



REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI TREVISO

COMUNE DI VALDOBBIADENE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
DELL'ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA PRIMARIA COMUNALE
"FIUME PIAVE"

via XXV Aprile n. 33 - LOC. BIGOLINO, VALDOBBIADENE (TV)

COMMITTENTE:

Comune di Valdobbiadene

Via Piva, 89 - 31049 - Valdobbiadene (TV)

Tel. 0423 9767 fax 0423 976.888

part. iva 00579640269 - cod. fisc. 83004910267

PEC comune.valdobbiadene.tv@pecveneto.it

posta elettronica non pec: protocollo@comune.valdobbiadene.tv.it



VERIFICA DI VULNERABILITÀ

TRE ERRE
INGEGNERIA S.r.l.

di R. Fuser - R. Scotta - R. Vitaliani

Via Terraglio, 10 - 31022 Preganziol (TV)

Tel. 0422 383 282 - Fax 0422 492 702 - C.F./P.I. 03633010263

e_mail: info@treerreing.com- sito web: www.treerreing.com

Tecnico:
Ing. Raffaele Fuser

TIMBRO E FIRMA



TITOLO

Relazione di calcolo delle strutture

CODICE ELABORATO 1 8 · 0 1 7 · D · R C · 0 0 3

REV. 0 0

SCALA

REV.N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	18/05/2018	Emissione		RF	RF

NOME FILE

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA.....	4
2.1	DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO OGGETTO DI INTERVENTO.....	9
3	DESCRIZIONE INTERVENTI	13
3.1	EPIDERMIDE ANTISISMICA	13
4	NORMATIVA E RIFERIMENTI	14
4.1	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI	14
4.2	RIFERIMENTI DI CALCOLO.....	15
5	ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	16
5.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	16
5.2	TIPOLOGIA DI TERRENO SECONDO NTC 18.....	16
5.3	CARATTERISTICHE SULLA TOPOGRAFIA SECONDO NTC 18	17
6	PROPRIETA' DEI MATERIALI ESISTENTI	18
6.1	DEFINIZIONE DEL FATTORE DI CONFIDENZA.....	18
6.2	CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI.....	18
6.2.1	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO DELLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE	18
6.2.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	19
6.2.3	CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE BARRE DI ARMATURE	19
7	PROPRIETA' DEI MATERIALI A PROGETTO	20
7.1	STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO NORMALE.....	20
8	AZIONI SULLE COSTRUZIONI.....	21
8.1	STATI LIMITE ULTIMI.....	21
8.2	COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI	22
8.3	VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....	23
8.4	SPETTRO DI PROGETTO.....	23
8.4.1	FATTORE DI STRUTTURA	24
8.5	AZIONE DELLA NEVE.....	26
8.6	AZIONI VERTICALI DI PIANO	27

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

9	VERIFICHE DI FATTIBILITA' DELL'ADEGUAMENTO SISMICO	29
9.1	MODELLAZIONE NUMERICA DELL'EDIFICIO	29
9.2	DOMINIO RESISTENTE TIPICO EPIDERMIDE ANTISIMICA	32
9.3	VERIFICHE RELATIVE AL CORPO 1.....	33
9.3.1	CARATTERIZZAZIONE DINAMICA	33
9.3.2	SPOSTAMENTI SISMICI	35
9.3.3	VERIFICHE DI RESISTENZA EPIDERMIDE ANTISISMICA.....	37
9.4	VERIFICA SISMICA DEL CORPO 2	42
9.4.1	CARATTERIZZAZIONE DINAMICA CORPO 2	42
9.4.2	SPOSTAMENTI SISMICI	45
9.4.3	VERIFICHE DI RESISTENZA EPIDERMIDE ANTISISMICA.....	47
10	SPOSTAMENTI MASSIMI CORPI DI FABBRICA.....	52
10.1	GIUNTO TRA CORPO 1 E CORPO 2.....	52
10.2	GIUNTO TRA CORPO 1 E FABBRICATO ANTISTANTE	52

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

1 PREMESSA

La presente relazione illustra il Progetto di Fattibilità per i lavori relativi all'adeguamento sismico dell'edificio adibito a scuola primaria a scuola primaria, denominata "**Fiume Piave**", ubicata in località Bigolino, ed appartenente al Comune di Valdobbiadene (prov. TV), in via XXV Aprile n. 33. L'anno di costruzione della scuola è il 1985 mentre la palestra adiacente è stata realizzata nel 2003.

In base alle indicazioni fornite dalla normativa vigente (O.P.C.M. 3274/2003), l'Amministrazione Comunale ha provveduto a far eseguire la verifica di vulnerabilità sismica sull'edificio realizzato nel 1985, separato dalla palestra per mezzo di un giunto tecnico, da cui è emerso che il sistema strutturale non possiede una capacità tale da soddisfare la domanda sismica richiesta dalla Norma.

In sintesi:

- il presente progetto di adeguamento sismico fa seguito alla verifica di vulnerabilità, redatta dalla scrivente Treerre Ingegneria e allegata al presente progetto: **14035.RV.B.001.00 - Relazione di vulnerabilità sismica**;
- gli indici di rischio risultanti dalla analisi di vulnerabilità sismica e riportati nella scheda di sintesi sono i seguenti, qui distinti nei due corpi di fabbrica che compongono l'edificio.

			INDICATORI DI RISCHIO				
DINAMICA MODALE q=1.5	ELEMENTO	MECCANISMO	PGA _{CLV} /PGA _{DLV}	(TR _{CLV} / TR _{DLV}) ^{0.41}	TR _{INTSLV} (anni)	P _{VR,SLV} (%)	V _R (anni)
CORPO 1	FONDAZIONI	TAGLIO	0.22	0.28	3	90.38%	75
CORPO 2	PARETI	TAGLIO	0.22	0.28	3	90.38%	

Tabella 1: Risultati della vulnerabilità sismica dell'edificio

L'indice di vulnerabilità dell'edificio risulta pari a $I_{R,SLV}=0.22$.

Con l'intervento in progetto si perviene all'adeguamento sismico $I_{R,SLV} \geq 1$

Pertanto l'adeguamento sismico comporta un incremento dell'indice di sicurezza pari a $\Delta=1-0.22=0.78$.

La presente relazione di calcolo elenca le normative di riferimento utilizzate, riporta i carichi permanenti ed accidentali, specifica le caratteristiche dei materiali, descrive le ipotesi di calcolo assunte nelle operazioni di progetto e dimostra le verifiche strutturali condotte, attraverso la rappresentazione degli schemi di calcolo e la verifica delle sezioni caratteristiche delle strutture.

Committente:Comune di
Valdobbiadene**Tipo di relazione:**

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

Si riportano di seguito le immagini della planimetria generale dell'area con evidenziato l'edificio oggetto di studio e la pianta del piano terra e delle coperture dell'edificio.

L'area in cui sorge l'edificio è soggetta a vincolo paesaggistico, relativamente ai corsi d'acqua, ed è soggetta a rischio idraulico.

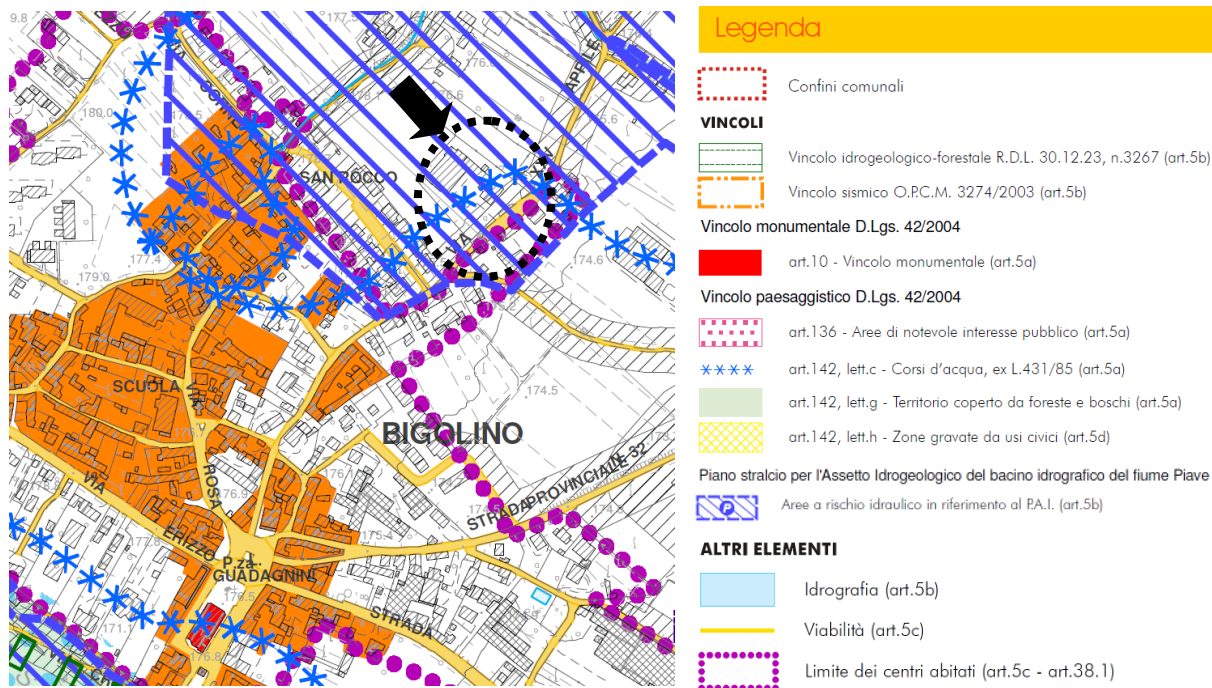


Figura 1 – Estratto PAT del Comune di Valdobbiadene



Figura 2 – Planimetria generale dell'area con evidenziata la scuola

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG



Figura 3 – Estratto catastale edificio – Foglio 33, particella 613, comune di Valdobbiadene

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG



Figura 4 – Planimetria generale dell'edificio oggetto di intervento (rettangolo rosso)



Figura 5 – Vista del prospetto Sud - Ovest

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG



Figura 6 – Vista del prospetto Sud – Est



Figura 7 – Vista del prospetto Nord – Est



Figura 8 – Prospetto Sud – Ovest con identificazione dei due corpi strutturali distinti

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

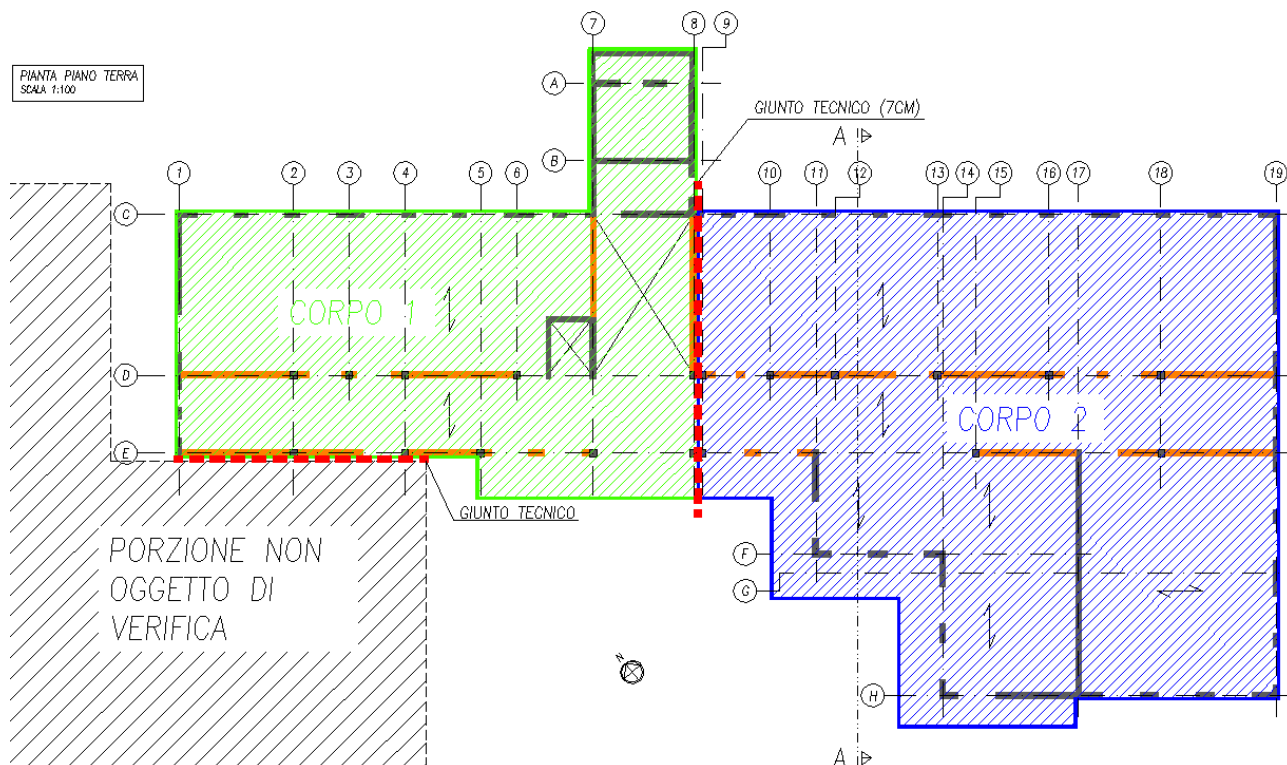


Figura 9 - Pianta del piano terra con l'identificazione dei due corpi strutturali distinti

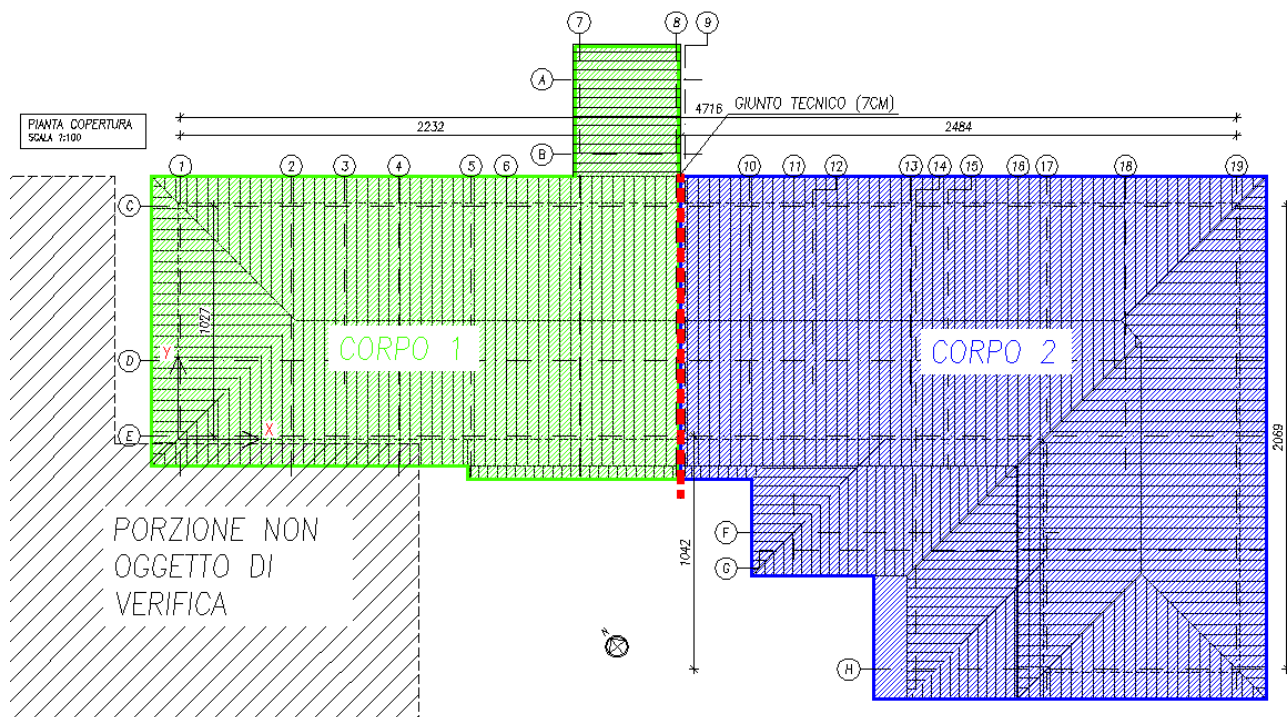


Figura 10 - Pianta della copertura con l'identificazione dei due corpi strutturali distinti

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

	Via Terraglio n. 10 – 31022 PREGANZIOL (TV) Tel. 0422/383282 - Fax 0422/492702 e-mail: raffaele.fuser@treerreina.com	Data: 05/2018	Pagina: 9/53
Commessa: Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)		n° Comm/Prot.: 18017 - BIG	

2.1 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO OGGETTO DI INTERVENTO

In base a quanto indicato nei documenti forniti dall'ufficio tecnico comunale, l'edificio oggetto di intervento è stato realizzato nel 1985. L'atto di collaudo statico è datato 25/11/1985 (timbro del deposito del genio civile di Treviso 18/02/1986).

Esaminando la documentazione dell'epoca di costruzione dell'edificio è emerso che in fase di progetto era stata prevista una struttura portante interamente a telai in calcestruzzo armato.

Dal punto di vista sismico, l'inserimento delle pareti perimetrali in c.a. aumenta la rigidezza complessiva e concentra le forze orizzontali sulle pareti stesse, sgravando di fatto i telai che trasmettono quasi esclusivamente le azioni verticali dei pesi permanenti e accidentali.

Alla fine del paragrafo sono riportate le piante strutturali in cui è possibile identificare le strutture portanti principali.

La geometria dell'edificio oggetto di intervento è caratterizzata da una pianta di forma pressoché ad L che si sviluppa regolare per due piani fuori terra, ad eccezione di una limitata porzione che si sviluppa solo al piano terra. Scomponendo la pianta in maniera più precisa, si individua un rettangolo principale sviluppato su due piani che ha dimensioni in pianta di circa 47,40x10,55 m, un secondo rettangolo minore sviluppato su due piani di dimensioni 10,40x8,75 m, una terza porzione minore rispetto alle precedenti, di forma ad L che si sviluppa solo fino al piano terra.

