

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 FATTO



| | | |
|---|---|----|
| 1 | RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | 3 |
| 2 | RELAZIONE SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... | 7 |
| 3 | RELAZIONE DI CALCOLO | 9 |
| 4 | CALCOLO INDICI DI VULNERABILITÀ SISMICA | 28 |
| 5 | VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE | 35 |
| 6 | ALLEGATO A - ANALISI FEM | 39 |
| 7 | ALLEGATO B - ANALISI FEM | 62 |

Il progettista delle strutture



SOMMARIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | 3 |
| 1.1 | DESCRIZIONE GENERALE | 3 |
| 1.2 | DESCRIZIONE TECNICA DELLA STRUTTURA | 6 |
| 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 |
| 3 | RELAZIONE DI CALCOLO | 9 |
| 3.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 9 |
| 3.2 | AZIONI DI PROGETTO | 9 |
| 3.2.1 | ANALISI DEI CARICHI..... | 9 |
| 3.3 | IPOTESI, COMBINAZIONI DI CARICO E CRITERI DI VERIFICA..... | 13 |
| 3.3.1 | STRUTTURA INTELAIATA IN C.A. (senza tamponamenti) | 13 |
| 3.3.2 | STRUTTURA INTELAIATA IN C.A. (con tamponamenti) | 15 |
| 3.3.3 | Tipologia cerniere plastiche e ipotesi di calcolo..... | 17 |
| 3.3.4 | Combinazioni di carico | 23 |
| 3.3.5 | Ipotesi e criteri di calcolo per la verifica delle fondazioni superficiali..... | 27 |
| 4 | CALCOLO INDICI DI VULNERABILITÀ SISMICA..... | 28 |
| 4.1 | RISULTATI ANALISI FEM - TELAIO IN C.A. SENZA TAMPONAMENTI..... | 28 |
| 4.2 | RISULTATI ANALISI FEM - TELAIO IN C.A. CON TAMPONAMENTI..... | 31 |
| 4.3 | RIEPILOGO VERIFICHE E RISULTATI | 34 |
| 5 | VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE | 35 |
| 6 | ALLEGATO A - ANALISI FEM | 39 |
| 6.1 | TABULATI | 39 |
| 6.2 | IMMAGINI MODELLAZIONE FEM..... | 47 |
| 6.3 | RISULTATO ANALISI STATICHE NON LINEARI (PUSHOVER)..... | 49 |
| 6.3.1 | Riepilogo risultati analisi pushover | 49 |
| 6.3.2 | Curve pushover..... | 51 |
| 6.4 | INDICATORI DI RISCHIO SISMICO - MASTER-ESIST | 60 |
| 7 | ALLEGATO B - ANALISI FEM | 62 |
| 7.1 | TABULATI | 62 |
| 7.2 | IMMAGINI MODELLAZIONE FEM..... | 70 |
| 7.3 | RISULTATO ANALISI STATICHE NON LINEARI (PUSHOVER)..... | 72 |
| 7.3.1 | Riepilogo risultati analisi pushover | 72 |
| 7.3.2 | Curve pushover..... | 74 |
| 7.4 | INDICATORI DI RISCHIO SISMICO - MASTER-ESIST | 83 |

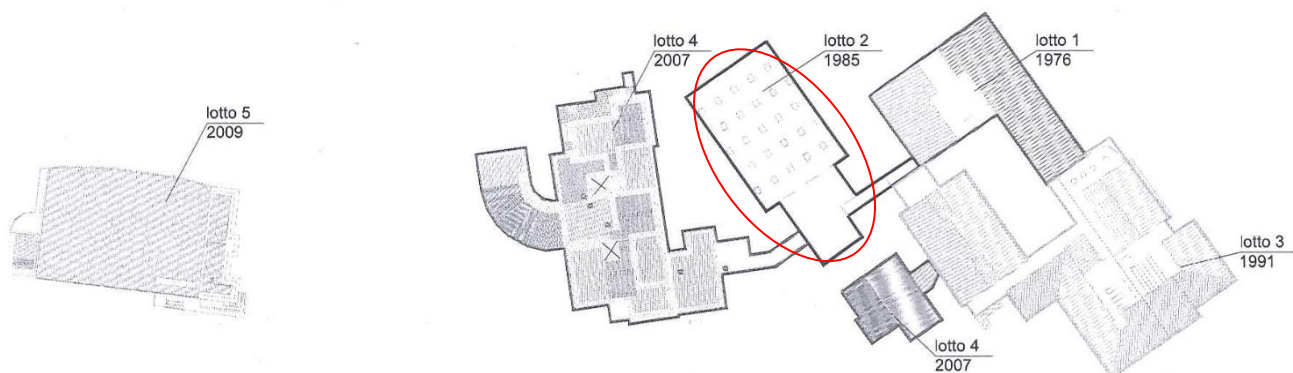
1 RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

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).

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

$$f_m = 1.1 \text{ MPa}$$

$$f_d / \text{F.C.} = 0.272 \text{ MPa}$$

$$T_0 = 0.1 \text{ MPa}$$

$$T_d / \text{F.C.} = 0.025 \text{ MPa}$$

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

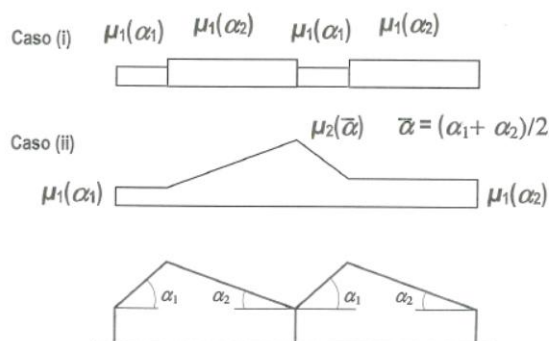
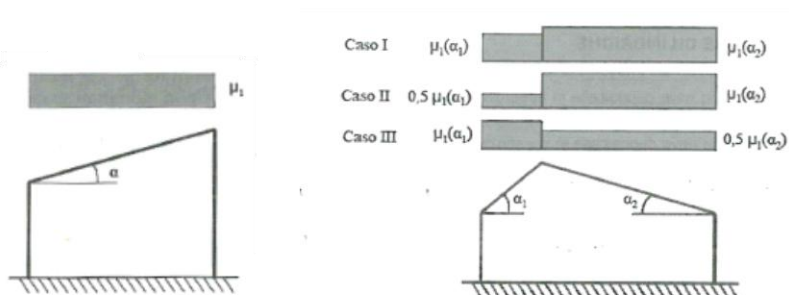
| | |
|--------------------------------|---|
| p.p. str. solaio prefabbricato | $G_{1,k} = 2.60 \text{ kN/m}^2$ |
| permanente portato | $G_{2,k} = \underline{0.25 \text{ kN/m}^2}$ |
| tot. carico permanente | $\Sigma G_k = 2.85 \text{ kN/m}^2$ |
| tot. carico variabile (neve) | $Q_k = \underline{1.63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

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)**INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA**

| | |
|----------------------------------|--|
| Nome dell'archivio di lavoro | MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_005_2 |
| 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 | 0.717 |
| Periodo proprio T1 in direzione Y | 0.801 |
| λ | 1 |
| Coefficiente di smorzamento | 5% |
| Sd (T1) in direzione X | 0.689 g |
| Sd (T1) in direzione Y | 0.616 g |
| Coeff.globale accelerazione sismica direz.X | 0.689 |
| Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y | 0.616 |
| 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

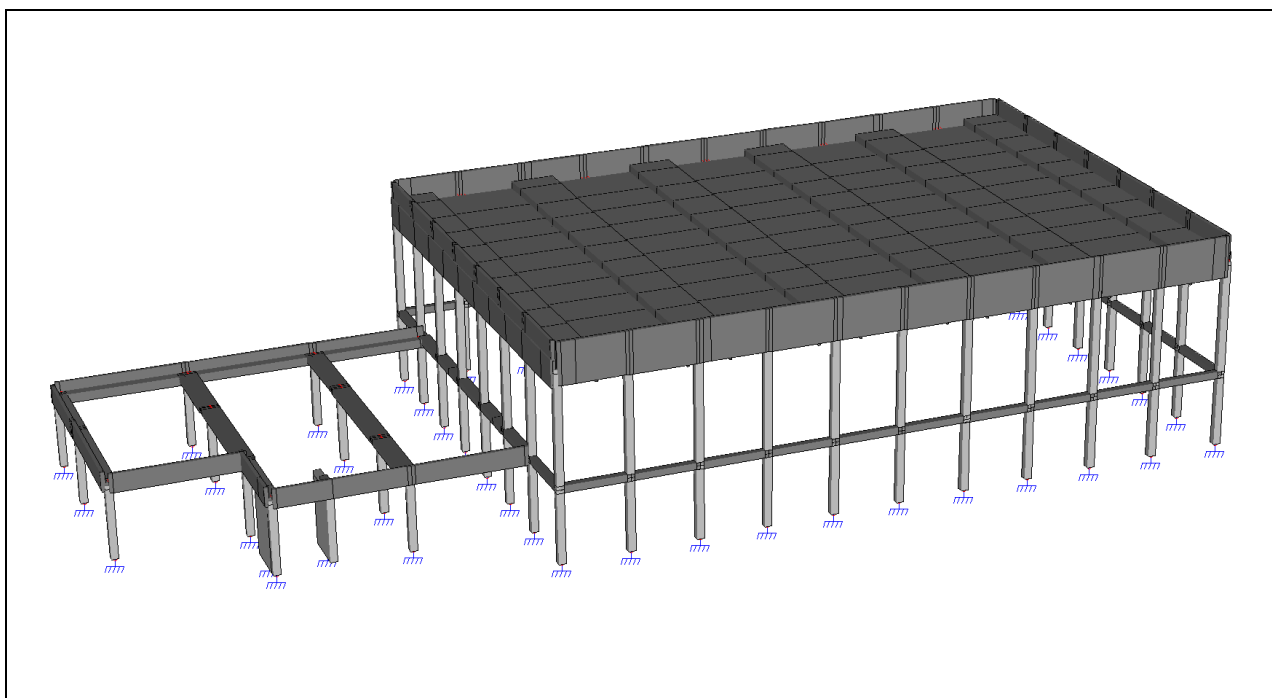
Per cogliere in modo più verosimile il comportamento sismico della struttura sono state effettuate due modellazioni:

1. Nella prima si è modellato il telaio in c.a. privo delle tamponature in mattoni forati.
2. Nella seconda sono state considerate anche le tamponature in mattoni forati modellandole come delle bielle reagenti solo a compressione.

