



COMUNE DI PADOVA
SETTORE LAVORI PUBBLICI

LLPP EDP 2017/111

SISTEMAZIONE SPOGLIATOI
IMPIANTO SPORTIVO "W. PETRON"

PROGETTO ESECUTIVO

IMPORTO COMPLESSIVO € 500.000,00

ELABORATO:

PROGETTO DELLE STRUTTURE
RELAZIONE DI CALCOLO

PROGRESSIVO N :

19

RUP

ING. STEFANO BENVEGNÙ

COLLABORAZIONE ALLA PROGETTAZIONE

ING. CLAUDIO ROSSI

CAPO SETTORE

ING. MASSIMO BENVENUTI

SCALA:

DATA: 01/2019

AGGIORN.:

PROGETTISTI:

ing. MAURO FERRARESE

Via Crescini, 63 - 35126 Padova

tel 335.6525898 - E.MAIL mauro.ferrarese@alice.it

pec: mauro.ferrarese@ingpec.eu



ARCH. ALBERTO RUFFATTO

ING. LORIS RUFFATO

ING. ANDY MARCHIORI

CODIFICA FILE:

APPR_19_ST_R03_
relaz_calcolo

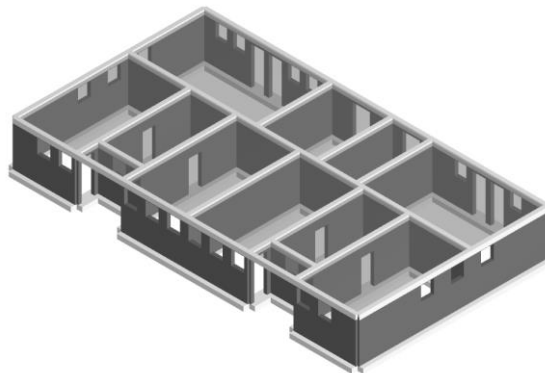
ELABORATO N :

STR03

COMUNE DI:
PADOVA

PROVINCIA DI:
PADOVA

COMMITTENTE:
COMUNE DI PADOVA
SETTORE EDILIZIA PUBBLICA
ED IMPIANTI SPORTIVI
Via Tommaseo 60, Padova



PROGETTO:
NUOVI SPGLIATOI PRESSO IMPIANTI SPORTIVI PETRON
Vicolo san Massimo, 17a (Padova)

PROGETTO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE

TITOLO:

**RELAZIONE DI CALCOLO
DELLE STRUTTURE**

ELABORATO:

REL.S

DATA:

GENNAIO 2019

REVISIONE:

00

REVISIONI

FILE:07_M_18_REL_PETRON

N°	OGGETTO	DATA	SOST.REV.	
1				REDATTO: MF
2				VERIFICATO: MF
3				VALIDATO: MF
				CODICE: 07_M_2018

PROGETTISTA

TIMBRO E FIRMA

Ing. MAURO FERRARESE

Via Crescini, 63 - 35126 PADOVA
tel. e fax 049/75.61.53 - cell. 335/65.25.898
mauro.ferrarese@alice.it

COLLABORATORE

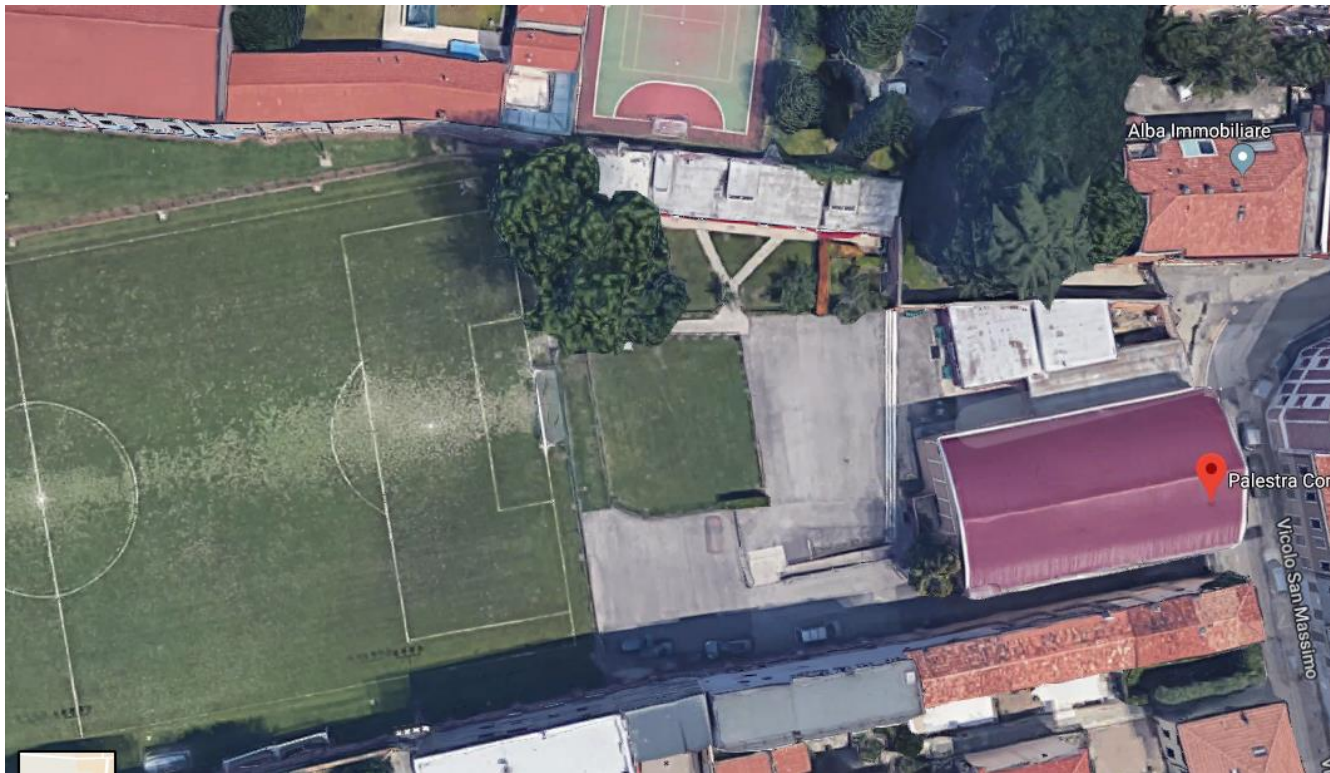


1. INDICE

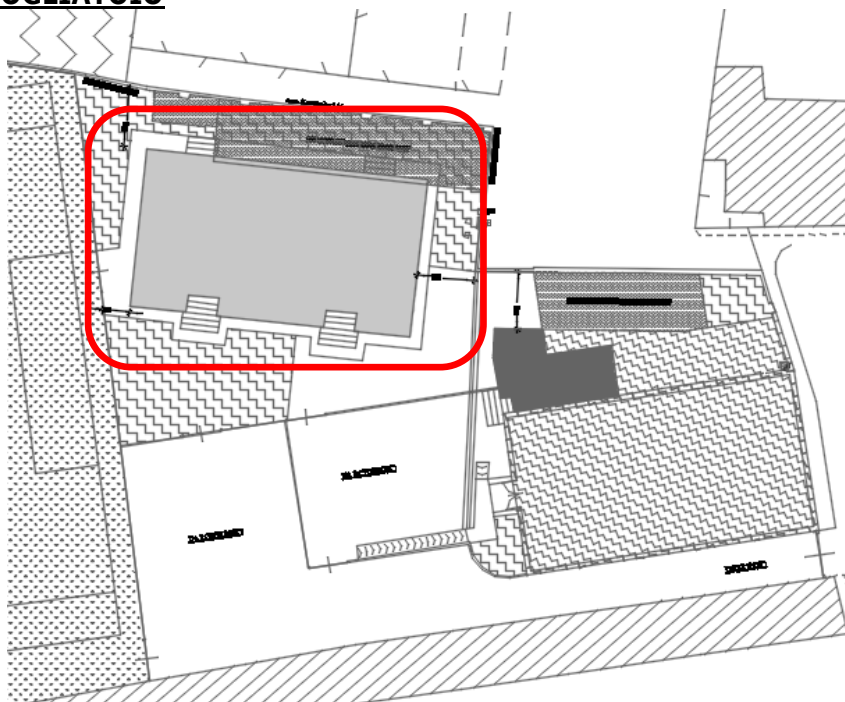
1. INDICE.....	2
2. PREMESSE E DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
2.1 NUOVO SPOGLIATOIO	3
2.2 ASPETTI SISMICI.....	4
2.3 ASPETTI GEOTECNICI	4
3. CRITERI DI CALCOLO E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	5
4. MATERIALI	6
4.1 CALCESTRUZZO C25/30 PER FONDAZIONI	6
4.2 CALCESTRUZZO C28/35 PER PILASTRI, TRAVI, CORDOLI.....	6
4.3 ACCIAIO DA C.A. B450C	6
4.4 ACCIAIO DA CARPENTERIA S275.....	6
4.5 MURATURA PORTANTE	6
5. PRINCIPALI AZIONI SULLE NUOVE STRUTTURE	7
5.1 PREMESSE.....	7
5.2 AZIONI SULLE COSTRUZIONI	7
6. NUOVO SPOGLIATOIO	9
6.1 ANALISI PUSH OVER - MODELLAZIONE	9
6.1.1 <i>Descrizione del modello - Geometria del modello</i>	9
6.1.2 <i>Elementi di struttura</i>	10
6.1.3 <i>Telaio equivalente</i>	11
6.1.4 <i>Carichi</i>	19
6.2 ANALISI INCREMENTALE A COLLASSO	20
6.2.1 <i>Descrizione analisi pushover</i>	20
6.2.2 <i>Risultati</i>	21
6.2.3 <i>Dettaglio verifiche</i>	23
6.2.4 <i>Pressoflessione fuori piano</i>	23
6.2.5 <i>Dettaglio verifiche</i>	25
6.2.6 <i>Verifica statica</i>	27
6.3 GENERALITA' PER ANALISI STATICA EQUIVALENTE.....	34
6.4 SPOGLIATOIO - MODELLAZIONE	35
6.4.1 <i>Lista materiali utilizzati</i>	35
6.4.2 <i>Riepilogo delle sezioni utilizzate nel modello strutturale</i>	35
6.4.3 <i>Carichi per elementi trave, trave di fondazione e reticolare</i>	35
6.4.4 <i>Carichi per elementi bidimensionali</i>	36
6.4.5 <i>Combinazioni di carico</i>	36
6.5 IMPALCATO DI COPERTURA	37
6.6 RISULTATI FONDAZIONI C.A. - PLATEA SP. 30 CM	43
ALLEGATO 1: INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO	46
CODICE DI CALCOLO ADOTTATO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI.....	46

2. PREMESSE E DESCRIZIONE DELLE OPERE

La relazione riporta i criteri generali seguiti nella progettazione esecutiva delle strutture nell'ambito della realizzazione di "NUOVI SPOGLIATOI PRESSO GLI IMPIANTI SPORTIVI "PETRON" in Vicolo San Massimo 17a Padova.



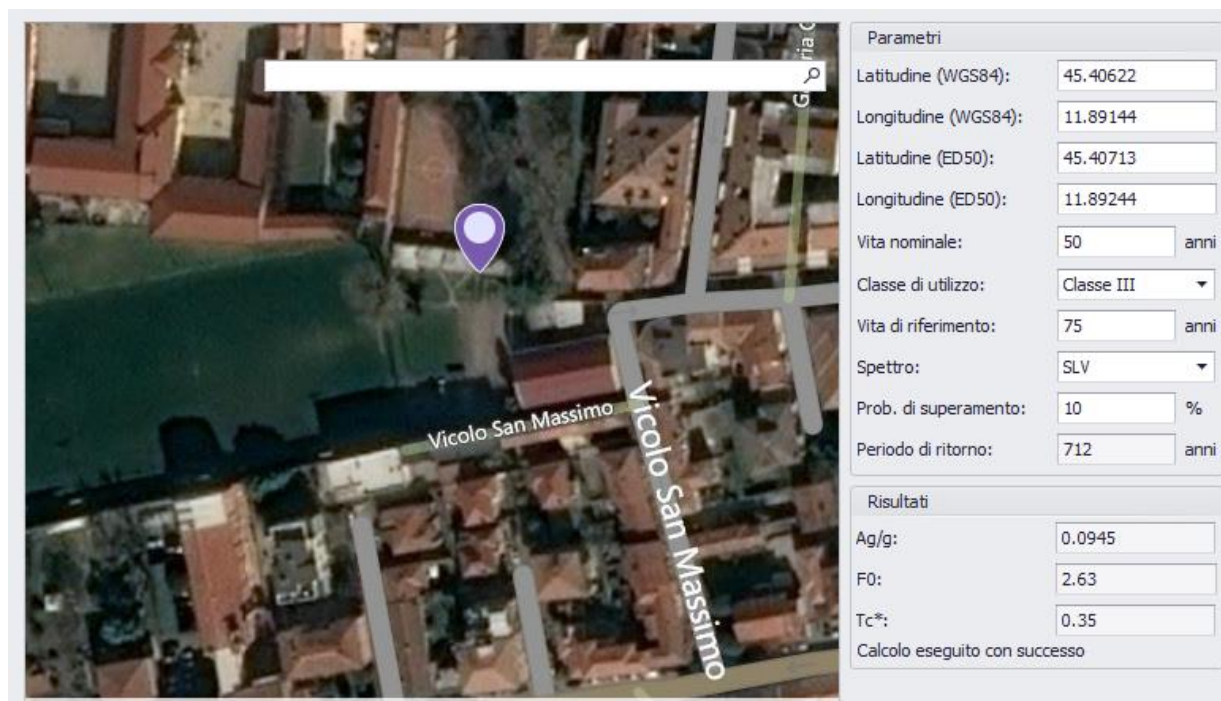
2.1 NUOVO SPOGLIATOIO



Il nuovo corpo di fabbrica ad un piano fuori terra è costruito fuori dal sedime degli spogliatoi esistenti (da demolire), a distanza dalle murature che delimitano l'area. Sono previsti in muratura portante, con muratura in mattoni semipieni (foratura <45%) di spessore 25 cm, impostata su fondazione di tipo superficiale a platea di spessore 30 cm. Il solaio di copertura trova appoggio sulle murature opportunamente dotate di cordolo in c.a.. Il solaio sarà del tipo predalles a lastre prefabbricata di spessore 5+20+5 cm per totali 30 cm.

2.2 ASPETTI SISMICI

In merito agli aspetti sismici sottolineiamo che Il Comune di Padova è classificato sismico in zona 4 secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003. Dalla data 01 luglio 2009 sono entrate in vigore le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 e le successive modifiche in vigore dal 2018 che forniscono puntualmente nel territorio nazionale i valori dei parametri sismici necessari all'individuazione degli spettri di risposta corrispondenti ai diversi stati limite da considerare nel dimensionamento e verifica delle strutture. Di seguito si riportano i valori dei parametri sismici per il sito dell'edificio in oggetto per il quale si è adottata classe d'uso III .