L'edificio ha una struttura portante perimetrale costituita da pareti in calcestruzzo armato di spessore pari a 25 cm.

Nei fili interni, invece, i solai sono sorretti da telai in calcestruzzo armato orditi prevalentemente nella direzione del lato lungo dell'edificio. I pilastri hanno sezione quadrata di lato 30 cm, mentre le travi hanno sezione rettangolare 90x29cm nei fili interni e sezione 60x29cm lungo il perimetro. In prossimità della parte centrale dell'edificio è presente una canna ascensore di forma a "C" costituita da pareti in c.a. di spessore variabile tra 20 e 30 cm.

I solai, che sono della tipologia in laterocemento con soletta tipo "predalles" inferiormente, e cappa superiormente, hanno altezze diverse a seconda del piano di appartenenza e a seconda della distanza (luce) tra gli elementi su cui poggiano. Il solaio di copertura del piano primo è anche di sostegno della copertura.

La copertura è un tetto a padiglione, costituito da muretti poggianti sul solaio del piano primo e tavelloni.

Committente: Comune di Valdobbiadene	Tipo di relazione: Relazione di calcolo delle strutture	Redaz. OL	Control.: RF	Rev.: 00
---	---	---------------------	------------------------	--------------------

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

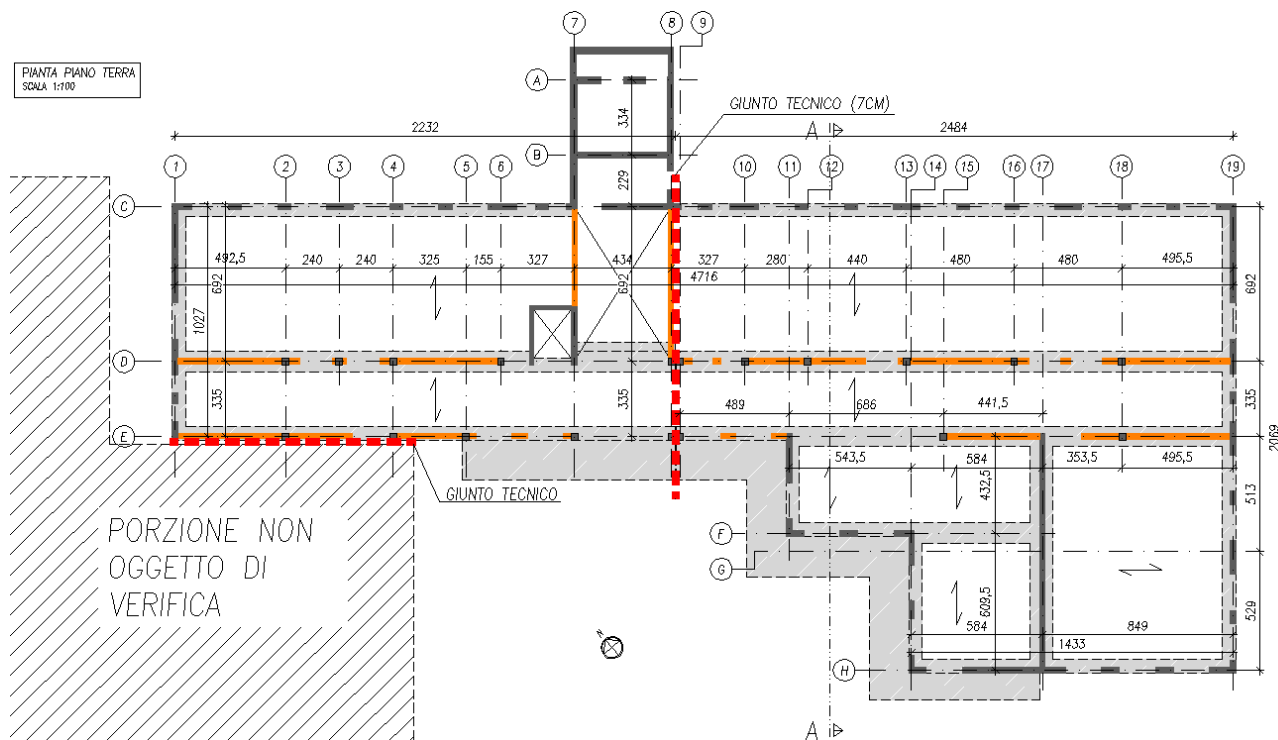


Figura 12 – Pianta piano terra

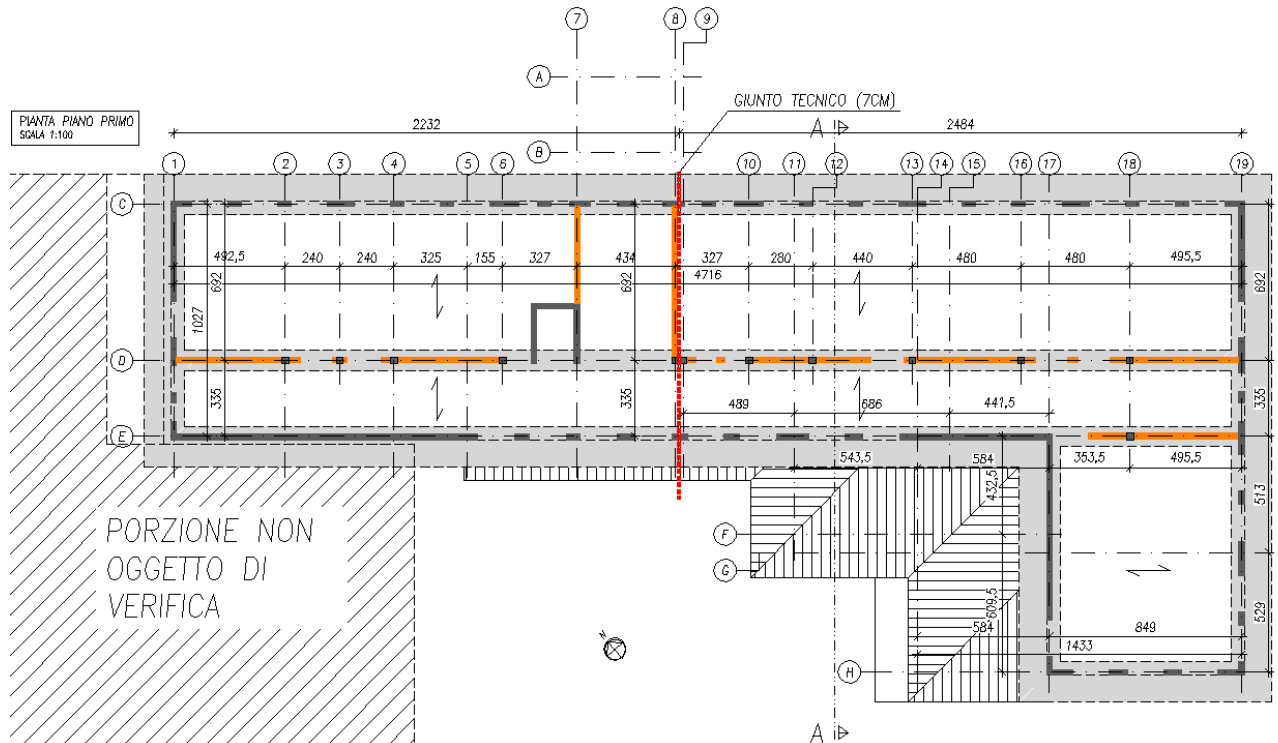


Figura 13 –Pianta piano primo

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

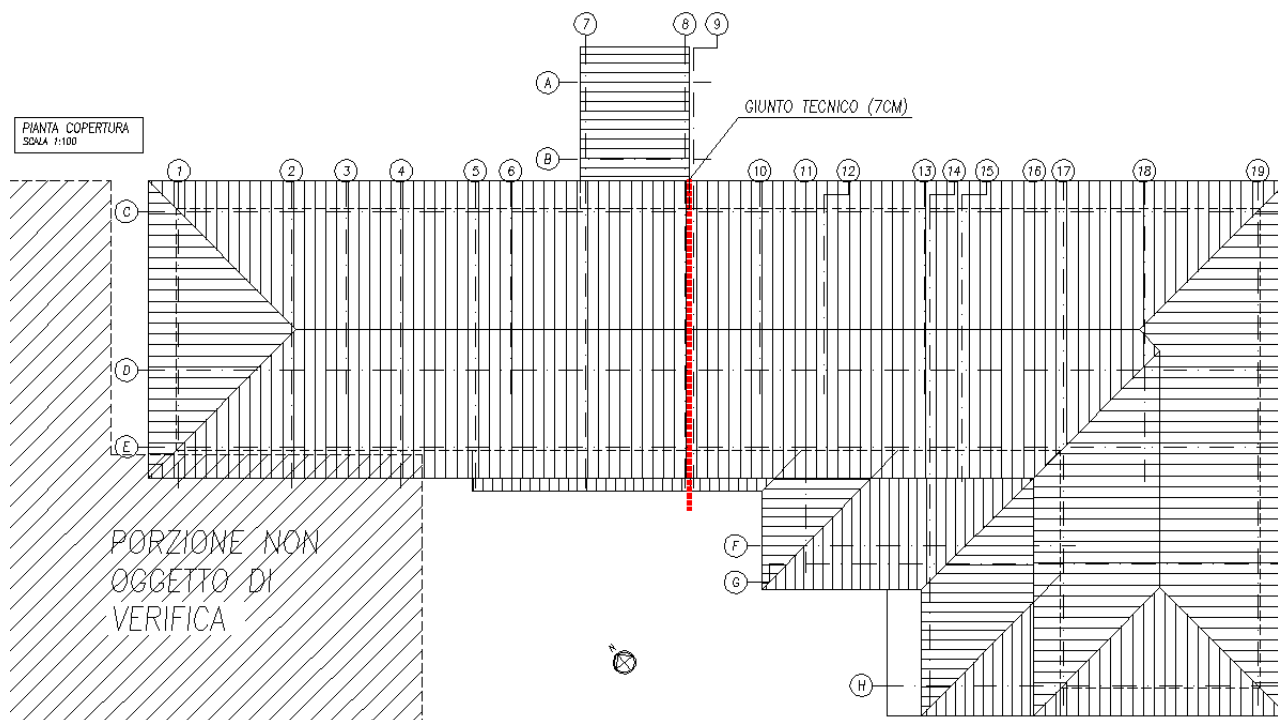


Figura 14 - Pianta della copertura

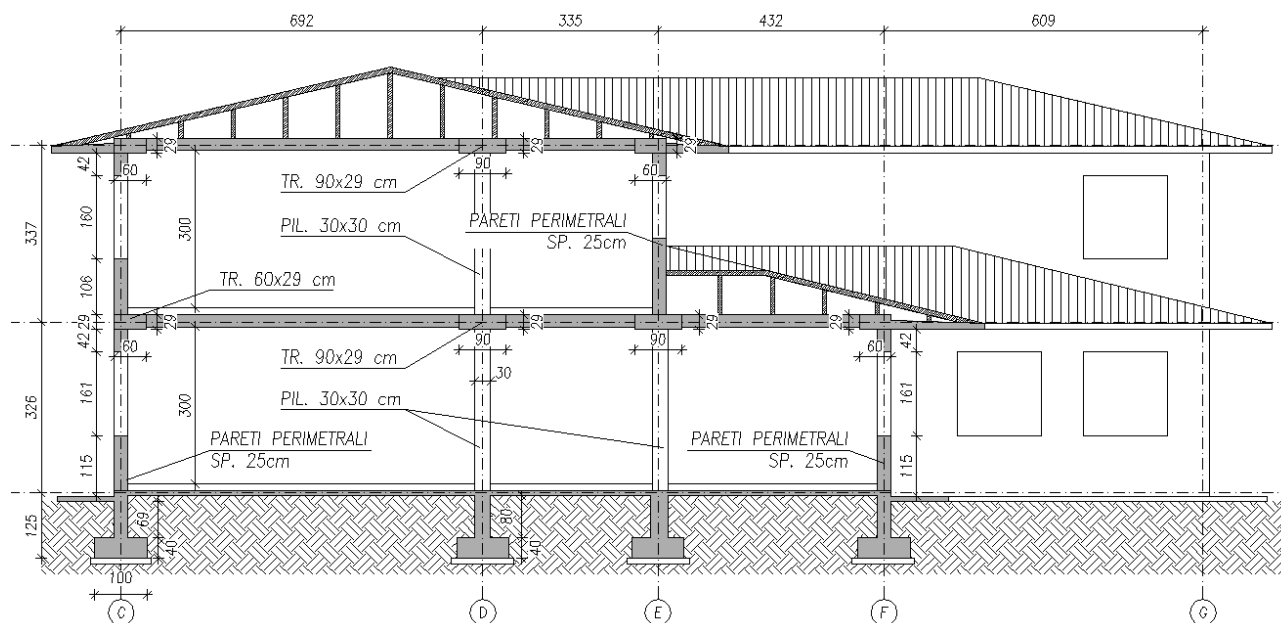


Figura 15 - Sezione A-A

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

3 DESCRIZIONE INTERVENTI

3.1 EPIDERMIDE ANTISISMICA

L'intervento in progetto permette di giungere all'adeguamento sismico dei due corpi dell'edificio (corpo 1 e 2) mediante la realizzazione di un cappotto sismico esterno costituito da pareti perimetrali in c.a. di spessore ridotto gettate entro casseri prefabbricati in materiale isolante.

Trattandosi di una scuola attualmente utilizzata per l'attività didattica, l'intervento messo a punto è in grado di adeguare la resistenza sismica dell'edificio operando per lo più all'esterno, e in modo da garantire che i lavori possano essere eseguiti in tempi relativamente brevi.

Tale approccio consentirà di evitare problematiche relative ad interferenze con gli impianti oltre che la demolizione e ripristino delle finiture. Solo in pochi casi, in presenza di sollecitazioni sismiche elevate e per ragioni di simmetria del comportamento sismico degli edifici, è stato necessario prevedere pareti strutturali anche all'interno dell'edificio.

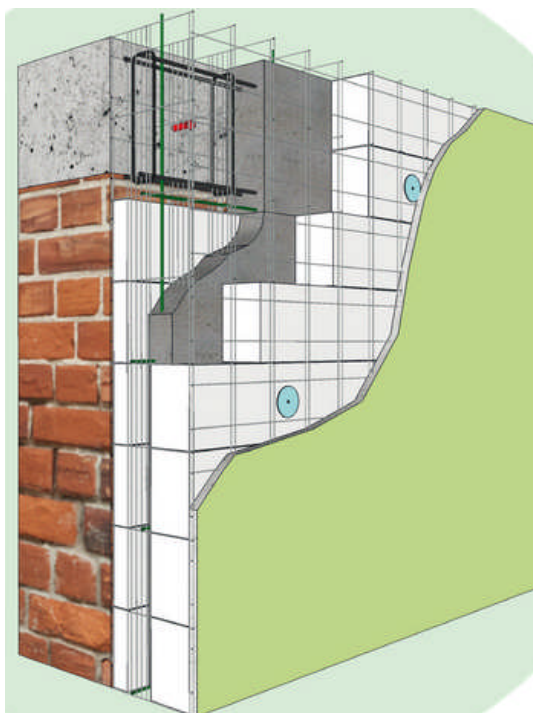


Figura 12 – Schema del cappotto sismico applicato su una muratura esistente

Le nuove pareti in c.a. verranno realizzate a ridosso delle pareti perimetrali, saranno collegate alla struttura esistente in corrispondenza dei cordoli di piano, spiccando da un nuovo cordolo in c.a. di fondazione solidarizzato alle fondazioni esistenti.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

 Via Terraglio n. 10 – 31022 PREGANZIOL (TV) Tel. 0422/383282 - Fax 0422/492702 e-mail: raffaele.fuser@treerreina.com	Data: 05/2018	Pagina: 14/53
Commessa: Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)	n° Comm/Prot.: 18017 - BIG	

4 NORMATIVA E RIFERIMENTI

4.1 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Il progetto è stato redatto in osservanza delle **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018**, e Circolare esplicativa del 02/02/2009 n°617 C.S.LL.PP. Per quanto non compiutamente descritto nelle suddette, 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*).
- Eurocodice 2 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo".
- Eurocodice 5 "Progettazione delle strutture di legno".

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".
- 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

Committente: Comune di Valdobbiadene	Tipo di relazione: Relazione di calcolo delle strutture	Redaz. OL	Control.: RF	Rev.: 00
--	---	-----------------------------	--------------------------------	----------------------------

 Via Terraglio n. 10 – 31022 PREGANZIOL (TV) Tel. 0422/383282 - Fax 0422/492702 e-mail: raffaele.fuser@treerreina.com	Data: 05/2018	Pagina: 15/53
Commessa: Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)	n° Comm/Prot.: 18017 - BIG	

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

- Decreto del Presidente della Repubblica 21.04.1993 n° 246: "Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione".
- UNI EN 206-1 Ottobre 2001: "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".
- Criteri Ambientali Minimi (CAM) di cui al DM dell'11/10/2017 (G.U. n. 259 del 06/11/2017)

4.2 RIFERIMENTI DI CALCOLO

[1] MIDAS Gen 2018, Ver. 2.1 sviluppato dalla società MIDAS Information Technology Co., Ltd. (Seongnam, Gyeonggi-do, 463-824, Korea). Il programma, codice di calcolo ad elementi finiti in campo statico e dinamico lineare/non lineare, consente l'analisi strutturale per fasi con proprietà reologiche non omogenee, la modellazione della precompressione tramite tracciato cavi 3D, l'analisi di tutte le componenti di tensione locale nelle sezioni.

Committente: Comune di Valdobbiadene	Tipo di relazione: Relazione di calcolo delle strutture	Redaz. OL	Control.: RF	Rev.: 00
--	---	-----------------------------	--------------------------------	----------------------------

 di R. Fuser · R. Scotta · R. Vitaliani	Via Terraglio n. 10 – 31022 PREGANZIOL (TV) Tel. 0422/383282 - Fax 0422/492702 e-mail: raffaele.fuser@treerreina.com	Data: 05/2018	Pagina: 16/53
Commessa: Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)		n° Comm/Prot.: 18017 - BIG	

5 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Per caratterizzare il terreno su cui sorge l'edificio in oggetto di valutazione si ha a disposizione la relazione geologico-geotecnica redatta nel 2003 dall'Ing. Marco Pascoli. La relazione è stata redatta all'epoca di costruzione della nuova palestra della scuola elementare di Bigolino, antistante all'edificio oggetto di analisi. Per gli approfondimenti del caso, si rimanda alla suddetta relazione geotecnica.

