

REGIONE EMILIA ROMAGNA



**PROGETTO PER LA VERIFICA SISMICA PRE E POST INTERVENTO
RELATIVAMENTE AL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO
DELL'EDIFICIO DENOMINATO PALESTRA ESISTENTE "MONTESSORI
DA VINCI" SITO IN VIA DELLA REPUBBLICA, 3 A PORRETTA TERME
(BO) - BLOCCO DENOMINATO 2
CIG Z2725F3148 – C19F18000420001**

ANALISI SISMICA DELLO STATO DI PROGETTO



1	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	3
2	RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3	RELAZIONE DI CALCOLO	10
4	CALCOLO INDICI DI VULNERABILITÀ SISMICA	35
5	VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE	39
6	ALLEGATO A - ANALISI FEM - PUSHOVER	43
7	ALLEGATO B - ANALISI FEM - STATICA SISMICA EQUIVALENTE	65

Il progettista delle strutture



SOMMARIO

1	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA	3
1.1	DESCRIZIONE GENERALE	3
1.2	DESCRIZIONE TECNICA DELLA STRUTTURA	5
1.3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO	5
2	RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
2.1	DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA.....	7
2.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE MATERIALI ESISTENTI	7
2.3	MATERIALI UTILIZZATI NEGLI INTERVENTI DI NUOVA REALIZZAZIONE	8
3	RELAZIONE DI CALCOLO	10
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
3.2	AZIONI DI PROGETTO.....	10
3.2.1	ANALISI DEI CARICHI.....	10
3.3	IPOTESI, COMBINAZIONI DI CARICO E CRITERI DI VERIFICA.....	14
3.3.1	STRUTTURA INTELAIATA IN C.A. (analisi PUSHOVER – ALLEGATO A)	14
3.3.2	Combinazioni di carico	22
3.3.3	VERIFICA CONTROVENTATURA DI FALDA IN ACCIAIO (ALLEGATO B)	25
3.4	VERIFICA DELLA CONTROVENTATURA DI FALDA	26
3.4.1	Verifica lato acciaio	26
3.4.2	Verifica lato calcestruzzo.....	28
3.5	VERIFICA ANCORAGGIO DEI FERRI DI RIPRESA DEI NUOVI PILASTRI	29
4	CALCOLO INDICI DI VULNERABILITÀ SISMICA.....	35
4.1	RISULTATI ANALISI FEM - TELAIO IN C.A. POST-INTERVENTO	35
4.2	RIEPILOGO VERIFICHE E RISULTATI	38
5	VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE	39
6	ALLEGATO A - ANALISI FEM - PUSHOVER	43
6.1	TABULATI	43
6.2	IMMAGINI MODELLAZIONE FEM.....	50
6.3	RISULTATO ANALISI STATICHE NON LINEARI (PUSHOVER).....	52
6.3.1	Riepilogo risultati analisi pushover	52
6.3.2	Curve pushover.....	54
6.4	INDICATORI DI RISCHIO SISMICO - MASTER-ESIST	63
7	ALLEGATO B - ANALISI FEM - STATICA SISMICA EQUIVALENTE	65
7.1	TABULATI	65
7.2	IMMAGINI MODELLAZIONE FEM.....	71
7.3	RISULTATO ANALISI.....	73

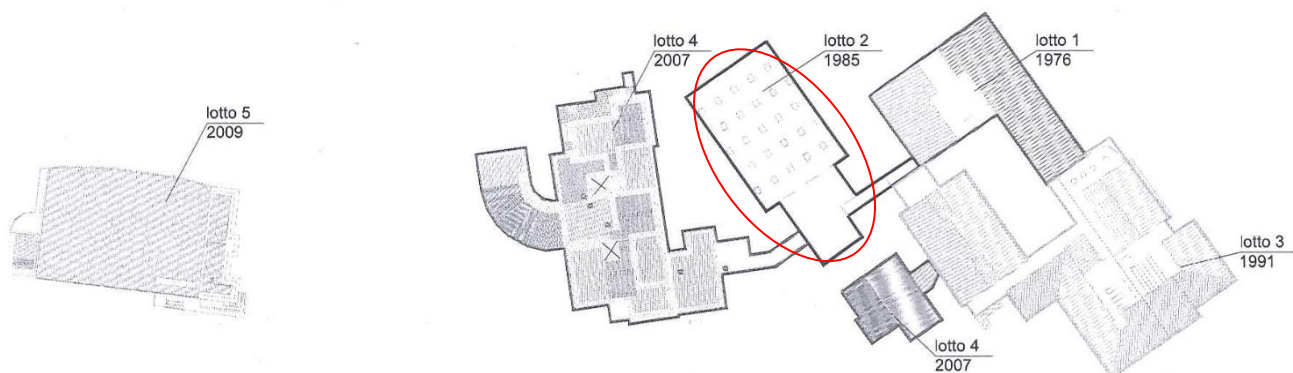
1 RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

1.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'attuale Istituto "Montessori - da Vinci" sito in Via della Repubblica, 3 – Porretta Terme (Bologna) è costituito da una serie di corpi di fabbrica inseriti in un'area piuttosto ampia, ubicata in una zona accliva sovrastante Porretta Terme.

Il complesso scolastico venne realizzato a partire dal 1976 in sei lotti successivi come di seguito elencati:

1. Corpo Vecchio – Magistrali - lotto 1 – 1976
2. Palestra 1985 - lotto 2 – 1985
3. Corpo A e B - lotto 3 – 1991
4. Corpo "ampliamento" – lotto 4 – suddiviso a sua volta in 7 blocchi strutturali – 2007
5. Corpo palestra "nuova" – lotto 5 – 2009



Vista del complesso scolastico - in rosso l'edificio analizzato

I manufatti oggetto di indagine sono il corpo palestra e l'annesso corpo spogliatoi (lotto 2 del 1985). L'obiettivo della presente relazione è quello di dare una valutazione tecnica sulla sicurezza statica della struttura. In particolare sono stati considerati i carichi verticali (pesi propri, pesi permanenti portati, neve e carichi accidentali) e il carico orizzontale da vento.



Vista dell'edificio oggetto di indagine

Il fabbricato monopiano in oggetto ospita la palestra e i relativi servizi spogliatoi. La palestra ha dimensioni in pianta 30,00 x 20,00 ed altezza dal solaio di calpestio di ml. 7,50. Gli spogliatoi hanno una pianta ad L inscritta in un rettangolo di dimensioni 16,00x14,00 e un'altezza dal piano di calpestio pari a 3,00 mt.

Il progetto originale delle strutture in opera è a firma del dott. ing. Giuseppe Andina, datato 1981, mentre la struttura di copertura prefabbricata è stata progettata dal dott. ing. Andrea Franchi. La costruzione è stata eseguita dall'Impresa Cooperativa Muratori di Porretta Terme e dall'Impresa Pizzarotti & C Spa per le parti prefabbricate.

Il collaudo strutturale è stato eseguito il 23.04.1985 dall'Ing. Giorgio Gasparini.

I corpi analizzati possiedono un proprio organismo strutturale completamente indipendente rispetto ad altri fabbricati. I giunti di costruzione, che dividono il corpo spogliatoi dai due corridoi, non hanno ampiezza sufficiente per essere considerati giunti sismici, ma in prima approssimazione nell'ottica di una valutazione di vulnerabilità sismica, è stato considerato opportuno analizzare tale unità strutturale in maniera indipendente.

Per la definizione delle armature e delle caratteristiche meccaniche necessarie alla definizione degli elementi strutturali principali, sono stati utilizzati i dati desunti dalla relazione tecnica

specialistica "Indagini e controlli non distruttivi sulle strutture della palestra dell'IIS Maria Montessori di Porretta Terme" a cura della società IN SITU s.r.l.

Per gli elementi non indagati sono stati utilizzati i dati presenti nei seguenti documenti progettuali:

- elaborati grafici strutture in opera ing. Andina;
- elaborati grafici e relazione strutture prefabbricate ing. Franchi;
- relazione a struttura ultimata a firma dell'ing. Silvano Casini;
- certificato di collaudo a firma dell'ing. Gasparini.

1.2 DESCRIZIONE TECNICA DELLA STRUTTURA

La struttura verticale della palestra è del tipo a telaio, costituito da pilastri, cordoli intermedi e travi di chiusura continue in c.a. realizzati in opera.

La copertura della palestra è composta da travi ad omega e tegoli a pi-greco prefabbricati in cemento armato precompresso.

Il solaio di calpestio della palestra è realizzato in laterocemento con elementi prefabbricati tipo "varese" e cappa gettata in opera. La copertura della palazzina spogliatoi è costituita da un solaio in laterocemento con travi in c.a. in spessore.

Le tamponature della palestra e del corpo spogliatoi sono realizzate in mattoni forati di laterizio.

Le fondazioni sono di tipo diretto a suola continua in c.a. intestate sullo strato di limi ed argille limose (Livello 2).

Nel 2012 è stato progettato ed eseguito un intervento di messa in sicurezza della copertura della palestra, avente lo scopo di collegare tra di loro gli elementi prefabbricati e le travi gettate in opera (tegoli - travi omega, travi omega - travi di chiusura).

1.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

Le verifiche e le analisi svolte (riportate nei documenti "Valutazione della sicurezza - stato di fatto" e "Analisi sismica dello stato di fatto") hanno dimostrato l'adeguatezza della struttura a riprendere i carichi verticali e i carichi orizzontali da vento (fatto salvo l'accumulo di neve sulla copertura del corpo spogliatoi), ma hanno evidenziato anche notevoli mancanze della struttura nel resistere all'azione sismica di progetto. Gli indici ξ ottenuti sono infatti:

- valutazione della sicurezza statica $\xi_v = 1.00$;

- valutazione della sicurezza sismica $\xi_E = 0.26$.

Per tale ragione (elevato livello di vulnerabilità sismica) si è deciso di analizzare l'unità strutturale proponendo un intervento di miglioramento sismico, al fine di raggiungere un indice ξ_E almeno pari a 0.6. Tale valore, in caso di miglioramento sismico, è prescritto dall'attuale normativa vigente, come target minimo per gli edifici rilevanti ad uso scolastico e strategici (§ 8.4.2 NTC18).

L'intervento proposto consiste in:

- realizzazione di nuovi pilastri 30 x 50 opportunamente armati a ridosso degli esistenti, per aumentarne resistenza e duttilità;
- irrigidimento della copertura nel proprio piano mediante realizzazione di una controventatura di falda a croce di S. Andrea con diagonale tesa attiva in tirante metallico;
- applicazione di un sistema antiribaltamento ai tamponamenti della palestra mediante l'applicazione di uno specifico intonaco armato.

Il progettista delle strutture



2 RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

2.1 DEFINIZIONE LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Nelle costruzioni esistenti è cruciale la conoscenza della struttura e dei materiali che la costituiscono. Per questo vengono introdotti particolari parametri, i “fattori di confidenza”, legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive.

Essi vanno preliminarmente a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare nel progetto o nella verifica (valori da ridurre ulteriormente, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza).

Vista la documentazione in possesso (elaborati grafici, relazioni e certificato di collaudo) e viste le verifiche e prove eseguite dalla IN SITU s.r.l., si è deciso di analizzare la struttura scegliendo i seguenti livelli di conoscenza:

- **LC2** - calcestruzzo e acciaio;
- **LC1** - muratura di tamponamento in laterizio forato.

Il fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza LC2 è: $FC = 1.20$. Tale valore è stato utilizzato per la riduzione delle resistenze del calcestruzzo e dell'acciaio.

Il fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza LC1 è: $FC = 1.35$. Tale valore è stato utilizzato per la riduzione delle resistenze della muratura di laterizio forato.

2.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE MATERIALI ESISTENTI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali realizzati in opera sono state confermate dalle indagini effettuate dalla società IN SITU s.r.l.. Le prove di laboratorio eseguite sui campioni estratti hanno evidenziato resistenze medie maggiori rispetto ai valori previsti nel progetto originale.

▪ **Calcestruzzo strutturale – pilastri e travi in c.a.**

Stati limite ultimi

$$f_{cm} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} / F.C. = 9.44 \text{ MPa}$$

▪ **Acciaio per c.a. - pilastri, travi e solai (FeB38k - barre nervate)**

Stati limite ultimi

$$f_{ym} = 428 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} / F.C. = 310 \text{ MPa}$$

▪ **Muratura in laterizio forato**

Stati limite ultimi	$f_m = 1.1 \text{ MPa}$
	$f_d / \text{F.C.} = 0.272 \text{ MPa}$
	$T_0 = 0.1 \text{ MPa}$
	$T_d / \text{F.C.} = 0.025 \text{ MPa}$

2.3 MATERIALI UTILIZZATI NEGLI INTERVENTI DI NUOVA REALIZZAZIONE

La presente relazione viene redatta ai sensi e per gli effetti dell'art. 3 della L. 05/11/71 n. 1086.

I materiali impiegati presentano le seguenti caratteristiche meccaniche agli Stati Limite:

▪ **Calcestruzzo strutturale – STR. IN ELEVAZIONE (pilastri)**

C 25/30

classe di resistenza	Rck 30
classe di consistenza	S4 (fluida) – S5 (superfluida)
classe di esposizione	XC1
copriferro (minimo)	25 - 30 mm
cemento tipo	II 32.5 UNI EN-450
rapporto A/C	≤ 0.50
dosaggio min di cemento	$\geq 300 \text{ kg/mc}$
diametro max inerti	16 mm - 20 mm
Stati limite ultimi	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
	$f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$
	$f_{ctm} = 2.57 \text{ MPa}$
	$f_{ctd} = 1.20 \text{ MPa}$
Stati limite d'esercizio	$0.45 f_{ck} = 11.25 \text{ MPa (Comb.Q.Perm.)}$
	$0.60 f_{ck} = 15.00 \text{ MPa (Comb.Rara)}$

▪ **Acciaio per c.a. (barre e reti elettr.)**

B450C control. in cantiere e stabilimento	
Stati limite ultimi	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
	$f_{sd} = 391.30 \text{ MPa}$
Stati limite d'esercizio	$0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa (Comb.Rara)}$

▪ **Acciaio per carpenteria metallica S275 JR**

S275 JR control. in cantiere e stabilimento

Stati limite ultimi

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 261.9 \text{ MPa}$$

$$\tau_d = 275/\sqrt{3}/1.05 = 151 \text{ MPa}$$

▪ **Bulloni e Barre filettate zincate classe 8.8 ad alta resistenza**

Conformi al punto 11.3.4.6 del D.M. 17.01.2018 - Norme tecniche per le costruzioni

Tab. 11.3.XIII.a e Tab. 11.3.XIII.b

classe 8.8.- dadi 8

$$f_{yb} = 649 \text{ MPa}$$

$$f_{tb} = 800 \text{ MPa}$$

▪ **Saldature**

Conformi al punto 11.3.4.5 del D.M. 17.01.2018 - Norme tecniche per le costruzioni

▪ **Classificazione struttura metallica secondo EN 1090**

Classe di Esecuzione

EXC2

Classe di Importanza

CC2

Categoria di servizio

SC1

Categoria di produzione

PC1

▪ **Sistema antiribaltamento delle tamponature KERAKOLL**

- rete GEO GRID 120

- malta antisismica strutturale a base cementizia

- barre elicoidali tipo STEEL DRYFIX installate con tecnologia Helifix

▪ **Riprese armature nuovi pilastri con ancorante chimico tipo HILTI HY 200-R**

Durante l'esecuzione delle opere strutturali saranno effettuati i prelievi e le prove sui materiali da costruzione previsti a norma di legge. I certificati di prova saranno allegati alla Relazione a strutture ultimate redatta dal Direttore delle opere strutturali.

Il progettista delle strutture



3 RELAZIONE DI CALCOLO

Nel seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica delle strutture con la valutazione degli indici di vulnerabilità.

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- L. 05/11/1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- L. 02/02/74 n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3.2 AZIONI DI PROGETTO

Si considerano i seguenti carichi elementari caratteristici, successivamente combinati al fine di ricavare le massime sollecitazioni agli SL (SLU – SLV - SLD).

3.2.1 ANALISI DEI CARICHI

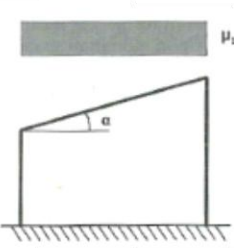
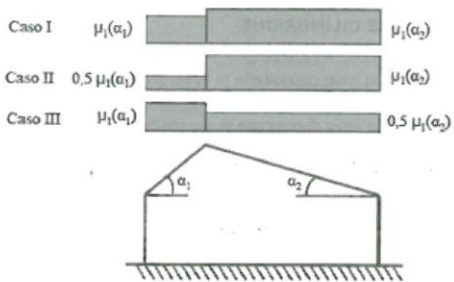
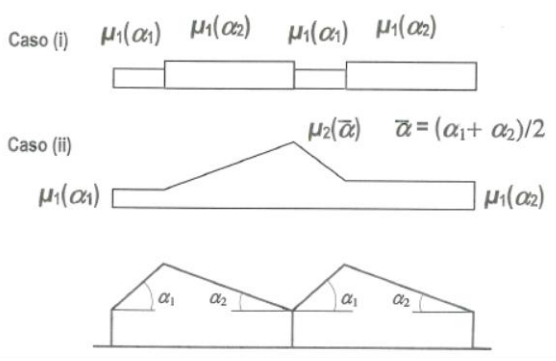
- **Copertura palestra**

p.p. str. solaio prefabbricato	$G_{1,k} = 2.60 \text{ kN/m}^2$
permanente portato	$G_{2,k} = \underline{0.25 \text{ kN/m}^2}$
tot. carico permanente	$\Sigma G_k = 2.85 \text{ kN/m}^2$
tot. carico variabile (neve)	$Q_k = \underline{1.63 \text{ kN/m}^2}$
totale q_k	4.48 kN/m^2

- **Copertura corpo servizi**

p.p. str. solaio h=23 cm	$G_{1,k} = 2.70 \text{ kN/m}^2$
permanente portato	$G_{2,k} = \underline{1.00 \text{ kN/m}^2}$
tot. carico permanente	$\Sigma G_k = 3.70 \text{ kN/m}^2$
tot. carico variabile (neve)	$Q_k = \underline{1.63 \text{ kN/m}^2}$
totale q_k	5.33 kN/m^2

▪ **Neve**

CALCOLO CARICO DA NEVE SECONDO PUNTO 3.4 NTC18			
Zona climatica	I-MEDITERRANEA		
altezza sul livello del mare	a_s	430	m s.l.m.
carico caratteristico da neve	q_{sk}	2.04	kN/m ²
Calcolo coefficiente di forma pendenza copertura	α	0°	
	μ_1	0.80	
	μ_2	0.80	
Topografia	NORMALE		
Coefficiente di esposizione	C_E	1.00	
Coefficiente termico	C_t	1.00	
 			
			
Carico da neve di progetto	$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$		1.63 kN/m²

Nella verifica dei solai è stato trascurato l'accumulo della neve (come nel progetto originale) e nel piano di manutenzione verrà indicato, in caso di nevicata, di rimuovere manualmente l'accumulo di neve superiore agli 80 centimetri dal piano finito della copertura.