Sismicità del luogo di intervento

2.3 ASPETTI GEOTECNICI

In data 25 giugno 2018 sono state commissionate ed eseguite le seguenti indagini svolte da GEODIS s.r.l. - Mirano (VE) – via G. Matteotti, 20:

- prova penetrometrica statica di tipo meccanico (CPT) spinta fino a 15m da p.c.;
- prova geofisica HVSR.

I documenti relativi (RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 17 GENNAIO 2018 e RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DEL D.M. 17 GENNAIO 2018) sono allegati alla presente relazione.

I risultati delle indagini possono, ai fini del calcolo strutturale essere così sintetizzati:

- Categoria di Sottosuolo denominata B:

B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
----------	--

- Problema di liquefazione dei terreni assente;
- Profondità falda misurata dal piano campagna: -2.27 m
- Fino alla profondità di -1.60 m dal piano campagna si può considerare cautelativamente un terreno di tipo coesivo con Cu (coesione non drenata) pari a 51 KPa (0.5 kg/cmq, 5 t/mq)

3. CRITERI DI CALCOLO E NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

In generale ai fini della sicurezza saranno adottati i criteri contemplati dal metodo agli STATI LIMITE. La valutazione dei valori massimi e minimi dei parametri di sollecitazione è stata eseguita considerando le combinazioni più sfavorevoli delle singole azioni.

Si è fatto riferimento in generale per quanto possibile alla normativa italiana e alle norme ed istruzioni elencate nel seguito.

D.M. LL.PP 14.01.2008

Norme Tecniche per le Costruzioni

D.M. LL.PP 17.01.2018

Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"

**CIRCOLARE DEL CONSIGLIO SUPERIORE
DEI LAVORI PUBBLICI**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. LL.PP del 14.01.2008.

O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

D.G.R.V. n. 71 del 22.01.2008

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"- Direttive per l'applicazione. Adozione del provvedimento n° 96/CR del 7 agosto 2006

4. MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO C25/30 PER FONDAZIONI

Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} R_{ck} \times 0.83 / \gamma_c = 14.11 \text{ MPa} = 144 \text{ kg/cm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ MPa} = 12.2 \text{ kg/cm}^2$ $f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.55

4.2 CALCESTRUZZO C28/35 PER PILASTRI, TRAVI, CORDOLI

Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} R_{ck} \times 0.83 / \gamma_c = 16.46 \text{ MPa} = 168 \text{ kg/cm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ MPa} = 13.5 \text{ kg/cm}^2$ $f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$
Classe di esposizione:	XC3
Rapporto acqua/cemento max:	0.55

4.3 ACCIAIO DA C.A. B450C

Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ MPa} = 3835 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_s = 1.15$
Modulo di elasticità'	$E_s = 200000 \text{ MPa} = 1960000 \text{ kg/cm}^2$

4.4 ACCIAIO DA CARPENTERIA S275

Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 275 / 1.05 \text{ MPa} = 2566 \text{ kg/cm}^2$
Modulo di elasticità'	$E_s = 210000 \text{ MPa} = 2058210 \text{ kg/cm}^2$

4.5 MURATURA PORTANTE

Classe malta	$\geq M5$
Percentuale foratura elemento muratura:	$\leq 45\%$
Resistenza minima elemento muratura	$\geq 6,00 \text{ Mpa}$
Resistenza minima muratura:	$\geq 15,00 \text{ Mpa}$

5. PRINCIPALI AZIONI SULLE NUOVE STRUTTURE

5.1 PREMESSE

Il progetto e verifica del fabbricato sono condotti mediante analisi statica non lineare (push over) e con analisi statica equivalente per il dimensionamento e verifica della platea di fondazione e di eventuali singoli elementi strutturali

Ai sensi del par. 2.4.1 delle D.M. 14.01.2008 si prevede una vita nominale dell'opera V_n pari 50 anni.

Si è adottato per l'edificio la classe d'uso III a cui corrisponde un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a: $V_r = V_n \cdot C_u = 712$ anni.

La categoria di sottosuolo adottata è la B.

5.2 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

G1 *Permanenti (peso proprio)*

Calcestruzzo	2500	kg/mc
Muratura esterna con faccia a vista e cordolo	1260	kg/m
Muratura testate, cordolo e tamponamento superiore	1600	kg/m
Peso proprio solaio copertura spogliato	350	kg/mq

G2 *Permanenti (elementi non strutturali)*

Permanenti copertura spogliato	200	kg/mq
Permanenti piano terra spogliato	200	kg/mq

Q *Variabili*

Variabili piano terra spogliato	300	kg/mq
---------------------------------	-----	-------

➤ Variabile Neve:	82	kg/mq
--------------------------	----	-------

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Provincia : Padova

Zona : IIIm

Altitudine : 300 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 102 \text{ kg/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: ad una falda ($\alpha_{\max} = 22^\circ$)

Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 81.6 \text{ kg/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 81.6 \text{ kg/m}^2$$

La neve prevede due casi di carico per coperture cilindriche (circolare 02.02.2009 n.617 – paragrafo C3.4.5.5) che di seguito nella modellazione sono indicate come neve simmetrica ($\mu=0,80$), neve asimmetrica ($\mu=0,0-2,00$).

➤ **Azione Sismica:**

Localita' Padova (PD)
ag/g 0.0945
Fo 2.63
Tc 0.33

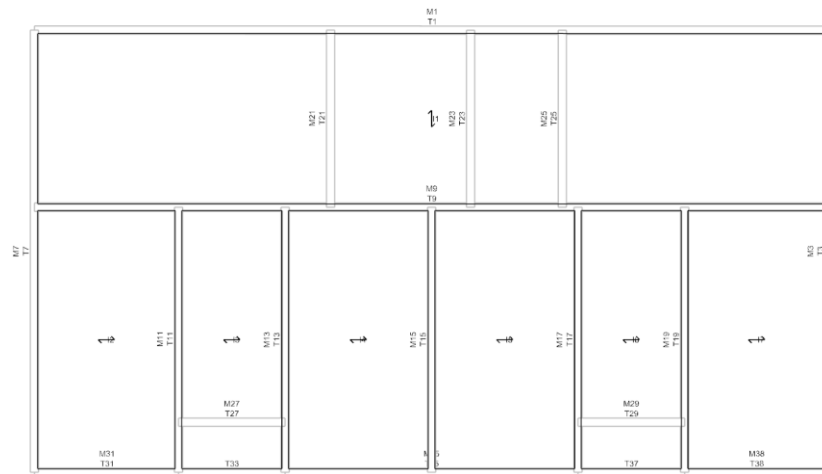
Categoria del sottosuolo: B

➤ **Azione del vento**

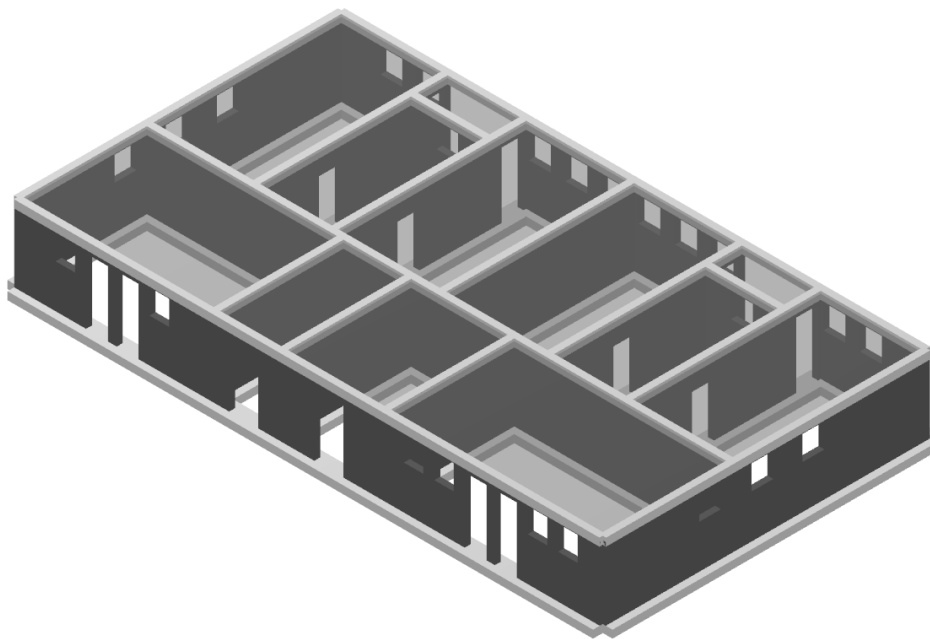
Provincia: Padova, Zona: 1
Altitudine: 0 m s.l.m
Tempo di ritorno Tr: 50 anni;
Velocità di riferimento vb(Tr): 25 m/s
Pressione cinetica di riferimento qb: 39.86 Kg/m²
Altezza della costruzione z: 11 m (zmin: 5m)
Distanza dalla costa: Terra, oltre i 40 km dalla costa, sotto i 500 m
Classe di rugosità del terreno: C
Categoria di esposizione del sito: III
Coefficiente topografico ct: 1
Coefficiente dinamico cd: 1
Coefficiente di esposizione ce(z):
ce(zmin = 5m): 1.71
ce(z = 6m): 2.20

6. NUOVO SPOGLIATOIO

6.1 ANALISI PUSH OVER - MODELLAZIONE



Vista pianta livello 1



Vista 3D

6.1.1 Descrizione del modello - Geometria del modello

La modellazione dell'edificio viene realizzata mediante l'inserimento di pareti che vengono discretizzate in macroelementi, rappresentativi di maschi murari e fasce di piano deformabili; i nodi rigidi sono indicati nelle porzioni di muratura che tipicamente sono meno soggette al danneggiamento sismico. Solitamente i maschi e le fasce sono contigui alle aperture, i nodi rigidi rappresentano elementi di collegamento tra maschi e fasce. La concezione matematica che si nasconde nell'impiego di tale elemento, permette di riconoscere il meccanismo di danno, a taglio nella sua parte centrale o a pressoflessione sui bordi dell'elemento in modo da percepire la dinamica del danneggiamento così come si presenta effettivamente nella realtà.

I nodi del modello, sono nodi tridimensionali a 5 gradi di libertà (le tre componenti di spostamento nel sistema di riferimento globale e le rotazioni intorno agli assi X e Y) o nodi bidimensionali a 3 gradi di libertà (due traslazioni e la rotazione nel piano della parete). Quelli tridimensionali vengono usati per permettere il trasferimento delle azioni, da un primo muro a un secondo disposto trasversalmente rispetto al primo. I nodi di tipo bidimensionale hanno gradi di libertà nel solo piano della parete permettendo il trasferimento degli stati di sollecitazione tra i vari punti della parete.

Gli orizzontamenti, sono modellati con elementi solaio a tre nodi connessi ai nodi tridimensionali, sono caricabili perpendicolarmente al loro piano dai carichi accidentali e permanenti; le azioni sismiche caricano il solaio lungo la direzione del piano medio. Per questo l'elemento finito solaio viene definito con una rigidezza assiale, ma nessuna rigidezza flessionale, in quanto il comportamento meccanico principale che si intende sondare è quello sotto carico orizzontale dovuto al sisma.

6.1.2 Elementi di struttura

Livello 1

Pannello + Cordolo C.A.

N.	Parete	Materiale pannello	Rinforzo	Quota pannello [cm]	Altezza [cm]	Spessore [cm]	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota cordolo [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]
1	1	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
3	2	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
31	3	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
35	3	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
38	3	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
7	4	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
9	5	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
11	6	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
13	7	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
15	8	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
17	9	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
19	10	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
21	11	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
23	12	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
25	13	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
27	14	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0
29	15	Muratura	-	300	300,0	25,0	C28/35	B450	300	25,0	30,0

Pannello + Cordolo C.A.

N.	Parete	Area [cm ²]	J [cm ⁴]	Af intrad. [cm ²]	Af estrad. [cm ²]	N. barre intrad.	N. barre Estrad.	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm ²]	Porzione deformabile
1	1	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
3	2	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
31	3	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
35	3	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
38	3	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
7	4	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
9	5	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
11	6	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
13	7	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
15	8	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
17	9	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
19	10	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
21	11	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50

23	12	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
25	13	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
27	14	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50
29	15	750,00	56.250,00	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05	0,50

Trave C.A. (1)

N.	Parete	Materiale calcestruzzo	Materiale acciaio	Quota I [cm]	Quota J [cm]	Base sezione [cm]	Altezza sezione [cm]	J [cm ⁴]
33	3	C28/35	B450	300	300	25,0	30,0	56.250,00
37	3	C28/35	B450	300	300	25,0	30,0	56.250,00

Trave C.A. (2)

N.	Parete	Af intradosso [cm ²]	Af estradosso [cm ²]	N. barre intradosso	N. barre estradosso	Copriferro [cm]	Passo staffe [cm]	Area staffe [cm ²]
33	3	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05
37	3	4,02	4,02	2	2	3,0	20	10,05

Solaio

N.	Quota [cm]	Spessore [cm]	G [N/mm ²]	Ex [N/mm ²]	Ey [N/mm ²]	Scarico masse	Tipo
1	300	6,0	12.500,00	54.000,00	30.000,00	Monodirezionale	Latero cemento
2	300	6,0	12.500,00	54.000,00	30.000,00	Monodirezionale	Latero cemento
3	300	6,0	12.500,00	54.000,00	30.000,00	Monodirezionale	Latero cemento
4	300	6,0	12.500,00	54.000,00	30.000,00	Monodirezionale	Latero cemento
5	300	6,0	12.500,00	54.000,00	30.000,00	Monodirezionale	Latero cemento
6	300	6,0	12.500,00	54.000,00	30.000,00	Monodirezionale	Latero cemento
7	300	6,0	12.500,00	54.000,00	30.000,00	Monodirezionale	Latero cemento

6.1.3 Telaio equivalente

Parete : 1

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
1	-1.264	893	0	0
35	-367	892	0	0
39	57	892	0	0
43	335	892	0	0
3	1.142	892	0	0
2	-1.264	893	300	1
36	-367	892	300	1
40	57	892	300	1
44	335	892	300	1
4	1.142	892	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
53	193	0	0
55	318	0	0
57	448	0	0
59	578	0	0
61	703	0	0
63	1.872	0	0
65	2.003	0	0
67	2.134	0	0
54	193	300	1

56	318	300	1
58	448	300	1
60	578	300	1
62	703	300	1
64	1.872	300	1
66	2.003	300	1
68	2.134	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
22	Muratura	-	25,0	34,2	270,0	448	135	57	58
26	Muratura	-	25,0	230,0	270,0	1.288	135	39	40
29	Muratura	-	25,0	36,2	270,0	2.003	135	65	66
19	Muratura	-	25,0	90,9	200,0	45	170	1	2
31	Muratura	-	25,0	170,4	200,0	2.321	170	3	4
21	Muratura	-	25,0	45,0	185,0	318	183	55	56
23	Muratura	-	25,0	45,0	185,0	578	183	59	60
25	Muratura	-	25,0	247,9	185,0	929	183	35	36
27	Muratura	-	25,0	246,9	185,0	1.646	183	43	44
28	Muratura	-	25,0	45,0	185,0	1.872	183	63	64
30	Muratura	-	25,0	45,0	185,0	2.134	183	67	68
20	Muratura	-	25,0	45,0	100,0	193	230	53	54
24	Muratura	-	25,0	45,0	100,0	703	230	61	62