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Da quanto emerge dalla relazione geologica/geotecnica dell'Ing. Marco Pascoli del 2003, si evince che il terreno su cui sorge l'edificio in oggetto di verifica è caratterizzato da tipi litologici costituiti da ghiaia grossolana e sabbia derivanti dalla dinamica deposizionale del fiume Piave. Dalla relazione sopracitata emerge, inoltre, che vi è una notevole uniformità laterale della tipologia di terreno e che le caratteristiche meccaniche sono ottime per terreni ghiaioso sabbiosi con angoli di attrito interno compreso tra 34° e 40°.

Le prove geotecniche condotte in sito dall'Ing. Marco Pascoli erano prove penetrometriche dinamiche leggere (DP), eseguite su 3 punti distinti. I dati ricavati erano stati poi normalizzati con la prova SPT.

5.2 TIPOLOGIA DI TERRENO SECONDO NTC 18

Considerando i risultati normalizzati delle prove eseguite dal dall'Ing. Marco Pascoli nel 2003, si ricava che per profondità comprese tra -1.00m e -3.00m, il valore di N_{SPT} è sempre compreso tra 23 e 40. Considerando l'omogeneità laterale e verticale dei risultati ottenuti per le 3 diverse prove in sito sino alla profondità di -3.00m, si può ipotizzare che il terreno sia caratterizzato da proprietà equivalenti o migliori sino a profondità superiori ai 30m. Considerando tale assunzione, per il terreno sul quale sorge l'edificio oggetto di verifica, è possibile ricondursi ad un terreno di **categoria C** secondo quanto previsto dalle NTC 18 al § 3.2.2 (identicamente all'NTC 08): *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."*

Committente: Comune di Valdobbiadene	Tipo di relazione: Relazione di calcolo delle strutture	Redaz. OL	Control.: RF	Rev.: 00
--	---	-----------------------------	--------------------------------	----------------------------

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

5.3 CARATTERISTICHE SULLA TOPOGRAFIA SECONDO NTC 18

La topografia del sito sul quale sorge l'edificio è caratterizzata da pendii con inclinazione media inferiore ai 15°. Ai sensi delle NTC18 (identicamente a quanto previsto dalle NTC 08), si può asserire che la topografia rientra in una categoria di tipo **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

6 PROPRIETA' DEI MATERIALI ESISTENTI

6.1 DEFINIZIONE DEL FATTORE DI CONFIDENZA

Sulla base della documentazione disponibile e sulla base della campagna di prove effettuate in sito, si assume, per le strutture eseguite in opera, un Livello di Conoscenza LC2, a cui corrisponde un **Fattore di Confidenza FC = 1.20**.

6.2 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

Per valutare le caratteristiche dei materiali esistenti è stata svolta una campagna d'indagini in sito. Le proprietà dei materiali riportate di seguito sono ricavate dal resoconto di prova redatto dal Dr. Giorgio Cibirin in data 28 gennaio 2015 che ha condotto la campagna di prove sull'edificio in oggetto di valutazione. La campagna di indagini per la stima della resistenza dei materiali è stata condotta su un numero di elementi rappresentativi dell'organismo strutturale. Nello specifico, sono state condotte le seguenti prove:

INDAGINI SUL CALCESTRUZZO ARMATO DELLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE

1. SEI PROVE DI ROTTURA PER COMPRESSIONE SULLE CAROTE DI CALCESTRUZZO PRELEVATE IN SITO;
2. TEST DI CARBONATAZIONE DEL CALCESTRUZZO PRELEVATO IN SITO.

6.2.1 Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo delle strutture in elevazione

I campioni di calcestruzzo prelevati dalle strutture in elevazione sono stati siglati e portati presso il laboratorio Ecam Ricert di Monte di Malo (VI). Successivamente sono stati pesati e poi sottoposti a prova di rottura per compressione cilindrica. Le prove sono state effettuate in accordo alle norme UNI EN 12504-1, UNI EN 12390-3 e le Linee Guida Min. LL. PP. per il calcestruzzo strutturale. Sono state estratte 6 carote dai pilastri/setti. Si riassumono, nella tabella seguente, i risultati della prova di compressione.

Sigla provino	Data di prelievo	Direzione estrazione	Data di prova	Classe dichiarata	Dimensioni		Massa volumica	Carico massimo	Tensione massima	Tipo di rottura	Rettifica
					Ø	h					
		orizzontale / verticale		N/mm ²	mm	mm	Kg/m ³	kN	N/mm ²	soddisfacente/ non soddisfacente	R / NR
P001	n.d.	n.d.	20/01/15	n.d.	94,6	94,4	2370	314,1	44,7	soddisfacente	R
P002	n.d.	n.d.	20/01/15	n.d.	94,6	94,4	2390	342,9	48,8	soddisfacente	R
P006	n.d.	n.d.	20/01/15	n.d.	94,5	94,4	2390	294,7	42,0	soddisfacente	R
P009	n.d.	n.d.	20/01/15	n.d.	94,5	94,4	2390	311,3	44,4	soddisfacente	R
P101	n.d.	n.d.	20/01/15	n.d.	94,5	94,3	2350	214,4	30,6	soddisfacente	R
P102	n.d.	n.d.	20/01/15	n.d.	94,5	94,4	2330	141,6	20,2	soddisfacente	R

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

Si riporta di seguito la tabella di riepilogo del calcolo della resistenza a compressione cilindrica.

d	h	f _c carota	fc=0.83x _{fc} carota
mm	mm	MPa	MPa
94.60	94.40	44.70	37.1
94.60	94.40	48.81	40.5
94.50	94.40	42.04	34.9
94.50	94.40	44.41	36.9
94.50	94.40	30.58	25.4
94.50	94.30	20.20	16.8
		f _{cm} =	31.92

La resistenza di calcolo è valutata di seguito considerando la media aritmetica dei valori di resistenza a compressione cilindrica.

CALCESTRUZZO ELEVAZIONI			
AZIONI BREVE DURATA			
FC	1.2		
f _{ck} =f _{cm}	31.92	MPa	
f _{ck} /FC=	26.60	MPa	
f _{cd} =	17.73	MPa	
AZIONI LUNGA DURATA			
FC	1.2		
f _{ck} =f _{cm}	31.92	MPa	
f _{ck} /FC=	26.60	MPa	
f _{cd} =	15.07	MPa	

6.2.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Per le caratteristiche del calcestruzzo delle strutture di fondazione si fa riferimento a quanto prescritto nella relazione di calcolo, ovvero un R_{bk} 250 kg/cm² (C20/25).

CALCESTRUZZO FONDAZIONI			
AZIONI BREVE DURATA			
FC	1.2		
f _{ck}	20.00	MPa	
f _{ck} /FC=	16.67	MPa	
f _{cd} =	11.11	MPa	
AZIONI LUNGA DURATA			
FC	1.2		
f _{ck} =f _{cm}	20.00	MPa	
f _{ck} /FC=	16.67	MPa	
f _{cd} =	9.44	MPa	

6.2.3 CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE BARRE DI ARMATURE

Per le caratteristiche dell'acciaio si fa riferimento a quanto prescritto nella relazione di calcolo, ovvero un acciaio Feb44k.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

FEB44K	
f _{yk} =	440 MPa
FC	1.2
f _y /FC=	366.7 MPa
f _{yd} =	318.8 MPa

7 PROPRIETA' DEI MATERIALI A PROGETTO

7.1 STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO NORMALE

I materiali impiegati nella composizione del calcestruzzo armato normale, rispondenti ai requisiti delle norme UNI EN 206-1/UNI 11104, 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 di
fondazione:

classe R_{ck} = C25/30 MPa

f_{ck} = 25 MPa (resistenza caratteristica a compressione)

f_{cd} = 0.85·f_{ck}/1.5 = 14.16 MPa (resistenza di calcolo a compressione)

f_{ctd} = 0.7·0.3·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)

dimensione massima aggregato

20 mm

Calcestruzzo per setto in
elevazione:

classe R_{ck} = C25/30 MPa

f_{ck} = 25 MPa (resistenza caratteristica a compressione)

f_{cd} = 0.85·f_{ck}/1.8 = 11.80 MPa (resistenza di calcolo a compressione)

f_{ctd} = 0.7·0.3·f_{ck}^{2/3}/1.8 = 1.00 MPa (resistenza di calcolo a trazione)

classe di esposizione XC1 (ambiente asciutto o permanentemente bagnato)

classe di consistenza S5 (fluida)

dimensione massima aggregato

10 mm

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

8 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Nel presente capitolo vengono indicati tutti i carichi e le combinazioni che verranno utilizzate nelle analisi per valutare la vulnerabilità dell'edificio in esame.

8.1 STATI LIMITE ULTIMI

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Di seguito si riportano i valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi. (I valori dei coefficienti parziali sono definiti in §2.6.1, Tab 2.6.1 NTC '18):

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

dove nello specifico:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali si è seguito l'Approccio 2 previsto dalla Normativa, ossia si è impiegata un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

Committente:Comune di
Valdobbiadene**Tipo di relazione:**

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

8.2 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI

La verifica allo stato limite ultimo (SLV) deve essere effettuata per la seguente combinazione dell'azione sismica con le altre azioni:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj} \quad (3.2.16)$$

Dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
 G_k carichi permanenti al loro valore caratteristico;
 Q_i valore caratteristico dell'azione variabile Q_i ;
 Ψ_{2i} coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile Q_i ;

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	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30	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

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

$$E + G_k + \sum_i (\Psi_{2i} Q_{Ki})$$

Dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
 G_k carichi permanenti al loro valore caratteristico;
 Q_i valore caratteristico dell'azione variabile Q_i ;
 Ψ_{2i} coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile Q_i ;

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

8.3 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

- **Vita nominale** V_N per l'opera oggetto di studio è ≥ 50 anni (opere ordinarie).
- **Classe d'uso della costruzione III:** costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Coefficiente d'uso corrispondente ad una classe d'uso III: $C_U = 1.5$
- **Vita di riferimento:** $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.50 = 75$ anni
- **Categoria di sottosuolo:** C
- **Categoria topografica:** T1, superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

8.4 SPETTRO DI PROGETTO

La valutazione delle azioni sismiche è stata svolta nel rispetto delle Nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni** emanate con il **Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018**.

Gli effetti sulla struttura di progetto sono combinati applicando la seguente espressione: $(1.00 E_x + 0.3 E_y + 0.3 E_z)$ con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi. Nel caso in esame, la componente verticale E_z sarà trascurata.

Il modello di riferimento per la descrizione dell'azione sismica è costituito dallo spettro di risposta elastico che rappresenta la risposta della struttura, in funzione del periodo proprio. Lo spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali è dato dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned} \tag{3.2.4}$$

dove:

S fattore che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;

T periodo di vibrazione;

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

F_0 fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale;

T_B, T_C, T_D periodi che separano i diversi rami dello spettro.

8.4.1 FATTORE DI STRUTTURA

La struttura sismo-resistente dell'edificio è costituita dalle nuove pareti in c.a. gettate entro cassero prefabbricati composti da materiale isolante, realizzata in affiancamento della struttura esistente, la quale invece continuerà a sopportare i carichi gravitazionali. Il getto di calcestruzzo entro questi casseri origina una struttura resistente membranale irrigidita localmente da montanti verticali e da cordoli a livello degli impalcati esistenti.

Nonostante questo sistema sismo-resistente si possa considerare "a pareti" e sia intrinsecamente caratterizzato da capacità dissipativa e duttilità nei confronti dell'azione sismica, **si adotta a favore di sicurezza un fattore di struttura $q=1.5$.**

Le verifiche di resistenza generalmente vengono effettuate con riferimento allo stato limite SLV, tuttavia per costruzioni di Classe III e IV, se si vogliono limitare i danneggiamenti strutturali, per tutti gli elementi strutturali, inclusi nodi e connessioni tra elementi, deve essere verificato che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione (E_d) calcolato in presenza delle azioni sismiche corrispondenti allo SLD (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2 NTC 18) ed attribuendo ad η il valore di 2/3, sia inferiore al corrispondente valore della resistenza di progetto (R_d) calcolato secondo le regole specifiche indicate per ciascun tipo strutturale con riferimento alle situazioni eccezionali.

Nel caso in esame, lo spettro di progetto SLV con $q=1.5$ risulta ampiamente più gravoso rispetto allo spettro di progetto SLD ridotto attraverso il fattore $\eta=2/3$. Pertanto le verifiche di resistenza verranno condotte rispetto allo spettro di progetto SLV.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.273 g
F_{0*}	2.414
T_C	0.332 s
S_S	1.305
C_C	1.510
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	1.305
η	0.667
T_B	0.167 s
T_C	0.502 s
T_D	2.691 s

Tabella 2 - Punti dello Spettro di progetto (SLV)

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

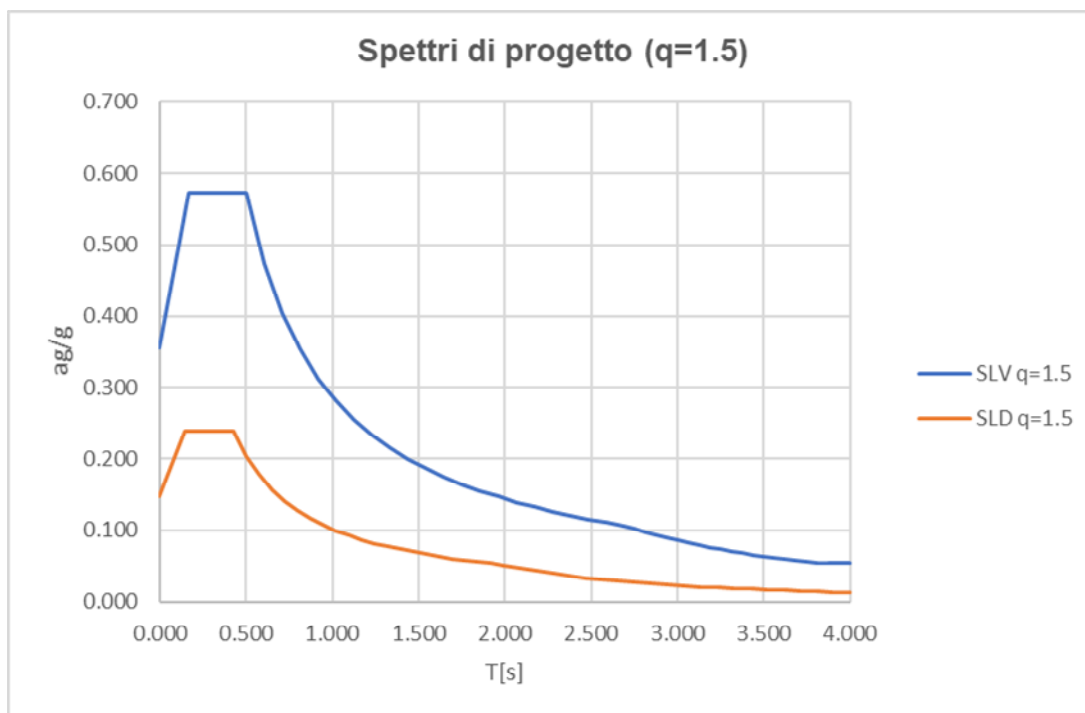


Figura 16 - Grafico degli spettri di progetto

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

8.5 AZIONE DELLA NEVE

Secondo quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, l'azione di progetto della neve sulla copertura deve essere considerata mediante le configurazioni evidenziate nell'immagine riportata di seguito.