▪ Vento

Calcolo delle pressioni statiche equivalenti all'azione del vento							
secondo l'aggiornamento delle NTC - DM 17 gennaio 2018							
Regione	Friuli Venezia Giulia						
Provincia	Trieste						
Zona =	2						
Classe =	B						
Categoria =	IV						
Altitudine s.l.m.: $a_s =$	430 m						
Altezza edificio: $z =$	8.00 m						
$v_{b,0} =$	25 m/s						
$a_0 =$	750 m						
$k_s =$	0.45						
$v_b =$	25 m/s		$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$				
$c_a =$	1.00		$c_a = 1$		per $a_s \leq a_0$		
$T_R =$	50 anni		$c_a = 1 + k_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$		per $a_0 < a_s \leq 1500$ m		
$c_r =$	1.00						
$v_r =$	25 m/s		=		90.066 km/h		
$c_d =$	1.00		$q_r = 0.50 \rho v_r^2 =$		0.391 kN/m ²		
$c_t =$	1.00		$p(z) = q_r \cdot c_e(z) \cdot c_d \cdot c_p$				
$k_r =$	0.22		$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) (7 + c_t \ln(z/z_0))$ per $z \geq z_{min}$				
$z_0 =$	0.30 m		$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$				
$z_{min} =$	8.00 m		$c_e(z) =$		1.63		
$c_{p,1} =$	0.8		(in pressione)				
$c_{p,2} =$	0.4		(in sovrappressione)				
Azione tangenziale del vento							
tipo di superficie	MOLTO SCABRA						
$c_f =$	0.04						
$p_f =$	0.026 kN/m ²						
z	c_e	$q_r \cdot c_e(z)$	$v(z)$	$v(z)$	$p(z)_1$	$p(z)_2$	press. tot.
[m]		[kN/m ²]	[m/s]	[km/h]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
8	1.63	0.64	32.0	115.14	0.51	0.26	0.77

▪ Azione Sismica (D.M. 14.01.2008 – all. A e B)**NORMATIVA**

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Porretta Terme - Via della Repubblica 3
Longitudine (WGS84)	10.9697
Latitudine (WGS84)	44.1572
Categoria del suolo	E
Fattore topografico	1.2

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.074	2.45	0.26	1.98	1.60	0.142
SLD	75	0.093	2.43	0.27	1.94	1.60	0.179
SLV	712	0.217	2.41	0.29	1.88	1.42	0.371
SLC	1462	0.272	2.43	0.31	1.84	1.27	0.415

TR utilizzato nel progetto 712 anni

DATI SPETTRO

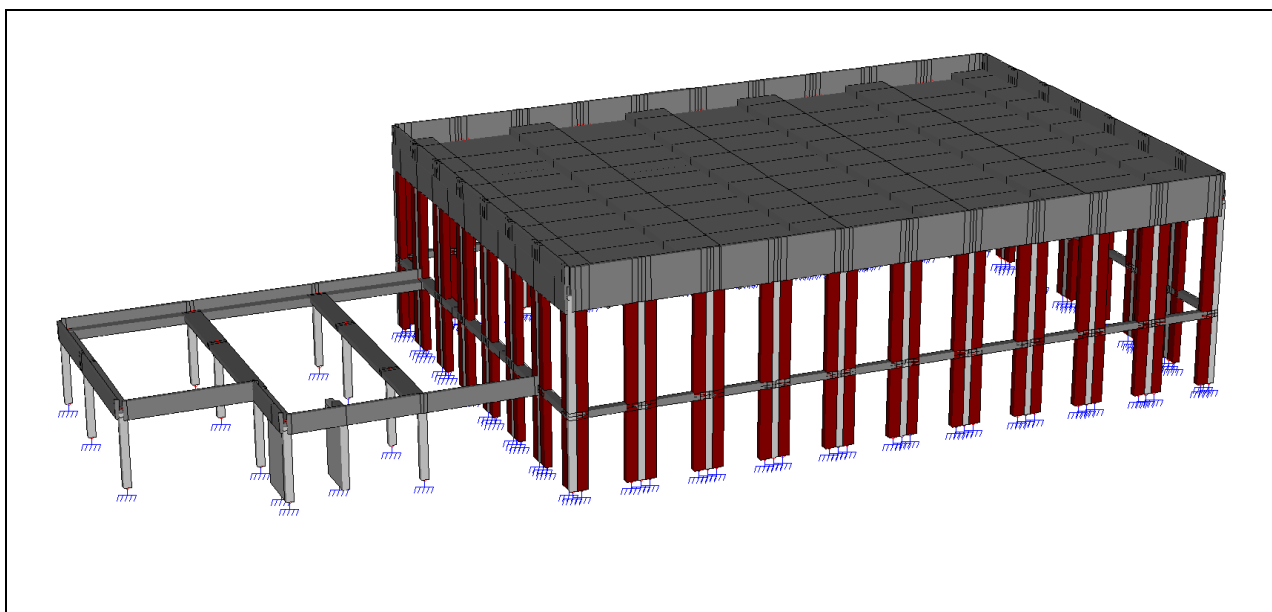
Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.299
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.334
λ	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Sd (T1) in direzione X	0.895 g
Sd (T1) in direzione Y	0.895 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.895
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.895
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLD)	63
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLO)	81

3.3 IPOTESI, COMBINAZIONI DI CARICO E CRITERI DI VERIFICA

3.3.1 STRUTTURA INTELAIATA IN C.A. (analisi PUSHOVER – ALLEGATO A)

3.3.1.1 Schema strutturale

- Il corpo strutturale in oggetto, è realizzato con struttura resistente alle azioni orizzontali da vento e/o sisma del tipo a telaio in c.a.



Vista 3D del modello strutturale

3.3.1.2 Ipotesi, criteri di calcolo e tipo di analisi strutturale

Per il calcolo degli indici di vulnerabilità è stato utilizzato il programma di calcolo strutturale ad elementi finiti “MASTERSAP 2018” prodotto da AMV S.r.l. Software Company – Ronchi dei Legionari(GO). I risultati delle analisi, eseguite su schema statico spaziale, sono riportate negli allegati tabulati di calcolo (**ALLEGATO A**).

La verifica della struttura è stata effettuata attraverso **un'analisi statica non lineare tipo pushover e verifiche integrative passo-passo, volte ad indagare la possibile rottura precoce della struttura per meccanismi duttili e fragili. Tali verifiche sono state eseguite con il post-processore della AMV denominato Master-Esist.** Le verifiche sono state condotte secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Di seguito si riportano i parametri principali utilizzati per la modellazione sismica della struttura.

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO**INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA**

Nome dell'archivio di lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_0012
Intestazione del lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Pushover
Tipo di soluzione	Non lineare a controllo di spostamento con nodo di controllo
Unita' di misura delle forze	kN
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Porretta Terme - Via della Repubblica 3
Longitudine (WGS84)	10.9697
Latitudine (WGS84)	44.1572
Categoria del suolo	E
Fattore topografico	1.2

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.074	2.45	0.26	1.98	1.60	0.142
SLD	75	0.093	2.43	0.27	1.94	1.60	0.179
SLV	712	0.217	2.41	0.29	1.88	1.42	0.371
SLC	1462	0.272	2.43	0.31	1.84	1.27	0.415

TR utilizzato nel progetto 712 anni

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.299
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.334
λ	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Sd (T1) in direzione X	0.895 g
Sd (T1) in direzione Y	0.895 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.895
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.895
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLD)	63
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLO)	81

3.3.1.3 Tipologie di cerniere plastiche utilizzate nell'analisi non lineare (pushover)

Di seguito si riporta una breve descrizione delle cerniere plastiche utilizzate nella modellazione non lineare.

3.3.1.3.1 Cerniere plastiche travi - BILINEARI

Descrivono il comportamento sollecitazione – deformazione di una singola caratteristica di sollecitazione. Ovviamente nella stessa posizione di un elemento sono definibili fino a 6 diverse cerniere bilineari, una per ogni componente della deformazione.

- F_x Cerniera plastica che lega la forza assiale F_x alla deformazione assiale u_x ;
- F_y lega il taglio F_y alla deformazione trasversale u_y ;
- F_z lega il taglio F_z alla deformazione trasversale u_z ;
- M_x lega il momento torcente M_x alla rotazione torsionale θ_x ;
- M_y lega il momento flettente M_y alla rotazione θ_y ;
- M_z lega il momento flettente M_z alla rotazione θ_z .

Il tipico diagramma sollecitazione – deformazione di una cerniera plastica bilineare è quello riportato in fig. 25.8, con riferimento a un diagramma forza – spostamento.

Nel caso i parametri H e K siano nulli si ricade nell'ipotesi di incrudimento nullo.

I parametri che definiscono il comportamento elastico plastico di ognuna delle caratteristiche associate vanno definiti nella finestra di fig. 25.9.

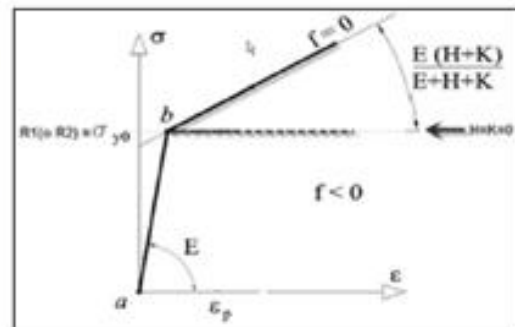


fig. 25.8

I parametri da definire sono:

- H , modulo di incrudimento cinematico (tipicamente posto pari a zero);
- K , modulo di incrudimento isotropo (tipicamente posto pari a zero);
- Tipo, definisce il tipo di sollecitazione su cui andrà ad agire la cerniera;
- R_{pl+} , resistenza plastica positiva;
- R_{pl-} , resistenza plastica negativa;
- $Du+$, deformazione ultima positiva;
- $Du-$, deformazione ultima negativa.

I valori inseriti si intendono nelle unità di misura del progetto.



fig. 25.9

3.3.1.3.2 Cerniere plastiche pilastri – NM

Si tratta di una cerniera plastica sui gradi di libertà di rotazione $\Delta\theta_y$ (NMy) e $\Delta\theta_z$ (NMz) nei piani locali $x-y$ e $x-z$ dell'elemento, dotate di incrudimento cinematico lineare. La plasticizzazione della cerniera è governata oltre che dai momenti flettenti M_y (NMy) o M_z (NMz) anche dall'azione assiale $F_x(N)$.

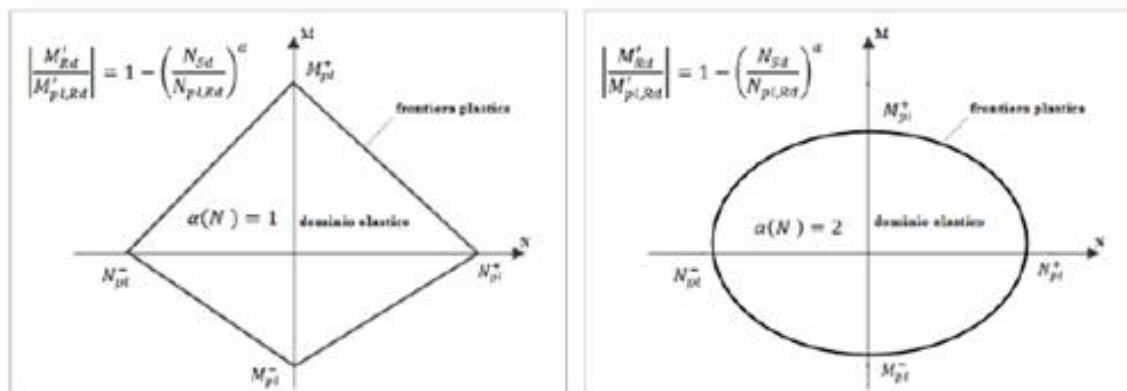


fig. 25.10

La cerniera rimane in campo elastico fintanto che le sollecitazioni in essere non raggiungono la frontiera del dominio NM elastico (fig. 25.10); quando ciò accade si ha l'inizio della plasticizzazione.

Per descrivere una cerniera di questo tipo serve dichiarare l'asse su cui agisce la presso flessione, quindi se si tratta di N-My o N-Mz e i parametri che legano il comportamento elasto plastico della caratteristiche associate, ossia (fig. 25.11):

- K_e rigidezza elastica iniziale della cerniera (se non inserita la cerniera si intende perfettamente plastica);
- H modulo di incrudimento cinematico (tipicamente posto a zero);



fig. 25.11

- N_{pl+} resistenza assiale plastica a trazione;
- N_{pl-} resistenza assiale plastica a compressione;
- M_{pl+} momento resistente positivo;
- M_{pl-} momento resistente negativo;
- ϕ_{u+} rotazione ultima (rottura) positiva;
- ϕ_{u-} rotazione ultima (rottura) negativa.
- $\alpha(N)$ esponente della parte dipendente dallo sforzo normale.

In fig. 25.10 si può osservare la differente forma del dominio con $\alpha=1$ e $\alpha=2$.

3.3.1.4 Master-esist - ipotesi di calcolo degli indicatori di rischio sismico

MasterEsist si rifà alla distinzione fra meccanismi resistenti duttili e fragili riportata al paragrafo C8.7.2.5 della Circolare NTC 2008 e riproposta in fig. 10.20.

C8.7.2.5 Modelli di capacità per la valutazione di edifici in cemento armato

Gli elementi ed i meccanismi resistenti sono classificati in:

- “duttili”: travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale;
- “fragili”: meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi;

In caso di pilastri soggetti a valori di sforzo normale particolarmente elevato va presa in considerazione la possibilità di comportamento fragile.

fig. 10.20

Pertanto tutti gli elementi vengono verificati a pressoflessione e sono intesi come “duttili”. Inoltre tutti gli elementi vengono verificati a taglio e si intendono come “potenzialmente” fragili.

Nel caso si proceda ad un’analisi statica non lineare (pushover) lo spettro di risposta da impiegare è quello elastico. La verifica degli elementi duttili viene eseguita in termini di deformazioni e quella dei meccanismi fragili in termini di resistenza.

Di seguito si riportano alcuni stralci del manuale d'uso del Mastersap riguardante le verifiche da condurre sui meccanismi fragili e duttili con il post-processore Master-Esist.

10.9 Verifica con analisi statica non lineare (“pushover”)

Dopo aver eseguito l’analisi pushover ed aver accertato che la richiesta di spostamento globale della struttura risulta soddisfatta, è necessario eseguire le verifiche locali sugli elementi, ovvero è necessario verificare l’eventuale formazione di meccanismi “duttili” e “fragili”.

Scansioni

La verifica dei meccanismi duttili viene sempre eseguita sulle due sezioni estreme degli elementi, indipendentemente dal valore specificato.

La verifica dei meccanismi fragili invece viene eseguita lungo tutto l’elemento. In questo caso il numero di sezioni per cui è nota l’armatura ed è quindi attuabile la verifica sono 16. Intervendendo su questo parametro si può ridurre il numero di ascisse di verifica presenti nel tabulato, che comunque necessariamente coincideranno con una o più delle 16 ascisse registrate nell’archivio delle armature.

Calcolo di $V_u(\text{flex})$

In analisi pushover questo parametro non interviene nella caratterizzazione dei meccanismi, quindi indipendentemente dalla scelta dell’utente, non sarà mai preso in considerazione.

10.9.2 Verifica per meccanismi duttili (verifiche a rotazione)

La verifica degli elementi duttili viene eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di deformazioni con i rispettivi limiti di deformazione. Per il calcolo della capacità si impiegano le proprietà dei materiali esistenti direttamente ottenute da prove in sito divise per i fattori di confidenza. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

10.9.2.1 Determinazione della domanda

Quando si esegue la verifica, nel caso la si voglia effettuare secondo le specifiche delle NTC, è sufficiente optare per ottenere i risultati secondo “Verifica normativa” di fig. 10.34.

La domanda in termini di deformazione viene così calcolata in corrispondenza della domanda sismica in termini di spostamento (d^*_{max}), e i valori di d^*_{max} sono visibili dal riepilogo dei risultati dell’analisi pushover (si veda il par. 25.12.1). La domanda deformativa è definita con riferimento alla rotazione rispetto alla corda delle sezioni d’estremità rispetto la congiungente, quest’ultima con la sezione di momento nullo.

Nello specifico viene valutata la rotazione alla corda, per ogni combinazione di carico non lineare, in corrispondenza al passo (P) dell’analisi immediatamente successivo al raggiungimento dello spostamento d^*_{max} richiesto.

Se invece si vogliono indagare le condizioni di lavoro degli elementi di una sola analisi pushover (CCNL), ad un dato passo della stessa, è sufficiente optare per una “Verifica specifica”, selezionando nelle relative caselle la CCNL e il passo.

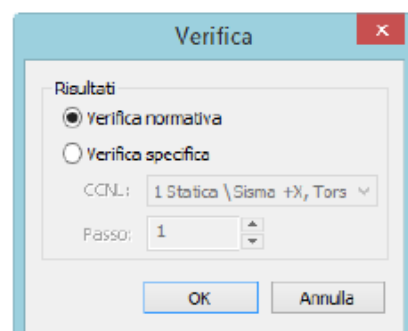


fig. 10.34

10.9.2.2 Determinazione della capacità

La capacità deformativa è definita con riferimento alla rotazione rispetto alla corda delle sezioni d’estremità rispetto la congiungente quest’ultima con la sezione di momento nullo a distanza pari alla luce di taglio L_v .

Nello specifico la capacità di rotazione totale rispetto alla corda in condizioni di collasso (SLU) è valutata secondo quanto prescritto nell’allegato della circolare 2009 al §C8A.6.

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,0; \omega')}{\max(0,0; \omega)} f_c \right]^{0,225} \left(\frac{L_v}{h} \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,25^{100 \rho_d}) \quad (C8A.6.1)$$

La formula C8A.6.1 prescritta dalla circolare richiede anche la conoscenza dello sforzo normale a cui è soggetta la sezione oggetto di verifica (v) e la luce di taglio L_v . Questi vengono ricavati dal programma in corrispondenza del passo dell'analisi non lineare oggetto di verifica, per ciascuna combinazione non lineare. A differenza di quanto si trova a volte in letteratura quindi non viene fatta alcuna considerazione approssimativa sul loro valore, ad esempio considerando lo sforzo normale derivante dall'applicazione dei soli carichi verticali o utilizzando come luce di taglio la metà della lunghezza dell'elemento; bensì il programma calcola il loro preciso valore nell'istante (passo) preciso in cui la verifica deve essere eseguita.

Per le travi viene adottata la verifica nel solo piano verticale (e pertanto le stampe vengono limitate alle rotazioni in direzione locale z) mentre per i pilastri viene adottato il calcolo nei due piani locali dell'elemento. Osserviamo che l'analisi non lineare procede con azioni sismiche indipendenti nelle due direzioni globali (X e Y) e quindi per i pilastri, a meno di strutture particolarmente asimmetriche, dà origine a deformazioni prevalenti in una o nell'altra direzione a seconda della direzione sismica indagata.

Se in fase di calcolo automatico delle cerniere plastiche dell'elemento in esame si è scelto di porre il campo γ_{el} pari a 1, l'elemento viene inteso come secondario. La verifica è la stessa di quella per elementi principali, con la sola differenza, appunto, del valore γ_{el} .

10.9.3 Verifica per meccanismi fragili (verifiche a taglio)

La verifica degli elementi fragili viene eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di forze con le rispettive resistenze. Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari si impiegano le proprietà dei materiali esistenti direttamente ottenute da prove in sito divise per i fattori di confidenza e per i corrispondenti coefficienti parziali dei materiali. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

10.9.3.1 Determinazione della domanda

Quando si esegue la verifica, nel caso la si voglia effettuare secondo le specifiche delle NTC, è sufficiente optare per ottenere i risultati secondo “Verifica normativa” di fig. 10.34. La domanda in termini di taglio si calcola, per ogni combinazione di carico non lineare, in corrispondenza al passo (P) dell’analisi immediatamente successivo al raggiungimento dello spostamento d_{max}^* richiesto. Nel caso di analisi pushover con ramo degradante e stati limite che si verificano su questo, la verifica verrà eseguita in corrispondenza al passo dell’analisi (compreso fra il passo iniziale e il passo P) per cui il taglio alla base della struttura risulta massimo.

Se invece si vogliono indagare le condizioni di lavoro degli elementi di una sola analisi pushover (CCNL), ad un dato passo della stessa, bisognerà optare per una “Verifica specifica”, selezionando nelle relative caselle la CCNL e il passo.

10.9.3.2 Determinazione della capacità

Corrisponde a quanto già detto al par. 10.8.2.1, con la sola differenza che $V_u(flex)$ non viene mai considerato.

Se in fase di calcolo automatico delle cerniere plastiche dell’elemento in esame si è scelto di porre il campo γ pari a 1, l’elemento viene inteso essere secondario. Per gli elementi secondari MasterSap utilizza le tensioni di calcolo utilizzate per gli elementi principali moltiplicate per γ_c o γ_s , così come specificato nelle NTC.

10.9.4 Verifica nodi trave pilastro

Come per la verifica dei meccanismi fragili sugli elementi, anche la verifica dei nodi trave pilastro avviene confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di forze con le rispettive resistenze. Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari si impiegano le proprietà dei materiali esistenti direttamente ottenute da prove in sito divise per i fattori di confidenza e per i corrispondenti coefficienti parziali dei materiali.

Quando si esegue la verifica, nel caso la si voglia effettuare secondo le specifiche delle NTC, è sufficiente optare per ottenere i risultati secondo “Verifica normativa” di fig. 10.34. In questo caso le sollecitazioni in gioco si determinano, per ogni combinazione di carico non lineare, in corrispondenza al passo (P) dell’analisi immediatamente successivo al raggiungimento dello spostamento d_{max}^* richiesto.

Se invece si vogliono indagare le condizioni di lavoro dei nodi in una sola analisi pushover (CCNL), ad un dato passo della stessa, bisognerà optare per una “Verifica specifica”, selezionando nelle relative caselle la CCNL e il passo.

Nel caso di analisi pushover con ramo degradante e stati limite che si verificano su questo, la verifica verrà eseguita in corrispondenza al passo dell’analisi (compreso fra il passo iniziale e il passo P) per cui il taglio alla base della struttura risulta massimo.

Per il resto la verifica procede come già illustrato nel par. 10.8.3.