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
1	Muratura	-	25,0	80,0	180,0	131	90	1	53
3	Muratura	-	25,0	80,0	180,0	256	90	53	55
7	Muratura	-	25,0	80,0	180,0	640	90	59	61
9	Muratura	-	25,0	80,0	180,0	765	90	61	35
13	Muratura	-	25,0	80,0	180,0	1.810	90	43	63
17	Muratura	-	25,0	80,0	180,0	2.196	90	67	3
5	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	386	285	56	58
6	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	510	285	58	60
11	Muratura	-	25,0	120,0	30,0	1.113	285	36	40
12	Muratura	-	25,0	120,0	30,0	1.463	285	40	44
15	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	1.940	285	64	66
16	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	2.066	285	66	68
2	Muratura	-	25,0	80,0	20,0	131	290	2	54
4	Muratura	-	25,0	80,0	20,0	256	290	54	56
8	Muratura	-	25,0	80,0	20,0	640	290	60	62
10	Muratura	-	25,0	80,0	20,0	765	290	62	36
14	Muratura	-	25,0	80,0	20,0	1.810	290	44	64
18	Muratura	-	25,0	80,0	20,0	2.196	290	68	4

Parete : 2

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
5	1.142	-439	0	0
11	1.142	359	0	0
3	1.142	892	0	0
6	1.142	-439	300	1

12	1.142	359	300	1
4	1.142	892	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
69	584	0	0
70	584	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
38	Muratura	-	25,0	433,5	200,0	217	170	5	6
41	Muratura	-	25,0	388,0	200,0	1.138	170	3	4
39	Muratura	-	25,0	120,0	100,0	584	230	69	70
40	Muratura	-	25,0	120,0	100,0	794	230	11	12

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
32	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	479	90	5	69
34	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	689	90	69	11
36	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	899	90	11	3
33	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	479	290	6	70
35	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	689	290	70	12
37	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	899	290	12	4

Parete : 3

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
7	-1.264	-439	0	0
13	-828	-439	0	0
17	-505	-439	0	0
21	-61	-439	0	0
25	382	-439	0	0
29	705	-439	0	0
5	1.142	-439	0	0
8	-1.264	-439	300	1
14	-828	-439	300	1
18	-505	-439	300	1
22	-61	-439	300	1
26	382	-439	300	1
30	705	-439	300	1
6	1.142	-439	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
71	293	0	0
73	903	0	0
75	1.053	0	0
77	1.353	0	0
79	1.503	0	0
81	2.113	0	0
72	293	300	1
74	903	300	1
76	1.053	300	1
78	1.353	300	1
80	1.503	300	1

82	2.113	300	1
----	-------	-----	---

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
62	Muratura	-	25,0	173,3	200,0	87	170	7	8
64	Muratura	-	25,0	23,5	200,0	425	170	13	14
65	Muratura	-	25,0	23,5	200,0	771	170	17	18
71	Muratura	-	25,0	23,5	200,0	1.635	170	25	26
72	Muratura	-	25,0	23,5	200,0	1.981	170	29	30
74	Muratura	-	25,0	173,0	200,0	2.320	170	5	6
63	Muratura	-	25,0	59,8	100,0	293	230	71	72
66	Muratura	-	25,0	60,0	100,0	903	230	73	74
67	Muratura	-	25,0	60,0	100,0	1.053	230	75	76
68	Muratura	-	25,0	60,0	100,0	1.203	230	21	22
69	Muratura	-	25,0	60,0	100,0	1.353	230	77	78
70	Muratura	-	25,0	60,0	100,0	1.503	230	79	80
73	Muratura	-	25,0	60,0	100,0	2.113	230	81	82

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
42	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	218	90	7	71
44	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	368	90	71	13
46	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	828	90	17	73
48	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	978	90	73	75
50	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	1.128	90	75	21
52	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	1.278	90	21	77
54	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	1.428	90	77	79
56	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	1.578	90	79	25
58	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	2.038	90	29	81
60	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	2.188	90	81	5
43	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	218	290	8	72
45	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	368	290	72	14
47	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	828	290	18	74
49	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	978	290	74	76
51	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	1.128	290	76	22
53	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	1.278	290	22	78
55	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	1.428	290	78	80
57	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	1.578	290	80	26
59	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	2.038	290	30	82
61	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	2.188	290	82	6

Parete : 4

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
7	-1.264	-439	0	0
9	-1.264	359	0	0
1	-1.264	893	0	0
8	-1.264	-439	300	1
10	-1.264	359	300	1
2	-1.264	893	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
------	---------------	--------	---------

83	584	0	0
84	584	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
81	Muratura	-	25,0	433,5	200,0	217	170	7	8
84	Muratura	-	25,0	383,5	200,0	1.140	170	1	2
82	Muratura	-	25,0	120,0	100,0	584	230	83	84
83	Muratura	-	25,0	125,0	100,0	796	230	9	10

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
75	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	479	90	7	83
77	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	689	90	83	9
79	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	904	90	9	1
76	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	479	290	8	84
78	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	689	290	84	10
80	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	904	290	10	2

Parete : 5

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
9	-1.264	359	0	0
15	-828	359	0	0
19	-505	359	0	0
33	-367	359	0	0
23	-61	359	0	0
37	57	359	0	0
41	335	359	0	0
27	382	359	0	0
31	705	359	0	0
11	1.142	359	0	0
10	-1.264	359	300	1
16	-828	359	300	1
20	-505	359	300	1
34	-367	359	300	1
24	-61	359	300	1
38	57	359	300	1
42	335	359	300	1
28	382	359	300	1
32	705	359	300	1
12	1.142	359	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
85	Muratura	-	25,0	2.406,3	300,0	1.203	150	23	24

Parete : 6

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
13	-828	-439	0	0
45	-828	-289	0	0
15	-828	359	0	0
14	-828	-439	300	1

46	-828	-289	300	1
16	-828	359	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
89	Muratura	-	25,0	337,5	245,0	282	123	45	46
90	Muratura	-	25,0	257,5	266,2	670	133	15	16
88	Muratura	-	25,0	23,5	285,8	12	143	13	14

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
87	Muratura	-	25,0	90,0	80,0	496	260	46	16
86	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	69	285	14	46

Parete : 7

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
17	-505	-439	0	0
47	-505	-289	0	0
19	-505	359	0	0
18	-505	-439	300	1
48	-505	-289	300	1
20	-505	359	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
94	Muratura	-	25,0	337,5	245,0	282	123	47	48
95	Muratura	-	25,0	257,5	266,2	670	133	19	20
93	Muratura	-	25,0	23,5	285,8	12	143	17	18

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
92	Muratura	-	25,0	90,0	80,0	496	260	48	20
91	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	69	285	18	48

Parete : 8

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
21	-61	-439	0	0
23	-61	359	0	0
22	-61	-439	300	1
24	-61	359	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
85	399	0	0
86	399	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
96	Muratura	-	25,0	798,5	300,0	399	150	85	86

Parete : 9

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
------	--------	--------	--------	---------

25	382	-439	0	0
49	382	-289	0	0
27	382	359	0	0
26	382	-439	300	1
50	382	-289	300	1
28	382	359	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
100	Muratura	-	25,0	337,5	245,0	282	123	49	50
101	Muratura	-	25,0	257,5	266,2	670	133	27	28
99	Muratura	-	25,0	23,5	285,8	12	143	25	26

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
98	Muratura	-	25,0	90,0	80,0	496	260	50	28
97	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	69	285	26	50

Parete : 10

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
29	705	-439	0	0
51	705	-289	0	0
31	705	359	0	0
30	705	-439	300	1
52	705	-289	300	1
32	705	359	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
105	Muratura	-	25,0	337,5	245,0	282	123	51	52
106	Muratura	-	25,0	257,5	266,2	670	133	31	32
104	Muratura	-	25,0	23,5	285,8	12	143	29	30

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
103	Muratura	-	25,0	90,0	80,0	496	260	52	32
102	Muratura	-	25,0	90,0	30,0	69	285	30	52

Parete : 11

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
33	-367	359	0	0
35	-367	892	0	0
34	-367	359	300	1
36	-367	892	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
87	267	0	0
88	267	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
107	Muratura	-	25,0	533,3	300,0	267	150	87	88

Parete : 12

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
37	57	359	0	0
39	57	892	0	0
38	57	359	300	1
40	57	892	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
89	267	0	0
90	267	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
108	Muratura	-	25,0	533,2	300,0	267	150	89	90

Parete : 13

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
41	335	359	0	0
43	335	892	0	0
42	335	359	300	1
44	335	892	300	1

Nodi 2D

Nodo	X locale [cm]	Z [cm]	Livello
91	267	0	0
92	267	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
109	Muratura	-	25,0	533,2	300,0	267	150	91	92

Parete : 14

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
45	-828	-289	0	0
47	-505	-289	0	0
46	-828	-289	300	1
48	-505	-289	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
112	Muratura	-	25,0	116,5	200,0	58	170	45	46
113	Muratura	-	25,0	116,5	200,0	265	170	47	48

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
110	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	162	90	45	47
111	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	162	290	46	48

Parete : 15

Nodi 3D

Nodo	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	Livello
49	382	-289	0	0
51	705	-289	0	0
50	382	-289	300	1
52	705	-289	300	1

Macroelementi Maschi

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sopra	Nodo sotto
116	Muratura	-	25,0	116,5	200,0	58	170	49	50
117	Muratura	-	25,0	116,5	200,0	265	170	51	52

Macroelementi Fasce

N.	Materiale	Rinforzo	Spessore [cm]	Base [cm]	Altezza [cm]	Baricentro X [cm]	Baricentro Z [cm]	Nodo sinistro	Nodo destro
114	Muratura	-	25,0	90,0	180,0	162	90	49	51
115	Muratura	-	25,0	90,0	20,0	162	290	50	52

(*) Elementi di copertura

6.1.4 Carichi

Carico Sismico:

Le verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e allo stato limite di esercizio (SLD; SLO); devono essere effettuate per la seguente combinazione [Norme Tecniche 2018 §2.5.3].

$$E + G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

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

$$G_{k1} + G_{k2} + \sum_i \Psi_{2i} Q_{ki}$$

Carico Statico:

La verifica allo stato limite ultimo per carichi statici viene condotta con la seguente combinazione dei carichi.

$$\gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_Q \Psi_0 Q_k$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
- G_{k1} peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_{k2} peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q_{ki} valore caratteristico della azione variabile;
- Ψ_2 coefficiente di combinazione;
- Ψ_0 coefficiente di combinazione per i carichi variabili

γ_{G1} ; γ_{G2} ; γ_Q : coefficienti parziali di sicurezza

I valori dei vari coefficienti sono scelti in base alla destinazione d'uso dei vari solai secondo quanto indicato nella norma. [Norme Tecniche 2018 Tabella 2.5.1].

N. Solaio	Gk1 [daN/m2]	Gk2 [daN/m2]	Qk [daN/m2]	Copertura	ψ_0	ψ_2
1	350	200	82	No	0,50	0,00
2	350	200	82	No	0,50	0,00
3	350	200	82	No	0,50	0,00
4	350	200	82	No	0,50	0,00
5	350	200	82	No	0,50	0,00
6	350	200	82	No	0,50	0,00

7	350	200	82	No	0,50	0,00
---	-----	-----	----	----	------	------

6.1.5 Spettro da normativa

Gli spettri di risposta, sono definiti in funzione del reticolo di riferimento definito nella "Tabella 1" (parametri spettrali) in allegato alle Norme Tecniche.

Tale tabella fornisce, in funzione delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine), i parametri necessari a tracciare lo spettro. I parametri forniti dal reticolo di riferimento sono:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La trilogia di valori qui descritta, è definita per un periodo di ritorno assegnato (TR), definito in base alla probabilità di superamento di ciascuno degli stati limite.

Tali valori, saranno pertanto definiti per ciascuno degli stati limite esaminati (vedere tabella).

Lo spettro sismico dipende anche dalla "Classe del suolo" e dalla "categoria topografica" (vedere tabella).

	SLC	SLV	SLD	SLO
A_g [m/s ²]	1,03	0,80	0,36	0,30
F_0	2,62	2,64	2,54	2,51
T_c^* [s]	0,35	0,34	0,25	0,21
Tr	975,00	475,00	50,00	30,00

	SLC	SLV	SLD	SLO
Ss	1,20	1,20	1,20	1,20
T_b [s]	0,16	0,15	0,12	0,11
T_c [s]	0,47	0,46	0,36	0,32
T_d [s]	2,02	1,93	1,75	1,72

6.2 ANALISI INCREMENTALE A COLLASSO

6.2.1 Descrizione analisi pushover

Al fine di eseguire le dovute verifiche nei riguardi dell'edificio in questione, si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare.

Le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

La curva di capacità è individuata mediante un diagramma spostamento-taglio massimo alla base.

Secondo le prescrizioni da normativa, le condizioni di carico da esaminare devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

- distribuzione proporzionale alle Forze statiche (Gruppo 1)
- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione (Gruppo 2);

L'analisi, eseguita in controllo di spostamento, procede al calcolo della distribuzione di forze che genera il valore dello spostamento richiesto. L'analisi viene fatta continuare fino a che non si verifica il decadimento del taglio al 80% dal suo valore di picco. Si calcola così il valore dello spostamento massimo alla base dell'edificio generato da quella distribuzione di forze. Questo valore di spostamento costituisce il valore ultimo dell'edificio.

Lo spostamento preso in esame per il tracciamento della curva di capacità è quello di un punto dell'edificio detto nodo di controllo.

La normativa richiede il tracciamento di una curva di capacità bi-lineare di un sistema equivalente (SDOF). Il tracciamento di tale curva deve avvenire con una retta che, passando per l'origine interseca la curva del sistema reale in corrispondenza del 70% del valore di picco; la seconda retta risulterà parallela all'asse degli spostamenti tale da generare l'equivalenza delle aree tra i diagrammi del sistema reale e quello equivalente.

La determinazione della curva relativa al sistema equivalente, permette di determinare il periodo con cui ricavare lo spostamento massimo richiesto dal sisma, secondo gli spettri riportati sulla normativa.

La normativa definisce una eccentricità accidentale del centro delle masse pari al 5% della massima dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare al sisma.

In base alla tipologia dell'edificio e alle scelte progettuali che si ritengono più idonee, si può decidere la condizione di carico sismico da prendere in esame.

- Carico sismico: Individua quale delle due tipologie di distribuzioni (proporzionale alle masse o al primo modo) prendere in esame.
- Direzione: Individua la direzione lungo cui viene caricata la struttura (X o Y del sistema globale) dal carico sismico.

Al fine di individuare la condizione di carico sismico più gravosa, si è deciso di eseguire le analisi distinte per tipologia di carico, direzione del sisma e di eventuali eccentricità accidentali.