Dati carico Neve			
	Regione:	VENETO	
	Provincia:	TREVISO	
	Comune:	VALDOBBIADENE	
	Altitudine:	253 [s.l.m.]	
	Zona:	ZONA I-MEDITERRANEA	
	Topografia:	Normale	
	Coeff. di esposizione:	1	
	Carico di neve al suolo:	1.59 [kN/m ²]	
	Coefficiente termico:	1	
	$\alpha_1 =$	14 [deg]	$b_1 =$ - [m]
	$\alpha_2 =$	14 [deg]	$b_2 =$ - [m]
	$h =$	- [m]	$d =$ 0 [m]
	$b =$	- [m]	
Dati per carico tipo 1			
$\mu_1(\alpha_1) =$ - $q_s =$ -			
Dati per carico tipo 2		Dati per carico tipo 3	
$\mu_1(\alpha_1) =$ 0.80 $\mu_2(\alpha_2) =$ 0.80 $q_{s(\mu 1)} =$ 1.27 [kN/mq] $q_{s(\mu 2)} =$ 1.27 [kN/mq]		$\alpha =$ - $\mu_1(\alpha_1) =$ - $\mu_2(\alpha_2) =$ - $\mu(\alpha) =$ - $q_{s(\mu 1)} =$ - $q_{s(\mu 2)} =$ - $q_{s(\mu)} =$ -	

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

8.6 AZIONI VERTICALI DI PIANO

I carichi di piano applicati sulle strutture corrispondono ai pesi proprie e permanenti ricavati dalle schede dei calcoli statici di verifica per solaio a lastre in c.a., redatti dalla "Prefabbricati Garbuio" in data 05/03/1985. Mentre per i carichi variabili vengono impiegate le azioni previste dalla Norma vigente relativamente alla destinazione d'uso del fabbricato, ossia:

Cat. C1 - Aule e i corridoi della scuola 3 kPa

Cat. C2 - Scale e aula magna 4 kPa

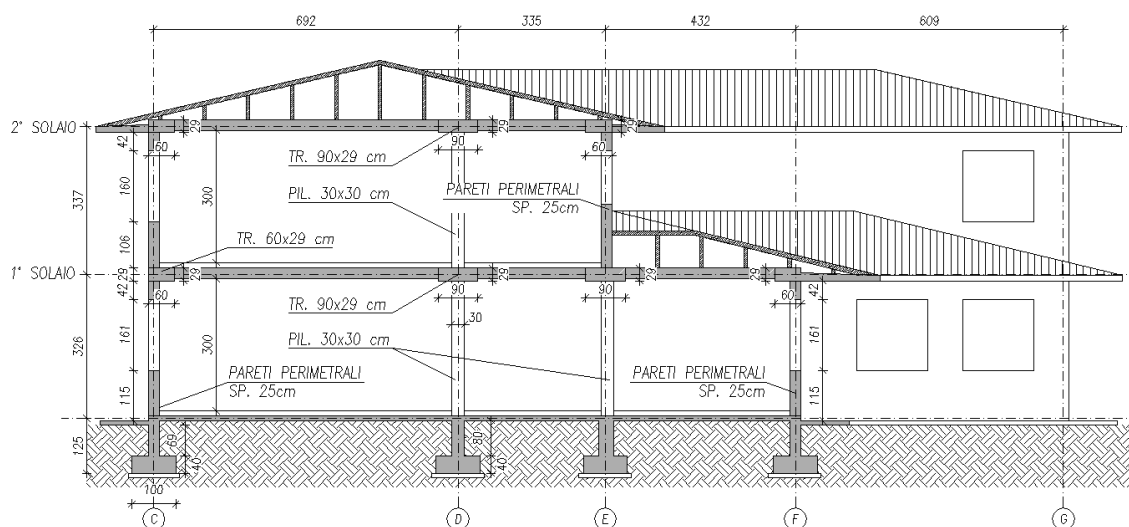


Figura 17 - Sezione trasversale del fabbricato

Si riportano di seguito le piante con l'indicazione più dettagliata dei carichi adottati nelle quali PP indica i pesi permanenti strutturali, PPP i pesi permanenti portati e ACC i carichi accidentali.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

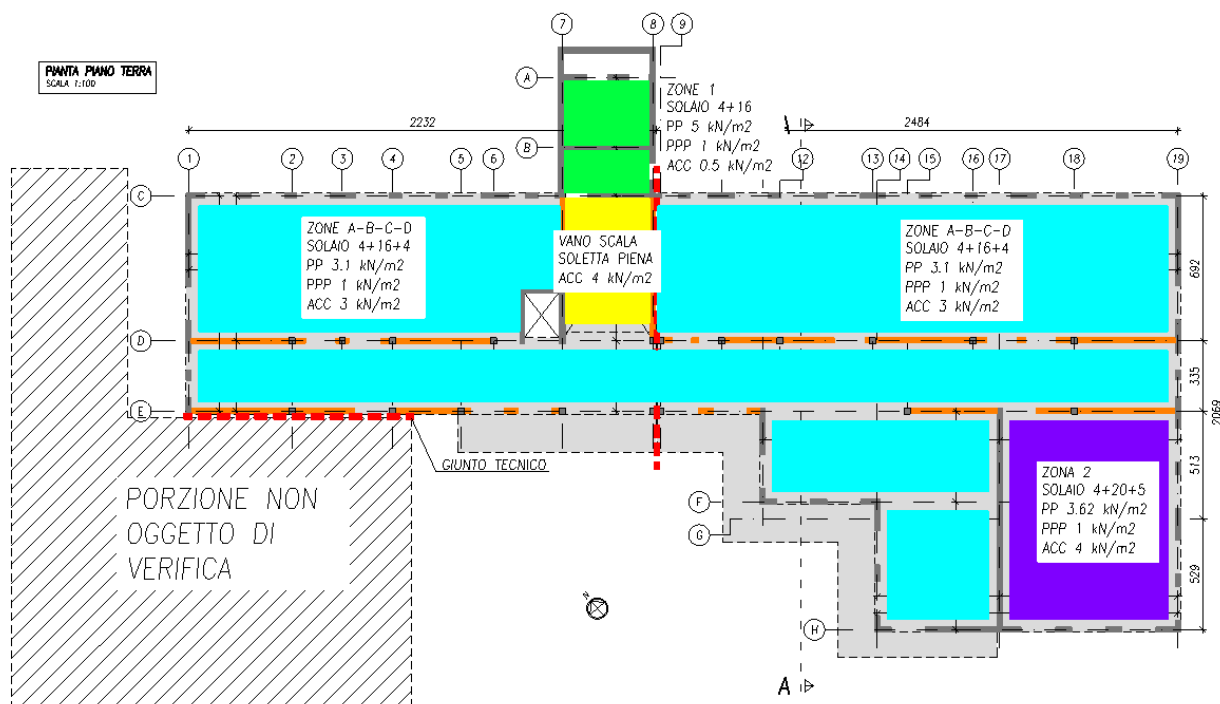


Figura 18 – Carichi del primo solaio

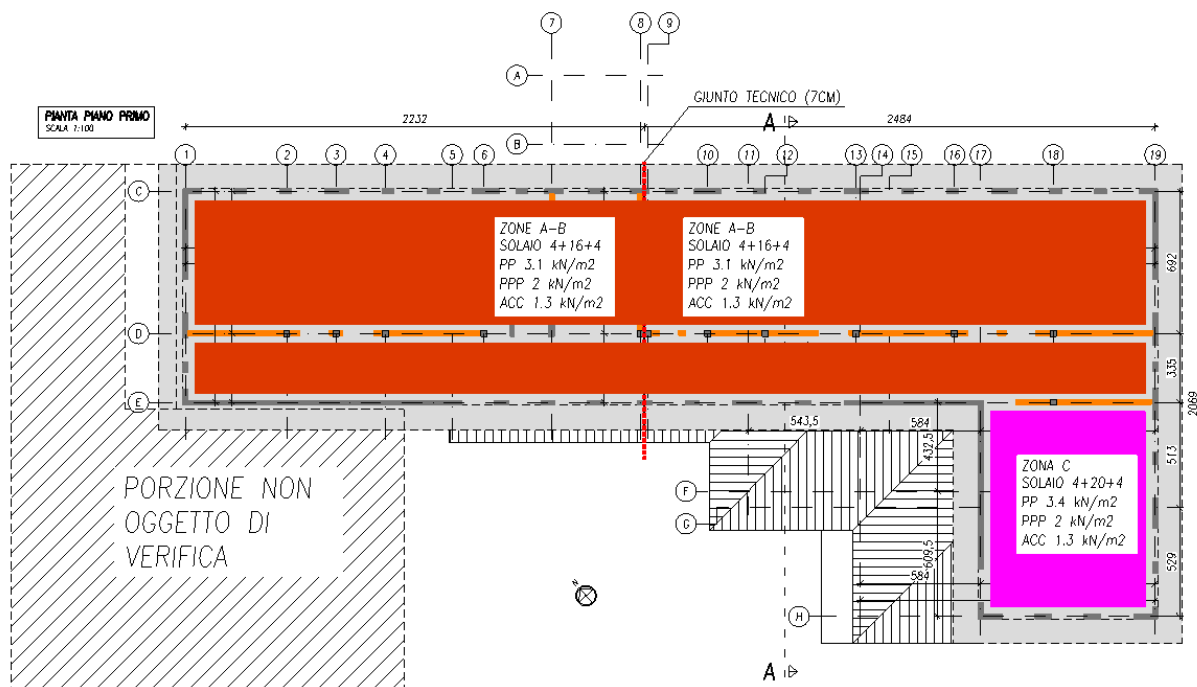


Figura 19 – Carichi del secondo solaio

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

	Via Terraglio n. 10 – 31022 PREGANZIOL (TV) Tel. 0422/383282 - Fax 0422/492702 e-mail: raffaele.fuser@treerreina.com	Data: 05/2018	Pagina: 29/53
Commessa: Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)		n° Comm/Prot.: 18017 - BIG	

9 VERIFICHE DI FATTIBILITA' DELL'ADEGUAMENTO SISMICO

9.1 MODELLAZIONE NUMERICA DELL'EDIFICIO

Al fine di determinare le sollecitazioni sismiche sugli elementi strutturali della scuola si sono realizzati due modelli agli elementi finiti distinti per ciascun corpo di fabbrica della scuola (Corpo 1 e Corpo 2).

Le nuove pareti esterne aggiunte per l'adeguamento sismico non sono soggette a carichi gravitazionali ad eccezione del proprio peso. Ciò permette di modellare in maniera indipendente le strutture realizzate per l'adeguamento sismico dell'edificio.

In entrambi i modelli, come elementi verticali si sono rappresentati solamente i nuovi elementi sismo-resistenti. Tale approccio è a favore di sicurezza in quanto trascura completamente il contributo alla resistenza sismica offerto dalle murature esistenti. Mentre l'effetto dei solai è riprodotto mediante applicazione del vincolo cinematico sul piano che li rende rigidi,

I pilastri verticali sono stati inseriti con funzione unicamente statica, questi elementi sono stati modellati con degli elementi ad asta tipo biella, affinché non fornissero alcun apporto alla rigidezza laterale. Si tratta di punti di appoggio verticale esistenti per il solaio, inseriti solo per evitare la formazione di modi di vibrare locali nell'analisi delle frequenze naturali.

Le azioni gravitazionali, compreso il peso delle murature portanti dal punto di vista statico e dei tamponamenti, sono stati applicati come carichi lineari direttamente sulle pareti sismo-resistenti o sulle travi di solaio. I carichi sono stati poi convertiti in masse sismiche secondo la combinazione prevista da Normativa.

La nuova struttura sismo-resistente è stata schematizzata con elementi plate di spessore diverso (azzurro o verde), mentre i rinforzi localizzati, che si collocano tra le forometrie, sono stati modellati come elementi wall di spessore maggiorato.

L'analisi sismica effettuata è l'analisi dinamica modale con spettro di risposta, che consente di tener conto delle eventuali irregolarità geometriche della struttura considerando il contributo spettrale dei singoli modi propri di vibrare della stessa.

Di seguito si riportano alcune immagini dei modelli del Corpo 1 e del Corpo 2.

Committente: Comune di Valdobbiadene	Tipo di relazione: Relazione di calcolo delle strutture	Redaz. OL	Control.: RF	Rev.: 00
---	---	---------------------	------------------------	--------------------

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

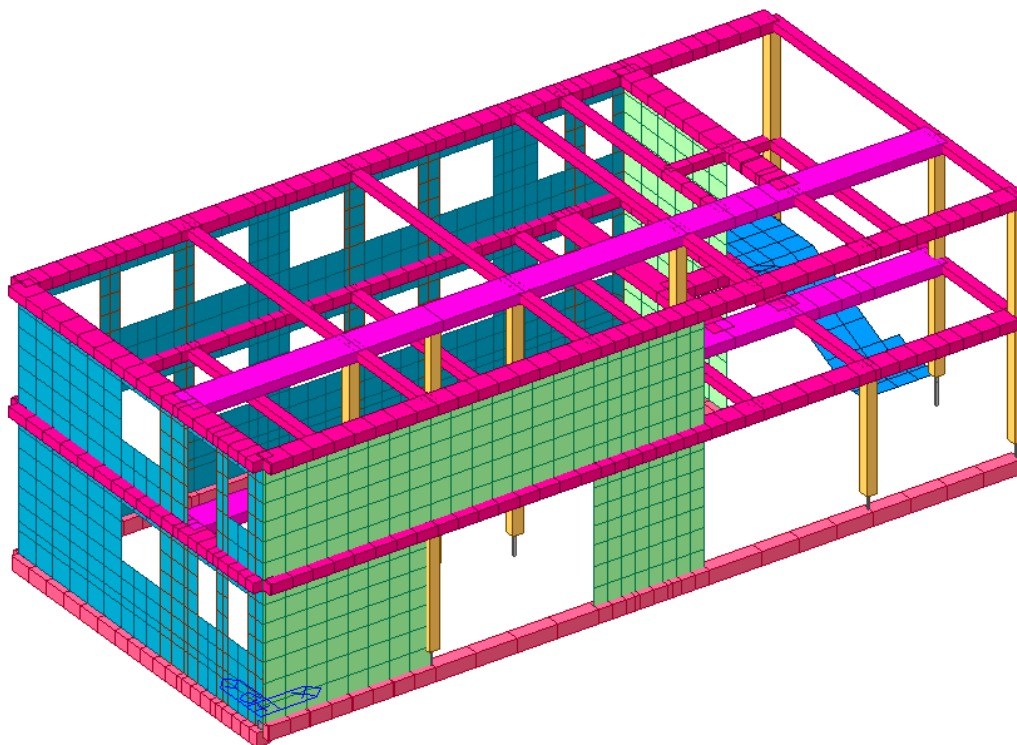


Figura 20 – Corpo 1 - Vista prospettica anteriore del modello FEM

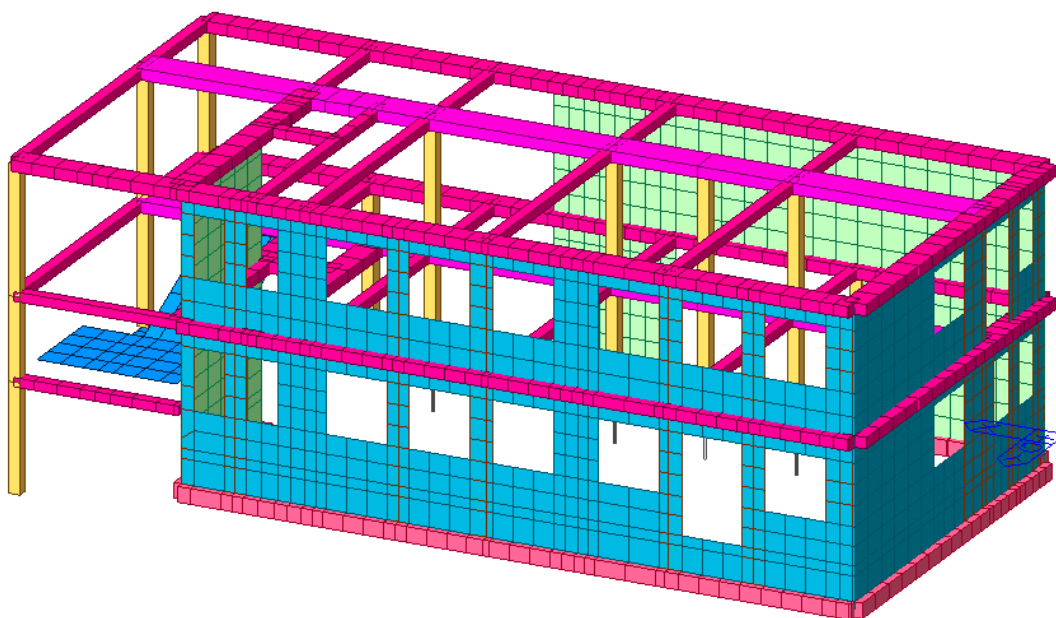


Figura 21 – Corpo 1 - Vista prospettica posteriore del modello FEM

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

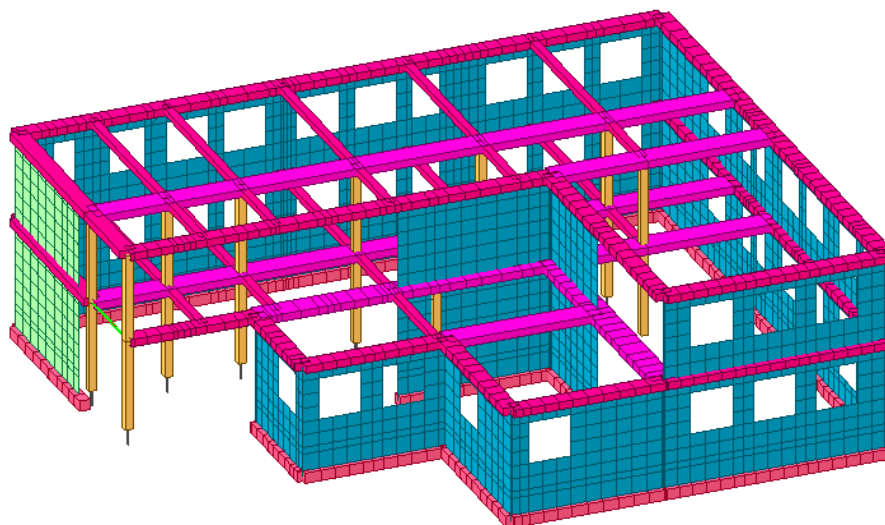


Figura 22 – Corpo 2 - Vista prospettica anteriore del modello FEM

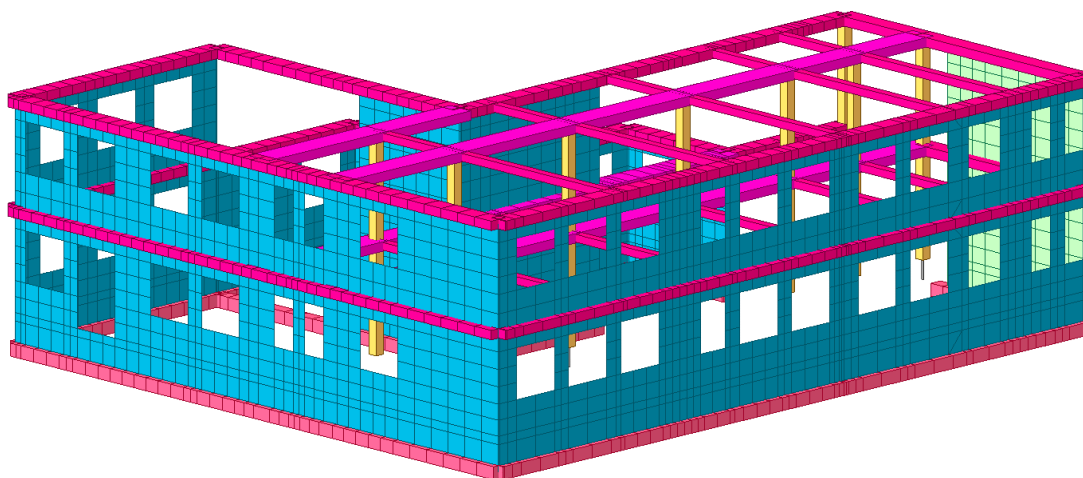


Figura 23 – Corpo 2 - Vista prospettica posteriore del modello FEM

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

9.2 DOMINIO RESISTENTE TIPICO EPIDERMIDE ANTISIMICA

L'epidermide antisismica è caratterizzata da un reticolo di armatura verticale di $\phi 12/20$ cm ed orizzontale di $\phi 14/20$,

dove:

$$F_{RD} \text{ (trazione)} = f_{yd} \cdot A_s \cdot n^{\circ} \text{ barre/m} = 390 \cdot 113 \cdot 5 = 220 \text{ kN/m}$$

(si assume resistenza nulla a trazione del cls)

V_{RD} risulta pari a 235 kN/m come calcolato di seguito

geometria:			
lw =	1000 mm	lunghezza setto	
h =	3400 mm	altezza setto	
b =	80 mm	larghezza setto	
c =	26 mm	copriferro ambo i lati	
d =	974 mm	altezza utile	
Asl =	5309 mmq	area arm long trazione Morsch	
r =	0.0200		
k =	1.45		
N =	0 kN	sforzo normale di compressione	
S _{cp} =	0.00 MPa	tensione media di compressione nella sezione	
materiali:			
R _{ck} =	30.00 MPa	f _{yk} =	450 MPa
f _{ck} =	25 MPa	f _{yd} =	391 MPa
f _{cd} =	14.11 MPa		
f' _{cd} =	7.06 MPa		
f _{ctm} =	2.56 MPa		
f _{ctk} =	1.79 MPa		
f _{ctd} =	1.19 MPa		
V _{min} =	0.31		
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica			
V _{sd} =	0.00 kN	<	V _{Rd1} = 49.99 kN OK
α =	90 °	angolo inclinazione armatura	
sin α =	1		
ctg α =	0		
θ =	45 °	angolo inclinazione puntoni di cls	
ctg θ =	1.0		
Φ =	14 mm	diametro staffe	
n° =	1	n° braccia delle staffe	
A _{sw} =	154 mmq	area staffe	
s =	200 mm	passo staffe	
V _{Rsd} =	235 kN	contributo a taglio trazione	
a _c =	1.00	coefficiente maggiorativo	
V _{Rcd} =	247 kN	contributo a taglio compressione	
V _{sd} =	0 kN	<	V _{Rsd} = 235 kN OK

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

9.3 VERIFICHE RELATIVE AL CORPO 1

9.3.1 CARATTERIZZAZIONE DINAMICA

Nel presente capitolo vengono analizzate le caratteristiche dinamiche della sola struttura prevista a progetto. Si riportano a seguire due immagini che illustrano i modi di oscillare più significativi del corpo 1; la scala delle deformazioni è stata volutamente accentuata per evidenziare il movimento della struttura.