3.3.2 Combinazioni di carico

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA - PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE E MASSE

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
2	Sisma +X, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA +X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
3	Sisma -X, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA -X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
4	Sisma +Y, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA +Y	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
5	Sisma -Y, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA -Y	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
6	Sisma +X, Torsione Oraria	Azione sismica: SISMA +X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
7	Sisma -X, Torsione Azione sismica: SISMA -X Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
8	Sisma +Y, Torsione Azione sismica: SISMA +Y Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
9	Sisma -Y, Torsione Azione sismica: SISMA -Y Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
10	Uniforme +X, Torsione Azione sismica: Antioraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
11	Uniforme -X, Torsione Azione sismica: Antioraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
12	Uniforme +Y, Torsione Azione sismica: Antioraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
13	Uniforme -Y, Torsione Azione sismica: Antioraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
14	Uniforme +X, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
15	Uniforme -X, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
16	Uniforme +Y, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
17	Uniforme -Y, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000

COMBINAZIONI DI CARICO PER L'ANALISI NON LINEARE

Nome	Combinazione iniziale	Combinazione incrementale	Nc	gdl	Spost. max	Spost. al passo	Iter. al passo
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	Statica	Sisma +X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	Statica	Sisma -X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	Statica	Sisma +Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	Statica	Sisma -Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	Statica	Sisma +X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	Statica	Sisma -X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	Statica	Sisma +Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	Statica	Sisma -Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme +X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme -X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme +Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme -Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	Statica	Uniforme +X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	Statica	Uniforme -X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	Statica	Uniforme +Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	Statica	Uniforme -Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000

3.3.3 VERIFICA CONTROVENTATURA DI FALDA IN ACCIAIO (ALLEGATO B)

Per dimensionare gli elementi della nuova controventatura di falda è stata eseguita anche un'analisi statica sismica equivalente, oltre alla già citata analisi di pushover. Con tale analisi sono state individuate le sollecitazioni di trazione nei tiranti. I risultati di tale analisi sono riportati nell'**ALLEGATO B**.

3.4 VERIFICA DELLA CONTROVENTATURA DI FALDA

Di seguito si riportano le verifiche degli elementi strutturali principali, analizzati con le sollecitazioni massime desunte dai risultati della modellazione (**ALLEGATO B**).

3.4.1 Verifica lato acciaio

3.4.1.1 Verifica tirante

Di seguito si riporta la verifica del tirante maggiormente sollecitato. Le sollecitazioni sono desunte dai risultati delle analisi riportate nell'**ALLEGATO B**.

$$N_{Rd} = A_{net} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 10^2 \cdot 3.14 \cdot 275 / 1.05 = 82280 \text{ N} = 82.28 \text{ kN} > N_{Ed} = 25.03 \text{ kN}$$

3.4.1.2 Verifica piastra

Di seguito si riporta la verifica del collegamento bullonato maggiormente sollecitato (verifica per il singolo bullone). Le sollecitazioni sono desunte dai risultati delle analisi riportate nell'**ALLEGATO B**.

Resistenza di progetto dei bulloni - EC3 (edizione 1992) #6.5.5.

Classe bullone: 8.8 diametro d: 12 f_{yb} : 640 f_{ub} : 800 N/mm²

☒ Sezione filettata ☐ Sezione lorde

Area: 84.3 mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) $F_{v,Rd}$: 32.37 kN

Resistenza a trazione $F_{t,Rd}$: 48.56 kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

$F_{v,Sd}$: 4.43 $F_{t,Sd}$: 4.43 kN

$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.137 + 0.065 = 0.202$ OK

Rifollamento

Acciaio: S275 (Fe430) f_u : 430 N/mm²

spessore t: 10 mm

diametro foro d_o : 13 mm

distanze bordo e_1 : 40 e_2 : 40

passo p_1 : 170 p_2 : 170

α : 1

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$: 103.2 kN

Osservazioni

3.4.1.3 Verifica piatto

Di seguito si riporta la verifica del piatto maggiormente sollecitato. Le sollecitazioni sono desunte dai risultati delle analisi riportate nell'**ALLEGATO B**.

Resistenza di progetto dei bulloni - EC3 (edizione 1992) #6.5.5.

Classe bullone: 8.8 diametro d: 16 f_{yb} : 640 f_{ub} : 800 N/mm²

☒ Sezione filettata
☐ Sezione lorda

Area: 157.0 mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) $F_{v,Rd}$: 60.29 kN

Resistenza a trazione $F_{t,Rd}$: 90.43 kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

$F_{v,Sd}$: 25.1 $F_{t,Sd}$: 0 kN

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.416 + 0 = 0.416$$

OK

Rifollamento

Acciaio: S275 (Fe430) f_u : 430 N/mm²

spessore t: 15 mm

diametro foro d_o : 18 mm

distanze bordo e_1 : 50 e_2 : 50

passo p_1 : 50 p_2 : 50

α : 0.676

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$: 122.3 kN

Osservazioni

3.4.2 Verifica lato calcestruzzo

3.4.2.1 Verifica a punzonamento

Di seguito si riporta la verifica a punzonamento del calcestruzzo della trave in corrispondenza del punto di ancoraggio dei tiranti. Le sollecitazioni sono desunte dai risultati delle analisi riportate nell'**ALLEGATO B** (analisi sismica statica lineare usata per il dimensionamento della controventatura).

VERIFICA DI PUNZONAMENTO EC2				ARMATURA TESA IN X compresa in B _y			
posizione pilastro				CENTRALE		2.60 cm ²	
dimensioni pilastro	b	=	25	[cm]		0.00 cm ²	
	a	=	25	[cm]		n° _b	1.69 ϕ _b 14 [mm]
inclinazione superficie di rottura per punzonamento	θ	=	45.0	° ≥ 26.6°		n° _b	ϕ _b [mm]
	cot(θ)	=	1.00				
classe del calcestruzzo	Classe	=	(38)/45.8			ARMATURA TESA IN Y compresa in B _x	
	f _{cm}	=	38	[MPa]		0.00 cm ²	
	R _{cm}	=	45.8	[MPa]		0.00 cm ²	
forza di taglio punzonante sollecitante	V _{Ed,p}	=	17.7	[kN]		n° _b	3.38 ϕ _b 6 [mm]
lunghezza del perimetro critico di punzonamento	u ₁	=	128	[cm]		n° _b	ϕ _b [mm]
Distanza bordi solette	L _x	=	40	[cm]			
	L _y	=	40	[cm]			
Altezza soletta	h	=	6.4	[cm]			
altezza utile della sezione in calcestruzzo	d	=	4.4	[cm]			
	d'	=	2	[cm]			
Momento flettenti sul pilastro	M _{Ed,y}	=	2.66	[kNm]			
	M _{Ed,x}	=	0	[kNm]			
Dimensioni massime perimetro critico	B _x	=	34	[cm]			
	B _y	=	34	[cm]			
	e _x	=	15.03	[cm]			
	e _y	=	0.00	[cm]			
Coefficiente di eccentricità di carico β	β	=	1.15				
tensione di punzonamento agente sul perimetro critico u ₁	v _{Ed}	=	0.36	[MPa]			
perimetro critico bordo pilastro	u ₀	=	100	[cm]			
tensione di punzonamento agente a bordo pilastro	v _{Ed,max}	=	0.46	[MPa]			
Calcolo della resistenza offerta dal solo calcestruzzo							
	v	=	0.51				
valore della massima resistenza offerta dal cls a bordo pilastro	v _{Rd,max}	=	5.48	[MPa]			
tasso di lavoro lungo il perimetro u ₀	ρ _{max}	=	8.44%	Spessore idoneo			
	C _{Rd,c}	=	0.12				
rapporto geometrico d'armatura in direzione x	ρ _{lx}	=	1.75%				
rapporto geometrico d'armatura in direzione y	ρ _{ly}	=	0.00%				
Rapporto ideale	ρ _l	=	0.00%				
	k	=	2.00				
resistenza lungo u ₁	v _{Rd,c}	=	0.61	[MPa]			
tasso di lavoro lungo il perimetro u ₁	ρ _{u1}	=	0.59	Verificato	59%		

CENTRALE

BORDO X

BORDO Y

ANGOLO

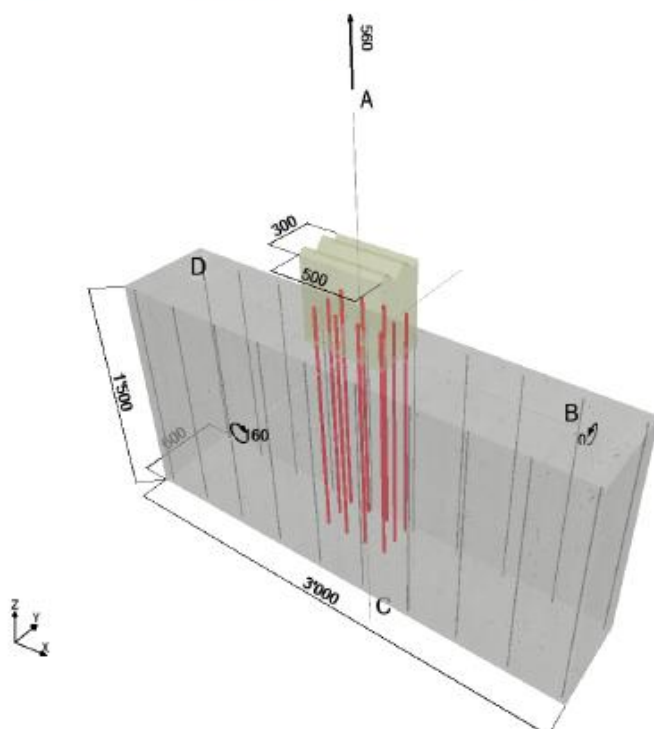
GENERICO

3.5 VERIFICA ANCORAGGIO DEI FERRI DI RIPRESA DEI NUOVI PILASTRI

Di seguito si riporta la verifica delle riprese dei nuovi pilastri. Le sollecitazioni sono desunte dai risultati delle analisi riportate nell'**ALLEGATO A**.

www.hilti.it		HILTI Hilti PROFIS Rebar 2.4.12	
Società:		Pagina:	1
Progettista:		Progetto:	
Indirizzo:		Ancoraggio:	
Telefono/Fax:		Data:	A.D./03/aaaa
E-mail:			
Commenti del progettista			

Standard di progettazione: EC2 / ETA
 Applicazione tipo: Applicazioni standard/Sovrapposizione ferri fondazione/pilastro



1. Carichi

Carichi

M_d	160 kNm
$M_{d,xz}$	0.00 kNm
N_d	560 kN
Superiore	141 kN/barra
Inferiore	-39.2 kN/barra

Progettazione in caso di incendio

Valutazione di resistenza al fuoco	Nessuna
------------------------------------	---------

Progettazione a fatica

Nessuno

Sismico

Carichi sismici Si

2. Perforazione & Temperatura

Perforazione

Condizione foro	Asciutto
Metodo di perforazione	Perforazione in roto-percussione
Supporto alla perforazione	Guida di perforazione

Temperatura (EC2/ETA)

Durante l'installazione	da 5 °C a 40 °C
In esercizio	20 °C / 20 °C

3. Materiale & Sicurezza

Struttura

Classe del calcestruzzo (struttura esistente)	C20/25
Resistenza caratteristica allo snervamento (struttura esistente)	450 N/mm ²
Resistenza caratteristica allo snervamento (nuova struttura)	450 N/mm ²

www.hilti.it

Società:
Progettista:
Indirizzo:
Telefono/Fax: |
E-mail:

Pagina: 2
Progetto:
Ancoraggio:
Data: A.D./03/aaaa
Parametri Eurocodice 2

α_{cc}	1.00	EC2 3.1.6(1)
α_{ct}	1.00	EC2 3.1.6(2)
$\alpha_{ct,bond}$	1.00	
ϵ_{ud}	0.0200	Tabella C.1
k_2	0.850	EC2 6.5.4(4b)
ν'	0.920	EC2 6.5.2(2)
ρ_{max}	0.0400	EC2 9.2.1.1
ϵ_{c2}	$2.00 \cdot 10^{-3}$	Tabella 3.1
ϵ_{c2u}	$3.50 \cdot 10^{-3}$	Tabella 3.1

5. Armatura esistente

Rinforzo longitudinale	
Dimensione ferri	10.0 mm
Copriferro	30.0 mm
Numero di ferri	2 x 10
Armatura trasversale	
Nessuna barra selezionata	
Parametri	
α_1	1.00
α_4	1.00
Condizioni di aderenza	Buono
Copriferro sulla faccia	
Copriferro sulla faccia	30.0 mm

Armatura post installata**Parametri armatura**

Diametro	20.0 mm
Interasse - Y	110 mm
Interasse - X	140 mm
c	30.0 mm
α_d (EC2, 8.4.4.1)	45.0 mm
Condizioni di aderenza	Buono
Armatura minima	100 mm ² /m
Altro:	
Pressione trasversale	0.00 N/mm ²
Copriferro per forza di trazione linea b	0.00 mm

www.hilti.it

Società:	Pagina:	3
Progettista:	Progetto:	
Indirizzo:	Ancoraggio:	
Telefono/Fax:	Data:	A.D./03/aaaa
E-mail:		

Soluzione selezionata

	Dimensione barra	Diametro punta	Interasse ferri - Y centro/centro	Interasse ferri - X centro/centro	Distanza centro/superficie	Richiesto foro con trapano a rotopercolazione	Ancoraggio per snervamento della barra
	Φ [mm]	D [mm]	s [mm]	s [mm]	c_s [mm]	l_{req} [mm]	l_y [mm]
Ferro più sollecitato	20.0	25.0	110	140	1'290	1'329	1'329

Accessori richiesti

Pulizia da verificare con le istruzioni di posa!

Ferro più sollecitato (trazione)**Input di progetto**

Tensione di progetto all'ancorante	F_E	141 kN	EC2 9.2.1.4(2)
Tensione sulla barra	σ_{sd}	450 N/mm ²	
Ancorante utilizzato	Hilti HIT-HY 200-R		

Sovrapposizione di armature post-installate

Condizioni di aderenza	Buono $\rightarrow \eta_1$	1.00	EC2 8.4.3(2)
Tensione di aderenza	$f_{bd,pl}$	2.30 N/mm ²	ETA 12/0083
Lunghezza base di ancoraggio	$l_{b,rqd} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd,pl})$	978 mm	
Lunghezza di ancoraggio di base (F_{yd})	$l_{b,rqd,fyd} = (\Phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd,pl})$	978 mm	
Coefficiente di sovrapposizione	α_5	1.50	
Coefficiente di lunghezza minima	$f_{mult,min}$	1.00	
Lunghezza minima di sovrapposizione	$l_{b,min} = f_{mult,min} \cdot \max(0.3 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd,fyd}; 15\Phi; 200 \text{ mm})$	440 mm	EC2 8.4.4(1) e allegato nazionale tedesco
Metà interasse	c_d	45.0 mm	EC2 8.4.4(1)
Influenza del copriferro / interasse	$\alpha_2 = \{0.7 \leq 1 - 0.15[(c_d - \Phi)/\Phi] \leq 1.0\}$	0.812	
Armatura trasversale	$\sum A_{st} = \Phi^2 \cdot \pi/4 \cdot (1 + 0.7 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}/s_t)$	0.00 mm ²	
Min. armatura trasversale	$\sum A_{st,min} = \Phi^2 \cdot (\pi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{yd})$	314 mm ²	
Fattore K	$K = (EN 1992-1-1, \text{tabella 8.2})$	0.0500	
Influenza dell'armatura trasversale	$\alpha_3 = \{0.7 \leq 1 - K(\sum A_{st} - \sum A_{st,min})/(\Phi^2 \pi/4) \leq 1.0\}$	1.00	EC2 8.4.4(1)
Pressione trasversale	p	0.00 N/mm ²	
Influenza della pressione trasversale	$\alpha_5 = \{0.7 \leq 1 - 0.04p \leq 1.0\}$	1.00	
Coefficiente di influenza totale	$\alpha = \{\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \geq 0.7\}$	0.812	
Lunghezza di sovrapposizione di progetto	$l_{b,pl} = \max(\alpha \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; l_{b,min})$	1'192 mm	

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Rebar (c) 2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

www.hilti.it

Società:

Progettista:

Indirizzo:

Telefono/Fax: |

E-mail:

Pagina:

4

Progetto:

Ancoraggio:

Data:

A.D./03/aaaa

Sovrapposizione di armature gettate in opera

Condizioni di aderenza	Buono $\rightarrow \eta_1$	1.00	EC2 8.4.3(2)
Tensione di aderenza	$f_{bd,cl}$	2.32 N/mm ²	
Lunghezza base di ancoraggio	$l_{b,rqd} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd,cl})$	485 mm	
Lunghezza di ancoraggio di base (Fyd)	$l_{b,rqd,fyd} = (\Phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd,cl})$	485 mm	
Coefficiente di sovrapposizione	α_s	1.50	
Coefficiente di lunghezza minima	$f_{mult,min}$	1.00	
Lunghezza minima di sovrapposizione	$l_{b,min} = f_{mult,min} \cdot \max(0.3 \cdot \alpha_s \cdot l_{b,rqd,fyd}; 15\Phi; 200 \text{ mm})$	218 mm	EC2 8.4.4(1) e allegato nazionale tedesco
Forma dei ferri gettati in opera	α_1	1.00	
Metà interasse	α_d	30.0 mm	EC2 8.4.4(1)
Influenza del copriferro / interasse	$\alpha_2 = \{0.7 \leq 1 - 0.15[(\alpha_d - \Phi)/\Phi] \leq 1.0\}$	0.700	
Armatura trasversale	$\sum A_{st} = \Phi_t^2 \cdot \pi/4 \cdot (1 + 0.7 \cdot \alpha_s \cdot l_{b,rqd}/s_t)$	0.00 mm ²	
Min. armatura trasversale	$\sum A_{st,min} = \Phi_t^2 \cdot (\pi/4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{yd})$	314 mm ²	
Fattore K	K = (EN 1992-1-1, tabella 8.2)	0.0500	
Influenza dell'armatura trasversale	$\alpha_3 = \{0.7 \leq 1 - K(\sum A_{st} - \sum A_{st,min})/(\Phi^2 \pi/4) \leq 1.0\}$	1.00	EC2 8.4.4(1)
Pressione trasversale	p	0.00 N/mm ²	
Influenza della pressione trasversale	$\alpha_5 = \{0.7 \leq 1 - 0.04p \leq 1.0\}$	1.00	
Coefficiente di influenza totale	$\alpha = \{\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \geq 0.7\}$	0.700	
Lunghezza di sovrapposizione di progetto	$l_{a,cl} = \max(\alpha_1 \cdot \alpha \cdot \alpha_s \cdot l_{b,rqd}; l_{b,min})$	509 mm	

Definizione della profondità di infissione

Effettiva lunghezza di sovrapposizione	$l_0 = \max(l_{0,p}; l_{0,c})$	1'192 mm
Distanza tra ferri sovrapposti	e	147 mm
Incremento della lunghezza di sovrapposizione	$l_{0,e} = \max(e - 4\Phi; 0)$	107 mm
Copriferro frontale	α_r	30.0 mm
Profondità di infissione	$l_{inst} = l_0 + l_{0,e} + \alpha_r$	1'329 mm

Ferro meno sollecitato (compressione)

www.hilti.it

Società:	Pagina:	5
Progettista:	Progetto:	
Indirizzo:	Ancoraggio:	
Telefono/Fax:	Data:	A.D./03/aaaa
E-mail:		

Input di progetto

Tensione di progetto all'ancorante	F_E	-39.2 kN	EC2 9.2.1.4(2)
Tensione sulla barra	σ_{sd}	-125 N/mm ²	
Ancorante utilizzato	Hilti HIT-HY 200-R		