N.	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Eccentricità [cm]	Livello	Nodo
1	+X	Uniforme	0,0	1	20
2	+X	Forze statiche	0,0	1	20
3	-X	Uniforme	0,0	1	20
4	-X	Forze statiche	0,0	1	20
5	+Y	Uniforme	0,0	1	20
6	+Y	Forze statiche	0,0	1	20
7	-Y	Uniforme	0,0	1	20
8	-Y	Forze statiche	0,0	1	20
9	+X	Uniforme	66,6	1	20
10	+X	Uniforme	-66,6	1	20
11	+X	Forze statiche	66,6	1	20
12	+X	Forze statiche	-66,6	1	20
13	-X	Uniforme	66,6	1	20
14	-X	Uniforme	-66,6	1	20
15	-X	Forze statiche	66,6	1	20
16	-X	Forze statiche	-66,6	1	20
17	+Y	Uniforme	120,3	1	20
18	+Y	Uniforme	-120,3	1	20
19	+Y	Forze statiche	120,3	1	20
20	+Y	Forze statiche	-120,3	1	20
21	-Y	Uniforme	120,3	1	20
22	-Y	Uniforme	-120,3	1	20
23	-Y	Forze statiche	120,3	1	20
24	-Y	Forze statiche	-120,3	1	20

6.2.2 Risultati

Secondo le indicazioni da normativa si devono eseguire le seguenti verifiche:

Stato limite Collasso (SLC):

$$D_{max}^{SLC} \leq D_u^{SLC}$$

D_{max}^{SLC} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLC} : Spostamento massimo offerto dalla struttura corrispondente con il decadimento della curva Push-over a un valore pari al 80% di quello massimo.

$$q^* < 4,0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite Vita (SLV):

$$D_{max}^{SLV} \leq D_u^{SLV}$$

D_{max}^{SLV} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa individuato dallo spettro elastico.

D_u^{SLV} : Spostamento massimo offerto dalla struttura individuato in corrispondenza di $0,75 \cdot D_u^{SLC}$.

$$q^* < 3,0$$

q^* : rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente

Stato limite di Danno (SLD):

$$D_{max}^{SLD} \leq D_u^{SLD}$$

D_{max}^{SLD} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di danno.

D_u^{SLD} : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0,0020).

Stato limite di Operatività (SLO):

$$D_{max}^{SLO} \leq D_u^{SLO}$$

D_{max}^{SLO} : Spostamento massimo richiesto dalla normativa, calcolato in base allo spettro sismico definito per lo stato limite di operatività.

D_u^{SLO} : Spostamento massimo corrispondente al valore che causa il superamento del valore massimo di drift di piano (0,0013).

Vulnerabilità sismica

Per ciascuno stato limite eseguito viene calcolato l'indice di rischio. Questi parametri vengono calcolati come indicato nel seguito:

$$\alpha_{SLC} = \frac{PGA_{CLC}}{PGA_{DLC}} ;$$

$$\alpha_{SLV} = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} ;$$

$$\alpha_{SLD} = \frac{PGA_{CLD}}{PGA_{DLD}} ;$$

$$\alpha_{SLO} = \frac{PGA_{CLO}}{PGA_{DLO}} ;$$

Accelerazioni di capacità: l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere.

- PGA_{CLC} : accelerazione di capacità corrispondente a SLC
- PGA_{CLV} : accelerazione di capacità corrispondente a SLV
- PGA_{CLD} : accelerazione di capacità corrispondente a SLD
- PGA_{CLO} : accelerazione di capacità corrispondente a SLO

Accelerazioni di domanda : Valori di riferimento delle accelerazioni dell'azione sismica

Tali valori vengono definiti a partire dal carico sismico definito nella forma dello spettro.

- PGA_{DLC} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLC
- PGA_{DLV} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLV
- PGA_{DLD} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLD
- PGA_{DLO} : accelerazione di picco al suolo corrispondente a SLO

6.2.3 Dettaglio verifiche

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Dmax SLC [cm]	Du SLC [cm]	q* SLC	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	Dmax SLD [cm]	Du SLD [cm]	Dmax SLO [cm]	Du SLO [cm]	a SLC	a SLV	a SLD	a SLO
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	0,00	0,02	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,59	0,01	0,39	12,061	11,793	22,619	21,413
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	0,00	0,02	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,59	0,01	0,39	12,061	11,793	22,619	21,413
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	0,00	0,02	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,59	0,01	0,39	11,896	11,808	22,307	21,120
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	0,00	0,02	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,59	0,01	0,39	11,896	11,808	22,307	21,120
5	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	0,00	0,01	0,80	0,21	0,00	0,60	0,21	0,00	0,16	0,00	0,16	14,038	14,576	16,531	20,270
6	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	0,00	0,01	0,80	0,21	0,00	0,60	0,21	0,00	0,16	0,00	0,16	14,038	14,576	16,531	20,270
7	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	0,00	0,01	0,78	0,21	0,00	0,59	0,21	0,00	0,12	0,00	0,12	13,662	14,145	14,324	17,377
8	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	0,00	0,01	0,78	0,21	0,00	0,59	0,21	0,00	0,12	0,00	0,12	13,662	14,145	14,324	17,377
9	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	66,60	0,01	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,61	0,00	0,39	12,316	11,972	23,623	21,821
10	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Uniforme	-66,60	0,02	1,21	0,26	0,01	0,91	0,26	0,01	0,59	0,01	0,37	11,804	11,615	22,166	20,299
11	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	66,60	0,01	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,61	0,00	0,39	12,316	11,972	23,623	21,821
12	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Forze statiche	-66,60	0,02	1,21	0,26	0,01	0,91	0,26	0,01	0,59	0,01	0,37	11,804	11,615	22,166	20,299
13	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	66,60	0,02	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,61	0,00	0,39	12,133	11,950	23,268	21,492
14	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Uniforme	-66,60	0,02	1,21	0,26	0,01	0,91	0,26	0,01	0,59	0,01	0,39	11,674	11,672	21,918	20,763
15	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	66,60	0,02	1,21	0,25	0,01	0,91	0,25	0,01	0,61	0,00	0,39	12,133	11,950	23,268	21,492
16	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Forze statiche	-66,60	0,02	1,21	0,26	0,01	0,91	0,26	0,01	0,59	0,01	0,39	11,674	11,672	21,918	20,763
17	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	120,32	0,01	0,45	0,20	0,01	0,34	0,20	0,00	0,25	0,00	0,25	8,784	9,612	19,302	23,899
18	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Uniforme	-120,32	0,01	0,38	0,21	0,00	0,29	0,21	0,00	0,13	0,00	0,13	8,555	9,377	15,128	18,438
19	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	120,32	0,01	0,45	0,20	0,01	0,34	0,20	0,00	0,25	0,00	0,25	8,784	9,612	19,302	23,899
20	<input checked="" type="checkbox"/>	+Y	Forze statiche	-120,32	0,01	0,38	0,21	0,00	0,29	0,21	0,00	0,13	0,00	0,13	8,555	9,377	15,128	18,438
21	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	120,32	0,01	0,57	0,22	0,01	0,43	0,22	0,00	0,12	0,00	0,12	10,180	10,911	13,725	16,612
22	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Uniforme	-120,32	0,01	0,49	0,21	0,00	0,37	0,21	0,00	0,11	0,00	0,11	9,893	10,676	14,267	17,301
23	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	120,32	0,01	0,57	0,22	0,01	0,43	0,22	0,00	0,12	0,00	0,12	10,180	10,911	13,725	16,612
24	<input checked="" type="checkbox"/>	-Y	Forze statiche	-120,32	0,01	0,49	0,21	0,00	0,37	0,21	0,00	0,11	0,00	0,11	9,893	10,676	14,267	17,301

6.2.4 Pressoflessione fuori piano

Verifiche fuori piano

Nelle vigenti normative tecniche, il capitolo dedicato ai metodi di analisi riporta l'applicabilità dei vari metodi di calcolo:

- Analisi lineare statica
- Analisi dinamica modale
- Analisi statica non lineare
- Analisi dinamica non lineare

Nel caso specifico di analisi statica non lineare non si trova alcun riferimento a procedure per eseguire verifiche fuori piano della muratura, per trovare maggiori informazioni è necessario fare riferimento ai

capitoli di analisi lineare statica e analisi dinamica modale che suggeriscono l'utilizzo del metodo di calcolo attualmente impiegato per gli elementi non strutturali.

Metodo di calcolo

Momento sollecitante

Le verifiche fuori piano possono essere eseguite separatamente assumendo $q_a = 3$. Più precisamente l'azione sismica ortogonale alla parete può essere rappresentata da una forza orizzontale pari a S_a/q_a volte il carico verticale.

Per le pareti resistenti al sisma si può assumere per S_a la seguente espressione:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [1.5 \cdot (1 - Z/H) - 0.5] \geq \alpha \cdot S$$

dove:

- rapporto tra accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A per lo stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g ;

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

Z : quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione

H : altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione;

Si assume quindi una forza orizzontale F_h definita $F_h = N \cdot S_a/q_a$ dove N è il peso del maschio murario.

Tale forza deve però essere assunta uniformemente distribuita lungo l'altezza del pannello murario

calcolata come $q_h = F_h/h_e$

Ipotizzando che il pannello murario sia incernierato in corrispondenza dei solai, il momento sollecitante

massimo sarà a metà altezza del maschio definito come $M_{ed} = q_h \cdot h_e^2 / coef$ dove h_e è l'altezza equivalente di calcolo del maschio pari all'altezza del livello e $coef=8$.

Momento resistente

Per procedere al calcolo del momento ultimo M_{Rd} è necessario che sia superata la verifica a compressione centrata:

$$N \leq N_{Rd} = 0.85 \cdot f_d \cdot l \cdot t$$

Dove:

f_d : resistenza di progetto della muratura

l : lunghezza del pannello murario

t : spessore della muratura

Il momento ultimo sarà calcolato con la seguente formulazione:

$$M_{Rd} = \left(t^2 \cdot l \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_d} \right)$$

σ_0 è definita come la tensione media nel maschio

Verifica

La verifica viene condotta mediante il confronto $M_{ed} \leq M_{Rd}$, il corrispondente coefficiente di sicurezza sarà individuato mediante il rapporto M_{Rd}/M_{ed} . La verifica sarà pertanto da ritenersi superata qualora il coefficiente di sicurezza risulti maggiore di uno.

Con PGAc si intende l'accelerazione di capacità che porterebbe al raggiungimento della condizione limite il maschio in esame.

6.2.5 Dettaglio verifiche

Parete: 1

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
19	1.684	48.302	0,17	175	2.032	9,28	11,59	Si
20	2.463	23.906	0,17	87	2.762	25,48	31,84	Si
21	2.435	23.907	0,17	87	2.734	25,22	31,51	Si
22	1.858	18.147	0,17	66	2.085	25,35	31,66	Si
23	2.447	23.906	0,17	87	2.745	25,33	31,65	Si
24	2.235	23.906	0,17	87	2.533	23,37	29,20	Si
25	4.813	131.709	0,17	478	5.796	9,71	12,13	Si
26	4.333	122.188	0,17	443	5.224	9,43	11,78	Si
27	4.680	131.176	0,17	476	5.642	9,49	11,85	Si
28	2.478	23.907	0,17	87	2.776	25,62	32,00	Si
29	1.949	19.209	0,17	70	2.189	25,14	31,41	Si
30	2.561	23.906	0,17	87	2.858	26,38	32,95	Si
31	3.392	90.536	0,17	329	4.081	9,94	12,42	Si

Parete: 2

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
38	7.305	230.297	0,17	836	8.841	8,47	10,58	Si
39	3.522	63.750	0,17	231	4.159	14,39	17,98	Si
40	8.461	63.750	0,17	231	9.173	31,74	39,65	Si
41	2.486	206.125	0,17	748	3.070	3,29	4,10	Si

Parete: 3

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
62	1.269	92.039	0,17	334	1.565	3,75	4,69	Si
63	638	31.742	0,17	115	781	5,43	6,78	Si
64	883	12.484	0,17	45	1.025	18,12	22,64	Si
65	889	12.484	0,17	45	1.032	18,24	22,79	Si
66	528	31.875	0,17	116	649	4,49	5,61	Si
67	751	31.875	0,17	116	916	6,34	7,92	Si
68	3.961	31.875	0,17	116	4.336	30,01	37,49	Si
69	751	31.875	0,17	116	916	6,34	7,92	Si
70	528	31.875	0,17	116	649	4,49	5,61	Si
71	890	12.484	0,17	45	1.033	18,25	22,79	Si
72	882	12.484	0,17	45	1.025	18,11	22,62	Si
73	638	31.875	0,17	116	782	5,41	6,76	Si
74	1.264	91.906	0,17	334	1.558	3,74	4,67	Si

Parete: 4

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
81	7.299	230.297	0,17	836	8.834	8,46	10,57	Si
82	3.541	63.750	0,17	231	4.180	14,47	18,07	Si
83	8.691	66.406	0,17	241	9.442	31,36	39,18	Si
84	2.470	203.734	0,17	739	3.050	3,30	4,13	Si

Parete: 5

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
----	-----------	-----------	------------------------	-------------	-------------	--------------------------	---------	------------

85	35.977	1.278.347	0,17	4.639	43.706	7,54	9,42	Si
----	--------	-----------	------	-------	--------	------	------	----

Parete: 6

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
88	708	12.484	0,17	45	835	14,76	18,44	Si
89	10.225	179.297	0,17	651	12.053	14,83	18,52	Si
90	7.952	136.797	0,17	496	9.362	15,10	18,86	Si

Parete: 7

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
93	714	12.484	0,17	45	842	14,87	18,58	Si
94	10.321	179.297	0,17	651	12.159	14,96	18,69	Si
95	7.471	136.797	0,17	496	8.829	14,24	17,78	Si

Parete: 8

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
96	15.100	424.203	0,17	1.539	18.203	9,47	11,83	Si

Parete: 9

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
99	714	12.484	0,17	45	842	14,87	18,58	Si
100	10.324	179.297	0,17	651	12.162	14,96	18,69	Si
101	7.421	136.797	0,17	496	8.773	14,15	17,67	Si

Parete: 10

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
104	708	12.484	0,17	45	835	14,75	18,43	Si
105	10.231	179.297	0,17	651	12.059	14,84	18,54	Si
106	7.925	136.797	0,17	496	9.332	15,05	18,80	Si

Parete: 11

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
107	7.507	283.323	0,17	1.028	9.135	7,11	8,89	Si

Parete: 12

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
108	8.137	283.276	0,17	1.028	9.879	7,69	9,61	Si

Parete: 13

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
109	7.835	283.245	0,17	1.028	9.523	7,42	9,27	Si

Parete: 14

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
112	2.416	61.891	0,17	225	2.902	10,34	12,92	Si
113	2.455	61.891	0,17	225	2.946	10,50	13,12	Si

Parete: 15

N.	Ned [daN]	NRd [daN]	Sa [m/s ²]	Med [daNcm]	MRd [daNcm]	PGAc [m/s ²]	MRd/Med	Verificato
116	2.456	61.891	0,17	225	2.948	10,51	13,12	Si
117	2.414	61.891	0,17	225	2.900	10,34	12,91	Si

6.2.6 Verifica statica

Le verifiche statiche eseguite sulla struttura in questione sono le seguenti:

Snellezza della muratura

La verifica di snellezza è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.4. del D.M.2018.

Si definisce snellezza di una muratura il rapporto h_0/t in cui:

h_0 : lunghezza libera di inflessione del muro pari a $\rho \cdot h$;

t : spessore del muro.

h : l'altezza interna di piano;

ρ : il fattore laterale di vincolo.

