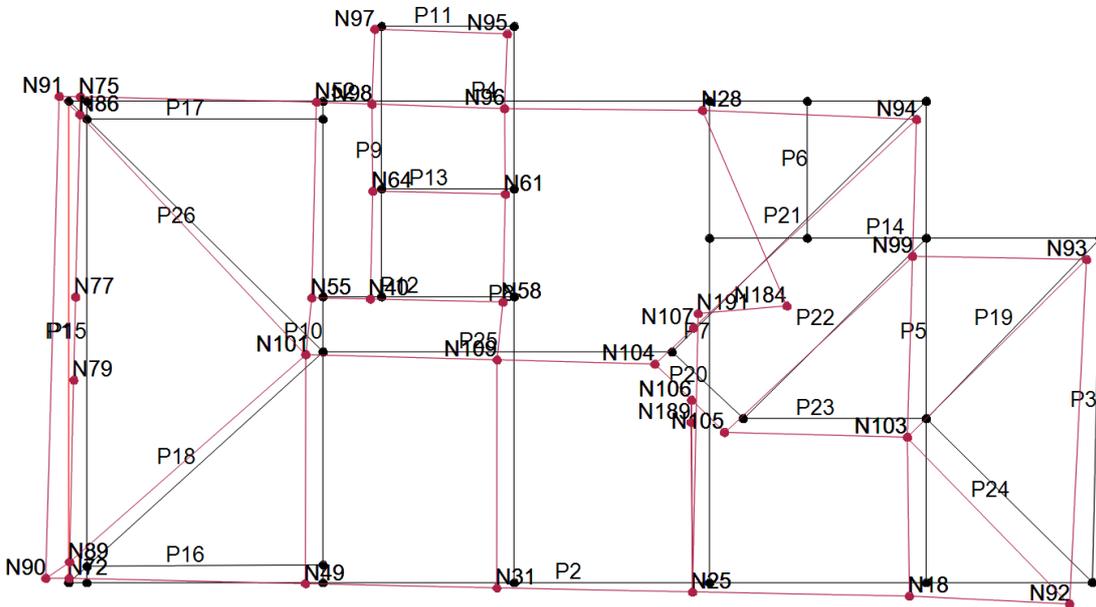


Figura 41 – Modo di vibrare n. 3

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:
17024

9.4 VERIFICHE STATICHE MURATURE

Le verifiche eseguite riguardano:

- Controllo di snellezza: $h_0/t \leq 20$
con
 h_0 lunghezza libera di inflessione del muro pari a $\square \cdot h$
 t spessore del muro
- Controllo di eccentricità dei carichi: $e_1/t \leq 0.33$ e $e_2/t \leq 0.33$
con

$$e_1 = |e_s| + |e_a|$$

$$e_2 = e_1/2 + |e_v|$$

e_s eccentricità totale dei carichi verticali

e_a eccentricità dovuta a tolleranze di esecuzione

e_v eccentricità dovuta al vento

- Verifica ai carichi verticali: $N_d \leq N_r = \Phi \cdot f_d \cdot A$

con

N_d carico verticale agente di calcolo alla base del muro

A area della sezione orizzontale del muro al netto delle aperture

f_d resistenza di calcolo della muratura

Φ coefficiente di riduzione della resistenza del muro

La verifica risulta soddisfatta se il rapporto $N_{sd}/N_{rd} < 1$.

Il coefficiente Φ di riduzione della resistenza del materiale, è funzione della snellezza convenzionale λ e del coefficiente di eccentricità $m (=6e/t)$, secondo la Tab. 4.5.III riportata nel D.M. 2008 al §4.5.6.2:

Tabella 4.5.III - Valori del coefficiente Φ con l'ipotesi della articolazione (a cerniera)

Snellezza λ	Coefficiente di eccentricità $m=6 e/t$				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0
0	1,00	0,74	0,59	0,44	0,33
5	0,97	0,71	0,55	0,39	0,27
10	0,86	0,61	0,45	0,27	0,16
15	0,69	0,48	0,32	0,17	---
20	0,53	0,36	0,23	---	---

A seguire si riporta la verifica delle murature in combinazione statica SLU, per alcuni maschi murari. Le murature, rinforzate mediante intonaco armato su entrambi i lati, risultano soddisfatte.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