Sovrapposizione di armature post-installate

Condizioni di aderenza	Buono $\rightarrow \eta_1$	1.00	EC2 8.4.3(2)
Tensione di aderenza	$f_{bd,pl}$	2.30 N/mm ²	ETA 12/0083
Lunghezza base di ancoraggio	$l_{b,rqd} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd,pl})$	271 mm	
Lunghezza di ancoraggio di base (F_{yd})	$l_{b,rqd,fyd} = (\Phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd,pl})$	978 mm	
Coefficiente di sovrapposizione	α_s	1.50	
Coefficiente di lunghezza minima	$f_{mult,min}$	1.00	
Lunghezza minima di sovrapposizione	$l_{b,min} = f_{mult,min} \cdot \max(0.6 \cdot \alpha_s \cdot l_{b,rqd,fyd}; 15\Phi; 200 \text{ mm})$	880 mm	EC2 8.4.4(1) e allegato nazionale tedesco
Metà interasse	a_d	45.0 mm	EC2 8.4.4(1)
Influenza del copriferro / interasse	$\alpha_2 = (\text{value for compression})$	1.00	
Armatura trasversale	$\sum A_{st} = \Phi_t^2 \cdot \pi/4 \cdot (1 + 0.7 \cdot \alpha_s \cdot l_{b,rqd}/s_t)$	0.00 mm ²	
Min. armatura trasversale	$\sum A_{st,min} = \Phi^2 \cdot (\pi/4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{yd})$	87.1 mm ²	
Fattore K	$K = (\text{EN 1992-1-1, tabella 8.2})$	0.0500	
Influenza dell'armatura trasversale	$\alpha_3 = (\text{value for compression})$	1.00	EC2 8.4.4(1)
Pressione trasversale	p		
Influenza della pressione trasversale	$\alpha_5 = (\text{value for compression})$	1.00	
Coefficiente di influenza totale	$\alpha = (\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \geq 0.7)$	1.00	
Lunghezza di sovrapposizione di progetto	$l_{b,pl} = \max(\alpha \cdot \alpha_s \cdot l_{b,rqd}; l_{b,min})$	880 mm	

Sovrapposizione di armature gettate in opera

Condizioni di aderenza	Buono $\rightarrow \eta_1$	1.00	EC2 8.4.3(2)
Tensione di aderenza	$f_{bd,ci}$	2.32 N/mm ²	
Lunghezza base di ancoraggio	$l_{b,rqd} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd,ci})$	113 mm	
Lunghezza di ancoraggio di base (F_{yd})	$l_{b,rqd,fyd} = (\Phi/4) \cdot (f_{yd}/f_{bd,ci})$	485 mm	
Coefficiente di sovrapposizione	α_s	1.50	
Coefficiente di lunghezza minima	$f_{mult,min}$	1.00	
Lunghezza minima di sovrapposizione	$l_{b,min} = f_{mult,min} \cdot \max(0.3 \cdot \alpha_s \cdot l_{b,rqd,fyd}; 15\Phi; 200 \text{ mm})$	218 mm	EC2 8.4.4(1) e

Si dovrà verificare la corrispondenza dei dati inseriti e dei risultati con la situazione reale effettiva e la loro plausibilità!
PROFIS Rebar (c) 2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan - Hilti è un marchio registrato di Hilti AG, Schaan

www.hilti.it

Società:	Pagina:	6
Progettista:	Progetto:	
Indirizzo:	Ancoraggio:	
Telefono/Fax:	Data:	A.D./03/aaaa
E-mail:		

allegato
nazionale
tedesco

Forma dei ferri gettati in opera	α_1	1.00	
Metà interasse	c_d	30.0 mm	EC2 8.4.4(1)
Influenza del copriferro / interasse	$\alpha_2 = \{0.7 \leq 1 - 0.15[(c_d - \Phi)/\Phi] \leq 1.0\}$	0.700	
Armatura trasversale	$\Sigma A_{st} = \Phi_t^2 \cdot \pi/4 \cdot (1 + 0.7 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}/s_t)$	0.00 mm ²	
Min. armatura trasversale	$\Sigma A_{st,min} = \Phi^2 \cdot (\pi/4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{yd})$	73.1 mm ²	
Fattore K	$K = (EN 1992-1-1, \text{tabella 8.2})$	0.0500	
Influenza dell'armatura trasversale	$\alpha_3 = \{0.7 \leq 1 - K(\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min})/(\Phi^2 \pi/4) \leq 1.0\}$	1.00	EC2 8.4.4(1)
Pressione trasversale	p	0.00 N/mm ²	
Influenza della pressione trasversale	$\alpha_5 = \{0.7 \leq 1 - 0.04p \leq 1.0\}$	1.00	
Coefficiente di influenza totale	$\alpha = \{\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \geq 0.7\}$	0.700	
Lunghezza di sovrapposizione di progetto	$l_{0,cl} = \max(\alpha_1 \cdot \alpha \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}; l_{0,min})$	218 mm	

Definizione della profondità di infissione

Effettiva lunghezza di sovrapposizione	$l_0 = \max(l_{0,p}; l_{0,cl})$	880 mm
Distanza tra ferri sovrapposti	e	147 mm
Incremento della lunghezza di sovrapposizione	$l_{0,e} = \max(e - 4\Phi; 0)$	107 mm
Copriferro frontale	α_r	30.0 mm
Profondità di infissione	$l_{nst} = l_0 + l_{0,e} + \alpha_r$	1'017 mm

Note

Questo dimensionamento riguarda solamente il trasferimento locale dei carichi dall'armatura post-installata all'interfaccia tra il nuovo getto e il calcestruzzo esistente. Prima di eseguire il getto, tale superficie di interfaccia deve essere irruvidita. Si assume che, se richiesta, sia presente un'opportuna armatura trasversale nell'area di ancoraggio.
La capacità portante a taglio della sezione deve essere dimensionata separatamente.

L'installazione deve essere effettuata in conformità con l'approvazione!

Sono stati selezionati diametro e interasse fissi. Un sovradimensionamento può portare alla rottura fragile del fissaggio.

La lista accessori in questo report è solo per informazione dell'utente. In ogni caso, le istruzioni di posa fornite con il prodotto devono essere rispettate per garantire una corretta installazione.

I requisiti minimi di rinforzo non sono verificati dal software

4 CALCOLO INDICI DI VULNERABILITÀ SISMICA

4.1 RISULTATI ANALISI FEM - TELAIO IN C.A. POST-INTERVENTO

In questa modellazione sono stati inseriti in nuovi pilastri a rinforzo di quelli esistenti con le armature rappresentate negli allegati elaborati grafici.

Come si può osservare dai risultati delle analisi effettuate riportati nell'**ALLEGATO A**, l'edificio in oggetto presenta un indice ξ pari a:

INDICE ξ_E MINIMO = 0.793

INDICATORI DI RISCHIO

STATO LIMITE ULTIMO

Combinazione	TR,C	TR,D	RCD	PGAC (m/s ²)	PGAD (m/s ²)	Alfa u
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	766	712	1.031	3.684	3.637	1.013
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	405	712	0.793	3.243	3.637	0.892
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	1758	712	1.451	4.162	3.637	1.144
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	777	712	1.037	3.694	3.637	1.016
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	553	712	0.901	3.474	3.637	0.955
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	1019	712	1.159	3.874	3.637	1.065
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	1758	712	1.451	4.162	3.637	1.144
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	799	712	1.049	3.722	3.637	1.023

STATO LIMITE DI DANNO

Combinazione	TR,C	TR,D	RCD	PGAC (m/s ²)	PGAD (m/s ²)	Alfa e
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	380	75	1.950	3.181	1.752	1.816
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	437	75	2.065	3.304	1.752	1.886
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	766	75	2.602	3.694	1.752	2.109
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	386	75	1.962	3.206	1.752	1.830
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	386	75	1.962	3.206	1.752	1.830
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	286	75	1.735	2.958	1.752	1.689
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	291	75	1.747	2.972	1.752	1.697
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	1303	75	3.238	4.008	1.752	2.288
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	553	75	2.275	3.463	1.752	1.977
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	280	75	1.720	2.944	1.752	1.681
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	286	75	1.735	2.958	1.752	1.689
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	799	75	2.647	3.722	1.752	2.125

STATO LIMITE DI OPERATIVITA'

Combinazione	TR,C	TR,D	RCD	PGAC (m/s ²)	PGAD (m/s ²)	Alfa e
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	903	45	3.436	3.801	1.394	2.727
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	915	45	3.454	3.810	1.394	2.733
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	127	45	1.533	2.223	1.394	1.595
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	135	45	1.572	2.260	1.394	1.622
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	952	45	3.511	3.825	1.394	2.745
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	744	45	3.172	3.675	1.394	2.637
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	144	45	1.614	2.317	1.394	1.662
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	130	45	1.547	2.223	1.394	1.595
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	144	45	1.614	2.317	1.394	1.662
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	147	45	1.628	2.336	1.394	1.676
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	208	45	1.878	2.693	1.394	1.932
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	424	45	2.517	3.279	1.394	2.353
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	144	45	1.614	2.317	1.394	1.662
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	147	45	1.628	2.336	1.394	1.676
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	333	45	2.279	3.092	1.394	2.218
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	220	45	1.921	2.731	1.394	1.959

Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno

	Collasso fragile	Collasso di un nodo	Collasso duttile	Deformazioni
CCNL	7	7	7	--
Passo	13 14	13	13	--
PGA,CLU	3.243	3.243	3.243	--
PGA,CLD	--	--	--	2.944
PGA,CLO	--	--	--	2.223
Tr,CLU	405	405	405	--
Tr,CLD	--	--	--	280
Tr,CLO	--	--	--	127

Tab. 1**Valori di riferimento dell'azione sismica**

Stato limite	PGA,D	Tr,D
Stato limite ultimo (SLU)	3.637	712
Stato limite di danno (SLD)	1.752	75
Stato limite di operatività (SLO)	1.394	45

Tab. 2**Indicatori di rischio**

Stato limite	Rapporto fra PGA	Rapporto fra Tr ^a
Stato limite ultimo (α_u)	0.892	0.793
Stato limite di danno (α_{ed})	1.681	1.720
Stato limite di operatività (α_{eo})	1.595	1.533

Tab. 3

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE DUTTILI

CCNL	Passo	Verifica	Note	IR
1	26	Ok		0.463
2	24	Ok		0.368
3	31	Ok		0.643
4	28	Ok		0.608
5	26	Ok		0.570
6	18	Ok		0.293
7	13	Ok		0.249
8	33	Ok		0.644
9	25	Ok		0.568
10	13	Ok		0.597
11	23	Ok		0.452
12	16	Ok		0.270
13	16	Ok		0.582
14	18	Ok		0.752
15	21	Ok		0.531
16	18	Ok		0.247

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE FRAGILI (TAGLIO)

CCNL	Passo	Verifica	Note	IR
1	26	Ok		0.521
2	24	Ok		0.437
3	31	Ok		0.576
4	22	Ok		0.444
5	25	Ok		0.812
6	18	Ok		0.358
7	13	Ok		0.380
8	33	Ok		0.582
9	25	Ok		0.569
10	13	Ok		0.551
11	23	Ok		0.469
12	16	Ok		0.415
13	16	Ok		0.528
14	18	Ok		0.558
15	21	Ok		0.442
16	18	Ok		0.421

Tab. 4 - sintesi verifiche sui meccanismi duttili e fragili con indici di resistenza

4.2 RIEPILOGO VERIFICHE E RISULTATI

La verifica sismica ha dato il seguente esito:

- analisi telaio in c.a. post-intervento $\xi_E = 0.793$

L'analisi svolta sul telaio ha prodotto un indice ξ_E maggiore dello 0.6 previsto dalla normativa vigente nel caso di interventi di miglioramento di edifici rilevanti ad uso scolastico e strategici (§ 8.4.2 NTC18).

Oltre alla riduzione della vulnerabilità globale, ottenuta con la realizzazione dei nuovi pilastri e del controvento di falda, è stato previsto un'ulteriore intervento volto ad eliminare la possibilità di ribaltamento della muratura di tamponamento.

Alla struttura analizzata può essere quindi attribuito il seguente indice:

INDICE $\xi_E = 0.793$

Concludendo, si è visto che con l'esecuzione degli interventi proposti, la struttura risulta idonea a riprendere l'aliquota di azione sismica prevista dalla normativa.

Il progettista delle strutture



5 VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE

La presente relazione viene redatta ai sensi e per gli effetti del capitolo 10 del D.M. 17.01.2018. Ai fini della stesura della presente relazione buona parte delle verifiche e del calcolo delle sollecitazioni dei singoli elementi sono state eseguite “a mano” confrontando i risultati con quelli ottenuti dai codici di calcolo di seguito elencati, inoltre sono stati utilizzati fogli excel realizzati ad hoc dallo scrivente.

Analisi statica e sismica delle strutture in c.a.:

software: MASTERSAP 2018 SP3

produttore: AMV s.r.l. via San Lorenzo 106 – 34077 Ronchi dei Legionari (GO)

Verifiche elementi in acciaio:

software: Database Profilati vers. 7.7 - 21 aprile 2009

autore: prof. Piero Gelfi

Verifica ancoranti chimici:

software: Hilti PROFIS REBAR - ver. 2.4.12

produttore: HILTI s.p.a.

SOFTWARE MASTERSAP - AMV s.r.l. - Dichiarazioni secondo NTC18 (punto 10.2)

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

**LICENZA D'USO SOFTWARE**

Ragione Sociale: **SMOTLAK ING. IZTOK**

Indirizzo: **VIA SAN DORLIGO DELLA VALLE, 545/3**

CAP: **34018**

Città: **SAN DORLIGO DELLA VALLE-DOLINA**

Prov.: **TS**

Telefono: **040.228918**

Fax: **040.228918**

Email: **prostruct@studiosmotlak.it**

Partita IVA:

Codice Fiscale: **SMTZTK60R14L424V**

DATI RELATIVI ALL'INSTALLAZIONE DEI PROGRAMMI (se diversi da quelli di fatturazione)

Nominativo

Indirizzo (Via, n°, CAP, città, prov. e tel.):

DESCRIZIONE PROGRAMMI

TITOLO PROGRAMMA	AUTORE / DISTRIBUT.	VERS.	N° LICENZA D'USO	DECORRENZA LICENZA D'USO	SCADENZA ASSIST. / MANUT.
MASTERSAP TOP	AMV	30,20	29600/2	31/10/1996	31/10/2019
ANALISI NON LINEARE TOP	AMV	30,20	29600	14/04/2015	31/10/2019
SOLUTORE PUSHOVER TOP	AMV	30,20	29600	14/04/2015	31/10/2019
MASTERARM TOP	AMV	30,20	29600/2	31/10/1996	31/10/2019
MASTERESIST TOP	AMV	30,20	29600	20/02/2018	31/10/2019
MASTERLEGNO TOP	AMV	30,20	29600	02/12/2013	31/10/2019
MASTERSTEEL TOP	AMV	30,20	29600	02/12/2013	31/10/2019
MASTERNODO TOP	AMV	30,20	29600	26/01/1998	31/10/2019
CAD C.A. TRAVI/PILASTRI E VIEW	AMV	30,20	29601/1	31/10/1996	31/10/2019
SUITE CAD ACCIAIO TOP	AMV	30,20	30172	26/01/1998	31/10/2019
VERIFICHE C.A. T.A./SL./S.L.U	AMV	30,20	30173	26/01/1998	31/10/2019
SOLAI TOP	AMV	30,10	30174	26/01/1998	31/10/2019
RESISTENZA AL FUOCO VERS. TOP	AMV	30,10	34552	08/03/2007	31/10/2019

software: MASTERSAP -versione 2018 SP3

produttore: AMV s.r.l. via San Lorenzo 106 – 34077 Ronchi dei Legionari (GO)

È stata preliminarmente esaminata la documentazione a corredo del software utilizzato.

Essa contiene la descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, individua i campi di impiego e presenta esempi di calcolo interamente risolti.

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.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l.
Amministratore Unico
Ing. Luciano Migliorini

VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate dalla Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.



Il progettista delle strutture

6 ALLEGATO A - ANALISI FEM - PUSHOVER

6.1 TABULATI

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_0012
Intestazione del lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Pushover
Tipo di soluzione	Non lineare a controllo di spostamento con nodo di controllo
Unita' di misura delle forze	kN
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Porretta Terme - Via della Repubblica 3
Longitudine (WGS84)	10.9697
Latitudine (WGS84)	44.1572
Categoria del suolo	E
Fattore topografico	1.2

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.074	2.45	0.26	1.98	1.60	0.142
SLD	75	0.093	2.43	0.27	1.94	1.60	0.179
SLV	712	0.217	2.41	0.29	1.88	1.42	0.371
SLC	1462	0.272	2.43	0.31	1.84	1.27	0.415

TR utilizzato nel progetto 712 anni

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.299
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.334
λ	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Sd (T1) in direzione X	0.895 g
Sd (T1) in direzione Y	0.895 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.895
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.895
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLD)	63
Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLO)	81

RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE**SEZIONI RETTANGOLARI**

Codice	Base	H
1	0.300	0.300
4	0.800	0.230
5	0.600	0.230
9	0.600	0.380
13	0.450	0.300
14	0.300	0.500
15	0.300	0.500
16	0.300	1.900

SEZIONI A T

Codice	B	H	h	b
7	2.000	0.285	0.035	0.240
8	2.430	0.285	0.035	0.240

SEZIONE CCR

Codice	Altezza	Base	Sp. anima	Sp. Ala
6	1.900	1.200	0.070	0.093

SEZIONI A L

Codice	Altezza	Base	Sp. anima	Sp. Ala	Posizione
2	1.810	0.600	0.150	0.300	1
3	1.810	0.600	0.150	0.300	4
10	0.380	0.450	0.150	0.230	3
11	0.800	0.600	0.150	0.380	1
12	0.800	0.600	0.150	0.380	4

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE**Carico distribuito con riferimento globale X**

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento X	10	Condizione 3	Variabile: Vento	0.510000	0.000	0.510000	0.000	0.0000	0.0000
Vento -X	12	Condizione 5	Variabile: Vento	- 0.510000	0.000	- 0.510000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento Y	11	Condizione 4	Variabile: Vento	0.510000	0.000	0.510000	0.000	0.0000	0.0000
Vento -Y	13	Condizione 6	Variabile: Vento	- 0.510000	0.000	- 0.510000	0.000	0.0000	0.0000

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 copertura	1	Condizione 1	Variabile: Neve	- 1.630000	0.000	- 1.630000	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
Permanente portato copertura palestra	5	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 0.250000	0.000	- 0.250000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente portato copertura spogliatoio	6	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 1.000000	0.000	- 1.000000	0.000	1.0000	1.0000
Peso proprio solaio h = 20+3 cm	7	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	- 2.700000	0.000	- 2.700000	0.000	1.0000	1.0000
Tamponamenti	8	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 3.960000	0.000	- 3.960000	0.000	1.0000	1.0000

LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Calcestruzzo C20/25 (Rck 250)	+3.00e+007	0.120	24.52500	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Calcestruzzo C20/25 tegoli copertu	+3.00e+007	0.120	17.65800	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
3	Calcestruzzo C20/25 tegoli lucernai	+3.00e+007	0.120	8.12270	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
4	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	+3.15e+007	0.120	24.52500	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

GRUPPI DELLA STRUTTURA**ELEMENTO FINITO: TRAVE**

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Travi corpo accessorio	
2	Travi palestra	
3	Cordolo	
4	Pilastrì	
5	Pilastrì aggiuntivi	

ELEMENTO FINITO: VINCOLO

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Vincoli	

COMBINAZIONI DI CARICO**NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA - PROPORZIONALE ALLE FORZE STATICHE E MASSE****COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica:	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
2	Sisma +X, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA +X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
3	Sisma -X, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA -X	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
4	Sisma +Y, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA +Y	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
5	Sisma -Y, Torsione Antioraria	Azione sismica: SISMA -Y	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000

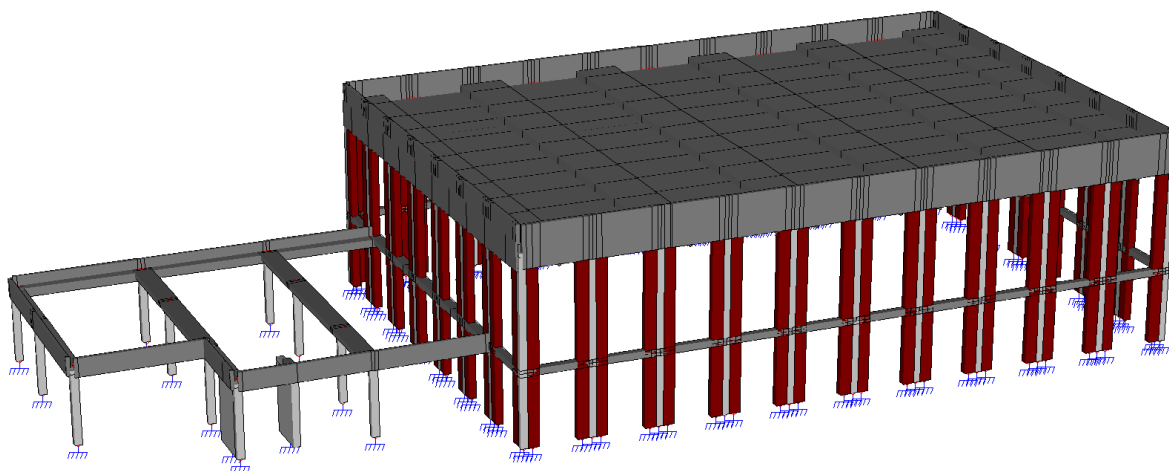
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	Sisma +X, Torsione Azione sismica: SISMA +X Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
7	Sisma -X, Torsione Azione sismica: SISMA -X Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
8	Sisma +Y, Torsione Azione sismica: SISMA +Y Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
9	Sisma -Y, Torsione Azione sismica: SISMA -Y Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
10	Uniforme +X, Torsione Azione sismica: Antioraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
11	Uniforme -X, Torsione Azione sismica: Antioraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
12	Uniforme +Y, Torsione Azione sismica:		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
	Antioraria		Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
13	Uniforme -Y, Torsione Azione sismica: Antioraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
14	Uniforme +X, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
15	Uniforme -X, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
16	Uniforme +Y, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000
17	Uniforme -Y, Torsione Azione sismica: Oraria		Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 4	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 5	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 6	0.000