La verifica di snellezza risulta soddisfatta se risulta verificata la seguente:

$$h_0/t < 20$$

Eccentricità dei carichi

La verifica di snellezza è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.6.2. del D.M.2018.

Tale verifica risulta soddisfatta qualora risultino verificate le seguenti condizioni:

$$e_1/t \leq 0.33$$

$$e_2/t \leq 0.33$$

in cui:

t : spessore del muro

$$e_1 = |e_s| + |e_a| ; \quad e_2 = \frac{e_1}{2} + |e_v|$$

e_s : eccentricità totale dei carichi verticali

e_a : $h/200$

e_v : eccentricità dovuta al vento $e_v = M_v / N$

Verifica a carichi verticali

La verifica di snellezza è eseguita in accordo con quanto riportato al punto 4.5.6.2. del D.M.2018.

Tale verifica risulta soddisfatta qualora risulti verificata la seguente:

$$N_d \leq N_r$$

in cui:

N_d : carico verticale agente

N_r : carico verticale resistente; $N_r = \phi f_d A$

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

Queste verifiche sono state eseguite in ogni maschio murario della struttura, nelle tre sezioni principali (inferiore, centrale, superiore).

I valori dello sforzo normale resistente saranno calcolabili solamente se le verifiche di snellezza ed eccentricità dei carichi risultano soddisfatte. Riportiamo nel seguito i dettagli di verifica per le singole pareti.

Parete : 1

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
21	300	25	12,000	0,206	0,100	0,193	Sì
22	300	25	12,000	0,207	0,099	0,188	Sì
23	300	25	12,000	0,206	0,100	0,193	Sì
20	300	25	12,000	0,205	0,101	0,199	Sì
19	300	25	12,000	0,207	0,093	0,170	Sì
24	300	25	12,000	0,202	0,099	0,195	Sì
29	300	25	12,000	0,206	0,098	0,187	Sì
30	300	25	12,000	0,203	0,098	0,191	Sì
31	300	25	12,000	0,208	0,094	0,173	Sì
28	300	25	12,000	0,069	0,060	0,068	Sì
25	300	25	12,000	0,189	0,086	0,159	Sì
26	300	25	12,000	0,140	0,062	0,113	Sì
27	300	25	12,000	0,138	0,064	0,120	Sì

Superiore				Centrale				Inferiore					Verificato
Maschio	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	Φ	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	
21	3.354	0,319	5.977	0,561	3.516	0,527	9.877	0,356	3.679	0,345	6.464	0,569	Sì
22	2.451	0,316	4.499	0,545	2.631	0,529	7.525	0,350	2.811	0,354	5.041	0,558	Sì
23	3.372	0,318	5.967	0,565	3.534	0,526	9.871	0,358	3.697	0,344	6.453	0,573	Sì
20	3.541	0,320	5.997	0,590	3.629	0,524	9.828	0,369	3.716	0,334	6.257	0,594	Sì
19	2.061	0,316	11.961	0,172	2.416	0,540	20.442	0,118	2.770	0,392	14.844	0,187	Sì
24	3.200	0,326	6.117	0,523	3.288	0,527	9.890	0,332	3.376	0,341	6.397	0,528	Sì
29	2.567	0,318	4.790	0,536	2.758	0,530	7.979	0,346	2.949	0,356	5.365	0,550	Sì
30	3.541	0,325	6.100	0,580	3.703	0,529	9.926	0,373	3.866	0,350	6.553	0,590	Sì
31	4.244	0,314	22.297	0,190	4.908	0,537	38.152	0,129	5.573	0,385	27.361	0,204	Sì
28	3.418	0,598	11.211	0,305	3.580	0,624	11.691	0,306	3.743	0,600	11.253	0,333	Sì
25	5.931	0,354	36.531	0,162	6.825	0,553	57.131	0,119	7.720	0,413	42.662	0,181	Sì
26	4.912	0,450	43.137	0,114	6.123	0,618	59.244	0,103	7.334	0,501	47.969	0,153	Sì
27	5.778	0,453	46.637	0,124	6.669	0,613	63.071	0,106	7.559	0,489	50.261	0,150	Sì

Parete : 2

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
38	300	25	12,000	0,208	0,092	0,167	Sì
39	300	25	12,000	0,199	0,097	0,187	Sì
41	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
40	300	25	12,000	0,200	0,099	0,195	Sì

Superiore				Centrale				Inferiore					Verificato
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	
38	8.775	0,314	56.775	0,155	10.466	0,541	97.742	0,107	12.156	0,397	71.783	0,169	Sì
39	4.849	0,332	16.598	0,292	5.083	0,533	26.636	0,191	5.317	0,357	17.835	0,298	Sì
41	1.838	0,624	100.802	0,018	3.351	0,624	100.802	0,033	4.864	0,624	100.802	0,048	Sì
40	12.023	0,330	16.515	0,728	12.257	0,528	26.417	0,464	12.491	0,341	17.045	0,733	Sì

Parete : 3

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
64	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
63	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
66	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì

65	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
62	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
72	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
71	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
74	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
73	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
68	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
67	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
70	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
69	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì

Superiore				Centrale				Inferiore					
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
64	1.147	0,624	6.105	0,188	1.239	0,624	6.105	0,203	1.330	0,624	6.105	0,218	Sì
63	729	0,624	15.523	0,047	845	0,624	15.523	0,054	962	0,624	15.523	0,062	Sì
66	578	0,624	15.588	0,037	695	0,624	15.588	0,045	812	0,624	15.588	0,052	Sì
65	1.157	0,624	6.105	0,189	1.249	0,624	6.105	0,204	1.340	0,624	6.105	0,220	Sì
62	1.054	0,624	45.010	0,023	1.729	0,624	45.010	0,038	2.405	0,624	45.010	0,053	Sì
72	1.146	0,624	6.105	0,188	1.238	0,624	6.105	0,203	1.329	0,624	6.105	0,218	Sì
71	1.157	0,624	6.105	0,190	1.249	0,624	6.105	0,205	1.341	0,624	6.105	0,220	Sì
74	1.046	0,624	44.945	0,023	1.721	0,624	44.945	0,038	2.396	0,624	44.945	0,053	Sì
73	729	0,624	15.588	0,047	846	0,624	15.588	0,054	963	0,624	15.588	0,062	Sì
68	5.609	0,624	15.588	0,360	5.726	0,624	15.588	0,367	5.843	0,624	15.588	0,375	Sì
67	918	0,624	15.588	0,059	1.035	0,624	15.588	0,066	1.152	0,624	15.588	0,074	Sì
70	579	0,624	15.588	0,037	696	0,624	15.588	0,045	813	0,624	15.588	0,052	Sì
69	918	0,624	15.588	0,059	1.035	0,624	15.588	0,066	1.152	0,624	15.588	0,074	Sì

Parete : 4

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
81	300	25	12,000	0,208	0,092	0,167	Sì
82	300	25	12,000	0,199	0,097	0,187	Sì
84	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
83	300	25	12,000	0,201	0,099	0,195	Sì

Superiore				Centrale				Inferiore					
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
81	8.766	0,314	56.781	0,154	10.457	0,541	97.748	0,107	12.148	0,397	71.798	0,169	Sì
82	4.876	0,332	16.596	0,294	5.110	0,533	26.633	0,192	5.344	0,357	17.827	0,300	Sì
84	1.828	0,624	99.633	0,018	3.323	0,624	99.633	0,033	4.819	0,624	99.633	0,048	Sì
83	12.351	0,329	17.149	0,720	12.595	0,528	27.494	0,458	12.838	0,340	17.710	0,725	Sì

Parete : 5

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
85	300	25	12,000	0,207	0,083	0,143	Sì

Superiore			Centrale			Inferiore							
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
85	36.726	0,316	317.012	0,116	50.803	0,558	559.770	0,091	64.880	0,443	443.923	0,146	Sì

Parete : 6

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
89	300	25	12,000	0,082	0,060	0,078	Sì

90	300	25	12,000	0,083	0,060	0,078	Sì
88	300	25	12,000	0,078	0,060	0,074	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
89	13.137	0,561	78.908	0,166	14.750	0,624	87.683	0,168	16.362	0,573	80.637	0,203	Sì
90	10.148	0,560	60.076	0,169	11.485	0,624	66.899	0,172	12.821	0,573	61.499	0,208	Sì
88	870	0,572	5.601	0,155	1.001	0,624	6.105	0,164	1.132	0,584	5.717	0,198	Sì

Parete : 7

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
94	300	25	12,000	0,083	0,060	0,079	Sì
95	300	25	12,000	0,083	0,060	0,078	Sì
93	300	25	12,000	0,079	0,060	0,075	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
94	13.281	0,558	78.447	0,169	14.893	0,624	87.683	0,170	16.505	0,571	80.243	0,206	Sì
95	9.425	0,558	59.840	0,158	10.762	0,624	66.899	0,161	12.098	0,572	61.390	0,197	Sì
93	878	0,569	5.573	0,158	1.009	0,624	6.105	0,165	1.140	0,582	5.695	0,200	Sì

Parete : 8

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
96	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì

Superiore				Centrale				Inferiore					
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
96	16.965	0,624	207.450	0,082	21.636	0,624	207.450	0,104	26.307	0,624	207.450	0,127	Sì

Parete : 9

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
100	300	25	12,000	0,083	0,060	0,079	Sì
101	300	25	12,000	0,083	0,060	0,078	Sì
99	300	25	12,000	0,079	0,060	0,075	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
100	13.285	0,558	78.447	0,169	14.897	0,624	87.683	0,170	16.510	0,571	80.243	0,206	Sì
101	9.351	0,558	59.848	0,156	10.687	0,624	66.899	0,160	12.024	0,572	61.408	0,196	Sì
99	878	0,569	5.572	0,158	1.009	0,624	6.105	0,165	1.140	0,582	5.695	0,200	Sì

Parete : 10

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
105	300	25	12,000	0,082	0,060	0,078	Sì
106	300	25	12,000	0,083	0,060	0,078	Sì
104	300	25	12,000	0,078	0,060	0,074	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
105	13.147	0,561	78.898	0,167	14.759	0,624	87.683	0,168	16.372	0,573	80.629	0,203	Sì
106	10.105	0,560	60.078	0,168	11.442	0,624	66.899	0,171	12.778	0,573	61.505	0,208	Sì
104	869	0,572	5.601	0,155	1.000	0,624	6.105	0,164	1.131	0,584	5.717	0,198	Sì

Parete : 11

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
107	300	25	12,000	0,216	0,085	0,145	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Verificato
107	7.513	0,298	66.282	0,113	10.633	0,554	123.216	0,086	13.753	0,439	97.559	0,141	Sì

Parete : 12

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
108	300	25	12,000	0,203	0,082	0,142	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Verificato
108	8.349	0,325	72.124	0,116	11.469	0,562	124.759	0,092	14.588	0,446	98.999	0,147	Sì

Parete : 13

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
109	300	25	12,000	0,214	0,085	0,147	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Nd	<input type="checkbox"/>	Nr	Nd/Nr	Verificato
109	7.993	0,302	67.094	0,119	11.112	0,554	123.044	0,090	14.231	0,436	96.956	0,147	Sì

Parete : 14

Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
112	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
113	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
112	2.977	0,624	30.267	0,098	3.431	0,624	30.267	0,113	3.885	0,624	30.267	0,128	Sì
113	3.034	0,624	30.267	0,100	3.488	0,624	30.267	0,115	3.942	0,624	30.267	0,130	Sì

Parete : 15

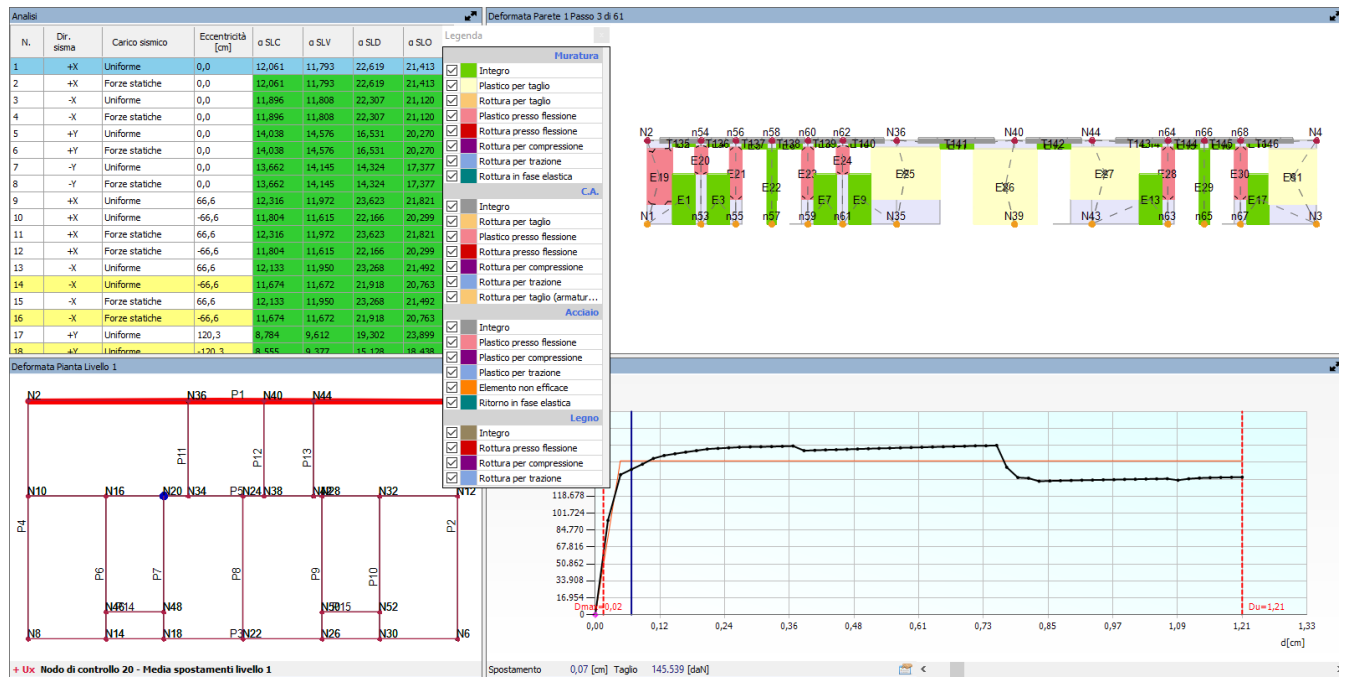
Maschio	ho [cm]	t [cm]	ho/t	e1/t Inferiore	e2/t Centrale	e1/t Superiore	Verificato
116	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì
117	300	25	12,000	0,060	0,060	0,060	Sì

Superiore			Centrale				Inferiore						
Maschio	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Nd	□	Nr	Nd/Nr	Verificato
116	3.036	0,624	30.267	0,100	3.490	0,624	30.267	0,115	3.944	0,624	30.267	0,130	Sì
117	2.974	0,624	30.267	0,098	3.428	0,624	30.267	0,113	3.883	0,624	30.267	0,128	Sì