3.3.1 STRUTTURA INTELAIATA IN C.A. (senza tamponamenti)

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.

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.

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

| | |
|----------------------------------|--|
| Nome dell'archivio di lavoro | MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_005_2 |
| 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

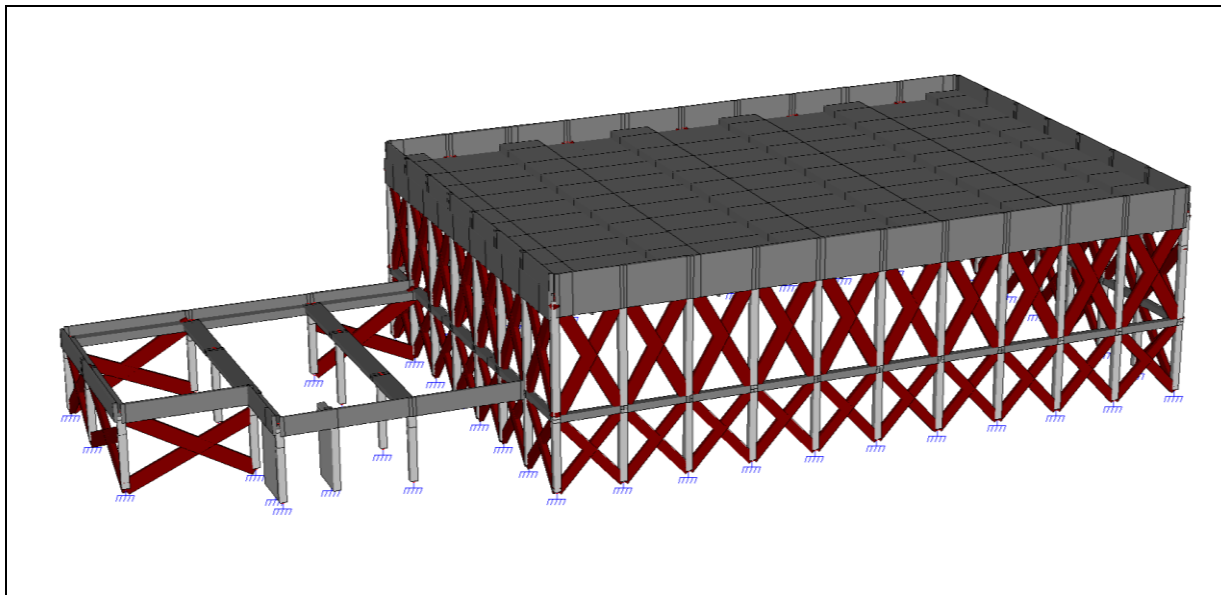
DATI SPETTRO

| | |
|--|---------|
| Eccentricita' accidentale | 5% |
| Periodo proprio T1 in direzione X | 0.717 |
| Periodo proprio T1 in direzione Y | 0.801 |
| λ | 1 |
| Coefficiente di smorzamento | 5% |
| Sd (T1) in direzione X | 0.689 g |
| Sd (T1) in direzione Y | 0.616 g |
| Coeff.globale accelerazione sismica direz.X | 0.689 |
| Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y | 0.616 |
| Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLD) | 63 |
| Probabilita' di superamento del periodo di riferimento (spettro SLO) | 81 |

3.3.2 STRUTTURA INTELAIATA IN C.A. (con tamponamenti)

3.3.2.1 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., irrigidita dalla presenza dei tamponamenti in muratura di laterizio forata.



Vista 3D del modello strutturale

3.3.2.2 Note sulla modellazione

Per mettere in conto in modo più corretto l'azione dovuta ai tamponamenti sono state seguite le indicazioni fornite dal Decreto Ministeriale del 16 gennaio 1996 e dalla Circolare Ministeriale n.65 del 10 aprile 1997. L'allegato A della Circolare suggerisce di modellare i pannelli di tamponamento come bielle inclinate reagenti solamente a compressione. Alle bielle è stata assegnata una sezione di altezza pari allo spessore della muratura presente all'interno del telaio e una larghezza pari a 1/10 della lunghezza della biella stessa.

3.3.2.3 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.

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.

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

| | |
|----------------------------------|--|
| Nome dell'archivio di lavoro | MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_009 |
| 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 | 0.250 |
| Periodo proprio T1 in direzione Y | 0.320 |
| 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 |

3.3.3 Tipologia cerniere plastiche e ipotesi di calcolo

3.3.3.1 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.

3.3.3.1.1 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 elasto plastico di ognuna delle caratteristiche associate vanno definiti nella finestra di fig. 25.9.

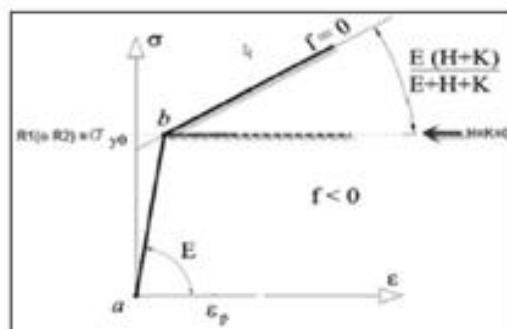


fig. 25.8

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

3.3.3.1.2 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 $F_x(N)$.

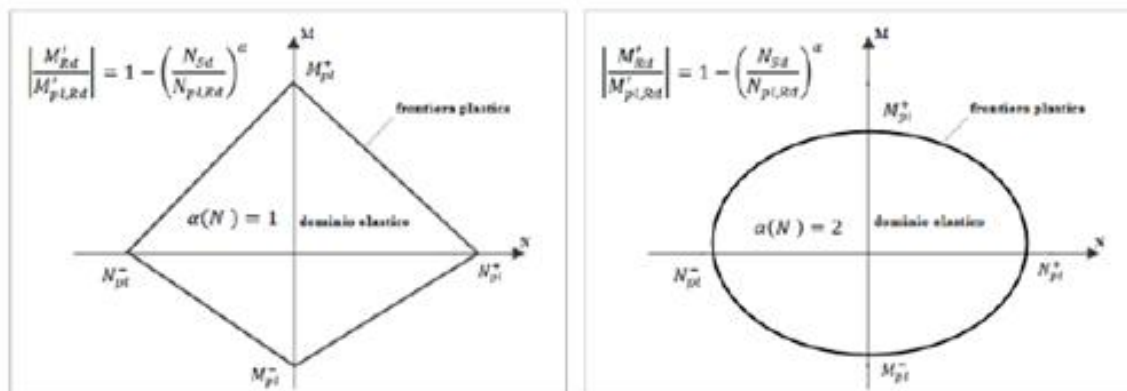


fig. 25.10

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 $\alpha=2$.

3.3.3.2 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.

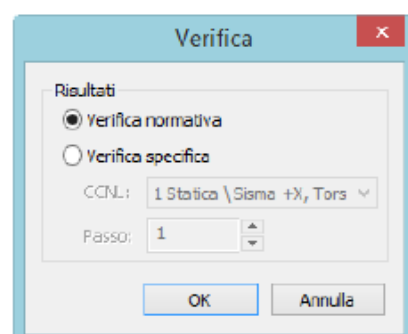


fig. 10.34

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.