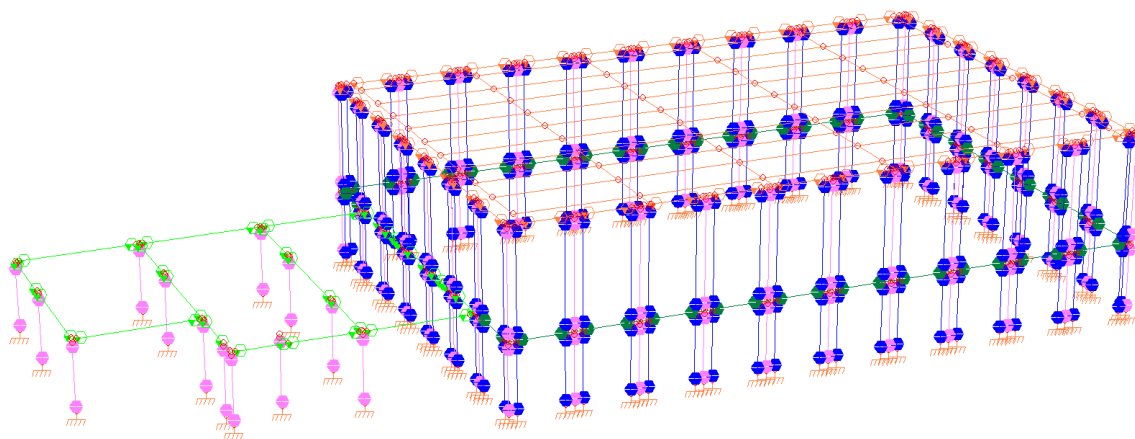
COMBINAZIONI DI CARICO PER L'ANALISI NON LINEARE

Nome	Combinazione iniziale	Combinazione incrementale	Nc	gdl	Spost. max	Spost. al passo	Iter. al passo
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	Statica	Sisma +X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	Statica	Sisma -X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	Statica	Sisma +Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	Statica	Sisma -Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	Statica	Sisma +X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	Statica	Sisma -X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	Statica	Sisma +Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	Statica	Sisma -Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme +X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme -X, Torsione Antioraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme +Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	Statica	Uniforme -Y, Torsione Antioraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	Statica	Uniforme +X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	Statica	Uniforme -X, Torsione Oraria	2148	Ux	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	Statica	Uniforme +Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	Statica	Uniforme -Y, Torsione Oraria	2148	Uy	0.500000	0.000000	1000

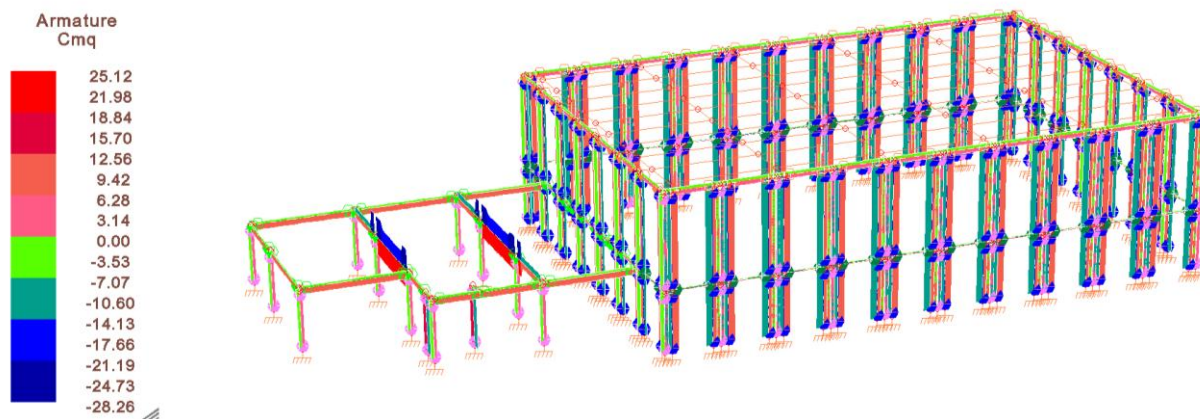
6.2 IMMAGINI MODELLAZIONE FEM



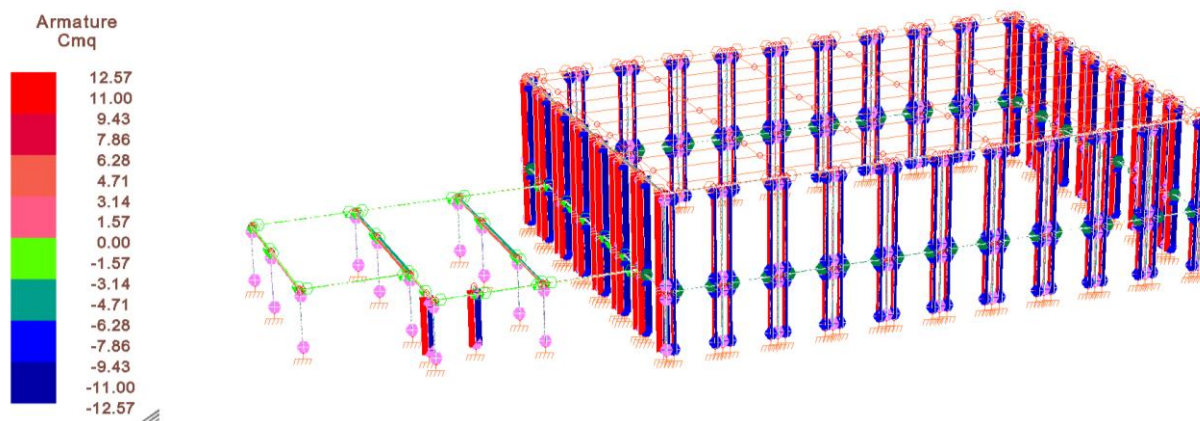
Vista 3D del modello strutturale - analisi globale sismica



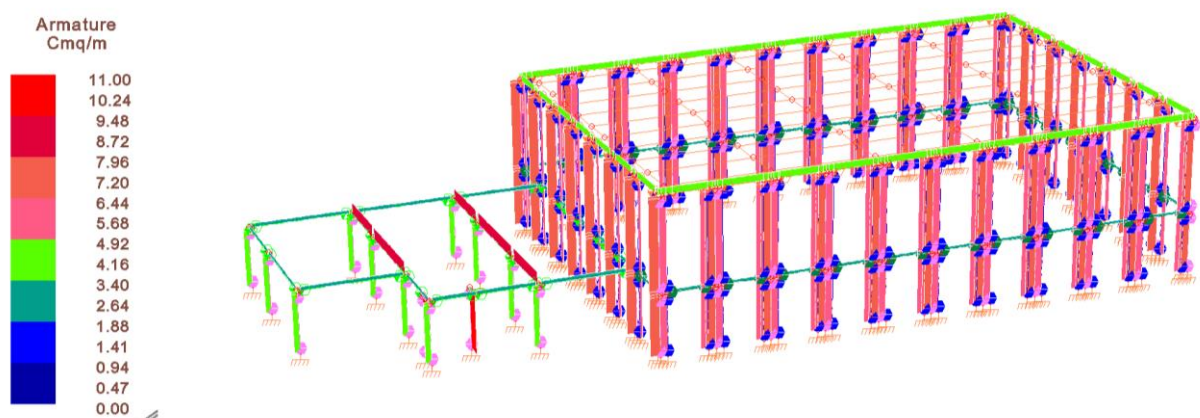
Vista unifilare del modello 3D - con le cerniere plastiche (NMz e NMy per setti e pilastri; Mz e My per le travi)



Armatura superiore/inferiore presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)



Armatura anteriore/posteriore presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)



Armatura trasversale presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)

6.3 RISULTATO ANALISI STATICHE NON LINEARI (PUSHOVER)

6.3.1 Riepilogo risultati analisi pushover

N.	Nome	Carico Sismico	Dir.	d*Max(SLU)	du*	d*Max(SLD)	dd*	d*Max(SLO)	do*	q*	au/al
1	Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	Gruppo 1 - a	+X	0.02040	0.03567	0.00976	0.03210	0.00783	0.02199	1.019	1.5
2	Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	Gruppo 1 - a	-X	0.02034	0.03272	0.00968	0.03216	0.00776	0.02199	1.028	1.5
3	Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	Gruppo 1 - a	+Y	0.02855	0.03896	0.01266	0.02367	0.01015	0.01592	1.253	1.5
4	Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	Gruppo 1 - a	-Y	0.02792	0.04228	0.01257	0.02423	0.01008	0.01615	1.197	1.5
5	Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	Gruppo 1 - a	+X	0.02010	0.03923	0.00973	0.03213	0.00780	0.02202	1.001	1.5
6	Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	Gruppo 1 - a	-X	0.02166	0.02219	0.00966	0.02219	0.00774	0.02197	1.149	1.5
7	Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	Gruppo 1 - a	+Y	0.02892	0.02460	0.01227	0.02418	0.00983	0.01613	1.420	1.5
8	Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	Gruppo 1 - a	-Y	0.02853	0.03901	0.01264	0.02370	0.01013	0.01593	1.256	1.5
9	Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	Gruppo 2 - a	+X	0.02271	0.02808	0.01046	0.01747	0.00838	0.01376	1.095	1.5
10	Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	Gruppo 2 - a	-X	0.02313	0.02375	0.01033	0.01734	0.00828	0.01374	1.161	1.5
11	Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	Gruppo 2 - a	+Y	0.02891	0.04049	0.01307	0.03318	0.01047	0.01975	1.198	1.5
12	Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	Gruppo 2 - a	-Y	0.02914	0.02730	0.01254	0.02730	0.01005	0.02511	1.372	1.5
13	Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	Gruppo 2 - a	+X	0.02304	0.02548	0.01044	0.01740	0.00836	0.01373	1.130	1.5
14	Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	Gruppo 2 - a	-X	0.02251	0.02785	0.01038	0.01737	0.00832	0.01377	1.091	1.5
15	Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	Gruppo 2 - a	+Y	0.02806	0.03986	0.01266	0.03815	0.01014	0.02212	1.193	1.5
16	Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	Gruppo 2 - a	-Y	0.02960	0.03049	0.01301	0.03049	0.01043	0.02005	1.303	1.5

LEGENDA

N.	Numero progressivo identificativo delle CCNL
Nome	Nome della CCNL
Carico sismico	Rappresenta, nel caso la combinazione incrementale sia di tipo sismico, il gruppo di appartenenza della distribuzione di forze applicata (NTC 2008 7.3.4.1)
Dir.	Direzione di applicazione delle forze sismiche
d*max(SLU)	Domanda di spostamento allo SLU
d*u	Capacità di spostamento allo SLU
d*max(SLD)	Domanda di spostamento allo SLD
d*d	Capacità di spostamento allo SLD
d*max(SLO)	Domanda di spostamento allo SLO
d*o	Capacità di spostamento allo SLO
q*	Rapporto fra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente
au/al	Rapporto di sovrarresistenza, utile per la determinazione del fattore di struttura
dy*	Spostamento del nodo di controllo corrispondente a F_y^*
du*	Spostamento massimo del sistema equivalente
d*max	Domanda in spostamento allo SLU per il sistema anelastico
F_y^*	Forza di plasticizzazione del sistema bilineare equivalente
dd*	Spostamento al limite di danno del sistema equivalente
d*max	Domanda in spostamento allo SLD
do*	Spostamento al limite di operatività del sistema equivalente
d*max	Domanda in spostamento allo SLO

INDICATORI DI RISCHIO**STATO LIMITE ULTIMO**

Combinazione	TR,C	TR,D	RCD	PGAC (m/s ²)	PGAD (m/s ²)	Alfa u
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	766	712	1.031	3.684	3.637	1.013
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	405	712	0.793	3.243	3.637	0.892
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	1758	712	1.451	4.162	3.637	1.144
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	777	712	1.037	3.694	3.637	1.016
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	553	712	0.901	3.474	3.637	0.955
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	1019	712	1.159	3.874	3.637	1.065
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	1758	712	1.451	4.162	3.637	1.144
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	>2475	712	>1.670	>4.287	3.637	>1.179
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	799	712	1.049	3.722	3.637	1.023

STATO LIMITE DI DANNO

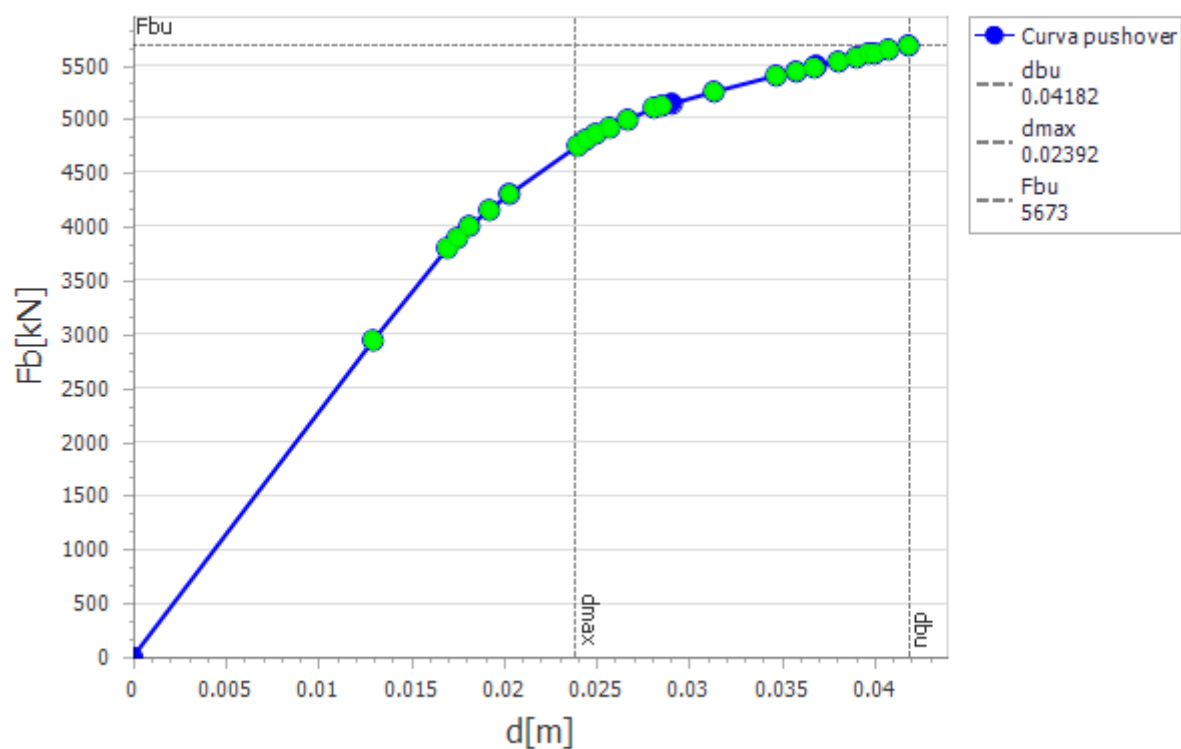
Combinazione	TR,C	TR,D	RCD	PGAC (m/s ²)	PGAD (m/s ²)	Alfa e
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	380	75	1.950	3.181	1.752	1.816
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	437	75	2.065	3.304	1.752	1.886
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	766	75	2.602	3.694	1.752	2.109
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	386	75	1.962	3.206	1.752	1.830
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	386	75	1.962	3.206	1.752	1.830
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	286	75	1.735	2.958	1.752	1.689
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	291	75	1.747	2.972	1.752	1.697
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	1303	75	3.238	4.008	1.752	2.288
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	553	75	2.275	3.463	1.752	1.977
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	280	75	1.720	2.944	1.752	1.681
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	286	75	1.735	2.958	1.752	1.689
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	>2475	75	>4.216	>4.287	1.752	>2.448
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	799	75	2.647	3.722	1.752	2.125

STATO LIMITE DI OPERATIVITA'

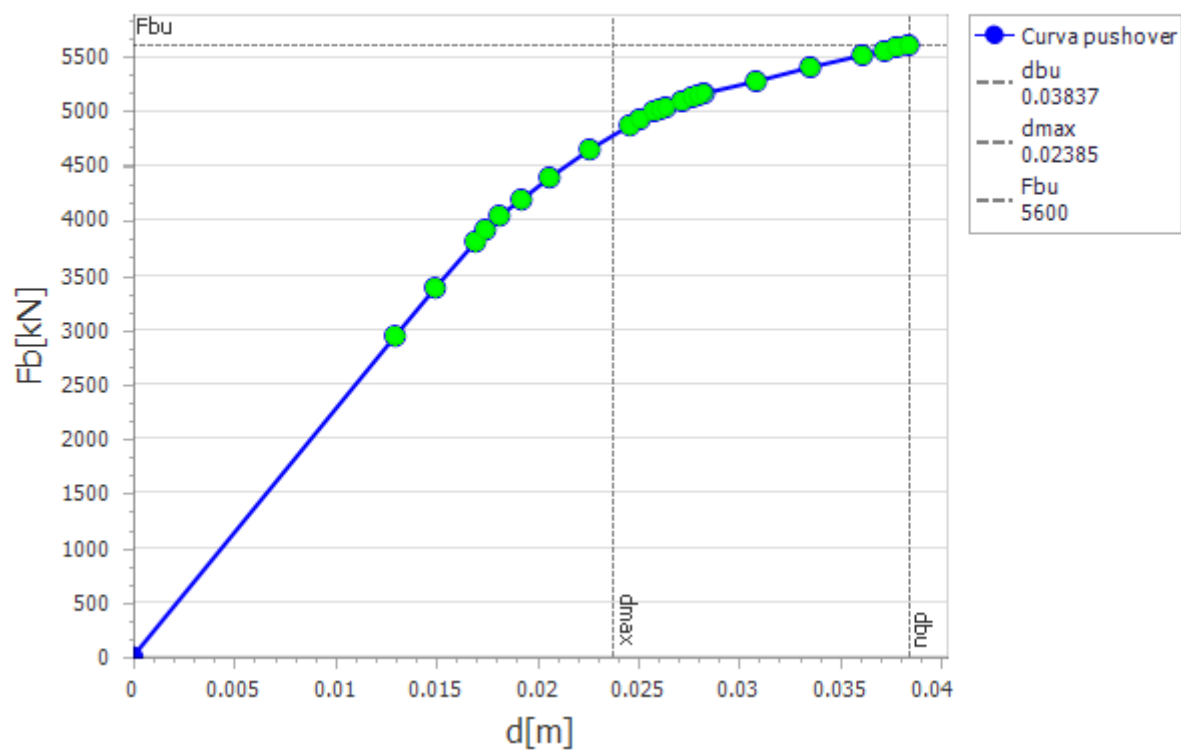
Combinazione	TR,C	TR,D	RCD	PGAC (m/s ²)	PGAD (m/s ²)	Alfa e
Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria	903	45	3.436	3.801	1.394	2.727
Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria	915	45	3.454	3.810	1.394	2.733
Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria	127	45	1.533	2.223	1.394	1.595
Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria	135	45	1.572	2.260	1.394	1.622
Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria	952	45	3.511	3.825	1.394	2.745
Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria	744	45	3.172	3.675	1.394	2.637
Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria	144	45	1.614	2.317	1.394	1.662
Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria	130	45	1.547	2.223	1.394	1.595
Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria	144	45	1.614	2.317	1.394	1.662
Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria	147	45	1.628	2.336	1.394	1.676
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria	208	45	1.878	2.693	1.394	1.932
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria	424	45	2.517	3.279	1.394	2.353
Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria	144	45	1.614	2.317	1.394	1.662
Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria	147	45	1.628	2.336	1.394	1.676
Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria	333	45	2.279	3.092	1.394	2.218
Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria	220	45	1.921	2.731	1.394	1.959