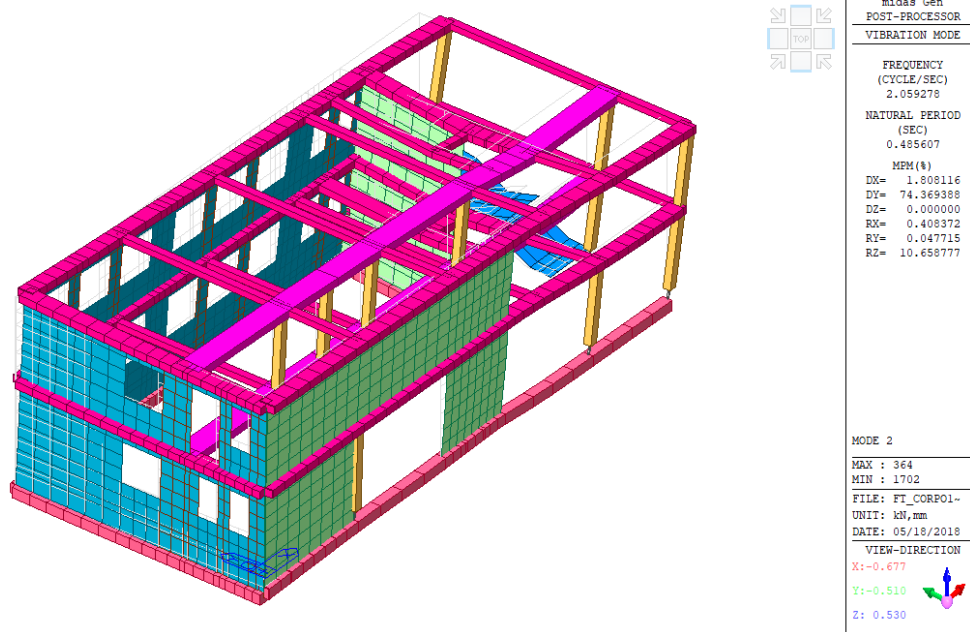


Figura 24 - Secondo modo di vibrare della struttura in direzione Y (T=0.48 sec.)

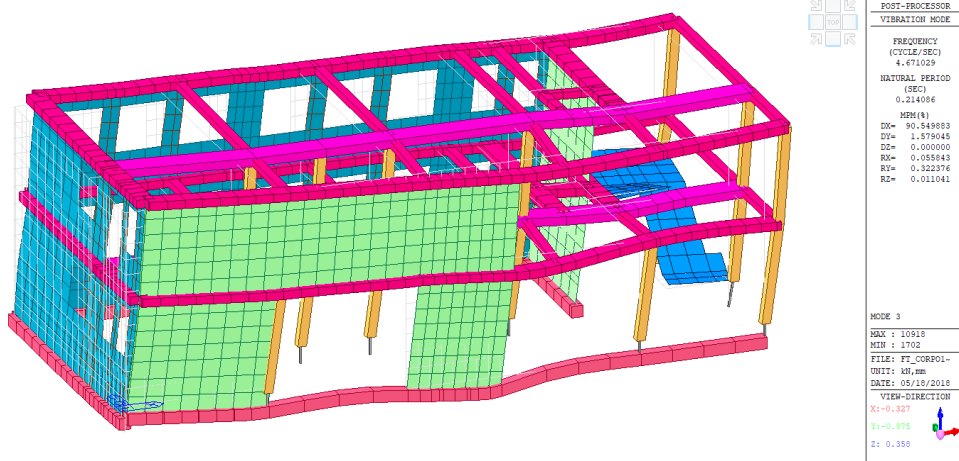


Figura 25 - Terzo modo di vibrare della struttura in direzione X (T=0.21 sec.)

A seguire si riportano le frequenze e i periodi propri della struttura per i primi dieci modi di vibrare.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

Node	Mode	UX		UY		UZ		RX		RY		RZ	
EIGENVALUE ANALYSIS													
	Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
	1	4.2934	0.6833	1.4634	0.0000e+000								
	2	12.9549	2.0618	0.4850	0.0000e+000								
	3	29.3655	4.6737	0.2140	4.1107e-089								
	4	35.6879	5.6799	0.1761	4.1121e-077								
	5	42.5872	6.7780	0.1475	8.8699e-069								
	6	49.0544	7.8072	0.1281	8.5652e-060								
	7	56.6774	9.0205	0.1109	1.2749e-051								
	8	63.6956	10.1375	0.0986	1.2202e-043								
	9	70.2577	11.1819	0.0894	1.5926e-038								
	10	74.3344	11.8307	0.0845	5.1851e-034								
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	0.8175	0.8175	0.5926	0.5926	0.0000	0.0000	0.0013	0.0013	0.0002	0.0002	4.3212	4.3212
	2	1.8056	2.6230	74.3875	74.9801	0.0000	0.0000	0.4186	0.4199	0.0482	0.0484	10.6309	14.9521
	3	90.5492	93.1722	1.5740	76.5541	0.0000	0.0000	0.0558	0.4757	0.3327	0.3811	0.0107	14.9628
	4	0.0074	93.1796	0.4772	77.0313	0.0000	0.0000	8.2567	8.7324	0.0061	0.3872	0.1559	15.1188
	5	0.0431	93.2227	12.3602	89.3916	0.0000	0.0000	1.5429	10.2753	0.2667	0.6539	74.6163	89.7350
	6	0.0499	93.2725	0.0094	89.4010	0.0000	0.0000	1.6072	11.8824	10.0747	10.7286	1.7658	91.5009
	7	0.1249	93.3974	2.0141	91.4151	0.0000	0.0000	16.4126	28.2951	2.0305	12.7591	0.9810	92.4819
	8	0.0324	93.4298	0.0108	91.4259	0.0000	0.0000	0.0647	28.3597	0.7597	13.5189	0.0821	92.5640
	9	0.1898	93.6197	0.0033	91.4292	0.0000	0.0000	0.0021	28.3619	4.6212	18.1401	0.0003	92.5643
	10	0.0004	93.6200	0.5408	91.9700	0.0000	0.0000	11.7835	40.1454	0.0019	18.1420	0.0284	92.5927
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM
	1	5.7319	5.7319	4.1555	4.1555	0.0000	0.0000	0.0040	0.0040	0.0007	0.0007	2049.1883	2049.1883
	2	12.6603	18.3922	521.5877	525.7432	0.0000	0.0000	1.2444	1.2484	0.1432	0.1439	5041.3810	7090.5693
	3	634.9099	653.3021	11.0368	536.7800	0.0000	0.0000	0.1659	1.4143	0.9892	1.1331	5.0810	7095.6503
	4	0.0516	653.3537	3.3459	540.1259	0.0000	0.0000	24.5480	25.9623	0.0182	1.1513	73.9330	7169.5833
	5	0.3021	653.6559	86.6671	626.7930	0.0000	0.0000	4.5873	30.5496	0.7929	1.9441	35384.381	42553.965
	6	0.3497	654.0055	0.0661	626.8591	0.0000	0.0000	4.7783	35.3279	29.9532	31.8974	837.3887	43391.353
	7	0.8759	654.8814	14.1225	640.9816	0.0000	0.0000	48.7966	84.1245	6.0370	37.9344	465.2179	43856.571
	8	0.2271	655.1086	0.0758	641.0574	0.0000	0.0000	0.1924	84.3169	2.2587	40.1931	38.9547	43895.526
	9	1.3310	656.4396	0.0228	641.0802	0.0000	0.0000	0.0063	84.3231	13.7394	53.9325	0.1222	43895.648
	10	0.0025	656.4421	3.7920	644.8722	0.0000	0.0000	35.0339	119.3570	0.0057	53.9382	13.4649	43909.113

Tabella 3 - Frequenze e periodi propri del Corpo 1

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

9.3.2 SPOSTAMENTI SISMICI

La valutazione degli spostamenti orizzontali viene effettuata con riferimento all'azione sismica allo stato limite SLV, secondo quanto previsto in NTC §7.3.3.3.

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee} \quad [7.3.8]$$

Dove :

$$\begin{aligned} \mu_d &= q & \text{se } T_1 \geq T_c \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot \frac{T_c}{T_1} & \text{se } T_1 < T_c \end{aligned} \quad [7.3.9]$$

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

Nel caso in esame $T_1=0.48$ s, $T_c=0.502$ s, da cui si ricava che

$$\mu_d = 1 + (q-1) \cdot T_c / T_1 = 1 + (1.5-1) \cdot 0.502 / 0.48 = 1.52 \leq 3.50$$

Di seguito si riportano i contour degli spostamenti ottenuti dall'analisi sismica.

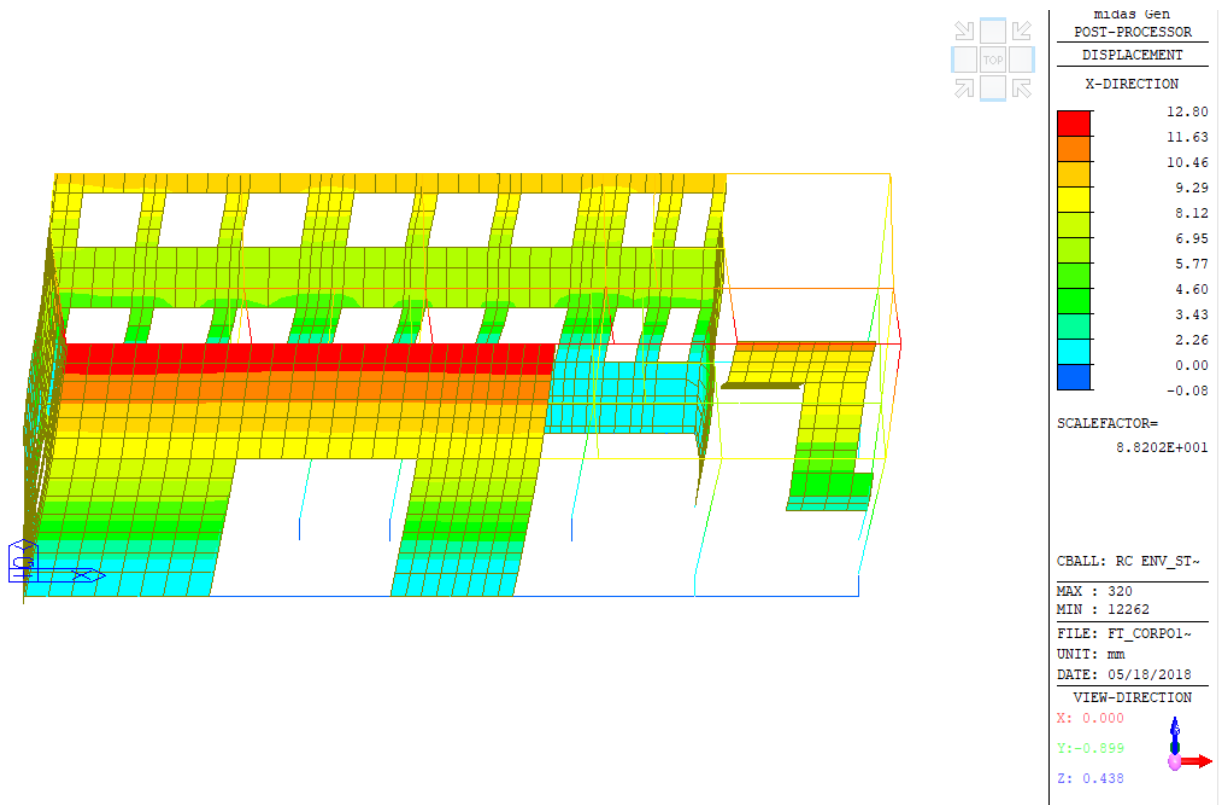


Figura 26 – Contour involucro spostamenti DX [mm]

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

Per sisma in direzione X si ricava uno spostamento massimo in sommità di 12.60 mm da cui si ricava uno spostamento massimo di $1.52 \cdot 12.60 = 19.15$ mm, pari a circa $H/355$ (H =altezza dell'edificio).

Anche nella zona attigua al giunto tecnico col Corpo 2 lo spostamento massimo in sommità in direzione X risulta di 19.15 mm.

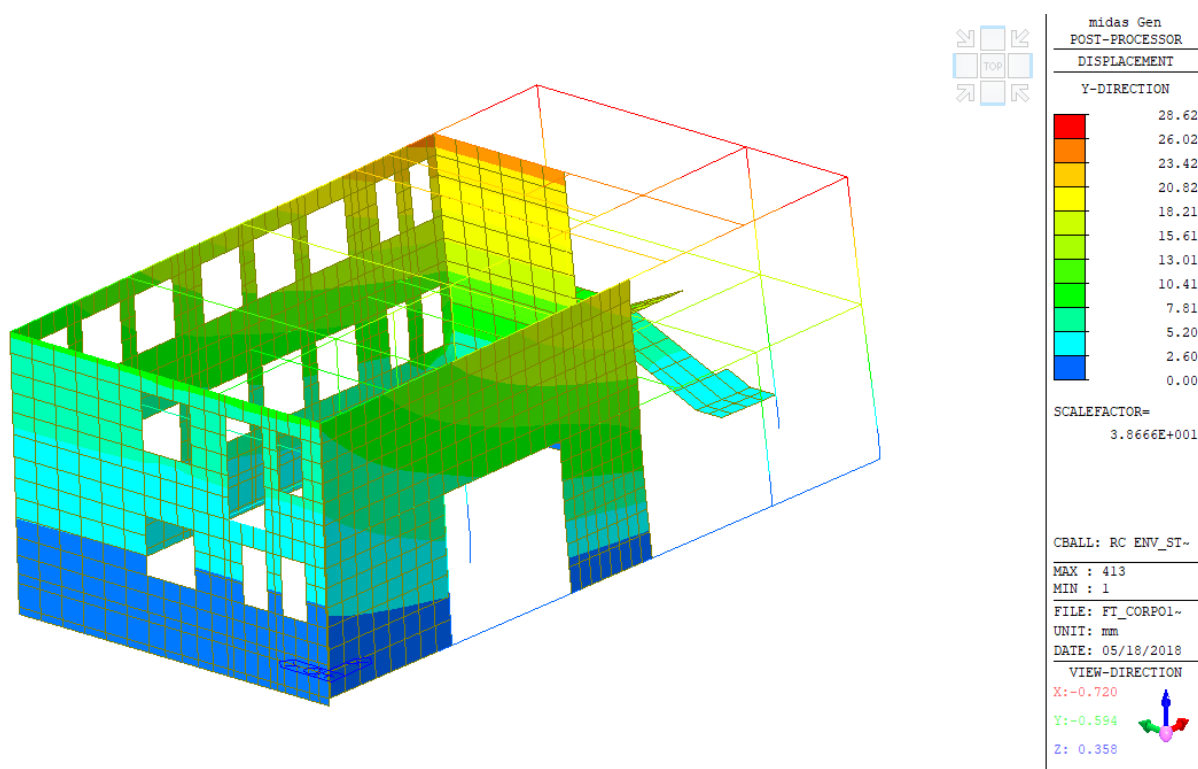


Figura 27 – Contour involucro spostamenti DY [mm]

Per sisma in direzione Y si ricava uno spostamento massimo in sommità di 28.4 mm, da cui si ricava uno spostamento massimo di $1.52 \cdot 28.4 = 43.17$ mm, pari a circa $H/157$, corrispondente ad un punto in cui non si interviene con l'epidermide antisismica. IL cappotto sismico ha spostamento massimo pari a 34 mm ossia $H/200$.