3.3.4 Combinazioni di carico

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 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|--|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| 6 | Sisma +X, Torsione Azione sismica: SISMA +X Oraria | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 |
| 7 | Sisma -X, Torsione Azione sismica: SISMA -X Oraria | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|---|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| | | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| 12 | 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 |
| 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 |

3.3.5 Ipotesi e criteri di calcolo per la verifica delle fondazioni superficiali

- Coefficienti di sicurezza per la verifica dell'opera agli SLU

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

- Coefficienti di sicurezza per la verifica delle fondazioni agli SLU

APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3)

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|--|-------------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | γ_γ | 1,0 | 1,0 |

- Coefficienti di sicurezza sulla resistenza del terreno

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

| Verifica | Coefficiente parziale (R3) |
|---------------|----------------------------------|
| Carico limite | $\gamma_R = 2,3$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,1$ |

4 CALCOLO INDICI DI VULNERABILITÀ SISMICA

4.1 RISULTATI ANALISI FEM - TELAIO IN C.A. SENZA TAMPONAMENTI

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 = 0.260

INDICATORI DI RISCHIO PUSHOVER

STATO LIMITE ULTIMO

| Combinazione | TR,C | TR,D | RCD | PGAC (m/s ²) | PGAD (m/s ²) | Alfa u |
|--|------|------|-------|--------------------------|--------------------------|--------|
| Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria | 27 | 712 | 0.260 | 1.034 | 3.637 | 0.284 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 96 | 712 | 0.438 | 1.959 | 3.637 | 0.539 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 283 | 712 | 0.684 | 2.958 | 3.637 | 0.813 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 49 | 712 | 0.332 | 1.450 | 3.637 | 0.399 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 27 | 712 | 0.260 | 1.034 | 3.637 | 0.284 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 85 | 712 | 0.417 | 1.846 | 3.637 | 0.508 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 103 | 712 | 0.451 | 2.034 | 3.637 | 0.559 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 43 | 712 | 0.315 | 1.375 | 3.637 | 0.378 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 34 | 712 | 0.286 | 1.224 | 3.637 | 0.337 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 31 | 712 | 0.275 | 1.187 | 3.637 | 0.326 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 1583 | 712 | 1.389 | 4.107 | 3.637 | 1.129 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 149 | 712 | 0.525 | 2.354 | 3.637 | 0.647 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 35 | 712 | 0.289 | 1.224 | 3.637 | 0.337 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 62 | 712 | 0.366 | 1.620 | 3.637 | 0.445 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 62 | 712 | 0.366 | 1.620 | 3.637 | 0.445 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 70 | 712 | 0.385 | 1.714 | 3.637 | 0.471 |

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 | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 28 | 75 | 0.667 | 1.111 | 1.752 | 0.634 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 28 | 75 | 0.667 | 1.111 | 1.752 | 0.634 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 34 | 75 | 0.722 | 1.224 | 1.752 | 0.699 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 31 | 75 | 0.695 | 1.187 | 1.752 | 0.677 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 35 | 75 | 0.731 | 1.243 | 1.752 | 0.710 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 42 | 75 | 0.788 | 1.356 | 1.752 | 0.774 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |

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 | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 19 | 45 | 0.701 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |

Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno

| | Collasso fragile | Collasso di un nodo | Collasso duttile | Deformazioni |
|---------|------------------|---------------------|------------------|--------------|
| CCNL | 5 | 5 | 5 | -- |
| Passo | 12 13 | 12 | 12 | -- |
| PGA,CLU | 1.149 | 1.149 | 1.149 | -- |
| PGA,CLD | -- | -- | -- | 0.919 |
| PGA,CLO | -- | -- | -- | 0.613 |
| Tr,CLU | 30 | 30 | 30 | -- |
| Tr,CLD | -- | -- | -- | 23 |
| Tr,CLO | -- | -- | -- | 15 |

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 (au) | 0.316 | 0.272 |
| Stato limite di danno (aed) | 0.525 | 0.615 |
| Stato limite di operatività (aeo) | 0.440 | 0.636 |

Tab. 3

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE DUTTILI

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|----------|------|-------|
| 1 | 9 | Ok | | 0.200 |
| 2 | 15 | Ok | | 0.444 |
| 3 | 20 | Ok | | 0.546 |
| 4 | 16 | Ok | | 0.402 |
| 5 | 12 | Ok | | 0.195 |
| 6 | 13 | Ok | | 0.427 |
| 7 | 19 | Ok | | 0.586 |
| 8 | 15 | Ok | | 0.301 |
| 9 | 12 | Ok | | 0.203 |
| 10 | 10 | Ok | | 0.186 |
| 11 | 22 | Ok | | 0.906 |
| 12 | 18 | Ok | | 0.579 |
| 13 | 17 | Ok | | 0.199 |
| 14 | 17 | Ok | | 0.491 |
| 15 | 17 | Ok | | 0.459 |
| 16 | 16 | Ok | | 0.547 |

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE FRAGILI (TAGLIO)

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|----------|------|-------|
| 1 | 9 | Ok | | 0.231 |
| 2 | 15 | Ok | | 0.288 |
| 3 | 21 | Ok | | 0.658 |
| 4 | 16 | Ok | | 0.580 |
| 5 | 12 | Ok | | 0.235 |
| 6 | 13 | Ok | | 0.296 |
| 7 | 19 | Ok | | 0.607 |
| 8 | 15 | Ok | | 0.590 |
| 9 | 12 | Ok | | 0.401 |
| 10 | 10 | Ok | | 0.349 |
| 11 | 23 | Ok | | 0.826 |
| 12 | 18 | Ok | | 0.825 |
| 13 | 17 | Ok | | 0.394 |
| 14 | 17 | Ok | | 0.407 |
| 15 | 17 | Ok | | 0.752 |
| 16 | 16 | Ok | | 0.822 |

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

4.2 RISULTATI ANALISI FEM - TELAIO IN C.A. CON TAMPONAMENTI

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

INDICE ξ_E MINIMO = 0.272

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 | 368 | 712 | 0.762 | 3.156 | 3.637 | 0.868 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 1718 | 712 | 1.437 | 4.146 | 3.637 | 1.140 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 120 | 712 | 0.481 | 2.166 | 3.637 | 0.596 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 117 | 712 | 0.476 | 2.147 | 3.637 | 0.590 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | >2475 | 712 | >1.670 | >4.287 | 3.637 | >1.179 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 339 | 712 | 0.737 | 3.104 | 3.637 | 0.854 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 1239 | 712 | 1.256 | 3.987 | 3.637 | 1.096 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 1336 | 712 | 1.296 | 4.021 | 3.637 | 1.105 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 47 | 712 | 0.327 | 1.431 | 3.637 | 0.394 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 62 | 712 | 0.366 | 1.620 | 3.637 | 0.445 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 65 | 712 | 0.373 | 1.657 | 3.637 | 0.456 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 67 | 712 | 0.378 | 1.676 | 3.637 | 0.461 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 141 | 712 | 0.514 | 2.317 | 3.637 | 0.637 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 122 | 712 | 0.484 | 2.185 | 3.637 | 0.601 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 110 | 712 | 0.464 | 2.072 | 3.637 | 0.570 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 141 | 712 | 0.514 | 2.317 | 3.637 | 0.637 |

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 | 368 | 75 | 1.924 | 3.168 | 1.752 | 1.809 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 855 | 75 | 2.722 | 3.766 | 1.752 | 2.150 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 120 | 75 | 1.213 | 2.147 | 1.752 | 1.226 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 117 | 75 | 1.201 | 2.128 | 1.752 | 1.215 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 570 | 75 | 2.304 | 3.484 | 1.752 | 1.989 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 339 | 75 | 1.860 | 3.104 | 1.752 | 1.772 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 189 | 75 | 1.463 | 2.599 | 1.752 | 1.484 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 144 | 75 | 1.308 | 2.317 | 1.752 | 1.323 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 47 | 75 | 0.825 | 1.431 | 1.752 | 0.817 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 62 | 75 | 0.925 | 1.620 | 1.752 | 0.925 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 65 | 75 | 0.943 | 1.657 | 1.752 | 0.946 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 67 | 75 | 0.955 | 1.676 | 1.752 | 0.957 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 125 | 75 | 1.234 | 2.185 | 1.752 | 1.247 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 115 | 75 | 1.192 | 2.110 | 1.752 | 1.204 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 110 | 75 | 1.171 | 2.091 | 1.752 | 1.194 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 141 | 75 | 1.297 | 2.298 | 1.752 | 1.312 |

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 | 186 | 45 | 1.793 | 2.580 | 1.394 | 1.851 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 159 | 45 | 1.681 | 2.411 | 1.394 | 1.730 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 107 | 45 | 1.428 | 2.072 | 1.394 | 1.486 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 107 | 45 | 1.428 | 2.072 | 1.394 | 1.486 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 138 | 45 | 1.586 | 2.279 | 1.394 | 1.635 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 196 | 45 | 1.832 | 2.637 | 1.394 | 1.892 |

| | | | | | | |
|--|-----|----|-------|-------|-------|-------|
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 103 | 45 | 1.406 | 2.034 | 1.394 | 1.459 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 100 | 45 | 1.389 | 1.997 | 1.394 | 1.432 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 47 | 45 | 1.018 | 1.431 | 1.394 | 1.027 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 57 | 45 | 1.102 | 1.544 | 1.394 | 1.108 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 65 | 45 | 1.163 | 1.657 | 1.394 | 1.189 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 67 | 45 | 1.178 | 1.676 | 1.394 | 1.203 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 54 | 45 | 1.078 | 1.526 | 1.394 | 1.095 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 49 | 45 | 1.036 | 1.469 | 1.394 | 1.054 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 94 | 45 | 1.354 | 1.959 | 1.394 | 1.405 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 77 | 45 | 1.247 | 1.789 | 1.394 | 1.284 |

Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno

| | Collasso fragile | Collasso di un nodo | Collasso duttile | Deformazioni |
|----------------|------------------|---------------------|------------------|--------------|
| CCNL | 13 | 3 | 3 | -- |
| Passo | -- | 9 | 9 | -- |
| PGA,CLU | 1.149 | 1.431 | 1.431 | -- |
| PGA,CLD | -- | -- | -- | 1.431 |
| PGA,CLO | -- | -- | -- | 1.431 |
| Tr,CLU | 30 | 47 | 47 | -- |
| Tr,CLD | -- | -- | -- | 47 |
| Tr,CLO | -- | -- | -- | 47 |