6.3.2 Curve pushover

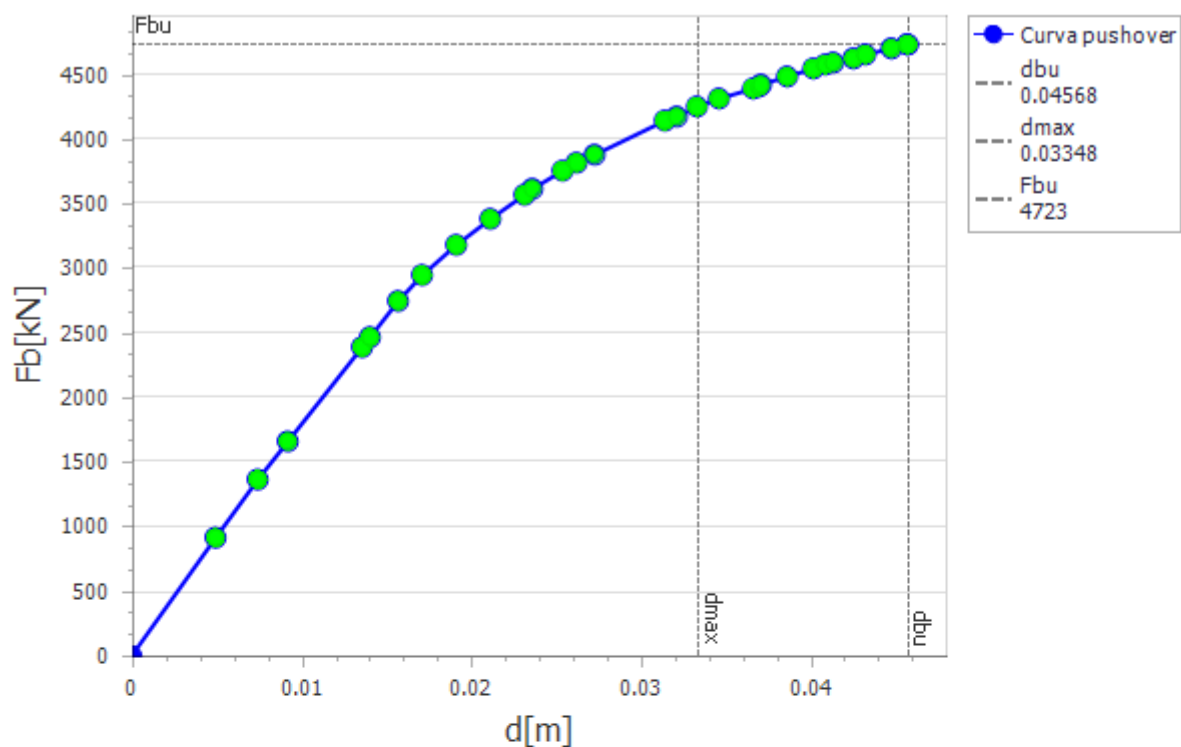
1 - Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria



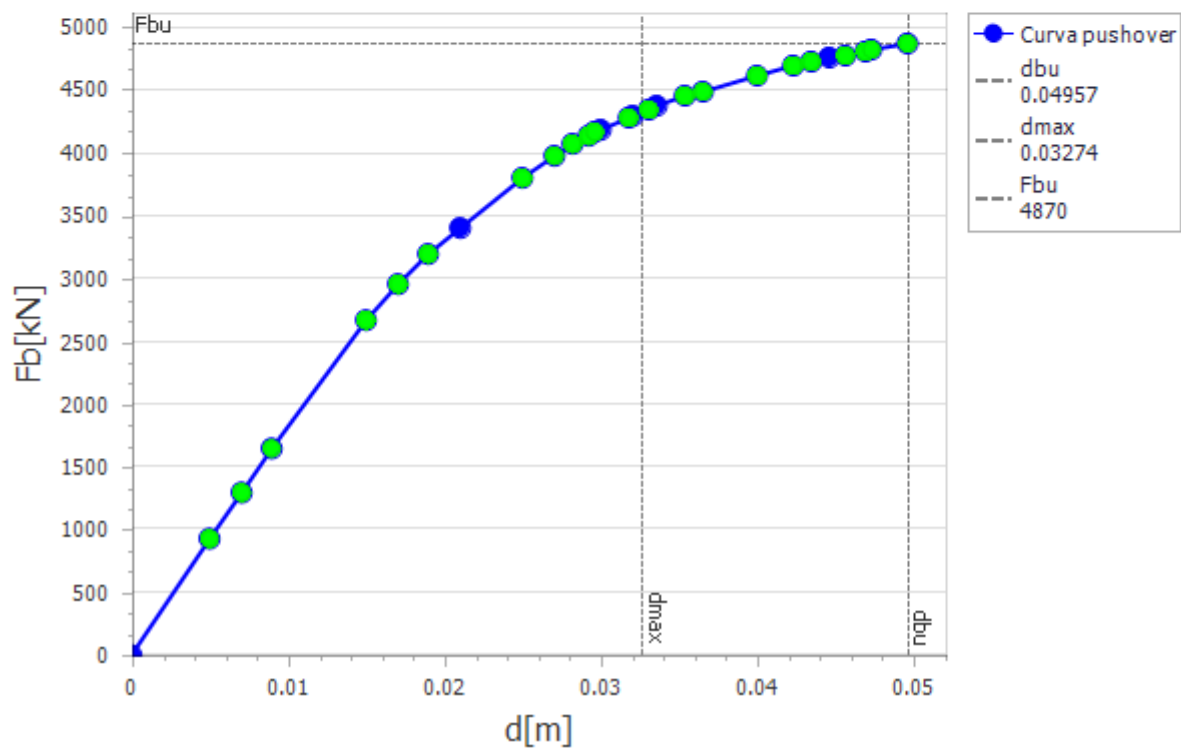
2 - Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria

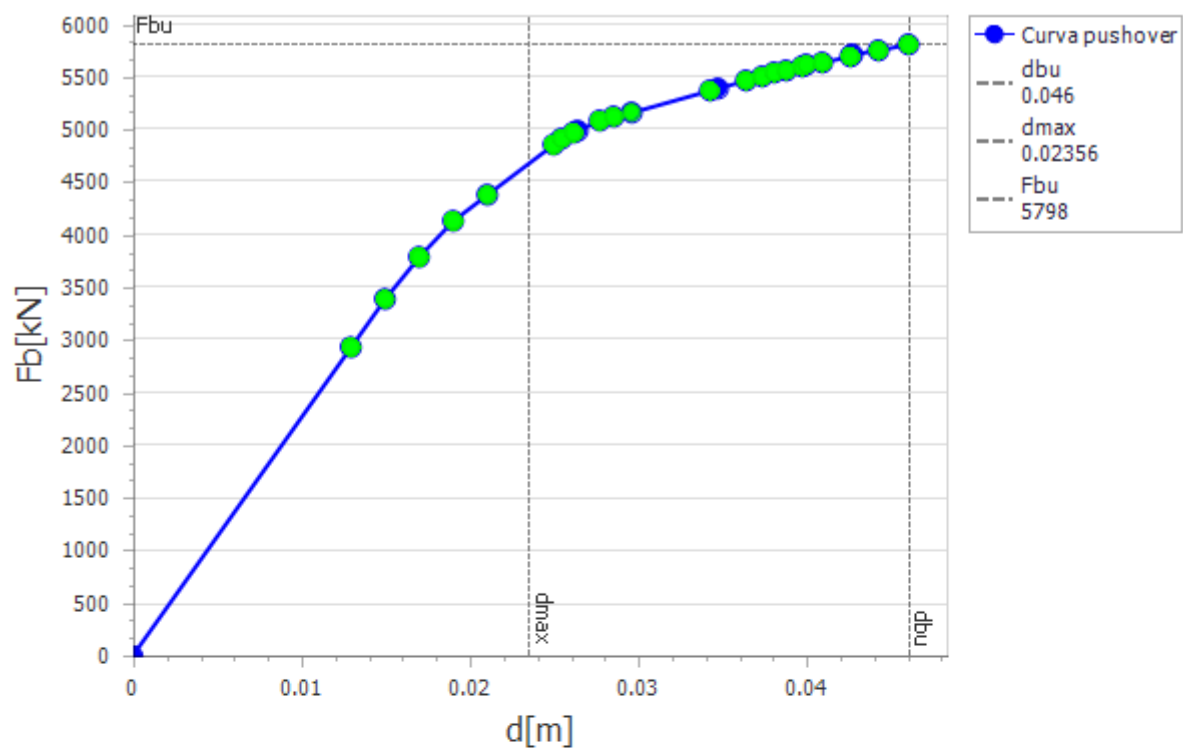
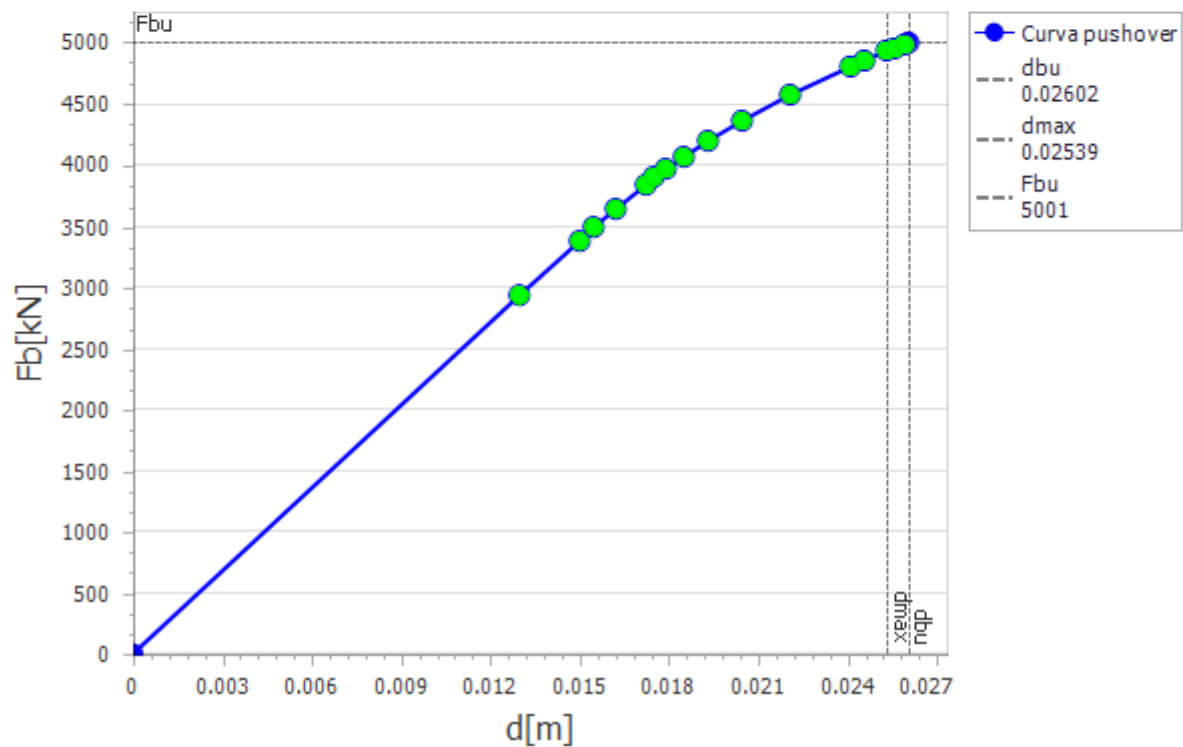


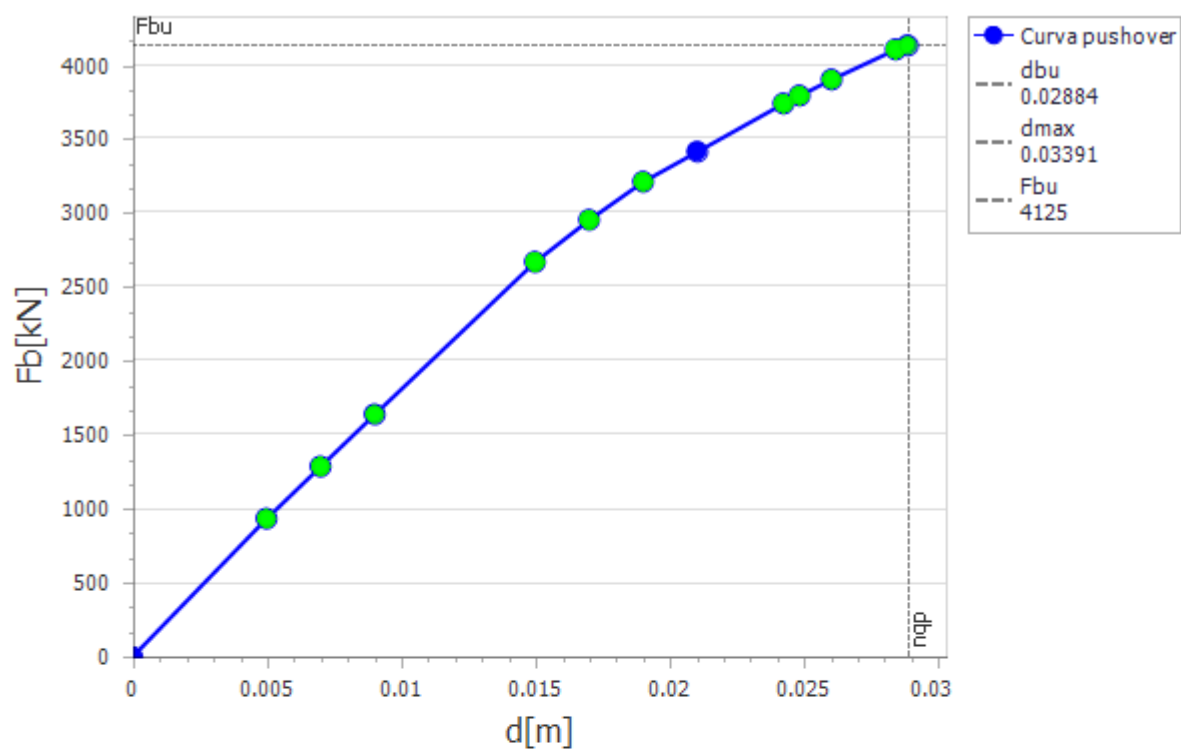
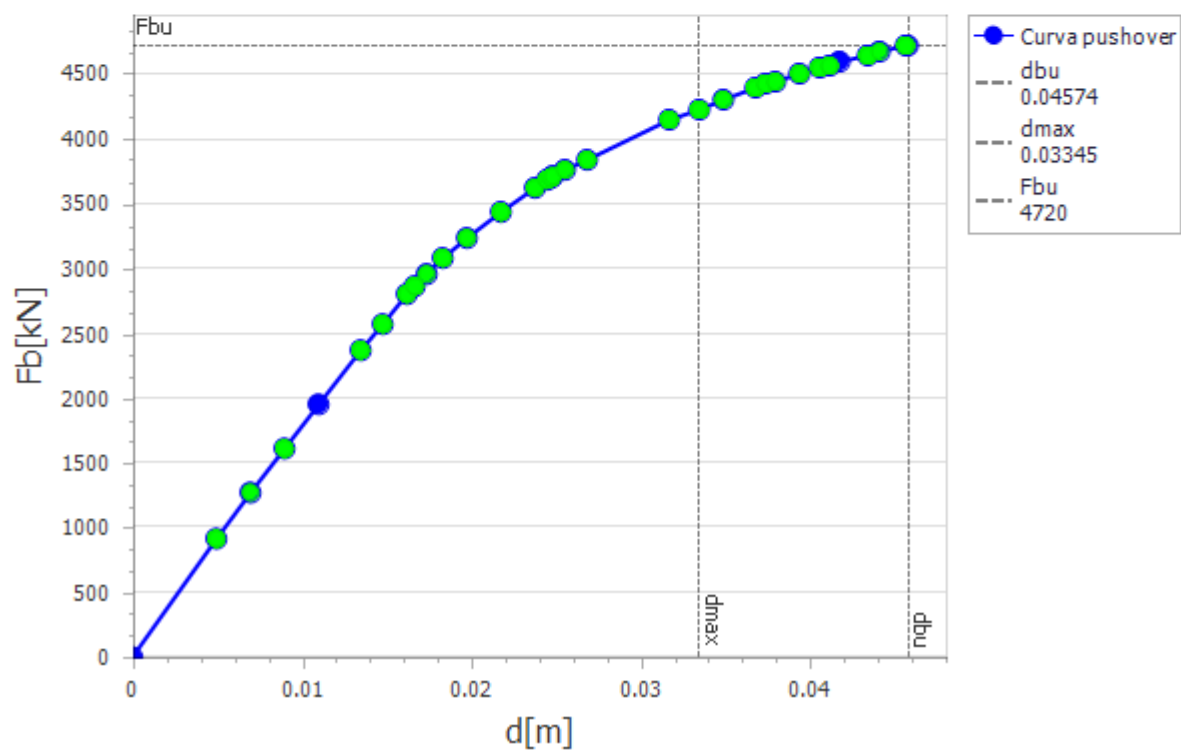
3 - Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria

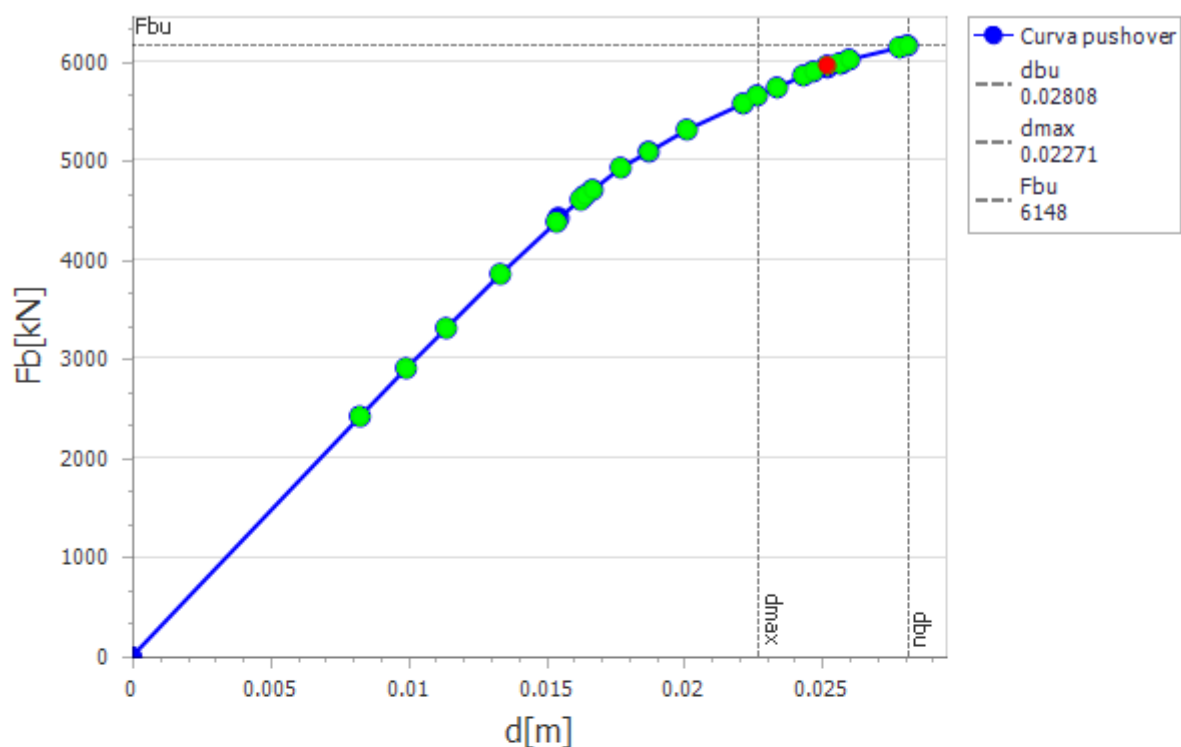
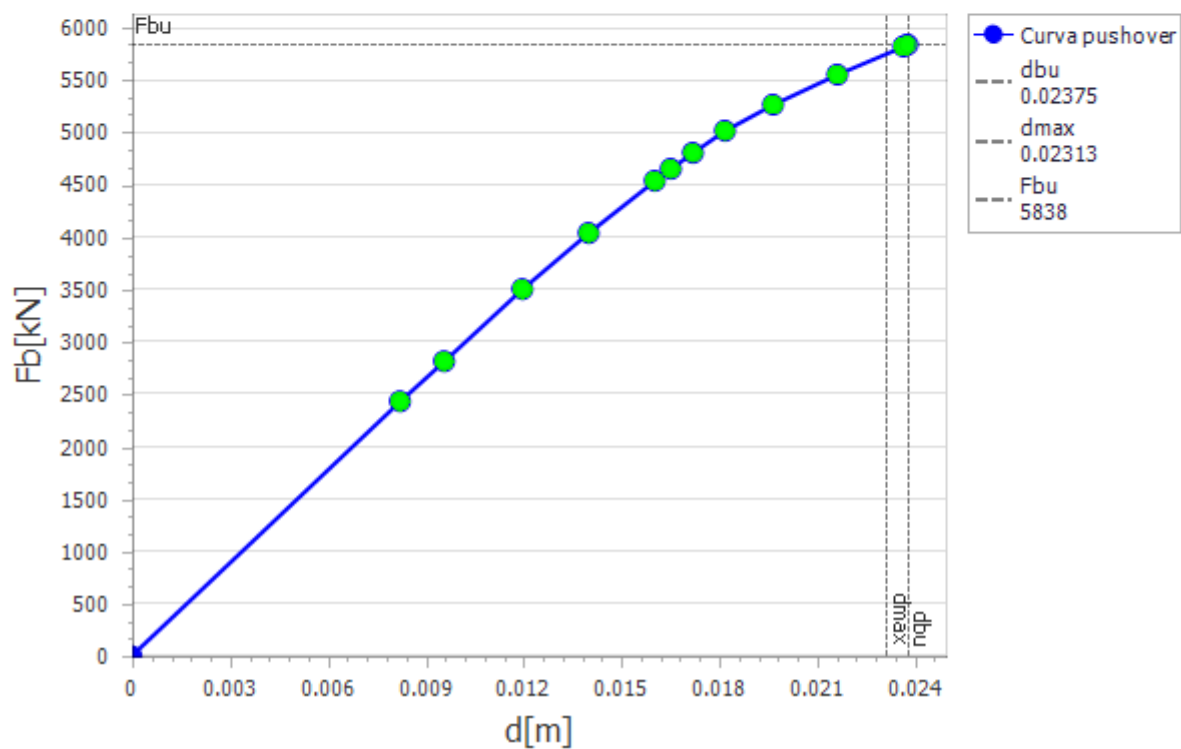