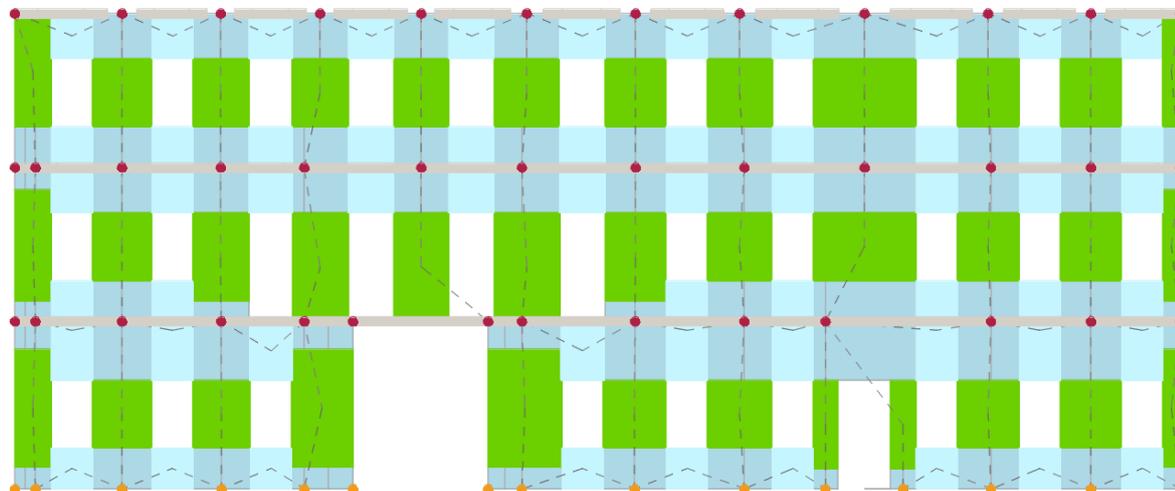
Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

PARETE 2



Centrale		
Nd [daN]	Nr [daN]	Nd/Nr
9,265	44,382	0.21
27,600	72,574	0.38
27,945	70,341	0.40
22,846	75,142	0.30
30,641	90,215	0.34
33,161	77,040	0.43
58,192	79,273	0.73
19,280	30,146	0.64
19,170	31,263	0.61
48,384	75,924	0.64
41,284	74,807	0.55
8,309	21,655	0.38
11,028	45,591	0.24
20,834	74,551	0.28
17,438	70,154	0.25
19,266	69,738	0.28
8,712	68,112	0.13
23,397	82,013	0.29
23,639	76,367	0.31
30,675	81,433	0.38
24,393	129,031	0.19
17,313	77,992	0.22
20,335	76,845	0.26
5,003	22,245	0.22
9,215	34,219	0.27
11,013	61,226	0.18
7,298	60,140	0.12
7,665	59,226	0.13
6,880	56,920	0.12
9,099	67,932	0.13
8,834	64,080	0.14
6,535	71,267	0.09
10,622	111,164	0.10
8,037	69,296	0.12
8,327	67,963	0.12
2,768	17,444	0.16

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

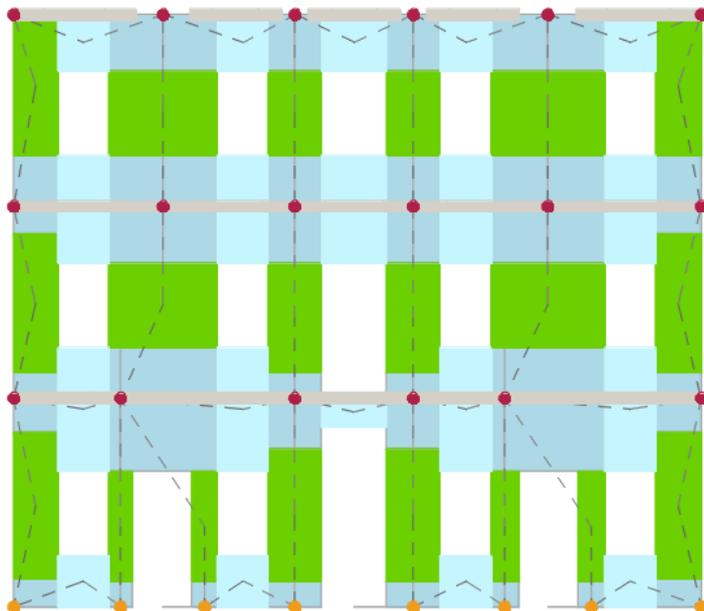
Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