Nella zona caratterizzata dal giunto con la palestra lo spostamento da valutare corrisponde a quello del primo solaio in direzione Y, che risulta $1.52 \cdot 13.1 = 20$ mm.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

9.3.3 VERIFICHE DI RESISTENZA EPIDERMIDE ANTISISMICA

A seguire si riporta la verifica dei setti che caratterizzano il cappotto sismico alle azioni membranali di presso-flessione e taglio determinate dal sisma.

Nelle immagini seguenti si riporta:

- il contour delle azioni verticali Fyy massime di trazione che rappresentano le risultati dell'involuppo delle azioni sismiche di presso-flessione dei setti. I contour di sollecitazione forniti vengono "tagliati" in corrispondenza del valore resistente delle pareti a trazione.
- Il contour delle azioni taglianti Fxy corrispondente all'involuppo delle azioni sismiche di taglio. I contour di sollecitazione forniti vengono "tagliati" in corrispondenza del valore resistente a taglio delle pareti in esame.

I valori resistenti di trazioni e taglio sono quelli determinati nel §9.2.

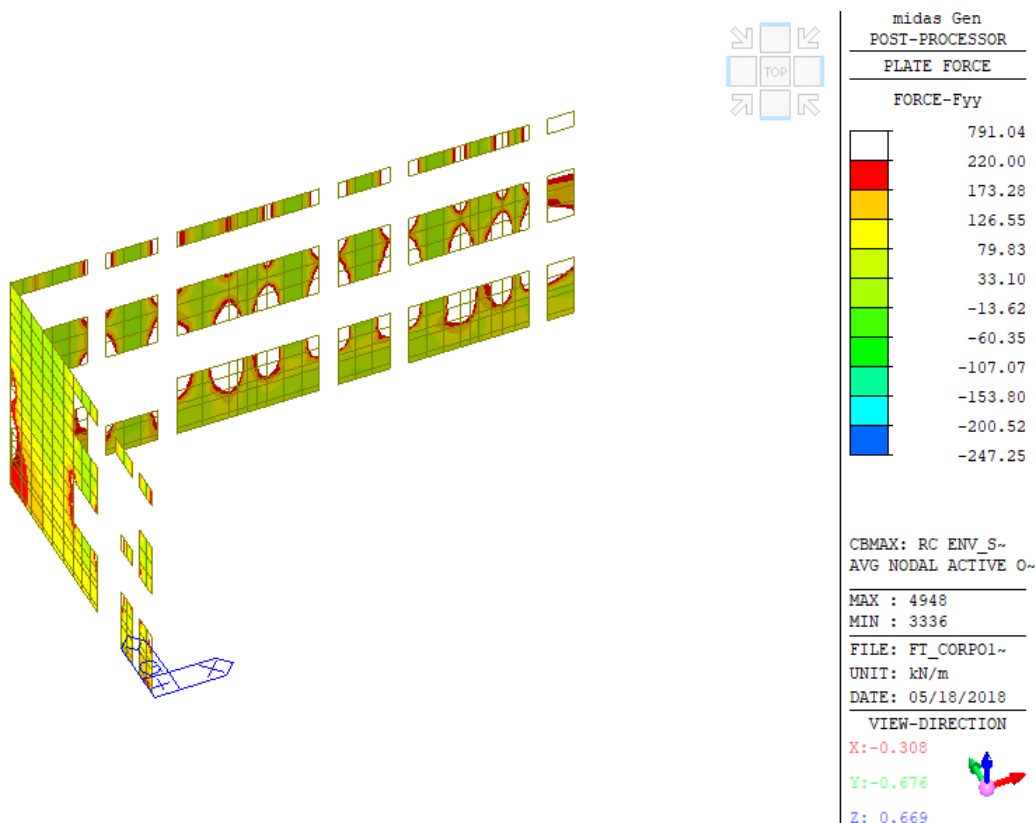


Figura 28 – Corpo 1 - Contour involucro forze membranali verticali massime [kN/m]

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

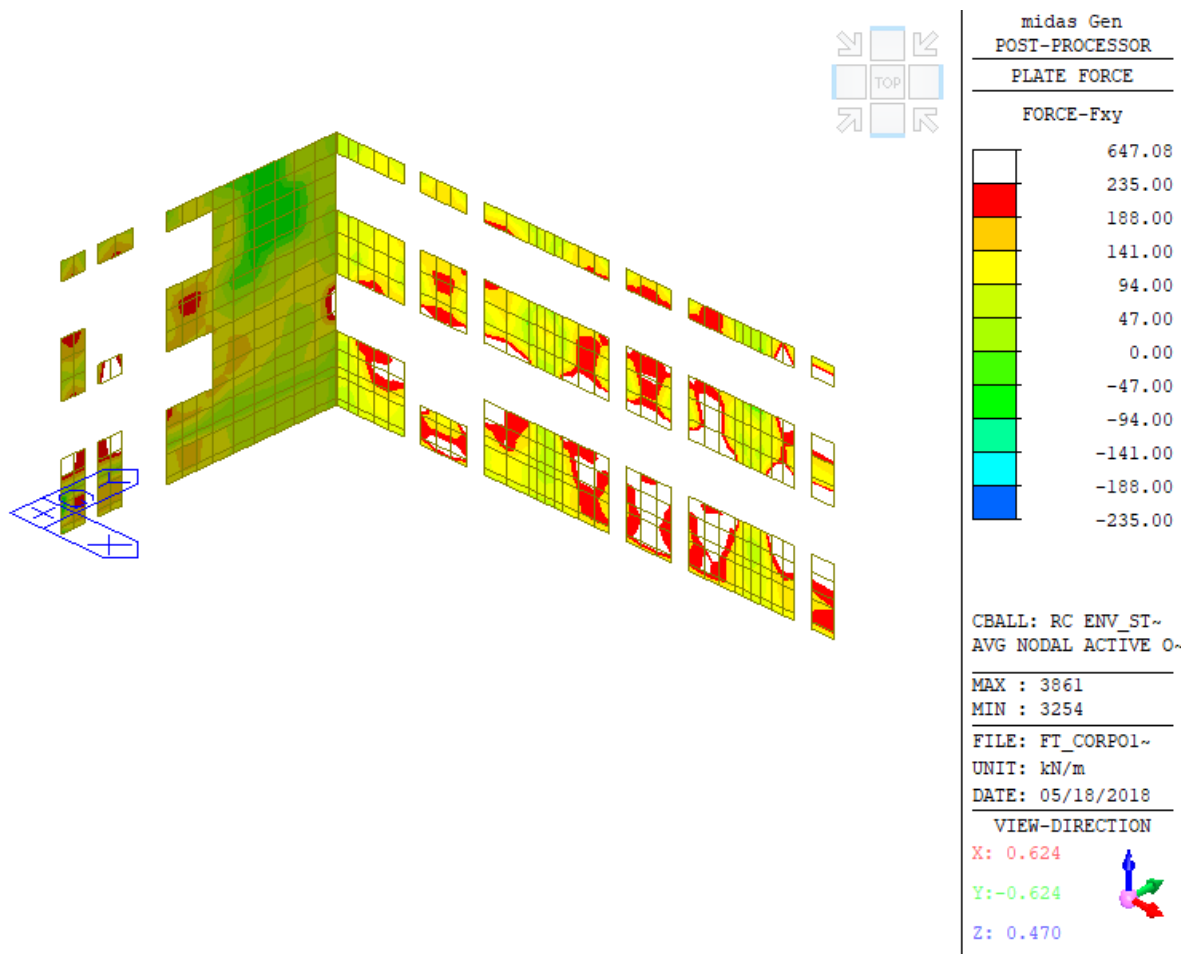


Figura 29 – Corpo 1 -- Contour involucro azioni sismiche di taglio [kN/m]

In generale i punti per cui l'azione sollecitante è maggiore della capacità resistente sono localizzati, nelle posizioni ove le "bolle" bianche hanno dimensione maggiori saranno previste armature integrative.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

Si riportano di seguito gli involuipi dei diagrammi di sollecitazione ottenuti dalle combinazioni di carico sismiche sugli irrigidimenti dell'epidermide antisismica posizionati tra le aperture e modellati come wall.

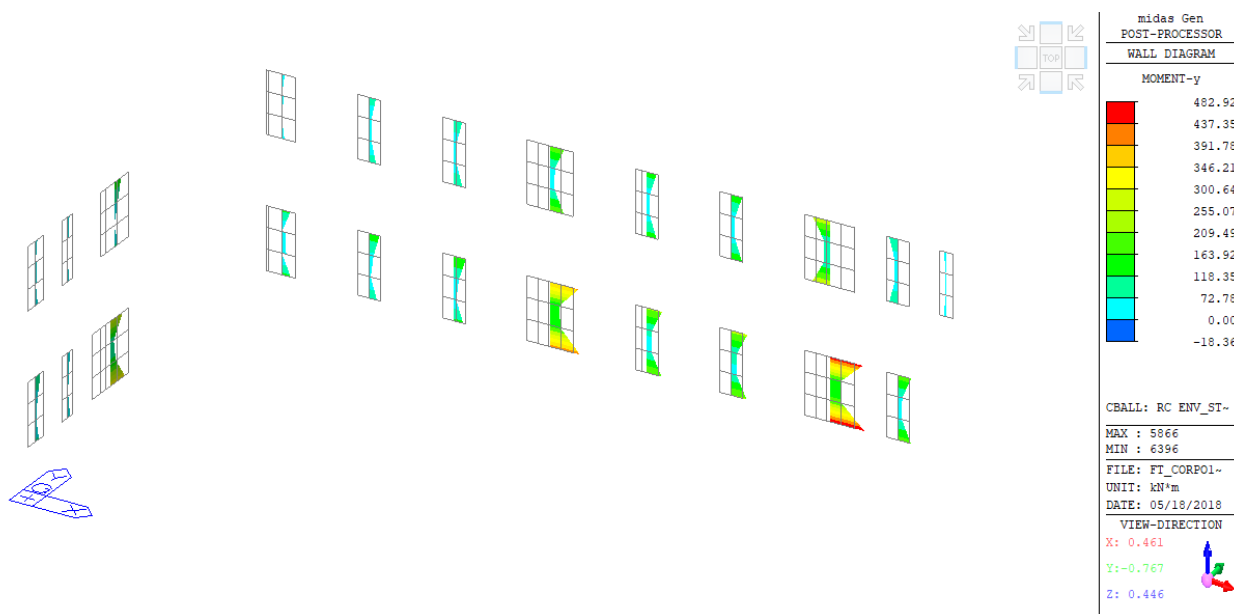


Figura 30 – Momento flettente M_y "wall" corpo 1

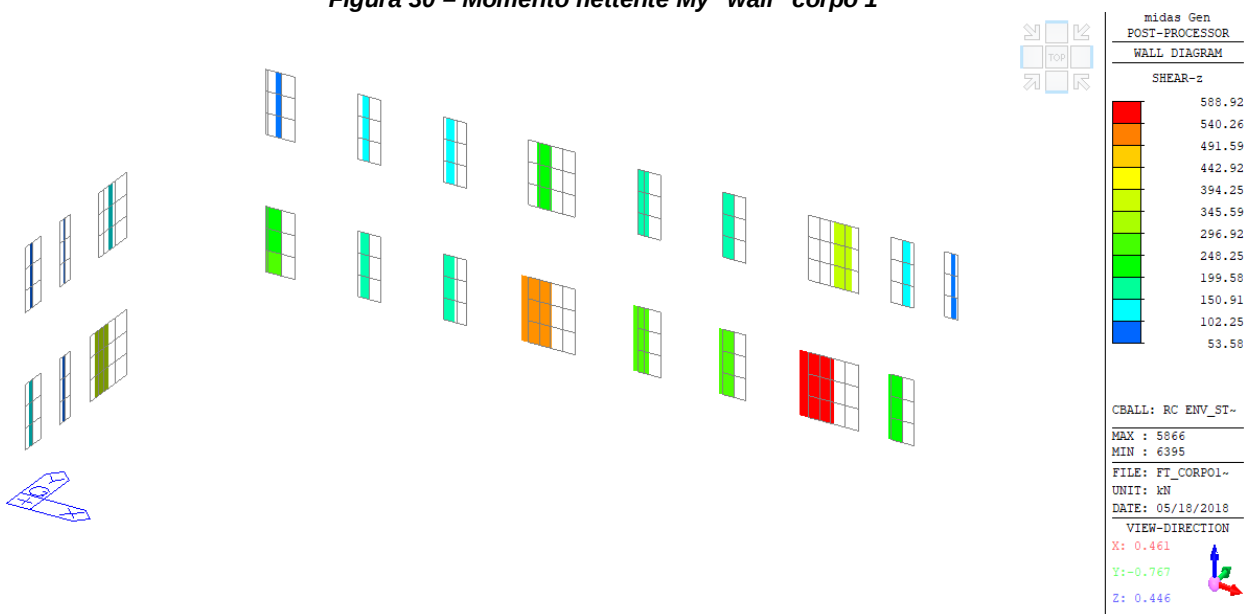


Figura 31 - Taglio T_z "wall" corpo 1

Committente:
Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:
Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.
OL

Control.:
RF

Rev.:
00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

Si verifica l'elemento più sollecitato caratterizzato da una flessione di 480 kNm ed un taglio di 589 kN.

Titolo : rinforzo 15x130-barre d14

N° figure elementari

1

Zoom

N° strati barre

8

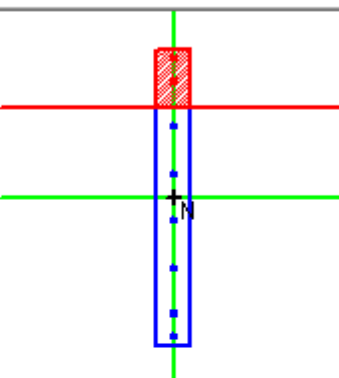
Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	15	130

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4.02	4
2	3.06	14
3	3.08	34
4	3.08	55
5	3.08	96
6	3.08	116

Tipo Sezione

- ☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.



Sollecitazioni

S.L.U.



Metodo n

N_{Ed}

M_{xEd}

M_{yEd}

0 kN

0 kNm

0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm]

xN

yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

- ☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Tipo flessione

- ☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ 0 cm

Col. modello

☐ Precompresso

Materiali

B450C

C25/30

ε_{su} 67.5 ‰

ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391.3 N/mm²

ε_{cu} 3.5 ‰

E_s 200 000 N/mm²

f_{cd} 14.17

E_s/E_c 15

f_{cc} / f_{cd} 0.8

ε_{syd} 1.957 ‰

σ_{c,adm} 9.75

σ_{s,adm} 255 N/mm²

τ_{co} 0.6

τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 563.9 kN m

σ_c -14.17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ε_c 3.5 ‰

ε_s 13.42 ‰

d 126 cm

x 26.06 x/d 0.2068

δ 0.7

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

VERIFICA SODDISFATTA CON ARMATURA A TAGLIO

<i>Caratteristiche dei materiali:</i>			
R_{ck}	30	MPa	Resistenza cubica caratteristica
$f_{ck}=0.83 \cdot R_{ck}$	24.90	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$	14.11	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
γ_c	1.5		Coefficiente di sicurezza sul materiale
<i>Acciaio</i>			
	B450		
f_{yd}	391	MPa	Resistenza di calcolo
<i>Caratteristiche geometriche:</i>			
d	1300	mm	Altezza utile della sezione
b_w	150	mm	Larghezza minima della sezione
A_{sl}	308	mm ²	Armatura tesa longitudinale
<i>Sollecitazioni:</i>			
N_{Ed}	0	kN	Sforzo normale agente (+ di compressione)
V_{Ed}	589	kN	Sforzo di taglio agente
Verifica resistenza a taglio senza armatura trasversale: (§ 4.1.2.1.3.1)			
$k=1+(200/d)^{0.5} \leq 2$	1.39		parametro
$v_{min}=0.035 \cdot k^{1.5} \cdot f_{ck}^{0.5}$	0.29		parametro
$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0.02$	0.16%		Percentuale di armatura longitudinale
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/(b_w \cdot d) \leq 0.2 \cdot f_{cd}$	0.00	MPa	Tensione media di compressione
$V_{Rd}=(0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) b_w \cdot d$			
V_{Rd}	56	kN	Resistenza a taglio senza armatura trasversale
verifica NON soddisfatta, armare a taglio			
Verifica resistenza a taglio con armatura trasversale: (§ 4.1.2.1.3.2)			
$A_{sw-staffe}$	100	mm ²	Area armatura trasversale - staffe
s_{staffe}	80	mm	Passo armature trasversali - staffe
A_{sw-arm}	0	mm ²	Area ferri piegati
s_{arm}	200	mm	Passo ferri piegati
α_{arm}	90	°	ùù
θ	40	°	Angolo di inclinazione puntoni $21,80^\circ < \theta < 45^\circ$
f_{cd}	8.30	MPa	Resistenza a compressione ridotta
α_c	1		Coefficiente maggiorativo
$V_{Rsd}=0.9 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot s \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot sen\alpha$			
$V_{Rsd-staffe}$	682.02	kN	Resistenza a taglio – staffe
$V_{Rsd-arm}$	0.00	kN	Resistenza a taglio – ferri piegati
$V_{Rsd}=V_{Rsd-staffe} + V_{Rsd-arm}$	682.02	kN	Resistenza a taglio - acciaio
$V_{Rcd}=0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\alpha)$			
V_{Rcd}	717.26	kN	Resistenza a taglio – calcestruzzo
$V_{Rd}=\min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	682.02	kN	Resistenza a taglio
verifica soddisfatta			

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

9.4 VERIFICA SISMICA DEL CORPO 2

9.4.1 CARATTERIZZAZIONE DINAMICA CORPO 2

Nel presente capitolo vengono analizzate le caratteristiche dinamiche della sola struttura prevista a progetto per il Corpo 2. Si riportano a seguire due immagini che illustrano i modi di oscillare più significativi dell'edificio; la scala delle deformazioni è stata volutamente accentuata per evidenziare il movimento della struttura.