4 - Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria

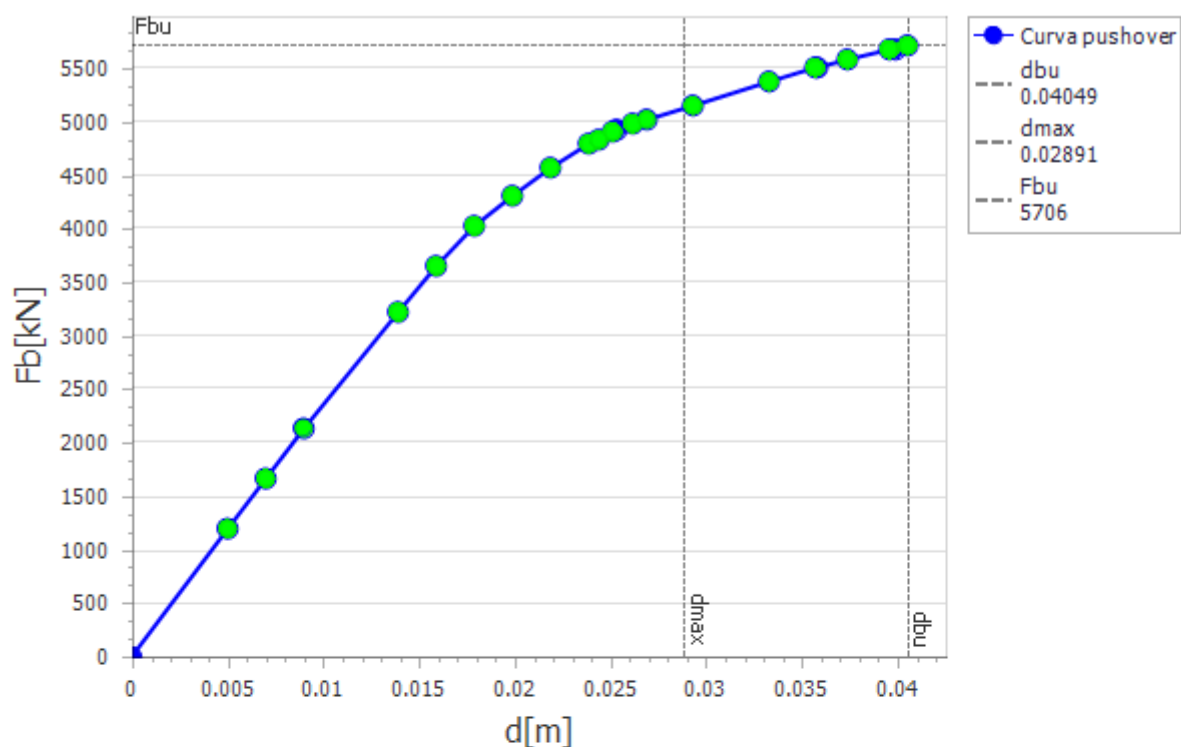


5 - Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria**6 - Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria**

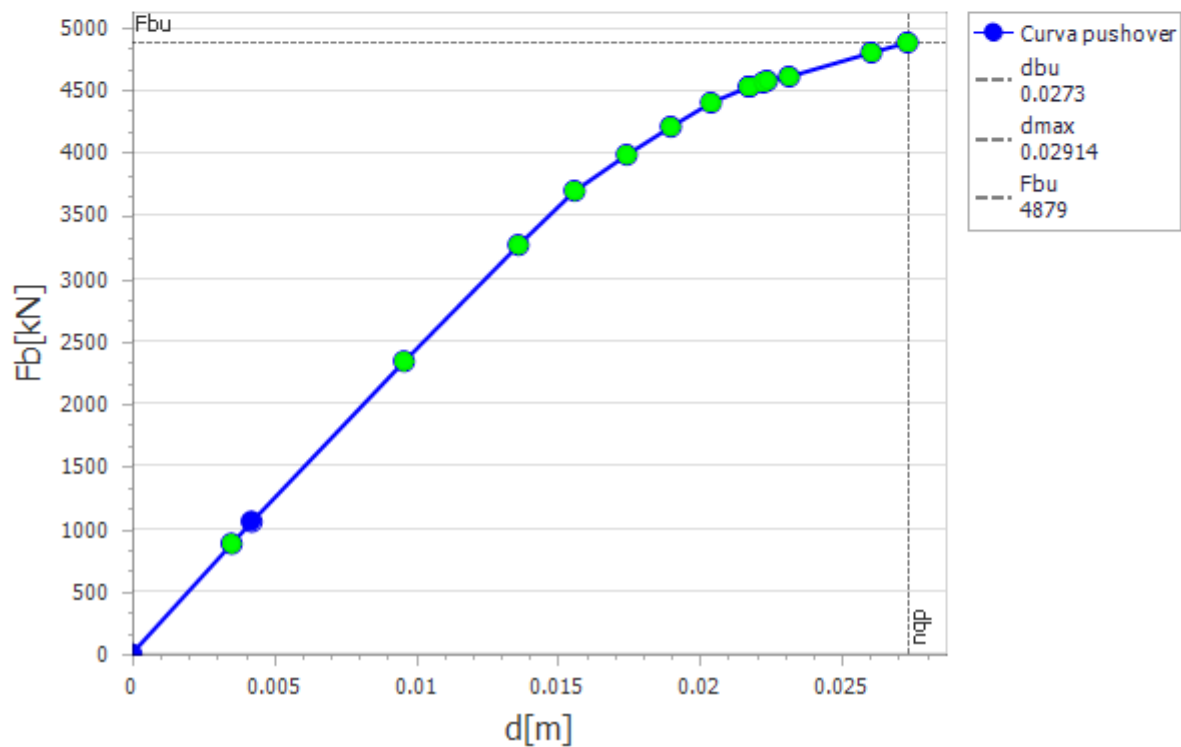
7 - Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria**8 - Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria**

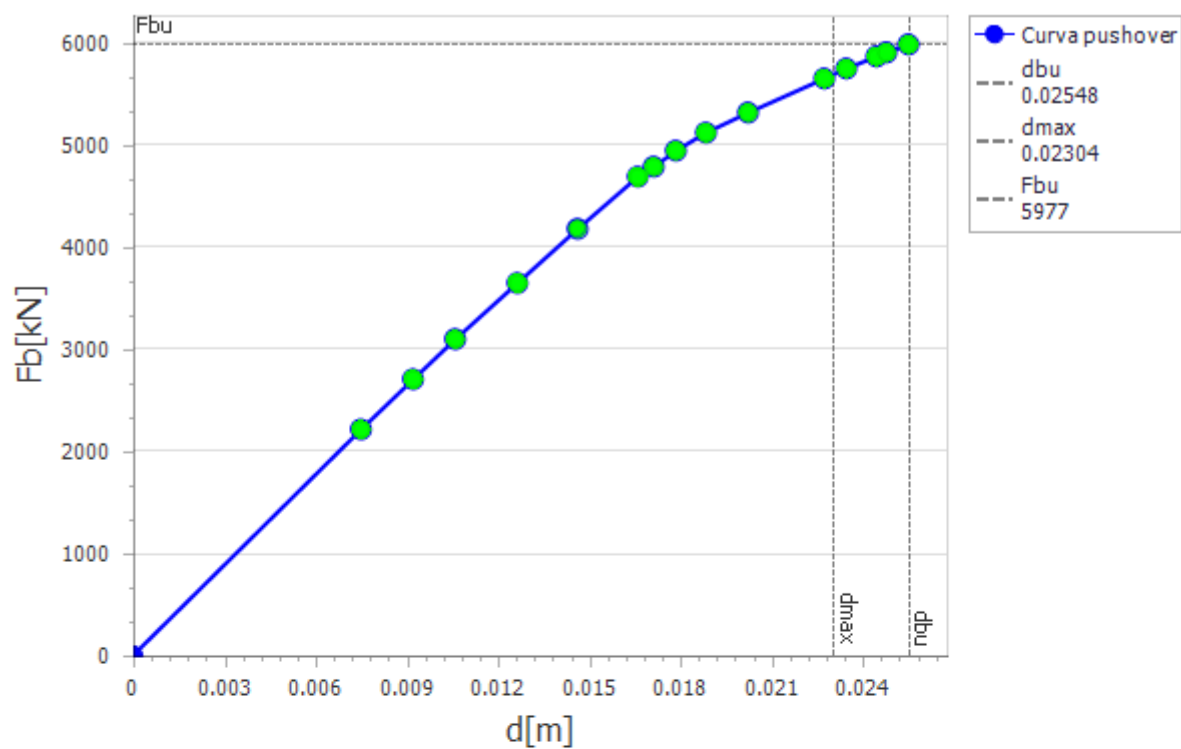
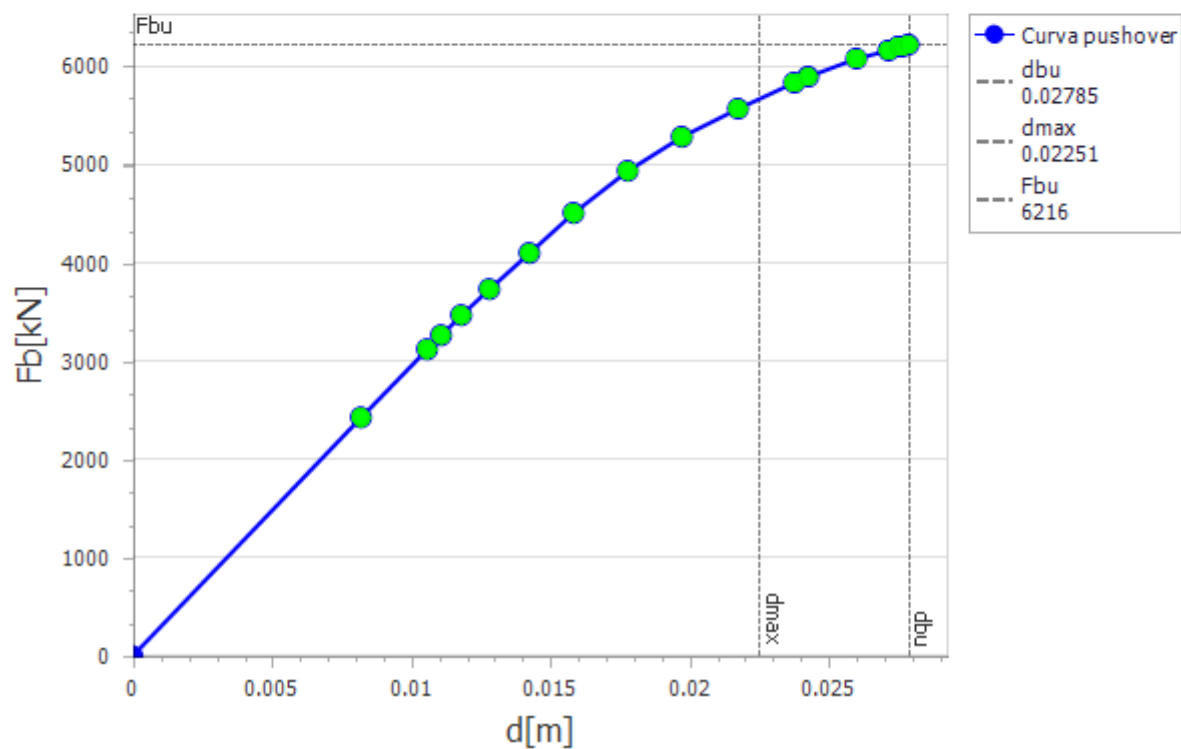
9 - Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria**10 - Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria**

11 - Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria

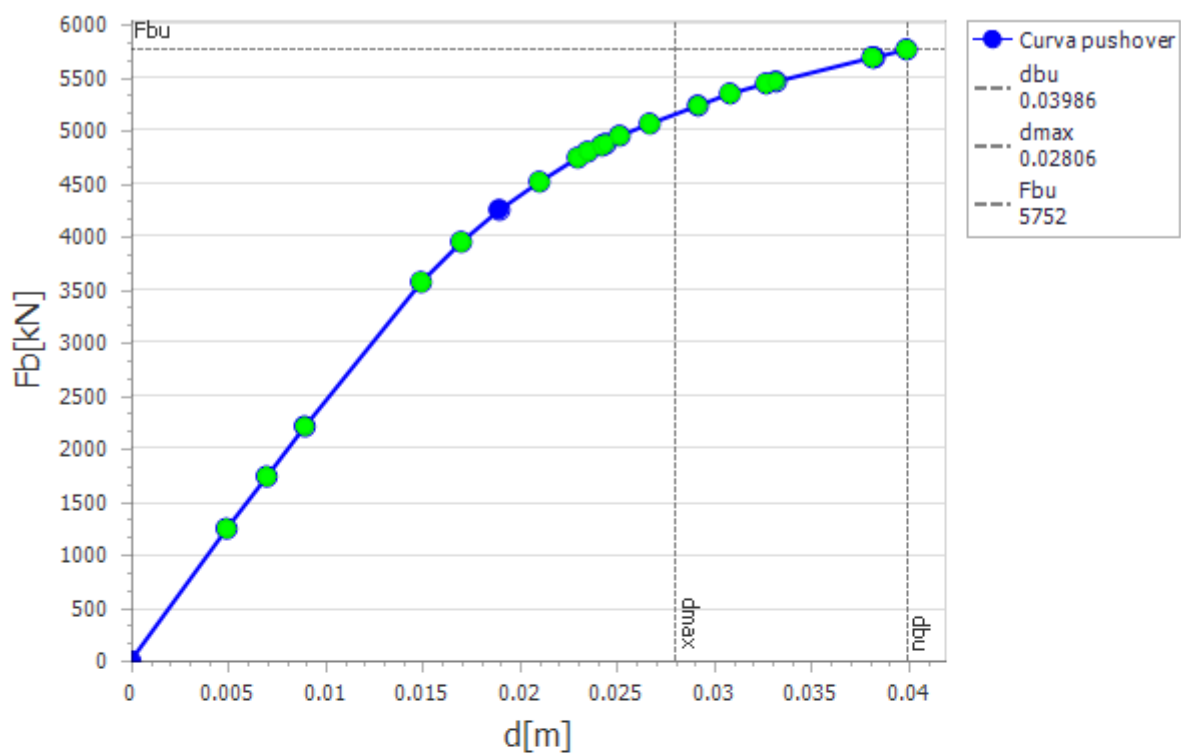


12 - Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria

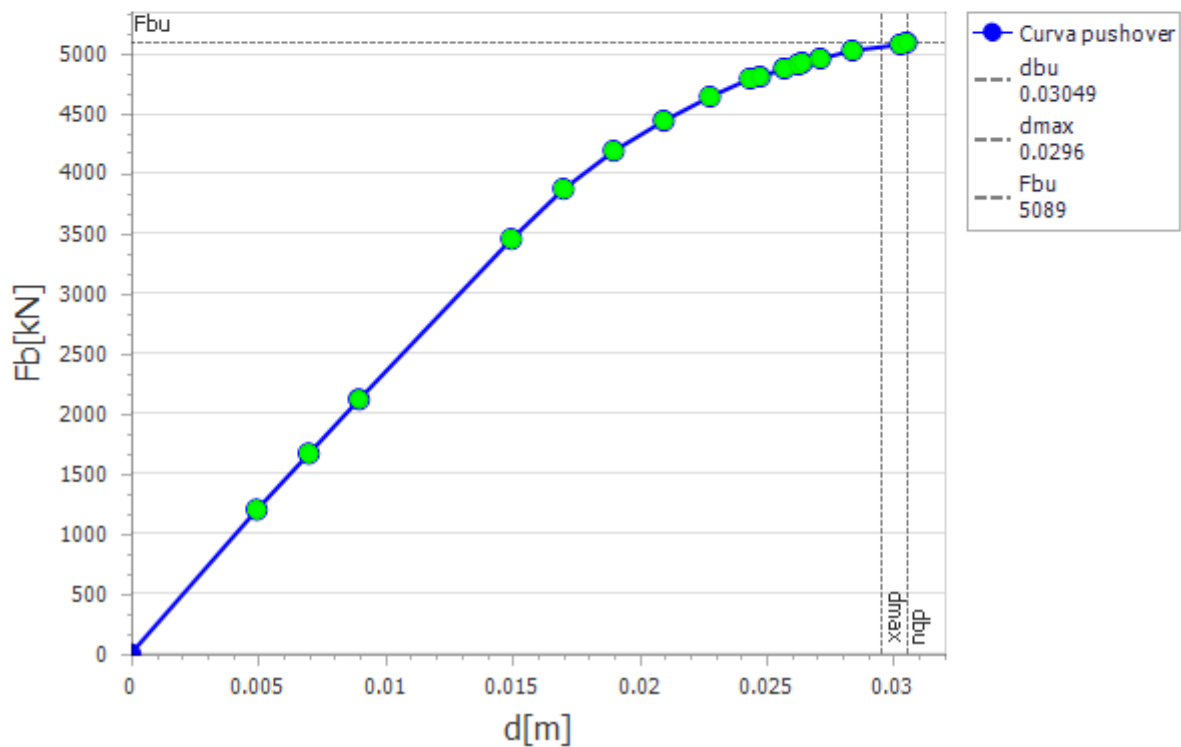


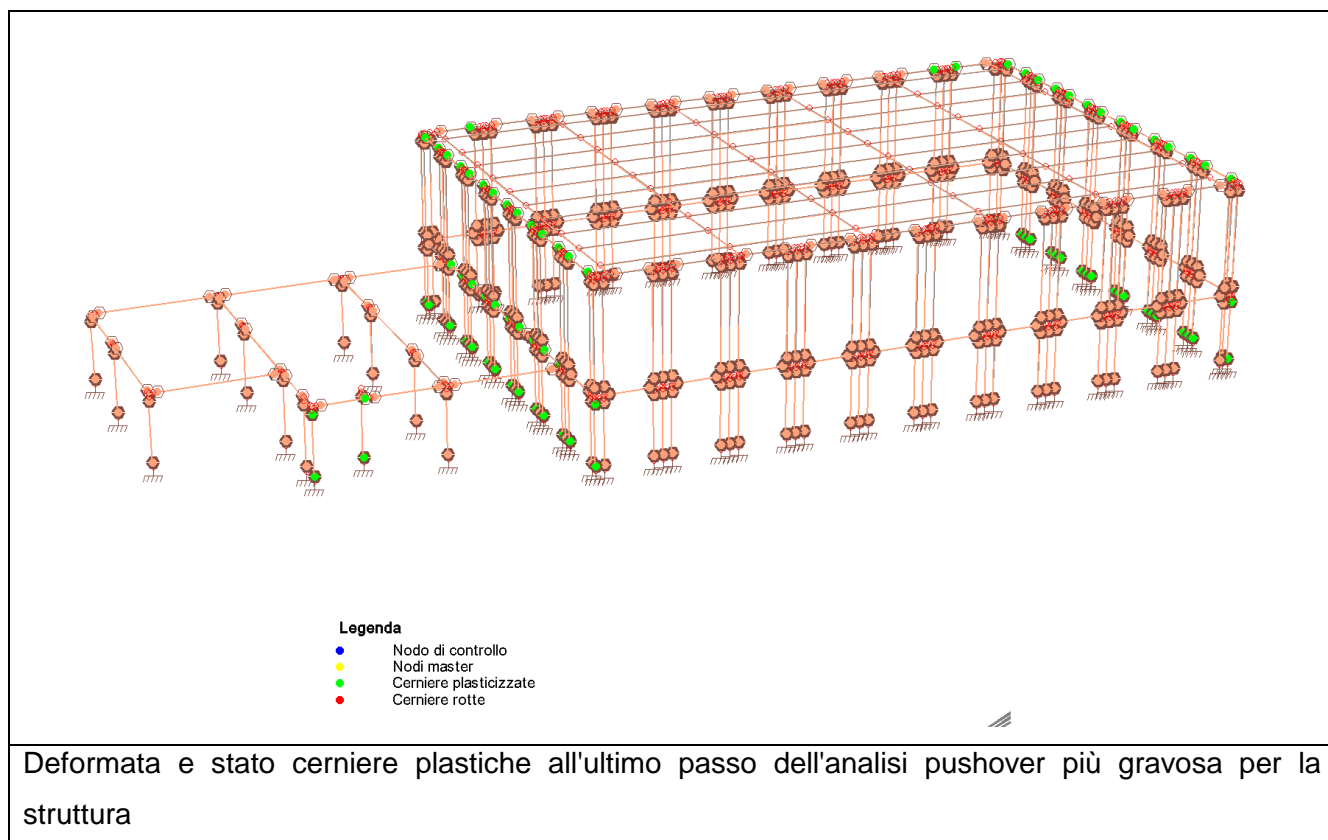
13 - Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria**14 - Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria**