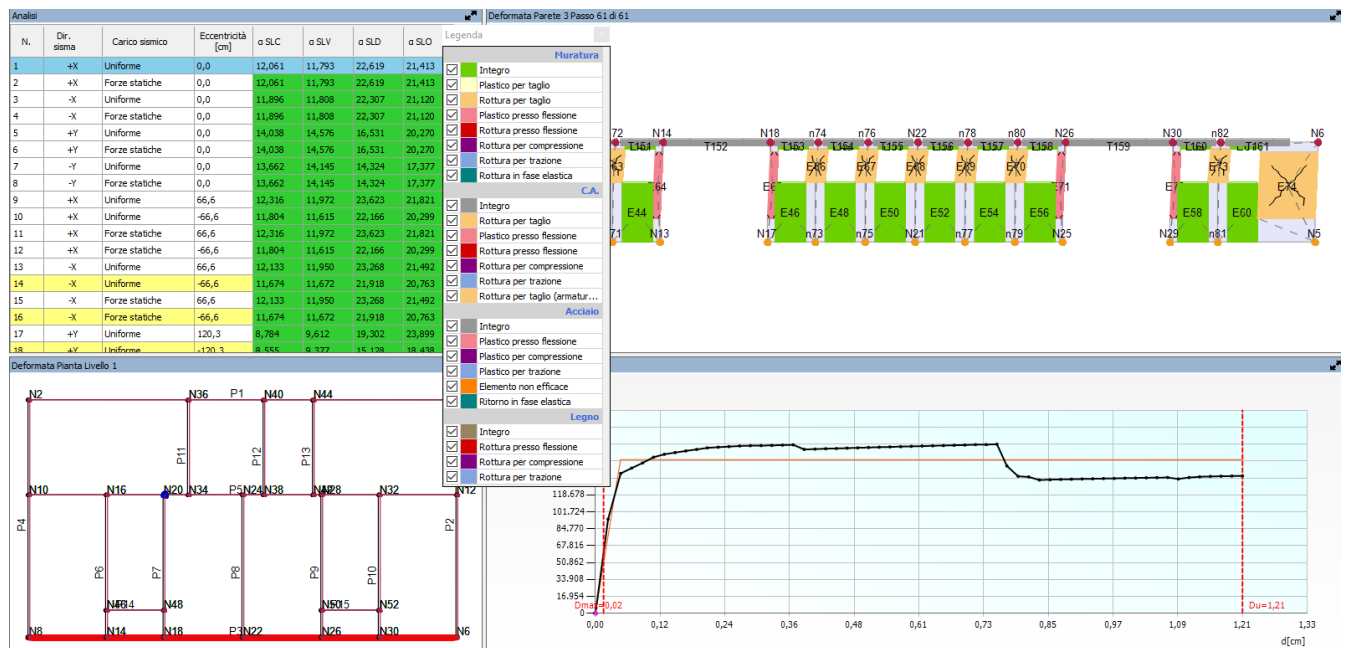
(*) Elementi di copertura

Si riportano i dati salienti della modellazione e i risultati per immagini.

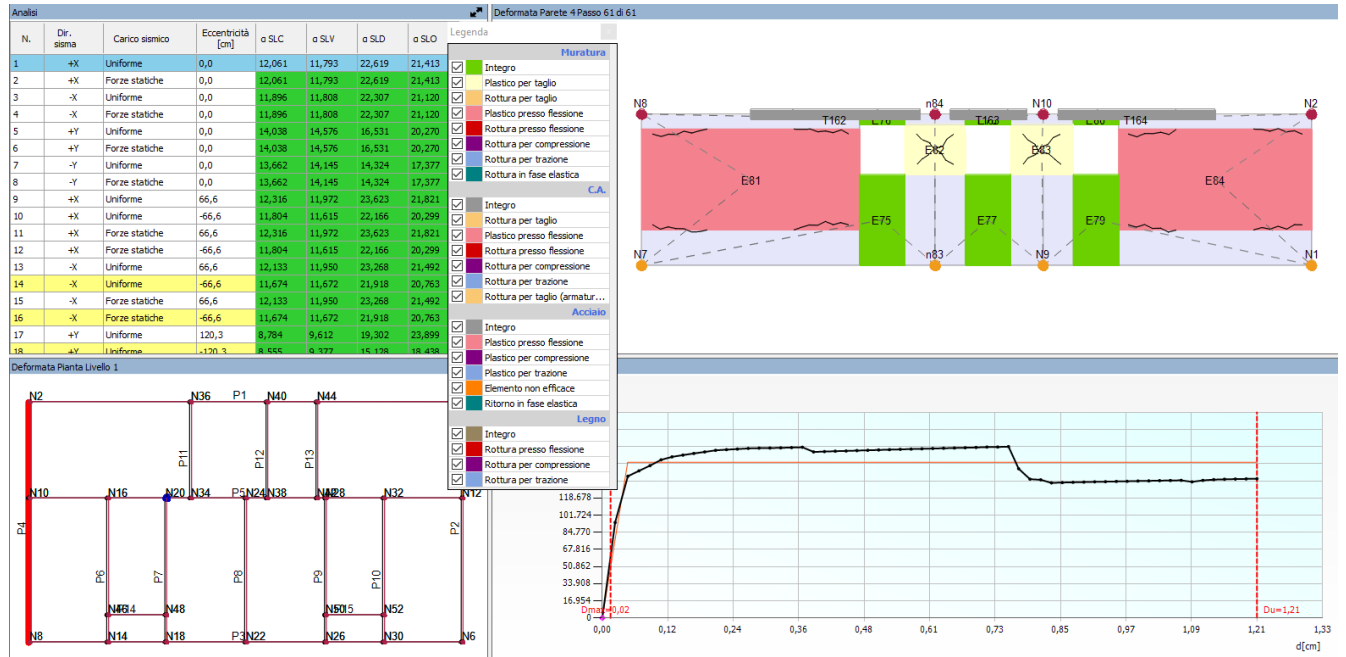
Analisi parete 1



Analisi parete 3



Analisi parete 4



6.3 GENERALITA' PER ANALISI STATICA EQUIVALENTE

Le combinazioni di carico s.l.u. statiche (in assenza di azioni sismiche) sono ottenute mediante diverse combinazioni dei carichi permanenti ed accidentali in modo da considerare tutte le situazioni più sfavorevoli agenti sulla struttura. I carichi vengono applicati mediante opportuni coefficienti parziali di sicurezza, considerando l'eventualità più gravosa per la sicurezza della struttura.

Le azioni sismiche sono valutate in conformità a quanto stabilito dalle norme e specificato nel paragrafo sulle azioni. Vengono in particolare controllate le deformazioni allo stato limite ultimo, allo stato limite di danno e gli effetti del second'ordine.

In sede di dimensionamento vengono analizzate tutte le combinazioni, anche sismiche, impostate ai fini della verifica s.l.u. Vengono anche processate le specifiche combinazioni di carico introdotte per valutare lo stato limite di esercizio (tensioni, fessurazione, deformabilità).

Oltre all'impostazione spaziale delle situazioni di carico potenzialmente più critiche, in sede di dimensionamento vengono ulteriormente valutate, per le varie travate, tutte le condizioni di lavoro statico derivanti dall'alternanza dei carichi variabili, i cui effetti si sovrappongono a quelli dei pesi propri e dei carichi permanenti. Vengono anche imposte delle sollecitazioni flettenti di sicurezza in campata e risultano controllate le deformazioni in luce degli elementi.

Per le combinazioni delle azioni ai sensi del par. 2.5.3 per gli stati ultimi strutturali si adotta l'approccio progettuale tipo APPROCCIO 2 COLONNA A1 STR. Ne risultano i seguenti coefficienti parziali per le azioni o effetto delle azioni agli SLU:

		Coefficiente γ_f	A1 STR
CARICHI PERMANENTI G1	Favorevoli Sfavorevoli	γ_{G1}	1.0 1.3
CARICHI PERMANENTI G2 (definiti – indefiniti)	Favorevoli Sfavorevoli	γ_{G2}	0.0 1.3 - 1.5
CARICHI VARIABILI Q	Favorevoli Sfavorevoli	γ_Q	0.0 1.5

Le combinazioni considerate sono:

SLU	$\gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_Q 1 Q1 + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q2$	$\psi_{02} = 0.7$ per classi C $\psi_{02} = 0.5$ per neve $\psi_{02} = 0.6$ per vento
SLE	RARA $G1 + G2 + \psi_{02} Q$ con	$\psi_{02} = 0.7$ per classi C $\psi_{02} = 0.5$ per neve $\psi_{02} = 0.6$ per vento
SLE	FREQUENTE $G1 + G2 + \psi_{11} Q$ con	$\psi_{11} = 0.7$ per classi C $\psi_{11} = 0.2$ per neve $\psi_{11} = 0.2$ per vento
SLE	QUASI PERM. $G1 + G2 + \psi_{21} Q$ con	$\psi_{21} = 0.6$ per classi C $\psi_{21} = 0.0$ per neve $\psi_{21} = 0.0$ per vento
COMBINAZIONE SISMICA E	$E + G1 + G2 + \psi_{21} Q$ con	$\psi_{21} = 0.6$ per classi C $\psi_{21} = 0.0$ per neve $\psi_{21} = 0.0$ per vento

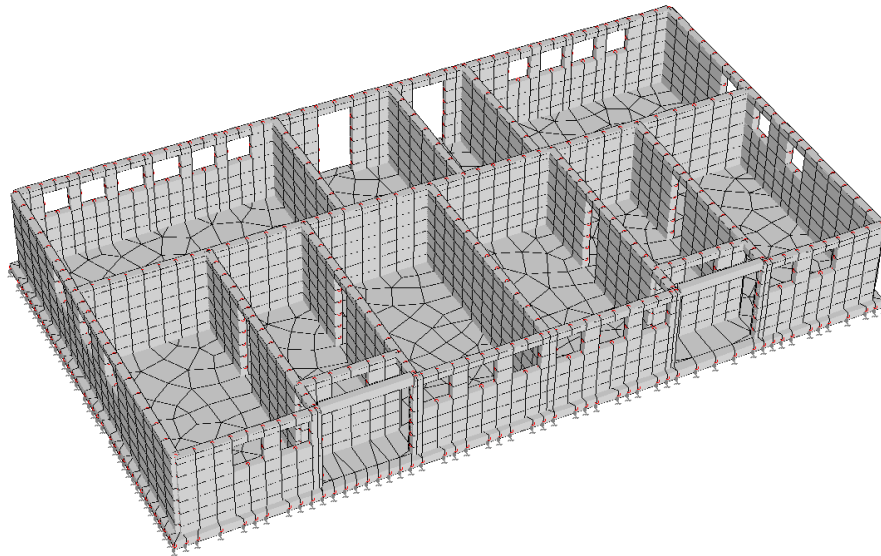
FATTORE DI STRUTTURA

Per il calcolo del fattore di struttura si è fatto riferimento a quanto indicato dalla normativa per strutture in legno (tab. 7.3.II NTC 2018) considerando i seguenti parametri di calcolo:

- tipologia strutturale: muratura ordinaria;
- classe di duttilità: B;
- coefficiente di base $q_0 = 1.75 \alpha_u / \alpha_1$; $\alpha_u / \alpha_1 = 1.70$; $k_r = 1.00$; $q_{lim} = 2.975$

6.4 SPOGLIATOIO - MODELLAZIONE

Si riportano i dati salienti della modellazione e i risultati per immagini.



Modello spogliatoio

6.4.1 Lista materiali utilizzati

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Muratura	+1.50e+004	0.250	0.00180	+0.00e+000	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Calcestruzzo C28/35 (Rck 350)	+3.30e+005	0.120	0.00250	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
3	senza p.p. Muratura	+1.50e+003	0.250	0.00000	+0.00e+000	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

6.4.2 Riepilogo delle sezioni utilizzate nel modello strutturale

SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
2	25.000	50.000

6.4.3 Carichi per elementi trave, trave di fondazione e reticolare

Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist. fin. nodo I	Aliq. inerz.	Aliq. inerz SLD
Neve Zona II	3	Condizione 2	Variabile: Neve	0.008200	0.000	0.008200	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz .	Aliq.inerz . SLD
Peso proprio solaio h = 24+6 cm	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	- 0.035000	0.000	- 0.035000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente su copertura	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	- 0.020000	0.000	- 0.020000	0.000	1.0000	1.0000

6.4.4 Carichi per elementi bidimensionali**Carico di superficie nella direzione globale Z, agente sulla superficie reale**

Descrizione	Codice	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Valore	Aliq.inerziale	Aliq.inerz.SLD
Categoria B2 - Uffici aperti al pubblico	4	Condizione 3	Variabile: Uffici	-0.030600	0.3000	0.3000
Permanente su platea	5	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.020000	1.0000	1.0000

6.4.5 Combinazioni di carico**NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA
COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

6.5 IMPALCATO DI COPERTURA

 DATI DIMENSIONALI, CARICHI E PARAMETRI DI PROGETTO SOLAIO A LASTRE

CAMPATE

+-----+
1
+-----+

Interasse (cm) | 534 |

+-----+

APPOGGI

Larghezza (cm)	+-----+
	25 25
	+-----+
Coeff. riduz. mom. neg.	0 0
	+-----+
Largh. spunt. (cm)	25 25
	+-----+
Tipo appoggio	T T
	+-----+

CARICHI DISTRIBUITI UNIFORMI (POSITIVI SE RIVOLTI VERSO IL BASSO)
 E RELATIVE ASTE DI APPLICAZIONE
 Unita' di misura: kg/cm²

PARAMETRI DI CARICO			ASTE INTERESSATE	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
N.	permanenti	variabili (accidentali)	1	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
1	0,055	0,008	*	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

FATTORI DI SICUREZZA PARZIALE SUI CARICHI S.L.U. E S.L.E.
 Fattore di sicurezza per carichi permanenti S.L.U.: 1.3 S.L.E.: 1
 Fattore di sicurezza per carichi variabili S.L.U.: 1.5 S.L.E.: 0.7

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE SEZIONI DI PROGETTO

Normativa	NTC-2018
Versione	Edifici nuovi
Resistenza calcestruzzo Rck	kg/cm ² 350
fyk	kg/cm ² 4580
Copriferro	(cm) 2
Altezza solaio	(cm) 6+19+5
Interasse	(cm) 120
Armatura base di confezione	(cm ² /int) 1,71
Tipo blocco	Non collaborante
Condizione ambientale	Ordinaria
Combinazione SLE	Rara
Aliq. momento massimo positivo in campata	16
Verifica a taglio	Ottimizzata

 Tabella delle sollecitazioni, indici di resistenza e delle armature solaio a lastre
 (riferite all'interasse del solaio)
 CALCOLO ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Riferimento: Schema: Lastra_01

CAMPATA 1

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza		Note
(cm)	(kg *m)		(kg)			(cm ²)	Flessione	Taglio	
0	661	564	2685	2291	0,60	0,00	0,99	0,17	
13	989	843	2559	2184	2,52	0,00	0,35	0,48	
53	1883	1607	2148	1833	2,52	0,00	0,68	0,40	
107	2768	2361	1611	1375	2,56	0,00	0,99	0,30	
160	3349	2858	1074	916	3,08	0,00	0,99	0,20	
214	3584	3058	537	458	3,32	0,00	0,99	0,10	
267	3584	3058	0	0	3,32	0,00	0,99	0,00	
320	3584	3058	-458	-537	3,32	0,00	0,99	0,10	
374	3349	2858	-916	-1074	3,08	0,00	0,99	0,20	
427	2768	2361	-1375	-1611	2,56	0,00	0,99	0,30	
481	1883	1607	-1833	-2148	2,52	0,00	0,68	0,40	