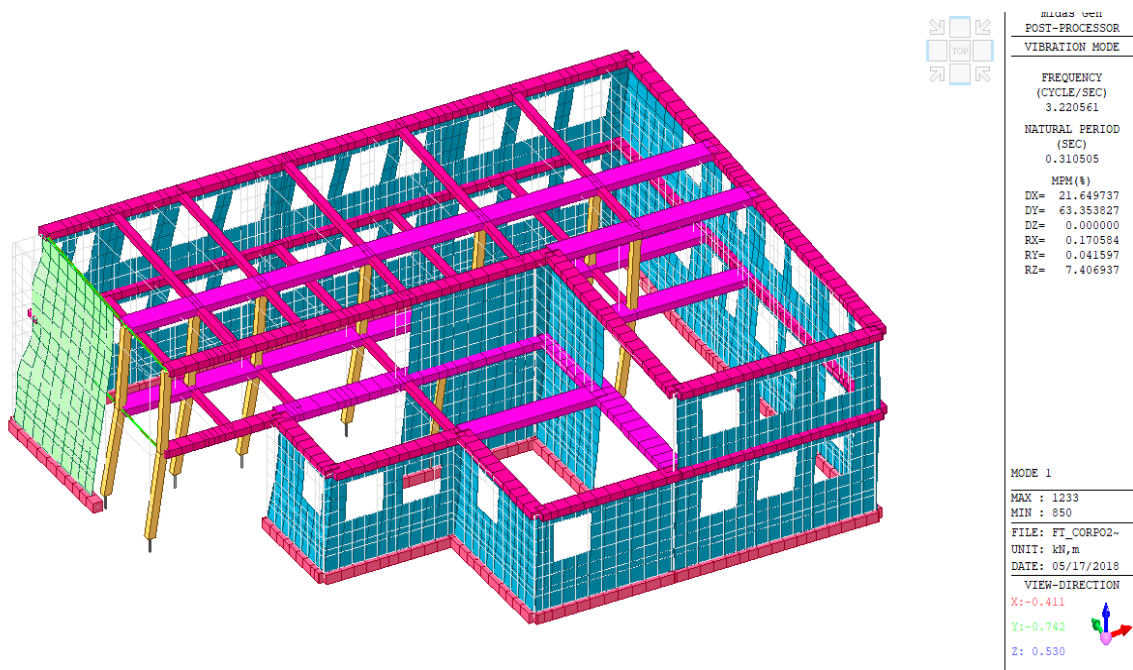


Figura 32 - Primo modo di vibrare della struttura in direzione Y (T=0.31 sec.)

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

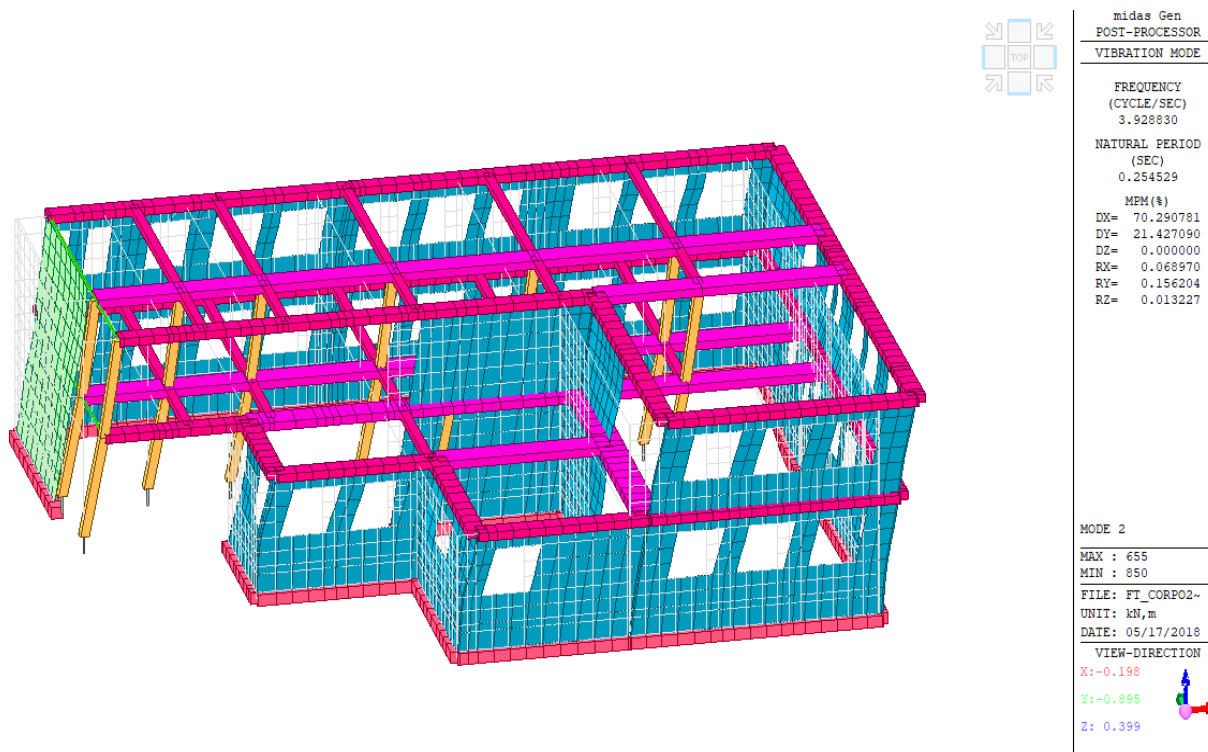


Figura 33 - Quarto modo di vibrare della struttura in direzione X – vista frontale (T=0.25 sec.)

A seguire si riportano le frequenze e i periodi propri della struttura per i primi dieci modi di vibrare.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

Node	Mode	UX		UY		UZ		RX		RY		RZ	
EIGENVALUE ANALYSIS													
	Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
	1	20.2354	3.2206	0.3105		0.0000e+000							
	2	24.6856	3.9288	0.2545		0.0000e+000							
	3	36.5991	5.8249	0.1717		1.4918e-093							
	4	38.6761	6.1555	0.1625		1.6538e-086							
	5	40.0168	6.3689	0.1570		8.4952e-083							
	6	47.5504	7.5679	0.1321		4.1531e-056							
	7	48.7662	7.7614	0.1288		4.3711e-052							
	8	50.2367	7.9954	0.1251		1.2111e-044							
	9	53.3544	8.4916	0.1178		1.3216e-039							
	10	54.8474	8.7292	0.1146		4.6125e-033							
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	21.6497	21.6497	63.3538	63.3538	0.0000	0.0000	0.1706	0.1706	0.0416	0.0416	7.4069	7.4069
	2	70.2908	91.9405	21.4271	84.7809	0.0000	0.0000	0.0690	0.2396	0.1562	0.1978	0.0132	7.4202
	3	0.7084	92.6489	6.8834	91.6643	0.0000	0.0000	0.0295	0.2691	0.0326	0.2304	82.9923	90.4124
	4	0.2555	92.9044	0.0048	91.6691	0.0000	0.0000	0.0033	0.2724	13.6866	13.9170	0.2139	90.6263
	5	0.0000	92.9045	0.1949	91.8639	0.0000	0.0000	13.4219	13.6942	0.0031	13.9201	0.0351	90.6615
	6	0.0052	92.9097	0.0001	91.8640	0.0000	0.0000	0.0165	13.7107	0.4938	14.4139	0.0135	90.6749
	7	0.0003	92.9100	0.0006	91.8646	0.0000	0.0000	0.0060	13.7167	0.0007	14.4146	0.0566	90.7315
	8	0.0001	92.9101	0.1444	92.0090	0.0000	0.0000	8.0630	21.7797	0.0014	14.4160	0.0049	90.7364
	9	0.0566	92.9667	0.0012	92.0102	0.0000	0.0000	0.0181	21.7977	2.3518	16.7679	0.0128	90.7492
	10	0.0771	93.0438	0.0044	92.0146	0.0000	0.0000	0.2738	22.0715	2.8301	19.5980	0.0274	90.7766
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM
	1	238.1536	238.1536	696.9110	696.9110	0.0000	0.0000	0.4753	0.4753	0.1159	0.1159	8075.9732	8075.9732
	2	773.2196	1011.3732	235.7044	932.6154	0.0000	0.0000	0.1922	0.6675	0.4352	0.5511	14.4219	8090.3950
	3	7.7926	1019.1658	75.7191	1008.3345	0.0000	0.0000	0.0823	0.7498	0.0908	0.6419	90488.597	98578.993
	4	2.8108	1021.9766	0.0526	1008.3871	0.0000	0.0000	0.0091	0.7589	38.1351	38.7771	233.2187	98812.211
	5	0.0005	1021.9770	2.1435	1010.5306	0.0000	0.0000	37.3974	38.1563	0.0087	38.7857	38.2956	98850.507
	6	0.0577	1022.0347	0.0010	1010.5317	0.0000	0.0000	0.0459	38.2022	1.3758	40.1615	14.7012	98865.208
	7	0.0031	1022.0379	0.0062	1010.5379	0.0000	0.0000	0.0168	38.2189	0.0021	40.1636	61.6996	98926.908
	8	0.0007	1022.0386	1.5885	1012.1263	0.0000	0.0000	22.4660	60.6849	0.0040	40.1676	5.3341	98932.242
	9	0.6230	1022.6616	0.0136	1012.1399	0.0000	0.0000	0.0504	60.7353	6.5529	46.7204	13.9733	98946.215
	10	0.8480	1023.5096	0.0479	1012.1878	0.0000	0.0000	0.7629	61.4981	7.8856	54.6060	29.8231	98976.038

Tabella 4 - Frequenze e periodi propri del Corpo 2

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

9.4.2 SPOSTAMENTI SISMICI

La valutazione degli spostamenti orizzontali viene effettuata con riferimento all'azione sismica allo stato limite SLV, secondo quanto previsto in NTC §7.3.3.3.

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee} \quad [7.3.8]$$

Dove :

$$\begin{aligned} \mu_d &= q & \text{se } T_1 \geq T_c \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot \frac{T_c}{T_1} & \text{se } T_1 < T_c \end{aligned} \quad [7.3.9]$$

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

Nel caso in esame $T_1=0.31$ s, $T_c=0.502$ s, da cui si ricava che

$$\mu_d = 1 + (q-1) \cdot T_c / T_1 = 1 + (1.5-1) \cdot 0.502 / 0.31 = 1.80 \leq 3.50$$

Di seguito si riportano i contour degli spostamenti ottenuti dall'analisi sismica.

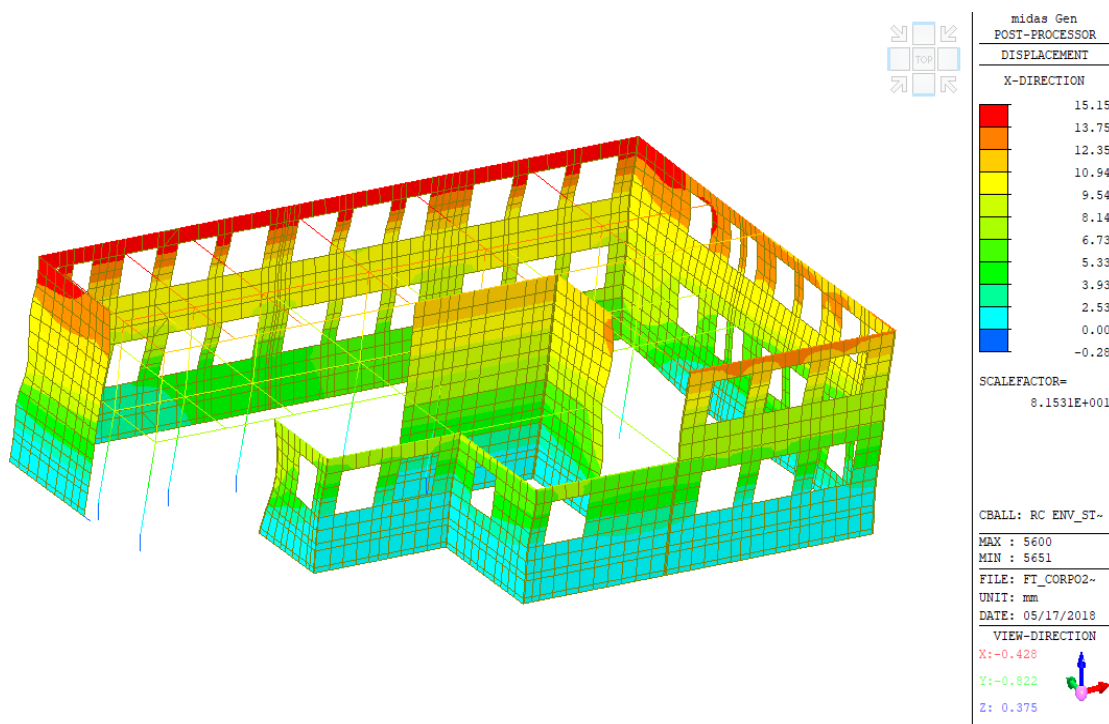


Figura 34 – Contour involucro spostamenti DX [mm]

Per sisma in direzione X si ricava uno spostamento massimo in sommità di 15.15 mm da cui si ricava uno spostamento massimo di $1.80 \cdot 15.15 = 27.3$ mm, pari a circa $H/250$ (H =altezza

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

dell'edificio). Tra l'altro lo spostamento massimo si verifica proprio nella zona attigua al giunto tecnico con Corpo 1.

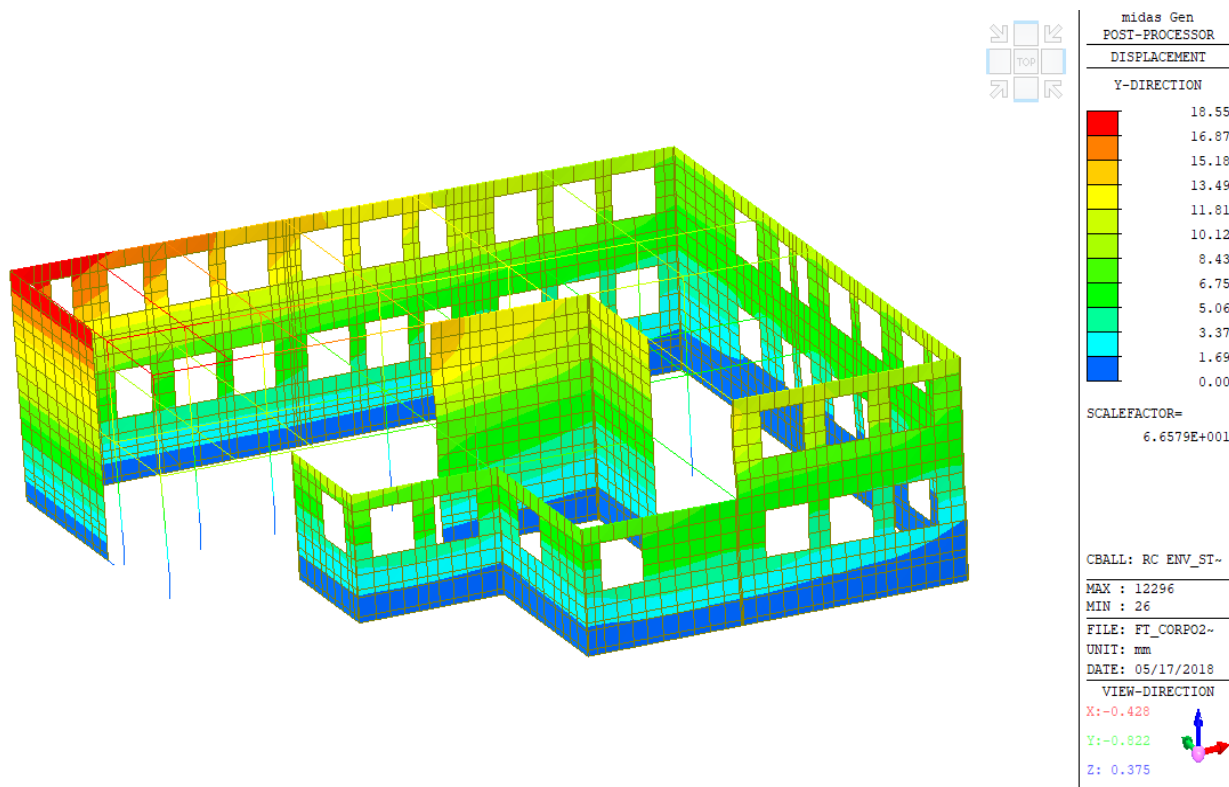


Figura 35 – Contour involucro spostamenti DY [mm]

Per sisma in direzione Y si ricava uno spostamento massimo in sommità di 18.60 mm, da cui si ricava uno spostamento massimo di $1.80 \cdot 18.60 = 33.5$ mm, pari a circa $H/200$.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

9.4.3 VERIFICHE DI RESISTENZA EPIDERMIDE ANTISISMICA

A seguire si riporta la verifica dei setti che caratterizzano il cappotto sismico alle azioni membranali di presso-flessione e taglio determinate dal sisma.

Nelle immagini seguenti si riporta:

- il contour delle azioni verticali Fyy massime di trazione che rappresentano le risultati dell'involuppo delle azioni sismiche di presso-flessione dei setti. I contour di sollecitazione forniti vengono "tagliati" in corrispondenza del valore resistente delle pareti a trazione.
- Il contour delle azioni taglianti Fxy corrispondente all'involuppo delle azioni sismiche di taglio. I contour di sollecitazione forniti vengono "tagliati" in corrispondenza del valore resistente a taglio delle pareti in esame.

I valori resistenti di trazioni e taglio sono quelli determinati nel §9.2.