15 - Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria



16 - Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria





6.4 INDICATORI DI RISCHIO SISMICO - MASTER-ESIST**Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno**

	Collasso fragile	Collasso di un nodo	Collasso duttile	Deformazioni
CCNL	7	7	7	--
Passo	13 14	13	13	--
PGA,CLU	3.243	3.243	3.243	--
PGA,CLD	--	--	--	2.944
PGA,CLO	--	--	--	2.223
Tr,CLU	405	405	405	--
Tr,CLD	--	--	--	280
Tr,CLO	--	--	--	127

Tab. 1**Valori di riferimento dell'azione sismica**

Stato limite	PGA,D	Tr,D
Stato limite ultimo (SLU)	3.637	712
Stato limite di danno (SLD)	1.752	75
Stato limite di operatività (SLO)	1.394	45

Tab. 2**Indicatori di rischio**

Stato limite	Rapporto fra PGA	Rapporto fra Tr ^a
Stato limite ultimo (α_u)	0.892	0.793
Stato limite di danno (α_d)	1.681	1.720
Stato limite di operatività (α_o)	1.595	1.533

Tab. 3

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE DUTTILI

CCNL	Passo	Verifica	Note	IR
1	26	Ok		0.463
2	24	Ok		0.368
3	31	Ok		0.643
4	28	Ok		0.608
5	26	Ok		0.570
6	18	Ok		0.293
7	13	Ok		0.249
8	33	Ok		0.644
9	25	Ok		0.568
10	13	Ok		0.597
11	23	Ok		0.452
12	16	Ok		0.270
13	16	Ok		0.582
14	18	Ok		0.752
15	21	Ok		0.531
16	18	Ok		0.247

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE FRAGILI (TAGLIO)

CCNL	Passo	Verifica	Note	IR
1	26	Ok		0.521
2	24	Ok		0.437
3	31	Ok		0.576
4	22	Ok		0.444
5	25	Ok		0.812
6	18	Ok		0.358
7	13	Ok		0.380
8	33	Ok		0.582
9	25	Ok		0.569
10	13	Ok		0.551
11	23	Ok		0.469
12	16	Ok		0.415
13	16	Ok		0.528
14	18	Ok		0.558
15	21	Ok		0.442
16	18	Ok		0.421

Tab. 4 - sintesi verifiche sui meccanismi duttili e fragili con indici di resistenza

7 ALLEGATO B - ANALISI FEM - STATICA SISMICA EQUIVALENTE

7.1 TABULATI

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_0015
Intestazione del lavoro	MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica sismica equivalente
Tipo di soluzione	Non lineare (Elementi resist. a traz./comp.)
Unita' di misura delle forze	kN
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	Porretta Terme - Via della Repubblica 3
Longitudine (WGS84)	10.9697
Latitudine (WGS84)	44.1572
Categoria del suolo	E
Fattore topografico	1.2

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.074	2.45	0.26	1.98	1.60	0.142
SLD	75	0.093	2.43	0.27	1.94	1.60	0.179
SLV	712	0.217	2.41	0.29	1.88	1.42	0.371
SLC	1462	0.272	2.43	0.31	1.84	1.27	0.415

TR utilizzato nel progetto 712 anni

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	5%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.355
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.327
λ	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Sd (T1) in direzione X	0.895 g
Sd (T1) in direzione Y	0.895 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.895
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.895

RIEPILOGO DELLE SEZIONI UTILIZZATE NEL MODELLO STRUTTURALE

SEZIONI RETTANGOLARI

Codice	Base	H
1	0.300	0.300
4	0.800	0.230
5	0.600	0.230
9	0.600	0.380
13	0.450	0.300
14	0.300	0.500
15	0.300	0.500
16	0.300	1.900

SEZIONE CIRCOLARE PIENA

Codice	Diametro
17	0.020

SEZIONI A T

Codice	B	H	h	b
7	2.000	0.285	0.035	0.240
8	2.430	0.285	0.035	0.240

SEZIONE CCR

Codice	Altezza	Base	Sp. anima	Sp. Ala
6	1.900	1.200	0.070	0.093

SEZIONI A L

Codice	Altezza	Base	Sp. anima	Sp. Ala	Posizione
2	1.810	0.600	0.150	0.300	1
3	1.810	0.600	0.150	0.300	4
10	0.380	0.450	0.150	0.230	3
11	0.800	0.600	0.150	0.380	1
12	0.800	0.600	0.150	0.380	4

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale X

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento X	10	Condizione 3	Variabile: Vento	0.510000	0.000	0.510000	0.000	0.0000	0.0000
Vento -X	12	Condizione 5	Variabile: Vento	- 0.510000	0.000	- 0.510000	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Y

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento Y	11	Condizione 4	Variabile: Vento	0.510000	0.000	0.510000	0.000	0.0000	0.0000

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Vento -Y	13	Condizione 6	Variabile: Vento	- 0.510000	0.000	- 0.510000	0.000	0.0000	0.0000

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 copertura palestra	1	Condizione 1	Variabile: Neve	- 1.630000	0.000	- 1.630000	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
Permanente portato copertura palestra	5	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 0.250000	0.000	- 0.250000	0.000	1.0000	1.0000
Permanente portato copertura spogliatoio	6	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 1.000000	0.000	- 1.000000	0.000	1.0000	1.0000
Peso proprio solaio h = 20+3 cm	7	Condizione peso proprio	Permanente: Peso Proprio	- 2.700000	0.000	- 2.700000	0.000	1.0000	1.0000
Tamponamenti	8	Condizione 2	Permanente: Permanente portato	- 3.960000	0.000	- 3.960000	0.000	1.0000	1.0000

LISTA MATERIALI UTILIZZATI

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Calcestruzzo C20/25 (Rck 250)	+3.00e+007	0.120	24.52500	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Calcestruzzo C20/25 tegoli copertu	+3.00e+007	0.120	17.65800	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
3	Calcestruzzo C20/25 tegoli lucerna	+3.00e+007	0.120	8.12270	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
4	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	+3.15e+007	0.120	24.52500	+1.00e-005	1.00	+1.00e+000	+1.00e+000
5	Acciaio	+2.06e+008	0.300	0.00000	+1.20e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

GRUPPI DELLA STRUTTURA**ELEMENTO FINITO: TRAVE**

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Travi corpo accessorio	
2	Travi palestra	
3	Cordolo	
4	Pilastri	
5	Pilastri aggiuntivi	
6	Tiranti controvento	

ELEMENTO FINITO: VINCOLO

Numero gruppo	Descrizione gruppo	
1	Vincoli	

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	Statica	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.300
			Variabile: Neve	Condizione 1	1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
11	Sisma 100%+X 30%- Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
13	Sisma 100%-X 30%- Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
15	Sisma 30%+X 100%- Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
17	Sisma 30%-X 100%- Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

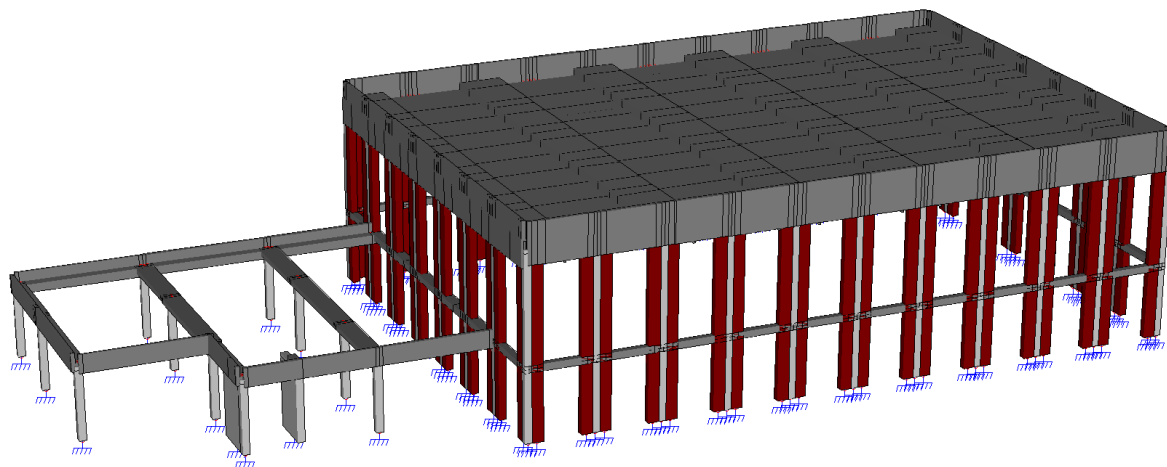
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.200
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

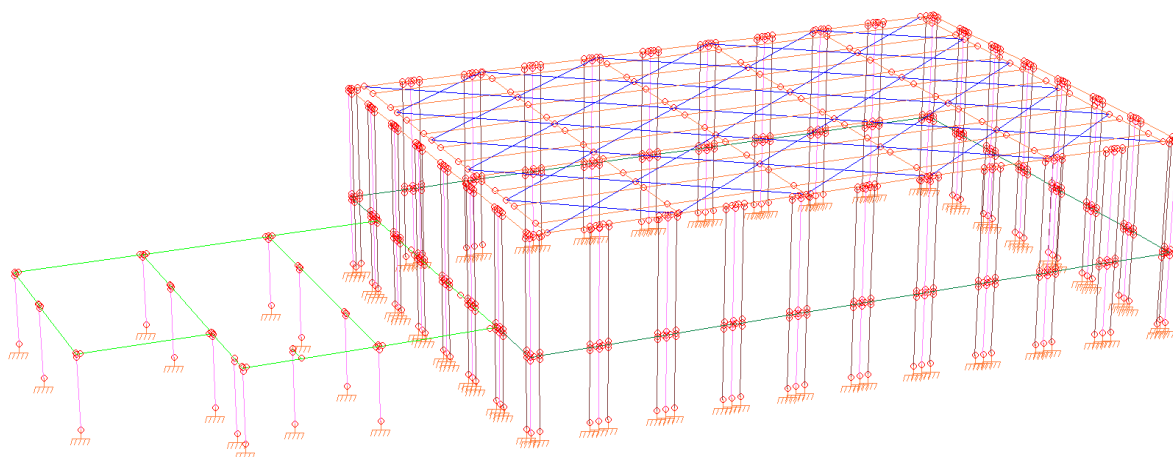
Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
22	Sisma 100%+X 30%- Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
23	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
24	Sisma 100%-X 30%- Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
25	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
26	Sisma 30%+X 100%- Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
27	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
28	Sisma 30%-X 100%- Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
29	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
30	Sisma 100%+X 30%- Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
31	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
32	Sisma 100%-X 30%- Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
33	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
34	Sisma 30%+X 100%- Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
35	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
36	Sisma 30%-X 100%- Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Permanente portato	Condizione 2	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 1	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

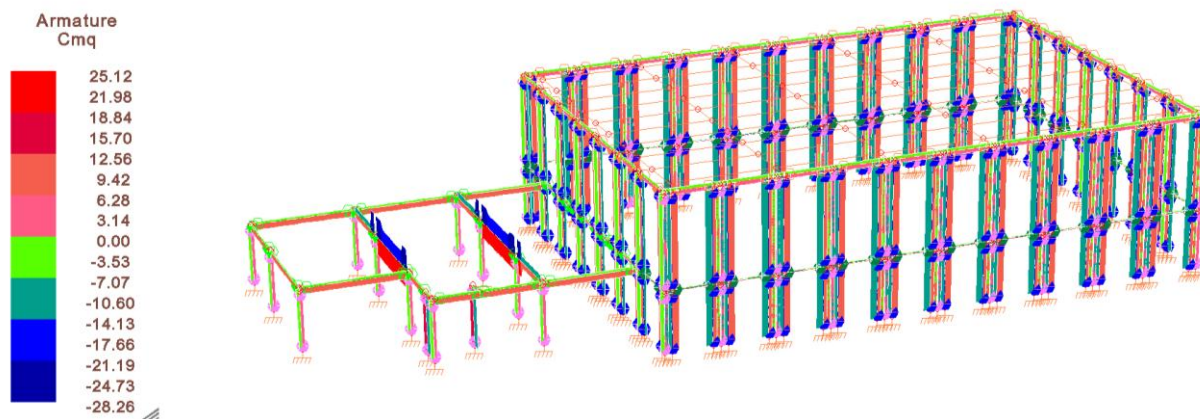
7.2 IMMAGINI MODELLAZIONE FEM



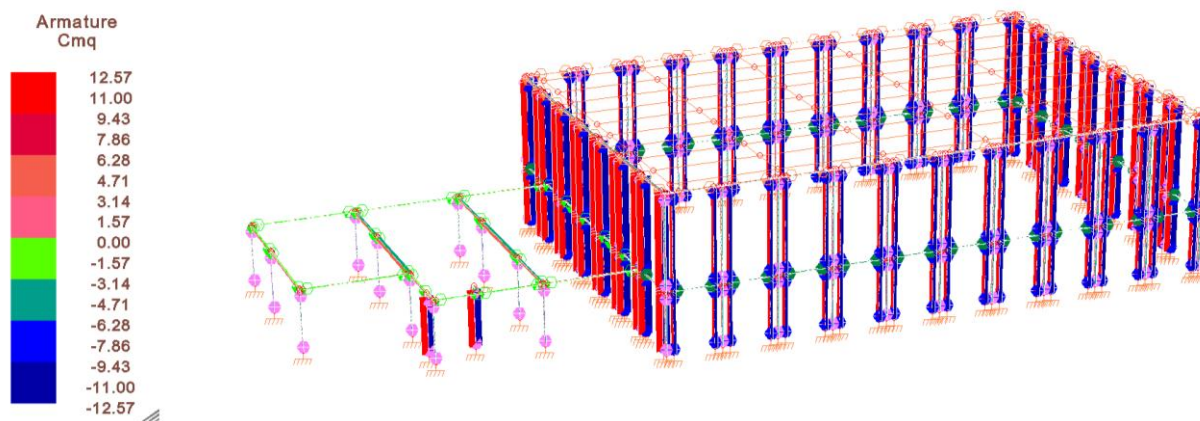
Vista 3D del modello strutturale - analisi globale sismica



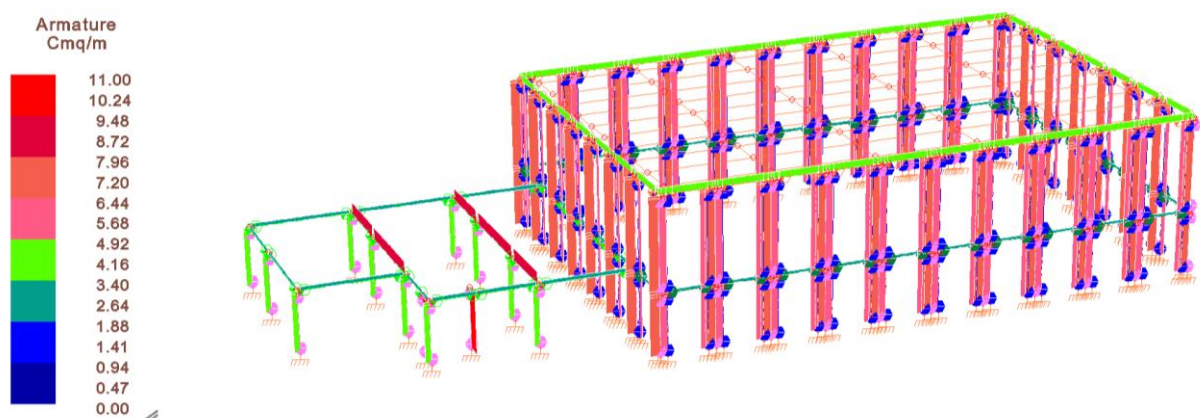
Vista unifilare del modello 3D - con le cerniere plastiche (NMz e NMy per setti e pilastri; Mz e My per le travi)



Armatura superiore/inferiore presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)

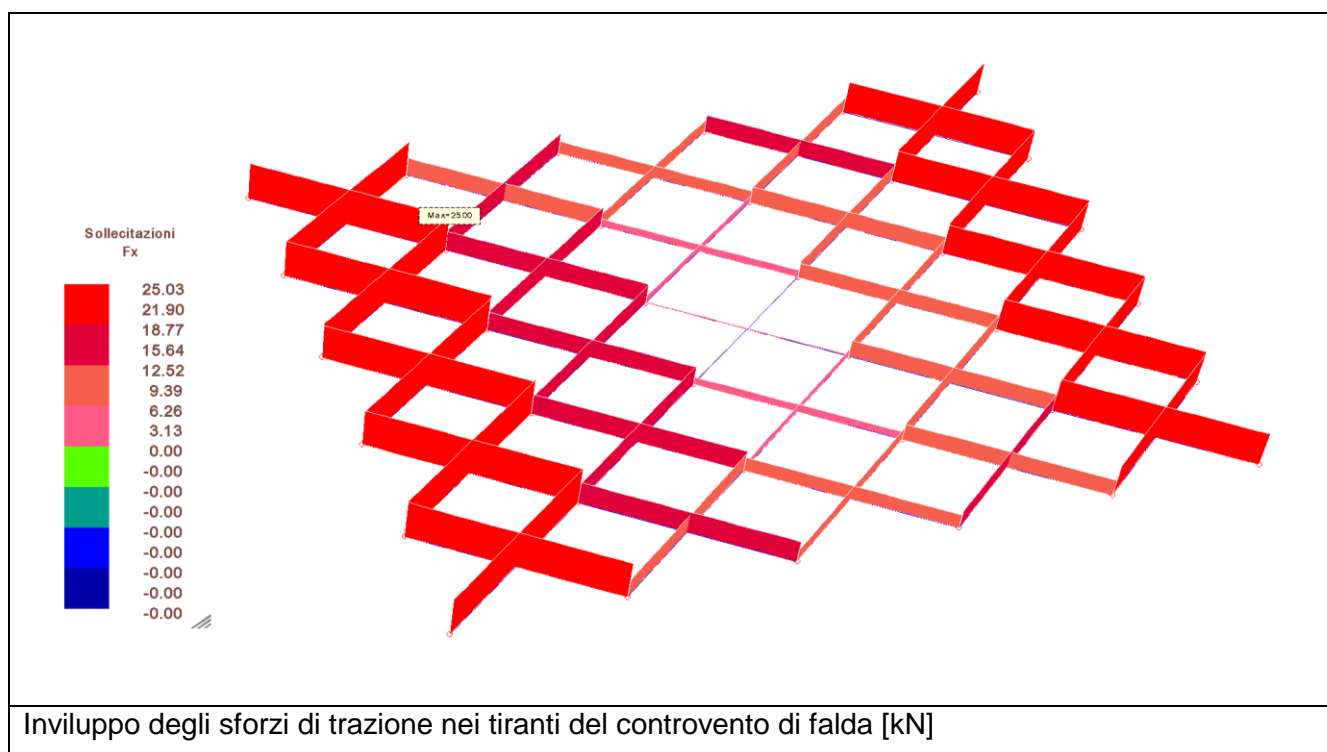


Armatura anteriore/posteriore presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)



Armatura trasversale presente negli elementi strutturali (da disegni originali e da prove)

7.3 RISULTATO ANALISI



I progettista delle strutture