522	989	843	-2184	-2559	2,52	0,00	0,35	0,48
534	661	564	-2291	-2685	0,60	0,00	0,99	0,17

REAZIONI D'APPOGGIO (riferite all' interasse)				BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI	
Num. app.	MAX (kg)	MIN (kg)		Ø (mm)	LUNGH.TOT. (cm)
1	2685	2291		20 8	66
2	2685	2291		20 8	66

TABELLA DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

Mensola/ Campata	Mom.max	a.inf	Indice resistenza flessione
n.	(kg *m)	(cm ²)	
1	3584	3,32	0,993

Tabella delle sollecitazioni delle tensioni e delle armature solaio a lastre
(riferite all'interasse del solaio)
CALCOLO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Riferimento: Schema: Lastra_01

CAMPATA 1												
x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm ²)			(kg/cm ²)		(mm)		
0	0	0	2025	1946	0,60	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
13	247	238	1930	1855	2,52	0,00	-1,50	-1,00	10	0,00	0,00	
53	973	935	1620	1557	2,52	0,00	-5,89	-3,90	38	0,00	0,00	
107	1730	1663	1215	1168	2,56	0,00	-10,47	-7,00	68	0,00	0,00	
160	2271	2182	810	778	3,08	0,00	-13,72	-9,10	89	0,00	0,00	
214	2595	2494	405	389	3,32	0,00	-15,68	-10,40	101	0,00	0,00	
267	2703	2598	0	0	3,32	0,00	-16,33	-10,90	105	0,00	0,00	
320	2595	2494	-389	-405	3,32	0,00	-15,68	-10,40	101	0,00	0,00	
374	2271	2182	-778	-810	3,08	0,00	-13,72	-9,10	89	0,00	0,00	
427	1730	1663	-1168	-1215	2,56	0,00	-10,47	-7,00	68	0,00	0,00	
481	973	935	-1557	-1620	2,52	0,00	-5,89	-3,90	38	0,00	0,00	
522	247	238	-1855	-1930	2,52	0,00	-1,50	-1,00	10	0,00	0,00	
534	0	0	-1946	-2025	0,60	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

REAZIONI D'APPOGGIO (riferite all' interasse)				BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI	
Num. app.	MAX (kg)	MIN (kg)		Ø (mm)	LUNGH.TOT. (cm)
1	2025	1946		20 8	66
2	2025	1946		20 8	66

TABELLA DELLE FRECCE E DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

fmax > 0 = abbassamento Modulo di elasticita'= 200000 kg/cm²

Mensola/ Campata	Mom.max	a.inf	Sc	Slat	Sf	winf	xfmax	fmax	fmax/l	Mom.inerzia convenzionale	Mom.inerzia sez.non.fess.	Mom.inerzia Sez.fess.
n.	(kg *m)	(cm ²)		(kg/cm ²)		(mm)	(cm)	(cm)		(cm ⁴)	(cm ⁴)	(cm ⁴)
1	2703	3,32	-16,33	-10,90	105	0,00	267	0,21	1/2522	175284	223616	223616

Tabella delle armature superiori, fasce piene e semipiene (solaio a lastre)

Riferimento: Schema: Lastra_01

Non ci sono armature superiori

Tabella delle armature inferiori (solaio a lastre)

Riferimento: Schema: Lastra_01

Campata 1 - Luce 534 cm - Lunghezza Lastra 509 cm

Barra	n	Ø (mm)	Lungh. sinistra (cm)	Lungh. destra (cm)	Lungh. Totale (cm)
	1	10	264	264	528
	2	8	264	264	528

Armatura base di confezione = 1,71 cm²/int

Indici di resistenza (SLU) effettivi di lavoro (rif. all'interasse) solaio a lastre

Riferimento: Schema: Lastra_01

Mensola/Campata	Ascissa (cm)	Momento (kg *m)	Taglio a.inf (kg)	a.sup (cm ²)	Indice resistenza	
					flessione	taglio
1	0	564	2685	1,01	0,00	0,51
1	13	843	2559	3,50	0,00	0,22
1	267	3584	0	3,50	0,00	0,94
1	522	843	-2559	3,50	0,00	0,22
1	534	564	-2685	1,01	0,00	0,51

Tensioni massime (SLE) effettive di lavoro (rif. all'interasse) solaio a lastre

Riferimento: Schema: Lastra_01

Mensola/Campata	Ascissa (cm)	Momento (kg *m)	a.inf (cm ²)	a.sup (cm ²)	Sc (kg/cm ²)	Slat	Sf	winf (mm)	wsup (mm)	Note
1	0	0	1,01	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
1	13	238	3,50	0,00	-1,43	-1,00	9	0,00	0,00	
1	267	2703	3,50	0,00	-16,32	-10,90	105	0,00	0,00	
1	522	238	3,50	0,00	-1,43	-1,00	9	0,00	0,00	
1	534	0	1,01	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

DATI DIMENSIONALI, CARICHI E PARAMETRI DI PROGETTO SOLAIO A LASTRE

Riferimento: Schema: Lastra_02

CAMPATE

	1	2	3
Interasse (cm)	437	323	444

APPOGGI

Larghezza (cm)	25	25	25	25
Coeff.riduz.mom.neg.	0	0	0	0
Largh. spunt. (cm)	25	25	25	25
Tipo appoggio	T	T	T	T

CARICHI DISTRIBUITI UNIFORMI (POSITIVI SE RIVOLTI VERSO IL BASSO)
E RELATIVE ASTE DI APPLICAZIONE
Unita' di misura: kg/cm²

PARAMETRI DI CARICO			ASTE INTERESSATE		
N.	permanenti	variabili (accidentali)	1	2	3
1	0,055	0,008	*	*	*

FATTORI DI SICUREZZA PARZIALE SUI CARICHI S.L.U. E S.L.E.

Fattore di sicurezza per carichi permanenti S.L.U.: 1.3 S.L.E.: 1
Fattore di sicurezza per carichi variabili S.L.U.: 1.5 S.L.E.: 0.7

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE SEZIONI DI PROGETTO

Normativa NTC-2018
Versione Edifici nuovi

Resistenza calcestruzzo Rck	kg/cm ²	350
fyk	kg/cm ²	4580
Copriferro	(cm)	2
Altezza solaio	(cm)	6+19+5
Interasse	(cm)	120
Armatura base di confezione	(cm ² /int)	1,71
Tipo blocco		Non collaborante
Condizione ambientale		Ordinaria
Combinazione SLE		Rara
Aliq. momento massimo positivo in campata		16
Verifica a taglio		Ottimizzata

Tabella delle sollecitazioni, indici di resistenza e delle armature solaio a lastre
(riferite all'interasse del solaio)
CALCOLO ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Riferimento: Schema: Lastra_02

CAMPATA 1

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza		Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm ²)		Flessione	Taglio	
0	450	377	1850	1550	0,44	0,00	0,94	0,12	
13	674	564	1724	1442	2,52	0,00	0,24	0,32	
44	1107	925	1410	1175	2,52	0,00	0,40	0,26	
87	1533	1275	971	800	2,52	0,00	0,55	0,18	
131	1701	1398	531	425	2,52	0,00	0,61	0,10	
175	1701	1398	92	50	2,52	0,00	0,61	0,02	
184	1701				2,52	0,00	0,62	0,00	
219	1701	1398	-299	-374	2,52	0,00	0,61	0,07	
262	1647	1337	-674	-813	2,52	0,00	0,59	0,15	
306	1318	1044	-1049	-1253	2,52	0,00	0,47	0,23	
350	759	623	-1424	-1692	2,52	0,00	0,27	0,32	
393	-926	-1182	-1799	-2132	2,52	1,10	0,96	0,40	
425	-1199	-1500	-2067	-2445	2,52	1,35	0,99	0,46	
437	-1199	-1500	-2174	-2571	0,00	1,38	0,99	0,16	

CAMPATA 2

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza		Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm ²)		Flessione	Taglio	
0	-1199	-1500	1686	1285	0,00	1,38	0,99	0,11	
13	-1199	-1500	1561	1178	2,52	1,35	0,99	0,29	
32	-1199	-1500	1361	1008	2,52	1,35	0,99	0,25	
65	-859	-1071	1037	731	2,52	0,97	0,98	0,19	
97	-537	-768	712	454	2,52	0,68	0,99	0,13	
129	-303	-571	387	177	2,52	0,52	0,94	0,07	
162	-138	-433	62	-100	2,52	0,40	0,91	0,02	
194	-323	-595	-215	-425	2,52	0,54	0,95	0,08	
226	-568	-806	-492	-750	2,52	0,71	0,99	0,14	
258	-902	-1121	-769	-1074	2,52	1,01	0,99	0,20	
291	-1255	-1562	-1047	-1399	2,52	1,44	0,97	0,26	
311	-1255	-1562	-1216	-1598	2,52	1,44	0,97	0,30	
323	-1255	-1562	-1324	-1724	0,00	1,44	0,99	0,11	

CAMPATA 3

x	M max	M min	V max	V min	a.inf	a.sup	Indice resistenza		Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm ²)		Flessione	Taglio	
0	-1255	-1562	2615	2212	0,00	1,44	0,99	0,16	
13	-1255	-1562	2489	2105	2,52	1,44	0,97	0,47	
44	-964	-1222	2168	1831	2,52	1,13	0,97	0,41	
89	763	630	1722	1450	2,52	0,00	0,27	0,32	
133	1343	1066	1275	1069	2,52	0,00	0,48	0,24	
178	1686	1371	829	688	2,52	0,00	0,61	0,16	
222	1749	1439	382	308	2,52	0,00	0,63	0,07	
258	1749				2,52	0,00	0,64	0,00	
266	1749	1439	-48	-89	2,52	0,00	0,63	0,02	
311	1749	1439	-429	-536	2,52	0,00	0,63	0,10	
355	1573	1310	-810	-982	2,52	0,00	0,57	0,18	
400	1134	948	-1191	-1429	2,52	0,00	0,41	0,27	
432	683	572	-1465	-1750	2,52	0,00	0,24	0,33	
444	457	383	-1572	-1875	0,44	0,00	0,95	0,12	

REAZIONI D'APPOGGIO

BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI

(riferite all' interasse)				
Num. app.	MAX (kg)	MIN (kg)	Ø (mm)	LUNGH.TOT. (cm)
1	1850	1550	20 6	66
2	4257	3459	20 8	106
3	4339	3536	20 8	106
4	1875	1572	20 6	66

TABELLA DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

Mensola/ Campata	Mom.max (kg *m)	a.inf (cm ²)	Indice resistenza flessione
n.	(kg *m)	(cm ²)	
1	1701	2,52	0,619
2	656	2,52	0,238
3	1749	2,52	0,636

Tabella delle sollecitazioni delle tensioni e delle armature solaio a lastre
(riferite all'interasse del solaio)
CALCOLO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Riferimento: Schema: Lastra_02

CAMPATA 1

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm ²)			(kg/cm ²)		(mm)		
0	0	0	1386	1326	0,44	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
13	167	160	1292	1235	2,52	0,00	-1,01	-0,70	7	0,00	0,00	
44	533	510	1055	1008	2,52	0,00	-3,23	-2,20	21	0,00	0,00	
87	922	881	724	689	2,52	0,00	-5,58	-3,70	36	0,00	0,00	
131	1166	1113	392	371	2,52	0,00	-7,06	-4,70	46	0,00	0,00	
175	1265	1205	61	52	2,52	0,00	-7,65	-5,10	50	0,00	0,00	
184	1267				2,52	0,00	-7,67	-5,10	50	0,00	0,00	
219	1219	1158	-261	-276	2,52	0,00	-7,38	-4,90	48	0,00	0,00	
262	1028	972	-580	-607	2,52	0,00	-6,22	-4,20	40	0,00	0,00	
306	693	647	-898	-939	2,52	0,00	-4,19	-2,80	27	0,00	0,00	
350	212	183	-1217	-1270	2,52	0,00	-1,28	-0,90	8	0,00	0,00	
393	-400	-433	-1535	-1602	2,52	1,10	-2,47		18	0,00	0,00	
425	-915	-970	-1762	-1838	2,52	1,35	-5,52		40	0,00	0,00	
437	-1047	-1107	-1854	-1933	0,00	1,38	-5,49		37	0,00	0,00	

CAMPATA 2

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm ²)			(kg/cm ²)		(mm)		
0	-1047	-1107	1226	1146	0,00	1,38	-5,49		37	0,00	0,00	
13	-1003	-1059	1131	1055	2,52	1,35	-6,02		44	0,00	0,00	
32	-808	-850	981	910	2,52	1,35	-4,84		35	0,00	0,00	
65	-540	-585	736	675	2,52	0,97	-3,33		24	0,00	0,00	
97	-347	-400	491	439	2,52	0,68	-2,28		17	0,00	0,00	
129	-233	-290	246	204	2,52	0,52	-1,66		12	0,00	0,00	
162	0	-257	1	-31	2,52	0,40	-1,47		11	0,00	0,00	
194	-243	-300	-234	-276	2,52	0,54	-1,71		13	0,00	0,00	
226	-366	-420	-470	-521	2,52	0,71	-2,39		18	0,00	0,00	
258	-569	-615	-705	-766	2,52	1,01	-3,50		26	0,00	0,00	
291	-847	-890	-941	-1011	2,52	1,44	-5,06		37	0,00	0,00	
311	-1048	-1104	-1085	-1161	2,52	1,44	-6,28		46	0,00	0,00	
323	-1093	-1155	-1176	-1256	0,00	1,44	-5,72		39	0,00	0,00	

CAMPATA 3

x	max M	min M	max V	min V	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
(cm)	(kg *m)		(kg)		(cm ²)			(kg/cm ²)		(mm)		
0	-1093	-1155	1966	1886	0,00	1,44	-5,72		39	0,00	0,00	
13	-959	-1015	1872	1795	2,52	1,44	-5,78		42	0,00	0,00	
44	-423	-457	1630	1562	2,52	1,13	-2,60		19	0,00	0,00	
89	210	180	1293	1239	2,52	0,00	-1,27	-0,90	8	0,00	0,00	
133	707	661	956	915	2,52	0,00	-4,28	-2,90	28	0,00	0,00	
178	1054	998	619	591	2,52	0,00	-6,38	-4,30	41	0,00	0,00	
222	1252	1190	283	268	2,52	0,00	-7,58	-5,10	49	0,00	0,00	
258	1303				2,52	0,00	-7,89	-5,30	51	0,00	0,00	
266	1301	1240	-51	-59	2,52	0,00	-7,87	-5,30	51	0,00	0,00	
311	1200	1145	-374	-396	2,52	0,00	-7,26	-4,90	47	0,00	0,00	

355	949	907	-698	-732	2,52	0,00	-5,75	-3,90	37	0,00	0,00
400	549	525	-1022	-1069	2,52	0,00	-3,33	-2,20	22	0,00	0,00
432	170	162	-1254	-1311	2,52	0,00	-1,03	-0,70	7	0,00	0,00
444	0	0	-1345	-1406	0,44	0,00	0,00		0	0,00	0,00