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 |

Indicatori di rischio

| Stato limite | Rapporto fra PGA | Rapporto fra Tr ^a |
|---|------------------|------------------------------|
| Stato limite ultimo (α_u) | 0.316 | 0.272 |
| Stato limite di danno (α_{ed}) | 0.817 | 0.825 |
| Stato limite di operatività (α_{eo}) | 1.027 | 1.018 |

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE DUTTILI

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|----------|------|-------|
| 1 | 12 | Ok | | 0.990 |
| 5 | 21 | Ok | | 0.552 |
| 9 | 10 | Ok | | 0.695 |
| 13 | 7 | Ok | | 0.627 |
| 2 | 27 | Ok | | 0.551 |
| 6 | 15 | Ok | | 0.681 |
| 10 | 20 | Ok | | 0.919 |
| 14 | 26 | Ok | | 0.978 |
| 3 | 9 | Ok | | 0.347 |
| 7 | 8 | Ok | | 0.503 |
| 11 | 8 | Ok | | 0.396 |
| 15 | 8 | Ok | | 0.260 |
| 4 | 15 | Ok | | 0.789 |
| 8 | 13 | Ok | | 0.871 |
| 12 | 12 | Ok | | 0.407 |
| 16 | 14 | Ok | | 0.667 |

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE FRAGILI (TAGLIO)

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|-----------------|---------------|-------|
| 1 | 6 | Ok | | 0.915 |
| 5 | 6 | Ok | | 0.912 |
| 9 | 2 | Non soddisfatta | Elem. 187 / 4 | 1.088 |
| 13 | 2 | Non soddisfatta | Elem. 187 / 4 | 1.244 |
| 2 | 11 | Ok | | 0.982 |
| 6 | 12 | Ok | | 0.978 |
| 10 | 30 | Ok | | 0.535 |
| 14 | 26 | Ok | | 0.717 |
| 3 | 9 | Ok | | 0.768 |
| 7 | 8 | Ok | | 0.807 |
| 11 | 8 | Ok | | 0.827 |
| 15 | 8 | Ok | | 0.827 |
| 4 | 15 | Ok | | 0.916 |
| 8 | 13 | Ok | | 0.924 |
| 12 | 10 | Ok | | 0.886 |
| 16 | 10 | Ok | | 0.870 |

Tab. 1 - sintesi verifiche sui meccanismi duttili e fragili con indici di resistenza

4.3 RIEPILOGO VERIFICHE E RISULTATI

La verifica sismica ha dato il seguente esito:

- analisi telaio in c.a. senza tamponamenti $\xi_E = 0.260$
- analisi telaio in c.a. con tamponamenti $\xi_E = 0.272$

L'analisi svolta sul nudo telaio in c.a. ha prodotto indici ξ_E minori rispetto a quelli ottenuti nell'analisi del telaio con i tamponamenti. Alla struttura analizzata può essere quindi attribuito il seguente indice:

INDICE $\xi_E = 0.260$

Concludendo, si è visto che allo stato attuale, la struttura risulta molto vulnerabile alle azioni sismiche.

Gli elementi di vulnerabilità evidenziati dalle analisi sono:

- 1) copertura pesante non rigida nel proprio piano;
- 2) pilastri molto snelli e non adeguatamente armati per riprendere le azioni sismiche;
- 3) le tamponature in mattoni forati con un'elevata altezza libera e non opportunamente vincolate (tamponature esterne spessore 14 cm, $h = 7.50\text{m}$) sono soggette durante il sisma a ribaltamento fuori piano.

L'intervento di miglioramento dovrà essere volto alla riduzione di tali vulnerabilità.

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)

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.

È 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. È 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

6.1 TABULATI

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

| | |
|----------------------------------|--|
| Nome dell'archivio di lavoro | MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_005_2 |
| 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 | 0.717 |
| Periodo proprio T1 in direzione Y | 0.801 |
| λ | 1 |
| Coefficiente di smorzamento | 5% |
| Sd (T1) in direzione X | 0.689 g |
| Sd (T1) in direzione Y | 0.616 g |
| Coeff.globale accelerazione sismica direz.X | 0.689 |
| Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y | 0.616 |
| 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 | 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 lucerna | +3.00e+007 | 0.120 | 8.12270 | +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 | Pilastri | |

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 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|--|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| 4 | Sisma +Y, Torsione Azione sismica: SISMA +Y Antioraria | | Variabile: Vento | Condizione 3 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 Azione sismica: SISMA -Y 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 |
| | | | | | |
| 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 |
| | | | | | |

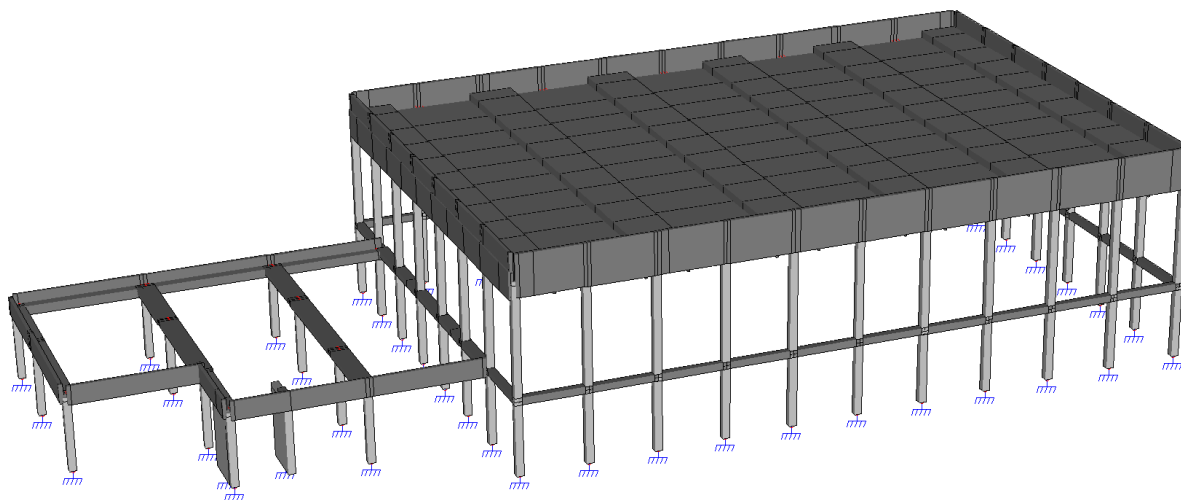
| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|---|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| 10 | Uniforme +X, Torsione Azione sismica: Antioraria | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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: 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 |
| 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 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|---|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| 16 | Uniforme +Y, Torsione Azione sismica: Oraria | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 |
| 17 | Uniforme -Y, Torsione Azione sismica: Oraria | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 |