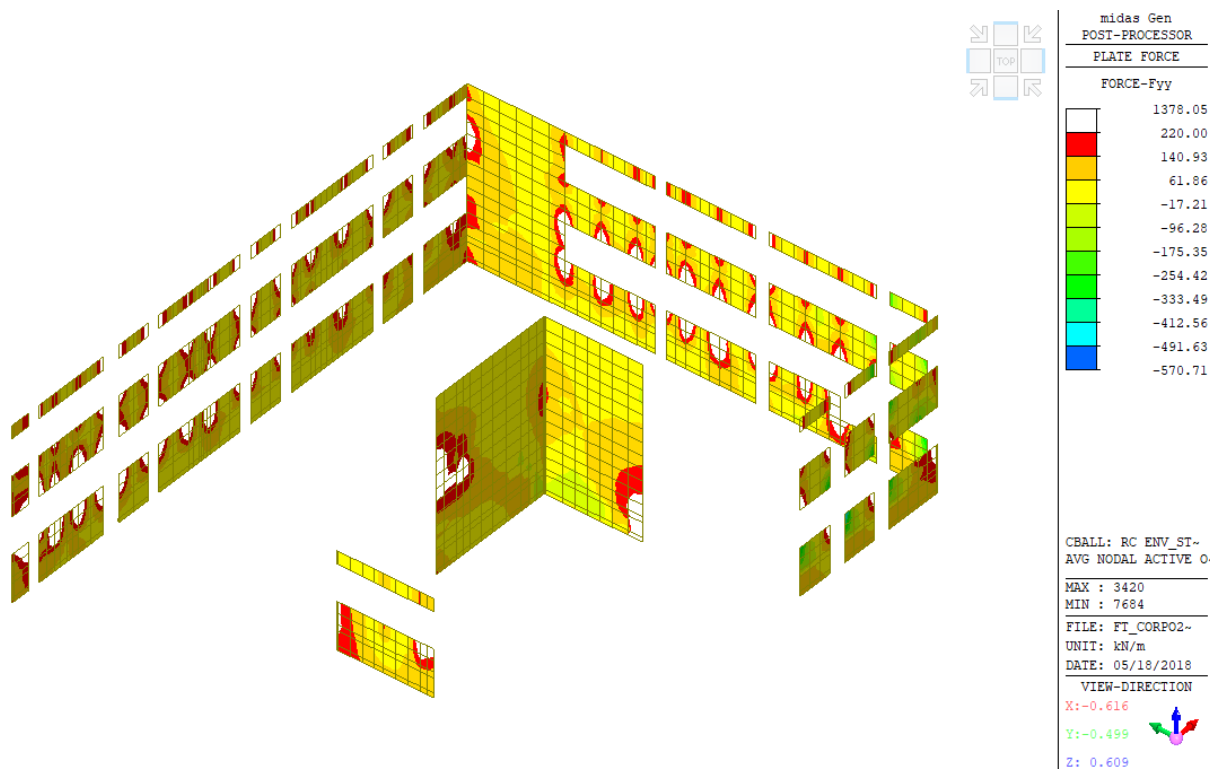


Figura 36 – Corpo 2 - Contour involucro forze membranali verticali massime [kN/m]

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

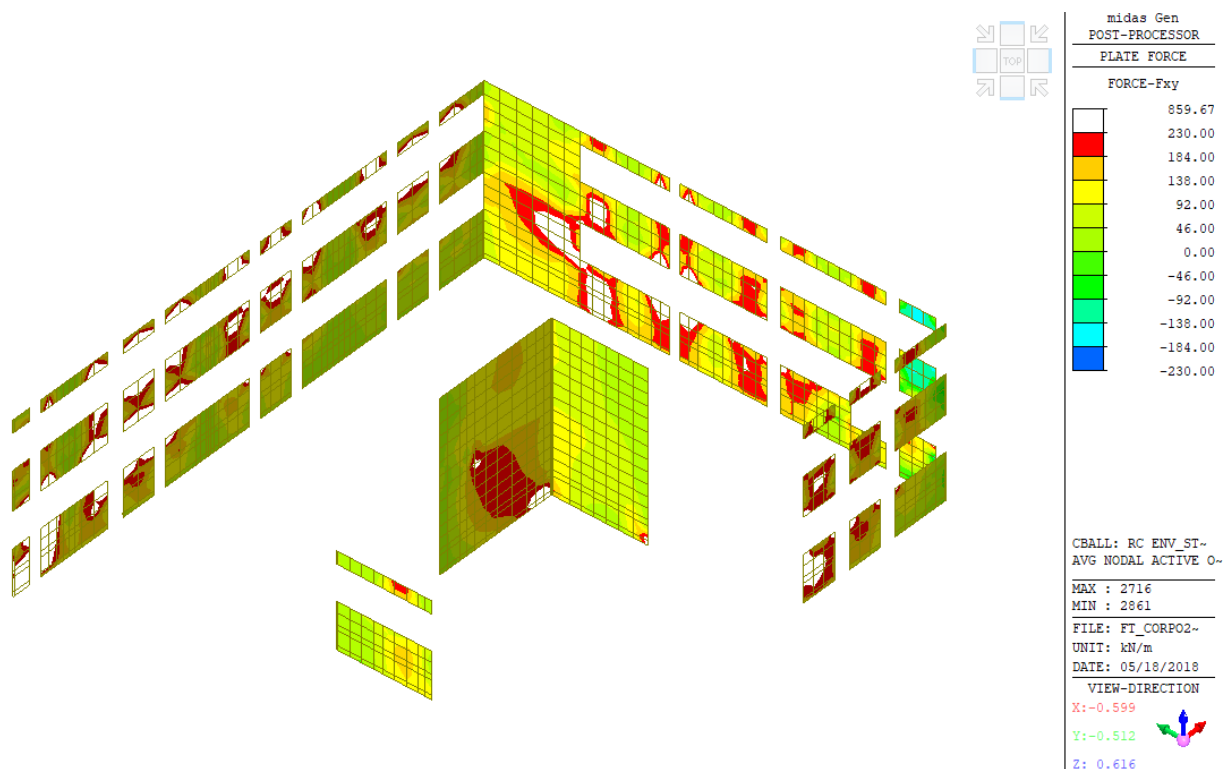


Figura 37 – Corpo 2 -- Contour involucro azioni sismiche di taglio [kN/m]

In generale i punti per cui l'azione sollecitante è maggiore della capacità resistente sono localizzati, nelle posizioni ove le "bolle" bianche hanno dimensione maggiori saranno previste armature integrative.

Committente:
Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:
Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.
OL

Control.:
RF

Rev.:
00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

Si riportano di seguito gli involuپی dei diagrammi di sollecitazione ottenuti dalle combinazioni di carico sismiche sugli irrigidimenti dell'epidermide antisismica, posizionati tra le aperture e modellati come wall.

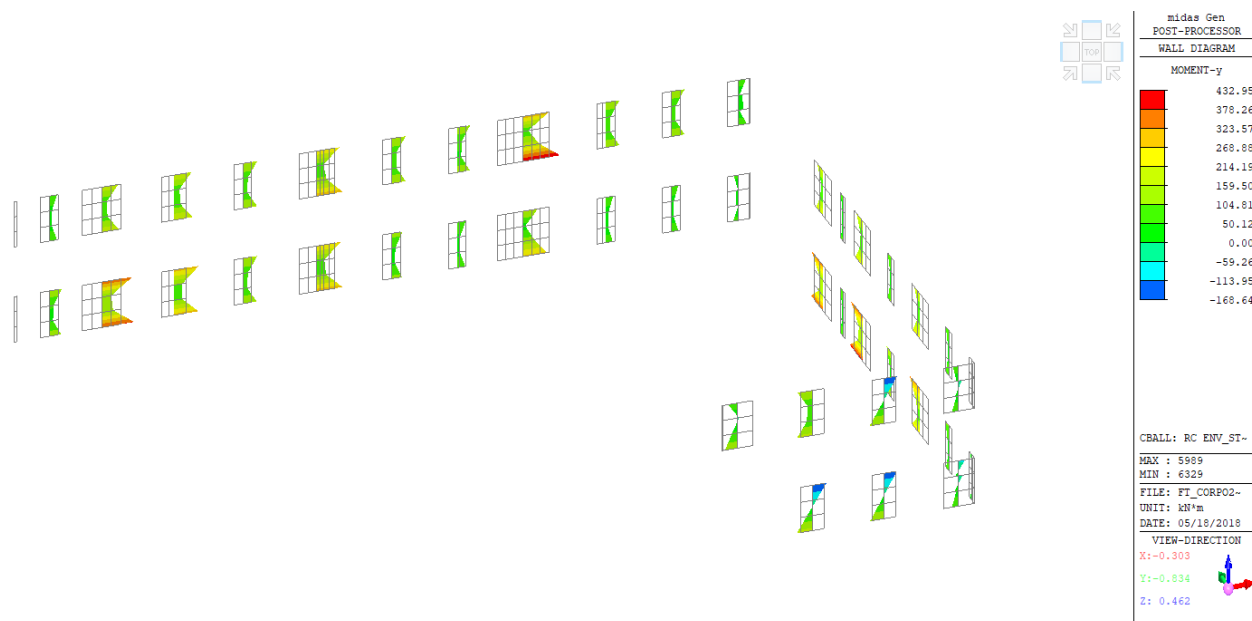


Figura 38 – Momento flettente M_y "wall" corpo 2

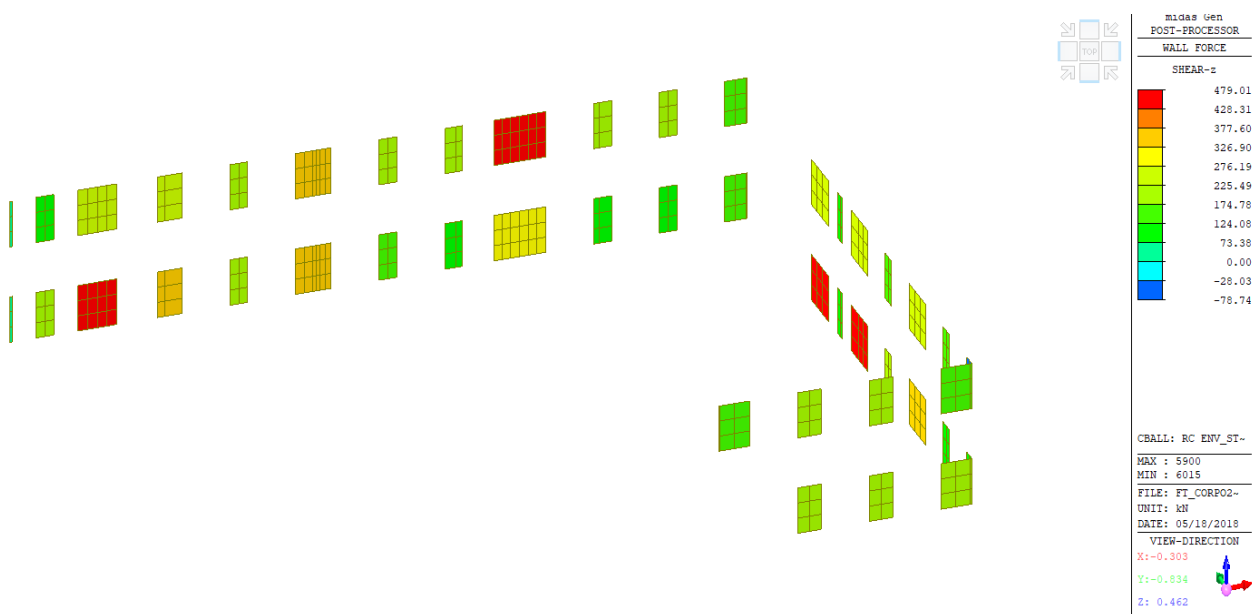


Figura 39 – Taglio sismico F_z "wall" corpo 2

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

Si verifica l'elemento più sollecitato caratterizzato da una flessione di 432 kNm ed un taglio di 480 kN.

Titolo : pilastrino_15x160_d12

N° figure elementari

1

Zoom

N° strati barre

10

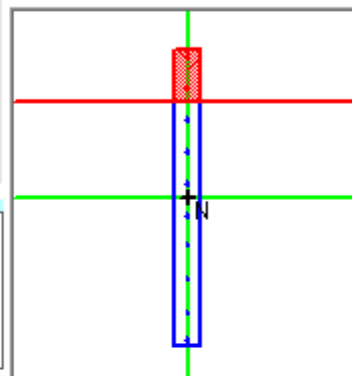
Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	15	175

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2.26	4
2	2.26	23
3	2.26	42
4	2.26	61
5	2.26	80
6	2.26	99

Tipo Sezione

- ☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.



Sollecitazioni

S.L.U.



Metodo n

N_{Ed}

M_{xEd}

M_{yEd}

0 kN

0 kNm

0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm]

xN 0

yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

- ☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Tipo flessione

- ☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ 0 cm

Col. modello

☐ Precompresso

Materiali

B450C

C25/30

ε_{su} 67.5 ‰

f_{yd} 391.3 N/mm²

E_s 200 000 N/mm²

E_s/E_c 15

ε_{syd} 1.957 ‰

σ_{s,adm} 255 N/mm²

ε_{c2} 2 ‰

ε_{cu} 3.5 ‰

f_{cd} 14.17

f_{cc}/f_{cd} 0.8

σ_{c,adm} 9.75

τ_{co} 0.6

τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 663.3 kN m

σ_c -14.17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ε_c 3.5 ‰

ε_s 15.65 ‰

d 172 cm

x 31.44 x/d 0.1828

δ 0.7

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

VERIFICA SODDISFATTA CON ARMATURA A TAGLIO

Caratteristiche dei materiali:				
R _{ck}	30	MPa	Resistenza cubica caratteristica	
f _{ck} =0.83·R _{ck}	24.90	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica	
f _{cd} =f _{ck} /γ _c	14.11	MPa	Resistenza di calcolo a compressione	
γ _c	1.5		Coefficiente di sicurezza sul materiale	
Acciaio	B450			
f _{yd}	391	MPa	Resistenza di calcolo	
Caratteristiche geometriche:				
d	1750	mm	Altezza utile della sezione	
b _w	150	mm	Larghezza minima della sezione	
A _{sl}	226	mm ²	Armatura tesa longitudinale	
Sollecitazioni:				
N _{Ed}	0	kN	Sforzo normale agente (+ di compressione)	
V _{Ed}	480	kN	Sforzo di taglio agente	
Verifica resistenza a taglio senza armatura trasversale: (§ 4.1.2.1.3.1)				
k=1+(200/d) ^{0.5} ≤ 2	1.34		parametro	
v _{min} =0.035·k ^{1.5} ·f _{ck} ^{0.5}	0.27		parametro	
ρ _l = A _{sl} /(b _w ·d) ≤ 0.02	0.09%		Percentuale di armatura longitudinale	
σ _{cp} = N _{Ed} /(b _w ·d) ≤ 0.2·f _{cd}	0.00	MPa	Tensione media di compressione	
V _{Rd} =(0.18·k·(100·ρ _l ·f _{ck}) ^{0.33} /γ _c +0.15·σ _{cp})b _w ·d ≥ (v _{min} +0.15·σ _{cp})b _w ·d				
V _{Rd}	71	kN	Resistenza a taglio senza armatura trasversale	
verifica NON soddisfatta, armare a taglio				
Verifica resistenza a taglio con armatura trasversale: (§ 4.1.2.1.3.2)				
A _{sw-staffe}	100	mm ²	Area armatura trasversale - staffe	
S _{staffe}	100	mm	Passo armature trasversali - staffe	
A _{sw-arm}	0	mm ²	Area ferri piegati	
S _{arm}	200	mm	Passo ferri piegati	
α _{arm}	90	°	ùù	
θ	45	°	Angolo di inclinazione puntoni 21,80°<θ<45°	
f _{cd}	8.30	MPa	Resistenza a compressione ridotta	
α _c	1		Coefficiente maggiorativo	
V _{Rsd} =0.9·d·A _{sw} /s·f _{yd} ·(ctgα+ctgθ)·senα				
V _{Rsd-staffe}	616.30	kN	Resistenza a taglio – staffe	
V _{Rsd-arm}	0.00	kN	Resistenza a taglio – ferri piegati	
V _{Rsd} =V _{Rsd-staffe} + V _{Rsd-arm}	616.30	kN	Resistenza a taglio - acciaio	
V _{Rcd} =0.9·d·b _w ·α _c ·f _{cd} ·(ctgα+ctgθ)/(1+ctg ² α)				
V _{Rcd}	980.44	kN	Resistenza a taglio – calcestruzzo	
V _{Rd} =min(V _{Rsd} ;V _{Rcd})	616.30	kN	Resistenza a taglio	
verifica soddisfatta				

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:

18017 - BIG

10 SPOSTAMENTI MASSIMI CORPI DI FABBRICA

10.1 GIUNTO TRA CORPO 1 E CORPO 2

Sulla base degli spostamenti sismici determinati per i due corpi ai Par 9.3.2 e 9.4.2, l'ampiezza minima del giunto dovrebbe essere di

$$\Delta_{\text{MIN}} = 19.15 + 27.3 = 46.50 \text{ mm}$$

Allo stato attuale, l'ampiezza del giunto tecnico tra il corpo 1 e il corpo 2 è di circa 6-7 cm ed è quindi sufficiente per evitare fenomeni di martellamento tra corpi adiacenti.

Le strutture previste a progetto dovranno essere realizzate in modo tale da preservare un giunto con ampiezza minima di 50 mm.

10.2 GIUNTO TRA CORPO 1 E FABBRICATO ANTISTANTE

In adiacenza al corpo 1 è presente un fabbricato costruito in epoca successiva. Per evitare fenomeni di martellamento tra i due corpi sarà necessario prevedere un giunto di adeguato spessore.



Figura 40 – Localizzazione del giunto tra corpo 1 ed edificio antistante

Lo spostamento massimo del Corpo 1 è di 20 mm in direzione Y, lo spostamento del corpo palestra si ottiene invece impiegando la formula del §7.2.1 dell'NTC 18:

$$s_p = H/100(2 \cdot a_g \cdot S/g) = 350/100(2 \cdot 0.273g \cdot 1.305/g) = 25 \text{ mm}$$

Per evitare fenomeni di martellamento tra il corpo 1 e l'edificio antistante, occorre verificare che il giunto abbia un'apertura almeno di circa 5 cm.

Committente:

Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:

Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.

OL

Control.:

RF

Rev.:

00

Commessa:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'adeguamento sismico della scuola primaria "Fiume Piave", sito in località Bigolino (comune di Valdobbiadene)

n° Comm/Prot.:
18017 - BIG

Il Tecnico
Ing. Raffaele Fuser



Committente:
Comune di
Valdobbiadene

Tipo di relazione:
Relazione di calcolo delle strutture

Redaz.
OL

Control.:
RF

Rev.:
00