REAZIONI D'APPOGGIO
(riferite all' interasse)

BARRE A TAGLIO AGLI APPOGGI

Num. app.	MAX (kg)	MIN (kg)	Ø (mm)	LUNGH.TOT. (cm)
1	1386	1326	20 6	66
2	3159	2999	20 6	106
3	3223	3062	20 6	106
4	1406	1345	20 6	66

TABELLA DELLE FRECCHE E DEI MOMENTI MASSIMI IN CAMPATA (rif. all'interasse)

fmax > 0 = abbassamento

Modulo di elasticita' = 200000 kg/cm²

Mensola/ Campata	Mom.max	a.inf	Sc	Slat	Sf	winf	xfmax	fmax	fmax/l	Mom.inerzia convenzionale	Mom.inerzia sez.non.fess.	Mom.inerzia Sez.fess.
n.	(kg *m)	(cm²)		(kg/cm²)		(mm)	(cm)	(cm)		(cm⁴)	(cm⁴)	(cm⁴)
1	1267	2,52	-7,67	-5,10	50	0,00	203	0,06	1/7562	175284	223616	223616
2	495	2,52	-2,99	-2,00	19	0,00	160	-0,01		175284	223616	223616
3	1303	2,52	-7,89	-5,30	51	0,00	238	0,06	1/7242	175284	223616	223616

Tabella delle armature superiori, fasce piene e semipiene (solaio a lastre)

Riferimento: Schema: Lastra_02

Num. app.	Ø (mm)	Lungh. sinistra (cm)	Lungh. destra (cm)
2	2d10	110	435

Tabella delle armature inferiori (solaio a lastre)

Riferimento: Schema: Lastra_02

Campata 1 - Luce 437 cm - Lunghezza Lastra 412 cm

Barra	n	Ø (mm)	Lungh. sinistra (cm)	Lungh. destra (cm)	Lungh. Totale (cm)
1	10	10	216	216	432
2	8	8	216	216	432

Campata 2 - Luce 323 cm - Lunghezza Lastra 298 cm

Barra	n	Ø (mm)	Lungh. sinistra (cm)	Lungh. destra (cm)	Lungh. Totale (cm)
1	10	10	159	159	318
2	8	8	159	159	318

Campata 3 - Luce 444 cm - Lunghezza Lastra 419 cm

Barra	n	Ø (mm)	Lungh. sinistra (cm)	Lungh. destra (cm)	Lungh. Totale (cm)
1	10	10	220	220	440
2	8	8	220	220	440

Armatura base di confezione = 1,71 cm²/int

Indici di resistenza (SLU) effettivi di lavoro (rif. all'interasse) solaio a lastre

Riferimento: Schema: Lastra_02

Mensola/Campata	Ascissa	Momento	Taglio	a.inf	a.sup	Indice resistenza	
	(cm)	(kg *m)	(kg)	(cm²)		flessione	taglio
1	0	377	1850	0,57	0,00	0,60	0,12
1	13	564	1724	3,50	0,00	0,15	0,32

1	184	1701	0	3,50	0,00	0,45	0,00
1	425	-1500	-2445	3,50	1,57	0,86	0,46
1	437	-1500	-2571	1,01	1,57	0,87	0,16
2	0	-1500	1686	1,01	1,57	0,87	0,11
2	13	-1500	1561	3,50	1,57	0,86	0,29
2	162	656	-100	3,50	1,57	0,17	0,02
2	311	-1562	-1598	3,50	1,57	0,90	0,30
2	323	-1562	-1724	1,01	1,57	0,90	0,11
3	0	-1562	2615	1,01	1,57	0,90	0,16
3	13	-1562	2489	3,50	1,57	0,90	0,47
3	258	1749	0	3,50	0,00	0,46	0,00
3	432	572	-1750	3,50	0,00	0,15	0,33
3	444	383	-1875	0,57	0,00	0,61	0,12

Tensioni massime (SLE) effettive di lavoro (rif. all'interasse) solaio a lastre

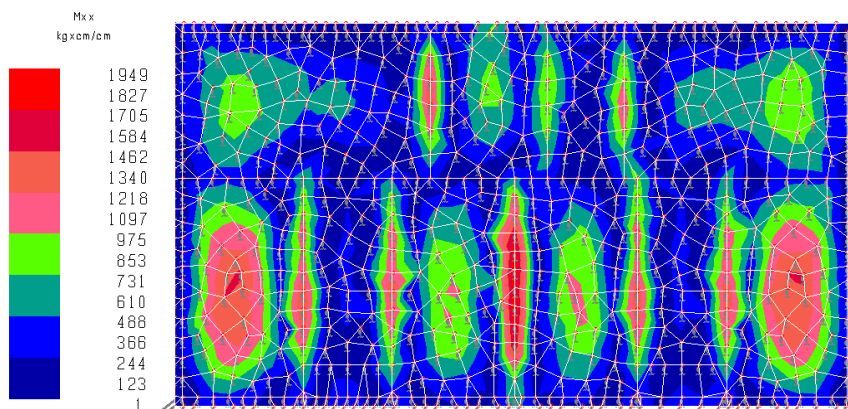
Riferimento: Schema: Lastra_02

Mensola/Campata	Ascissa	Momento	a.inf	a.sup	Sc	Slat	Sf	winf	wsup	Note
	(cm)	(kg *m)	(cm ²)		(kg/cm ²)			(mm)		
1	0	0	0,57	0,00	0,00		0	0,00	0,00	
1	13	160	3,50	0,00	-0,97	-0,70	6	0,00	0,00	
1	184	1267	3,50	0,00	-7,65	-5,10	49	0,00	0,00	
1	425	-970	3,50	1,57	-5,48		40	0,00	0,00	
1	437	-1107	1,01	1,57	-5,45		37	0,00	0,00	
2	0	-1107	1,01	1,57	-5,45		37	0,00	0,00	
2	13	-1059	3,50	1,57	-5,98		44	0,00	0,00	
2	162	495	3,50	1,57	-2,95	-2,00	19	0,00	0,00	
2	311	-1104	3,50	1,57	-6,24		46	0,00	0,00	
2	323	-1155	1,01	1,57	-5,69		38	0,00	0,00	
3	0	-1155	1,01	1,57	-5,69		38	0,00	0,00	
3	13	-1015	3,50	1,57	-5,74		42	0,00	0,00	
3	258	1303	3,50	0,00	-7,87	-5,30	51	0,00	0,00	
3	432	162	3,50	0,00	-0,98	-0,70	6	0,00	0,00	
3	444	0	0,57	0,00	0,00		0	0,00	0,00	

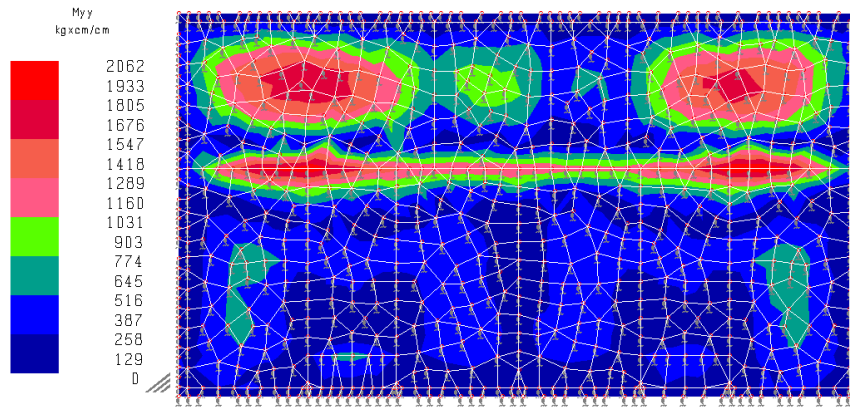
6.6 RISULTATI FONDAZIONI C.A. - PLATEA SP. 30 CM

Per la verifica delle fondazioni si è realizzato un ulteriore modello ad elementi finiti, incrementando del 10% le azioni agenti sulle strutture come richiesto dalle NTC 2018 al punto 7.2.5 per le fondazioni superficiali progettate in CD "B".

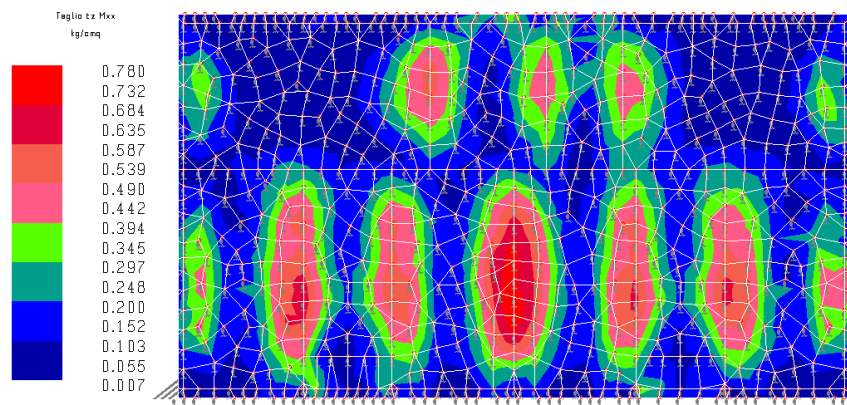
La capacità portante è valutata sulla base delle indagini citate al paragrafo 2.3 e riportate in allegato. Nella immagini seguenti si riportano i risultati.



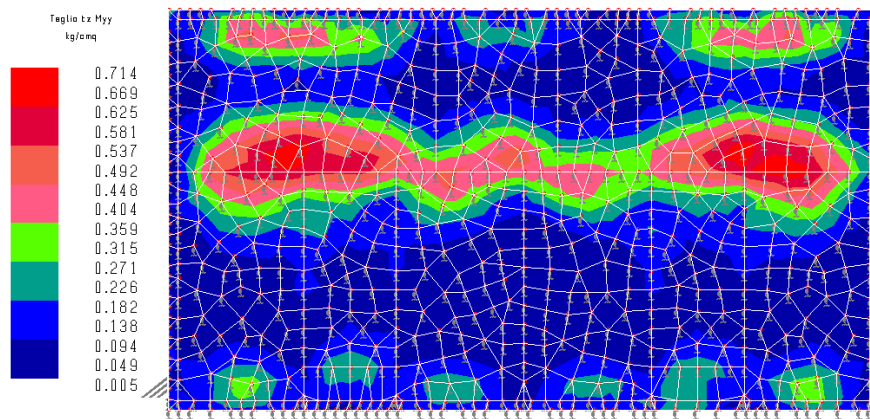
Momento flettente Mxx



Momento flettente Myy

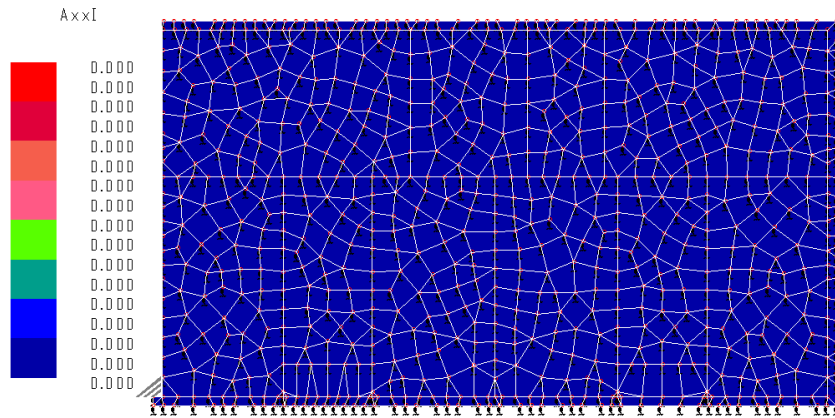


Taglio Tz (Mxx)

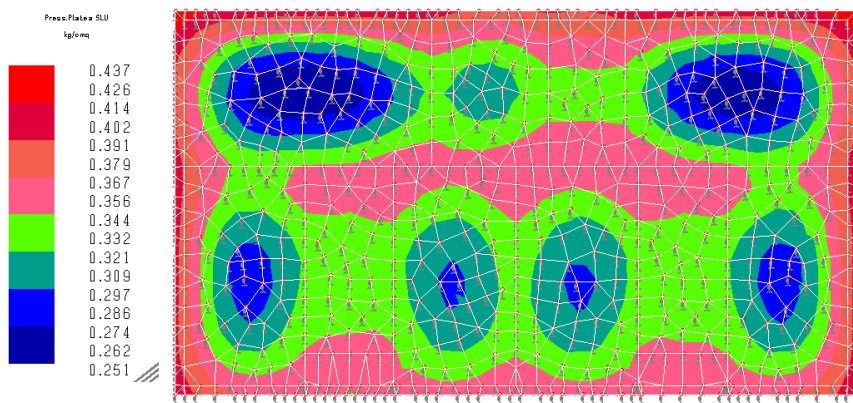


Taglio Tz (Myy)

L'armatura disposta in platea consiste in una doppia rete $\phi 10/20 \times 20$ (armatura che copre i minimi di norma imposti dalle NTC 2018 per le platee). Non è richiesta armatura aggiuntiva come indicato nell'immagine seguente:



Armatura aggiuntiva Axx inferiore (allo stesso modo Axx inf, Ayy inf, Axx sup)



Pressione terreno kg/cm² (SLU)

Si ha sulla base delle indagini citate per terreno coesivo (approccio n.2), per platea di dimensioni 24.70x14.00 m circa, spessore 30 cm:

$$q_d = (1 + 0.20 \times B/L) \times c_u \times N_c + \gamma D \times N_q + (1 - 0.20 \times B/L) \times \gamma B/2 \times N_\gamma$$

$$q_d = (1 + 0.20 \times 14.00/24.70) \times 5 \times 5.70 + 1.80 \times 0.35 \times 1 = 32.36 \text{ t/mq}$$

$$q_{lim} = 32.36/2.30 = 14.07 \text{ t/mq} = 1.40 \text{ kg/cmq}$$

Si ha $q_{lim} > q_d$ (0.437)
Padova, gennaio 2019

Ing. Mauro Ferrarese



ALLEGATO 1: INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO

CODICE DI CALCOLO ADOTTATO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di *Lanczos* noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria *LAPACK*.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

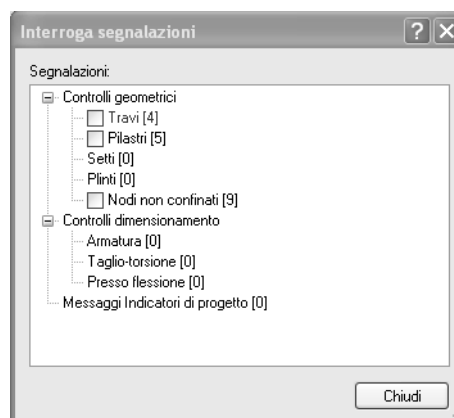
Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che



filtri di
essere
gli
dei

di
etc.
per via
le

bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.Iva: IT00382470318
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV
in base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LIFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidità elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidità geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidità del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

AMV s.r.l.
Il legale rappresentante
Ing. Eugenio Aiello