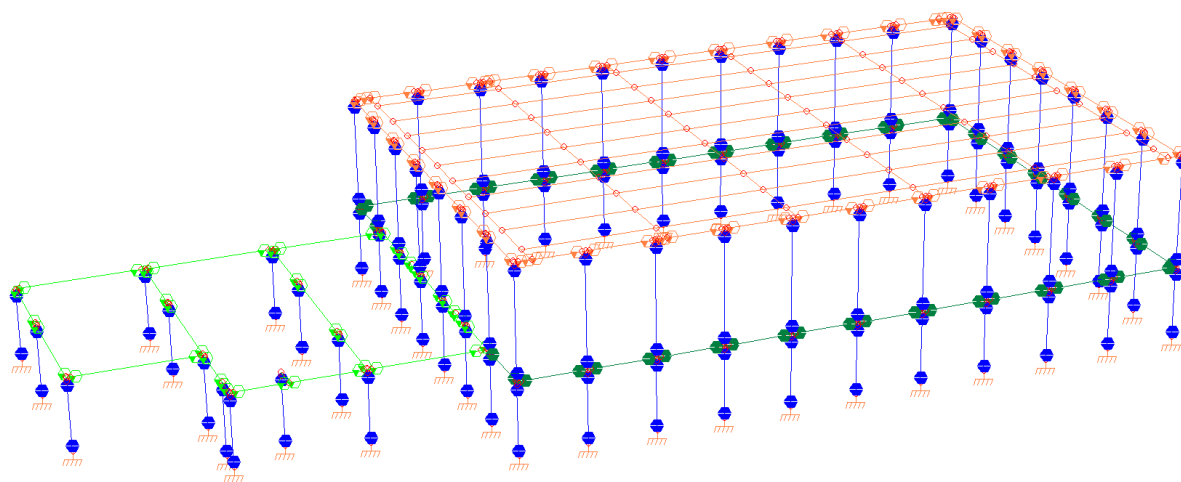
COMBINAZIONI DI CARICO PER L'ANALISI NON LINEARE

| 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 |

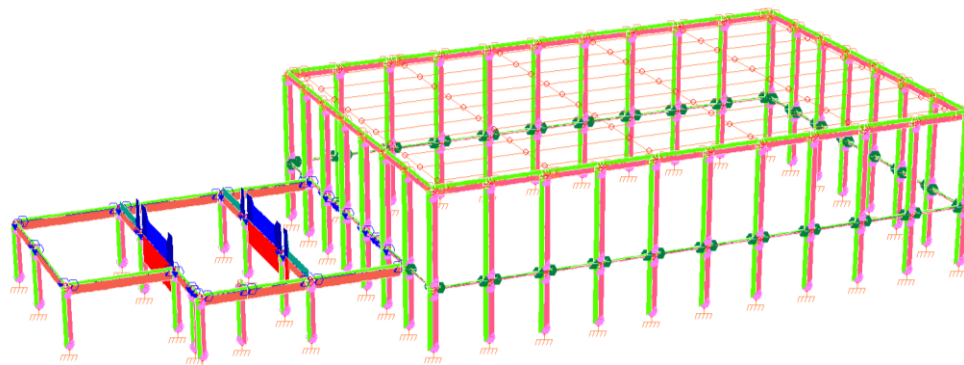
6.2 IMMAGINI MODELLAZIONE FEM



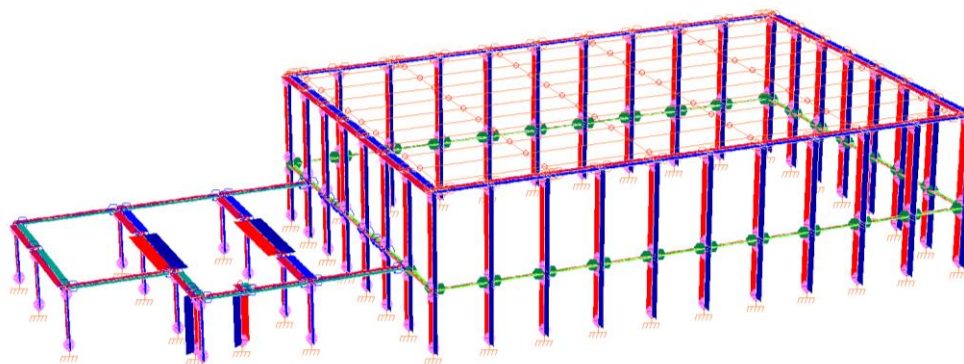
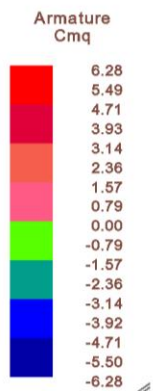
Vista 3D del modello strutturale - analisi globale sismica



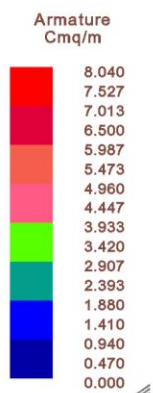
Vista unifilare del modello 3D - con le cerniere plastiche (NMz e NMy per setti e pilastri; Mz e My per le travi)



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/α1 |
|----|--|----------------|------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|-------|-------|
| 1 | Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria | Gruppo 1 - a | +X | 0.08795 | 0.02357 | 0.04041 | 0.02357 | 0.03159 | 0.01628 | 4.736 | 1.5 |
| 2 | Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | Gruppo 1 - a | -X | 0.08802 | 0.04509 | 0.04044 | 0.02407 | 0.03162 | 0.01623 | 4.231 | 1.5 |
| 3 | Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | Gruppo 1 - a | +Y | 0.10051 | 0.07935 | 0.04618 | 0.02268 | 0.03610 | 0.01516 | 4.413 | 1.5 |
| 4 | Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | Gruppo 1 - a | -Y | 0.09956 | 0.03729 | 0.04574 | 0.02276 | 0.03576 | 0.01526 | 4.983 | 1.5 |
| 5 | Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | Gruppo 1 - a | +X | 0.08790 | 0.02346 | 0.04039 | 0.02346 | 0.03157 | 0.01628 | 4.728 | 1.5 |
| 6 | Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | Gruppo 1 - a | -X | 0.08806 | 0.04284 | 0.04046 | 0.02409 | 0.03163 | 0.01623 | 4.260 | 1.5 |
| 7 | Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | Gruppo 1 - a | +Y | 0.10042 | 0.05325 | 0.04614 | 0.02272 | 0.03607 | 0.01523 | 4.634 | 1.5 |
| 8 | Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | Gruppo 1 - a | -Y | 0.09959 | 0.03505 | 0.04576 | 0.02271 | 0.03577 | 0.01518 | 5.036 | 1.5 |
| 9 | Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | Gruppo 2 - a | +X | 0.08916 | 0.02785 | 0.04097 | 0.02785 | 0.03203 | 0.02122 | 4.083 | 1.5 |
| 10 | Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | Gruppo 2 - a | -X | 0.08917 | 0.02660 | 0.04097 | 0.02660 | 0.03203 | 0.02142 | 4.090 | 1.5 |
| 11 | Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | Gruppo 2 - a | +Y | 0.10233 | 0.11985 | 0.04702 | 0.02692 | 0.03676 | 0.01802 | 3.640 | 1.5 |
| 12 | Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | Gruppo 2 - a | -Y | 0.10133 | 0.06231 | 0.04655 | 0.02695 | 0.03639 | 0.01809 | 3.933 | 1.5 |
| 13 | Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | Gruppo 2 - a | +X | 0.08917 | 0.02817 | 0.04097 | 0.02817 | 0.03203 | 0.02131 | 4.059 | 1.5 |
| 14 | Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | Gruppo 2 - a | -X | 0.08918 | 0.03724 | 0.04097 | 0.03096 | 0.03203 | 0.02133 | 3.857 | 1.5 |
| 15 | Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | Gruppo 2 - a | +Y | 0.10089 | 0.04254 | 0.04635 | 0.02690 | 0.03624 | 0.01806 | 4.229 | 1.5 |
| 16 | Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | Gruppo 2 - a | -Y | 0.10146 | 0.04500 | 0.04662 | 0.02696 | 0.03644 | 0.01805 | 4.191 | 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/α1 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

Fy* 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 | 27 | 712 | 0.260 | 1.034 | 3.637 | 0.284 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 96 | 712 | 0.438 | 1.959 | 3.637 | 0.539 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 283 | 712 | 0.684 | 2.958 | 3.637 | 0.813 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 49 | 712 | 0.332 | 1.450 | 3.637 | 0.399 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 27 | 712 | 0.260 | 1.034 | 3.637 | 0.284 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 85 | 712 | 0.417 | 1.846 | 3.637 | 0.508 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 103 | 712 | 0.451 | 2.034 | 3.637 | 0.559 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 43 | 712 | 0.315 | 1.375 | 3.637 | 0.378 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 34 | 712 | 0.286 | 1.224 | 3.637 | 0.337 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 31 | 712 | 0.275 | 1.187 | 3.637 | 0.326 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 1583 | 712 | 1.389 | 4.107 | 3.637 | 1.129 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 149 | 712 | 0.525 | 2.354 | 3.637 | 0.647 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 35 | 712 | 0.289 | 1.224 | 3.637 | 0.337 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 62 | 712 | 0.366 | 1.620 | 3.637 | 0.445 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 62 | 712 | 0.366 | 1.620 | 3.637 | 0.445 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 70 | 712 | 0.385 | 1.714 | 3.637 | 0.471 |

STATO LIMITE DI DANNO

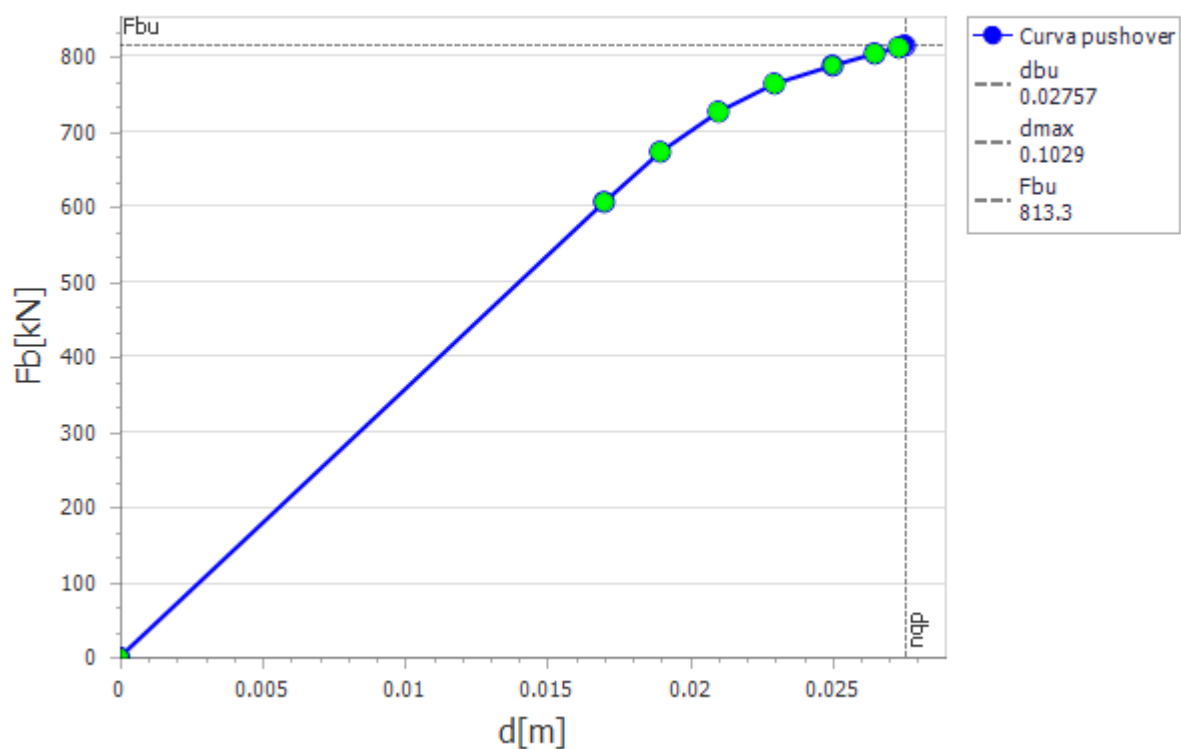
| Combinazione | TR,C | TR,D | RCD | PGAC (m/s^2) | PGAD (m/s^2) | Alfa e |
|--|------|------|-------|--------------|--------------|--------|
| Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 28 | 75 | 0.667 | 1.111 | 1.752 | 0.634 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 28 | 75 | 0.667 | 1.111 | 1.752 | 0.634 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 23 | 75 | 0.615 | 0.919 | 1.752 | 0.525 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 34 | 75 | 0.722 | 1.224 | 1.752 | 0.699 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 31 | 75 | 0.695 | 1.187 | 1.752 | 0.677 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 35 | 75 | 0.731 | 1.243 | 1.752 | 0.710 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 42 | 75 | 0.788 | 1.356 | 1.752 | 0.774 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 27 | 75 | 0.657 | 1.034 | 1.752 | 0.590 |