PARETE 15



Centrale		
Nr [daN]	Nd/Nr	Nd [daN]
43,544	0.23	11,434
23,447	0.44	10,811
25,122	0.46	12,009
52,477	0.34	19,148
53,035	0.34	19,639
27,355	0.44	12,579
26,238	0.39	10,763
45,219	0.19	9,692
44,731	0.23	11,340
110,106	0.18	21,852
53,906	0.17	10,023
54,480	0.16	9,824
115,267	0.17	21,990
46,451	0.22	11,274
34,992	0.22	8,838
95,252	0.12	12,872
46,386	0.12	6,465
46,804	0.12	6,362
101,997	0.11	12,861
36,770	0.22	9,387

Al piano secondo si sono evidenziati pilastri in muratura di sostegno della copertura che presentano un'elevata snellezza, che si prevede di consolidare mediante metodo cam o equivalente.

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

9.5 CURVE DI CAPACITA' DERIVANTI DA ANALISI PUSHOVER

Il software di calcolo fornisce la risposta della struttura in termini di spostamento, ottenuta mediante un incremento dello spostamento, a seguito dell'applicazione di una distribuzione di forze orizzontali.

Il D.M. 2008 non prevede un'unica curva di pushover ma diverse, per tenere conto di una:

- differente distribuzione dell'azione sismica (principalmente asse X e asse Y);
- differente verso dell'azione (positivo o negativo);
- eccentricità accidentale.

Combinando le varie possibilità si ottengono 12 analisi.

La normativa prevede l'attribuzione di una eccentricità accidentale considerando ad ogni piano il centro di massa traslato ortogonalmente alla direzione del sisma di una distanza pari al 5% della dimensione massima ortogonale all'azione sismica. Tale eccentricità viene considerata da ambo le direzioni al fine di determinare la condizione più sfavorevole.

Per l'edificio in analisi risulta:

$$L_x = 1266\text{cm} \rightarrow e_y = 63.3\text{cm}$$

$$L_y = 2604\text{cm} \rightarrow e_x = 130.2\text{cm}$$

Per gli edifici esistenti la Circolare al D.M. 2008, al punto C8.7.1.4 riporta: *"In particolare, per le costruzioni esistenti è possibile utilizzare l'analisi statica non lineare, assegnando come distribuzioni principale e secondaria, rispettivamente, la prima distribuzione del Gruppo 1 e la prima del Gruppo 2, indipendentemente della percentuale di massa partecipante sul primo modo"*. Si è scelto di considerare la media degli spostamenti dell'ultimo livello, anziché uno specifico nodo. La bontà della soluzione dipende dalla tolleranza e dal numero di sottopassi che compongono l'analisi: è stata imposta una tolleranza del 5 per mille, e 200 sottopassi per raggiungere lo spostamento finale di 40mm (ovvero al singolo sottopasso si impone un incremento di 0.2mm).

Il calcolo non lineare descrive il comportamento dell'edificio fino al collasso, inteso come condizione in cui il taglio complessivo è sceso sotto l'80% del valore massimo raggiunto.

A seguire si riporta una tabella con i risultati delle analisi effettuate: le prime colonne descrivono il tipo di analisi, le ultime mostrano gli indici di vulnerabilità per ciascuno dei tre stati limite. Il colore

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00

Commissa:

Progetto esecutivo di adeguamento sismico delle strutture del Municipio di Moriago della Battaglia (TV)

n° Comm/Prot.:

17024

di sfondo, verde oppure rosso, distingue le analisi superate da quelle che superate non sono. Il colore giallo mostra le due analisi che possiedono gli indici di vulnerabilità più bassi, quindi più significative ai fini del calcolo. In blu è evidenziata l'analisi attiva, di cui sono mostrati i risultati nel programma di volta in volta.

Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	Dmax SLO [cm]	Do SLO [cm]	α SLV	α SLD	α SLO
<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	0.00	1.11	1.38	1.65	0.25	0.60	0.20	0.60	1.136	1.610	2.042
<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	0.00	1.12	1.38	1.60	0.27	1.08	0.21	1.08	1.127	2.172	2.790
<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	0.00	2.95	5.90	2.32	0.75	1.20	0.56	1.20	1.295	1.299	1.718
<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	0.00	3.14	5.45	2.25	0.81	1.32	0.63	1.32	1.335	1.311	1.732
<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	70.25	1.03	1.74	1.60	0.24	0.72	0.19	0.72	1.367	1.828	2.331
<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	-70.25	1.18	1.32	1.70	0.27	0.66	0.21	0.66	1.067	1.621	2.058
<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	70.25	1.04	1.44	1.55	0.25	1.20	0.20	1.20	1.202	2.409	3.106
<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	-70.25	1.18	1.38	1.63	0.28	0.84	0.22	0.84	1.095	1.835	2.340
<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	128.53	2.53	4.93	2.05	0.61	1.20	0.47	1.20	1.466	1.480	1.958
<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Masse	-128.53	3.25	5.84	2.57	0.90	1.14	0.62	1.14	1.167	1.149	1.518
<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	128.53	2.81	4.43	2.12	0.70	1.38	0.54	1.38	1.414	1.480	1.961
<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Masse	-128.53	3.48	4.91	2.32	0.97	3.89	0.72	3.89	1.293	2.678	3.639

Tabella 3 -- Indici di vulnerabilità

Con gli interventi proposti, l'edificio risulta adeguato dal punto di vista sismico, a seguire si riporta la curva di capacità relativa all'analisi pushover più gravosa.

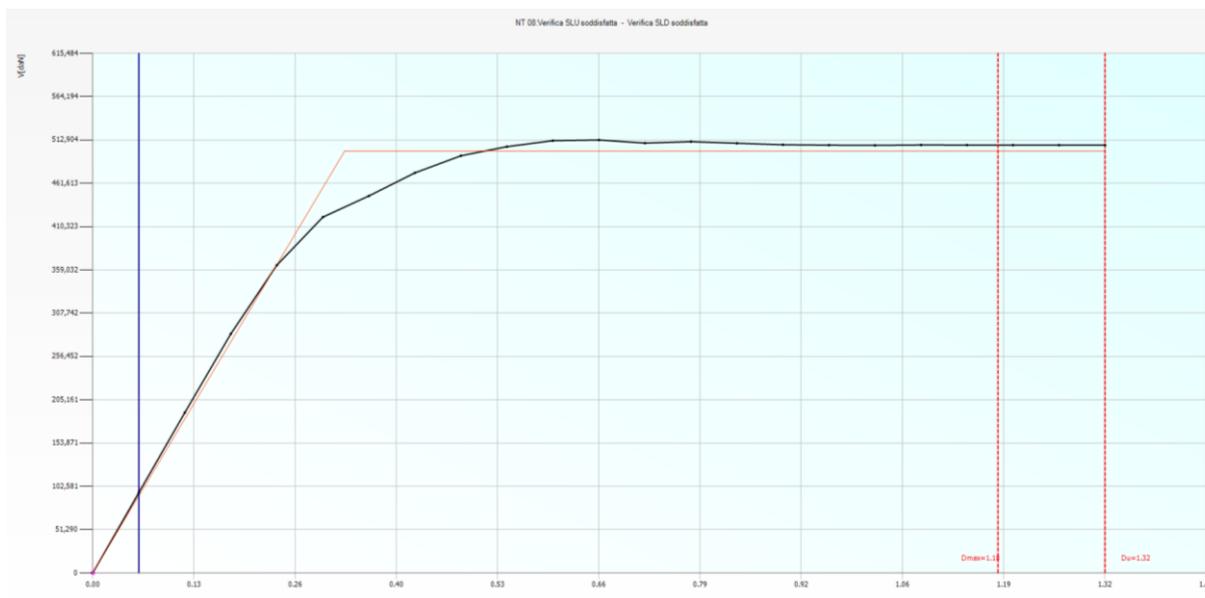


Figura 42 – Curva di capacità per la combinazione +X

Committente:

Comune di Moriago della Battaglia (TV)

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

LP

Control.

RF

Rev.:

00