STATO LIMITE DI OPERATIVITA'

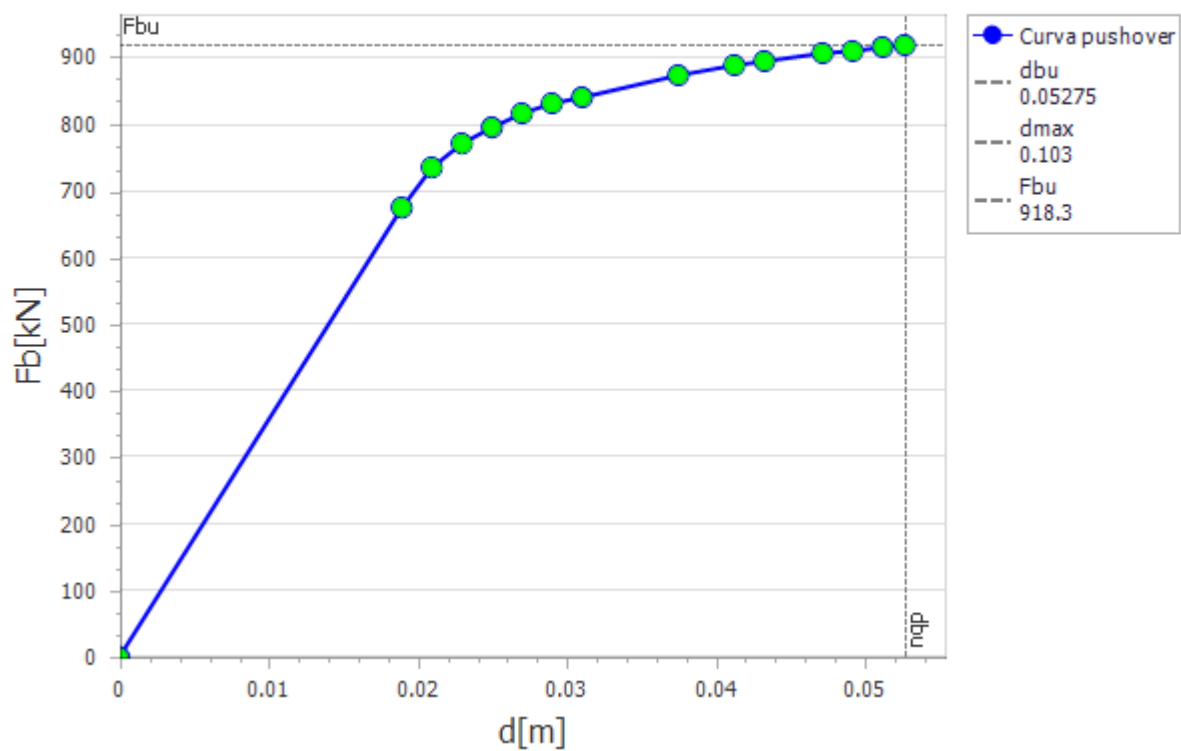
| Combinazione | TR,C | TR,D | RCD | PGAC (m/s^2) | PGAD (m/s^2) | Alfa e |
|--|------|------|-------|--------------|--------------|--------|
| Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 19 | 45 | 0.701 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 15 | 45 | 0.636 | 0.613 | 1.394 | 0.440 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 24 | 45 | 0.772 | 0.919 | 1.394 | 0.659 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 18 | 45 | 0.686 | 0.728 | 1.394 | 0.522 |

6.3.2 Curve pushover

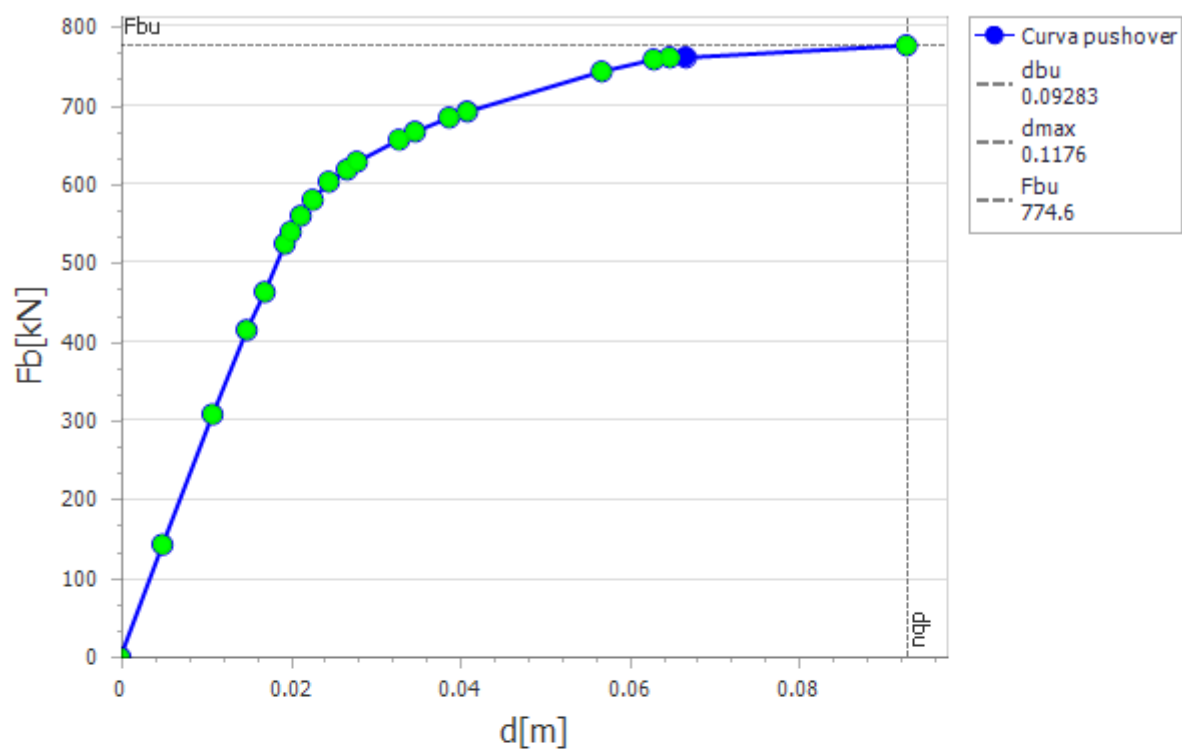
1 - Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria



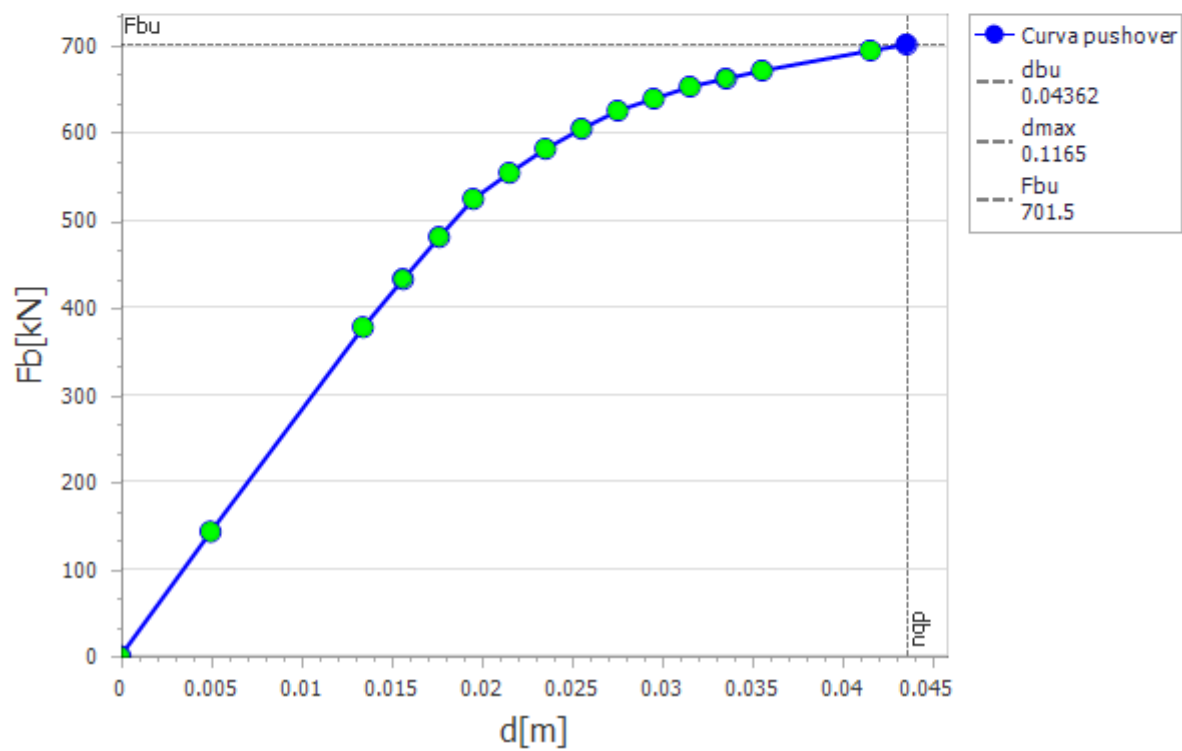
2 - Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria



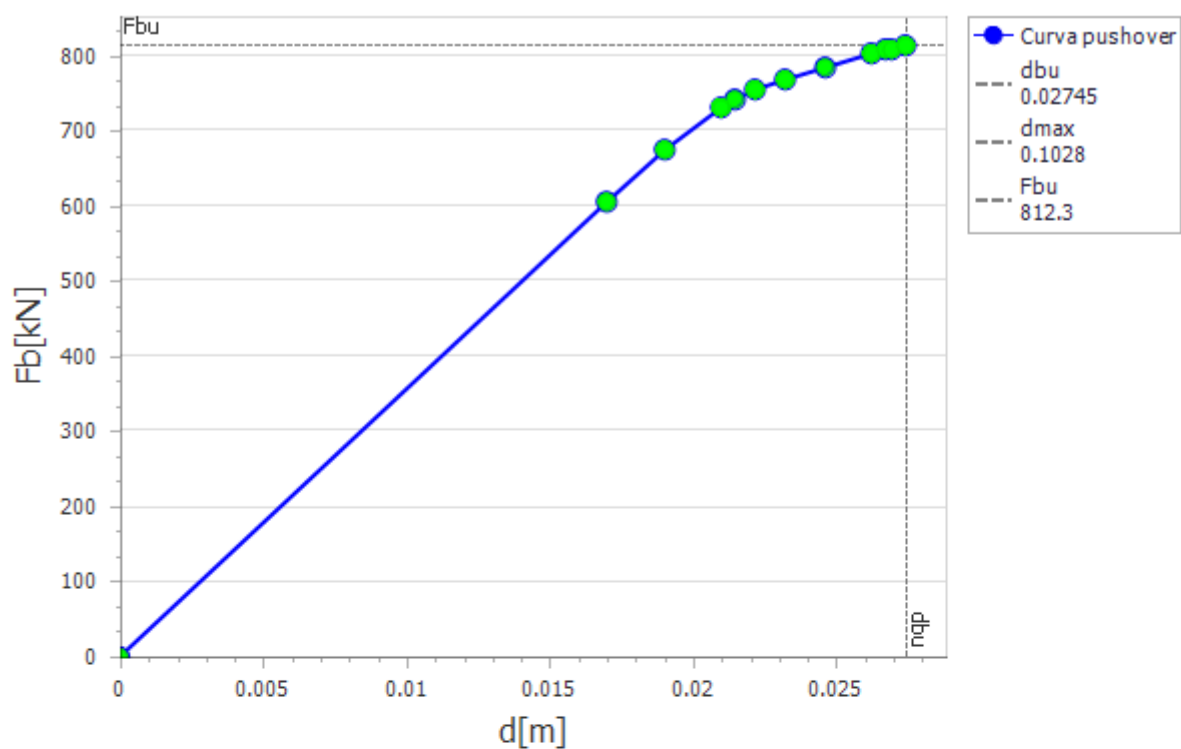
3 - Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria



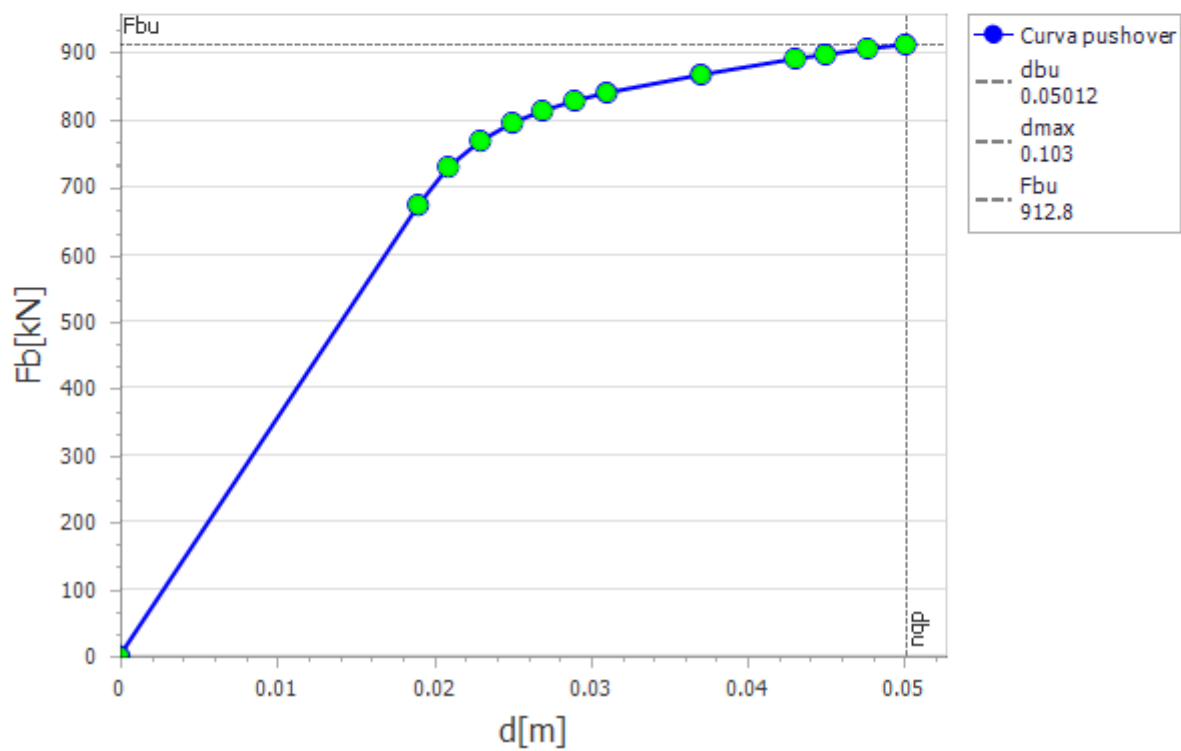
4 - Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria



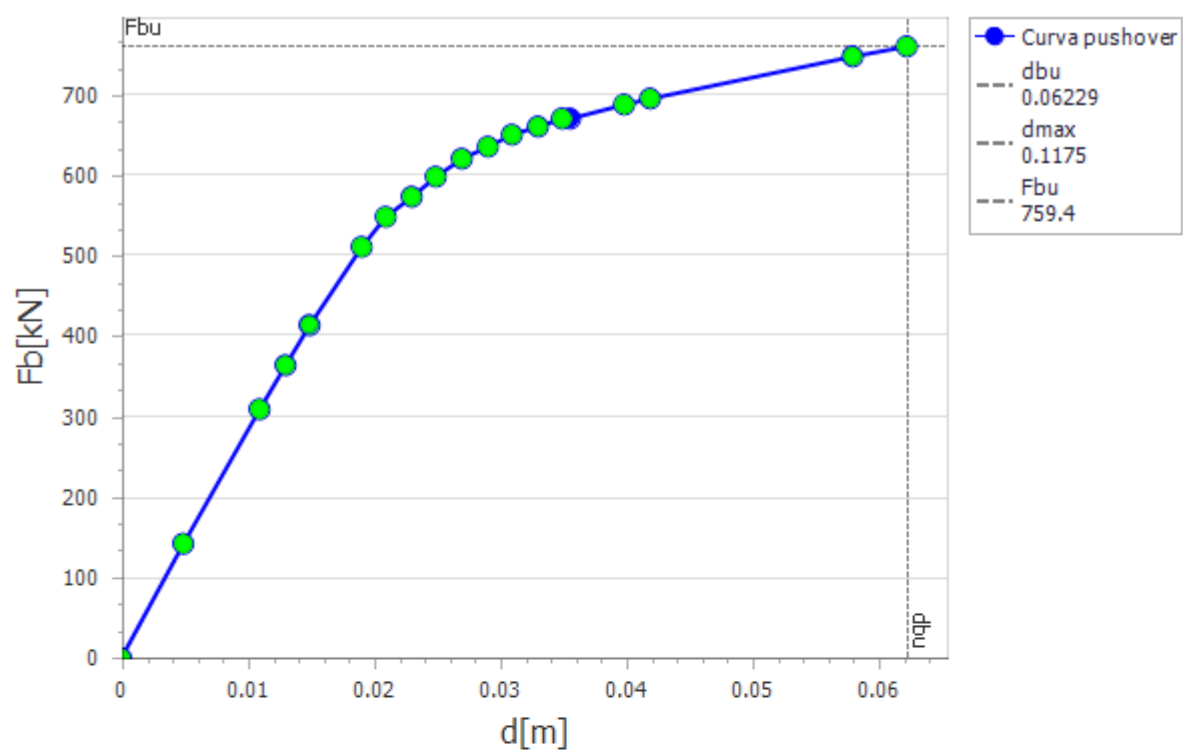
5 - Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria



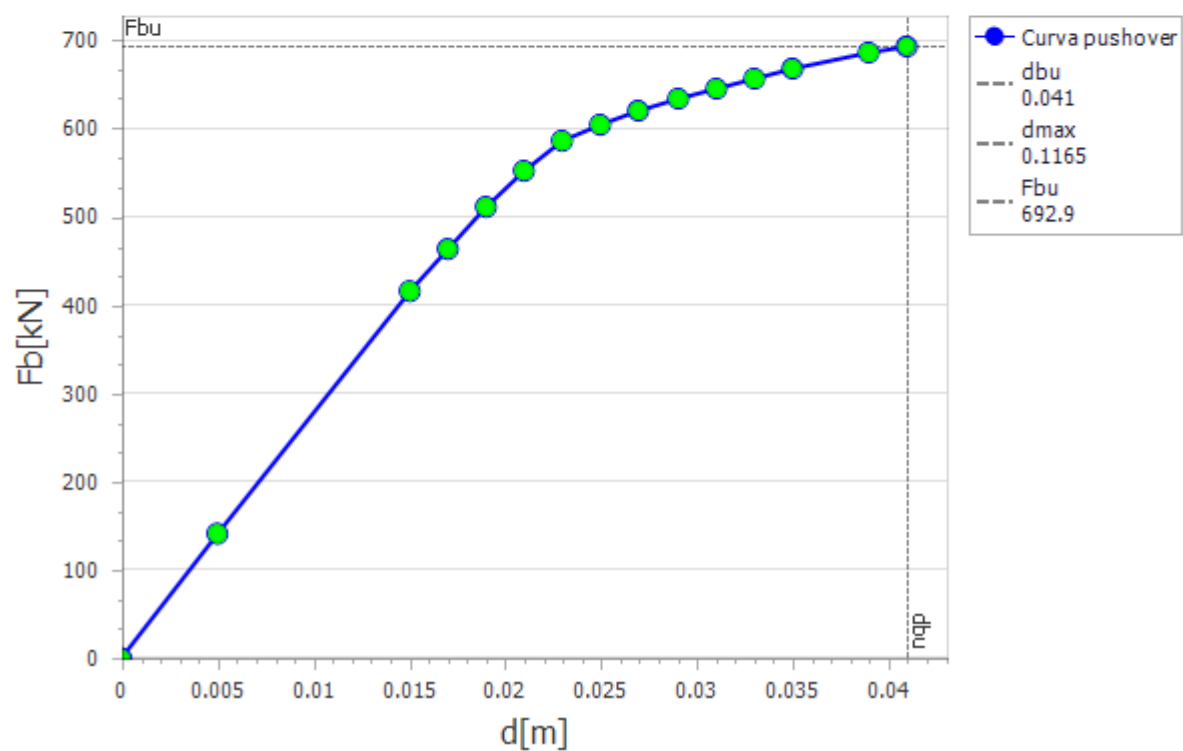
6 - Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria

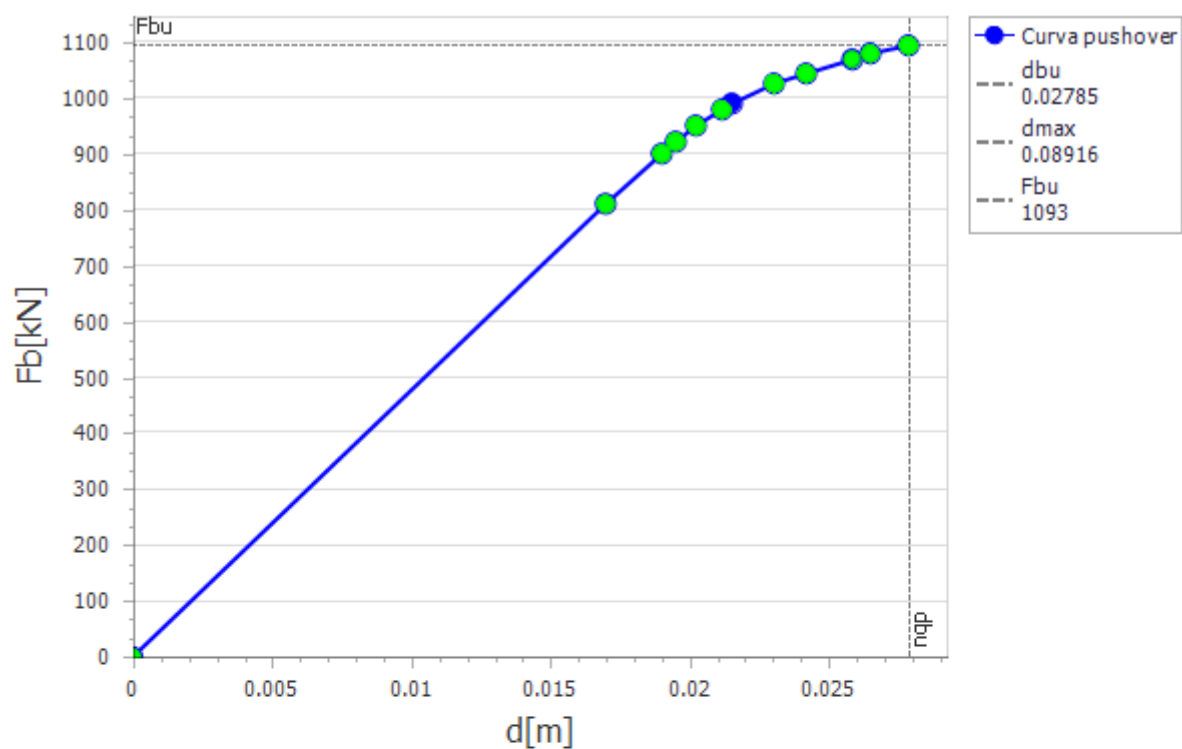
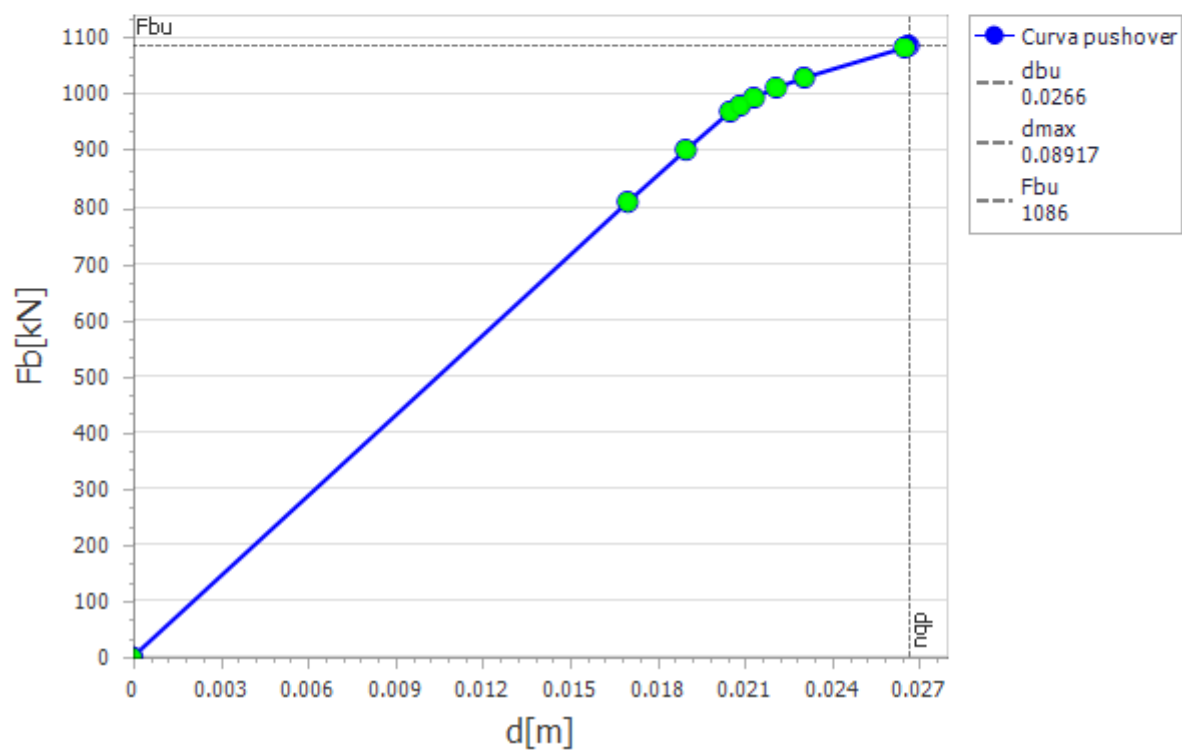


7 - Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria

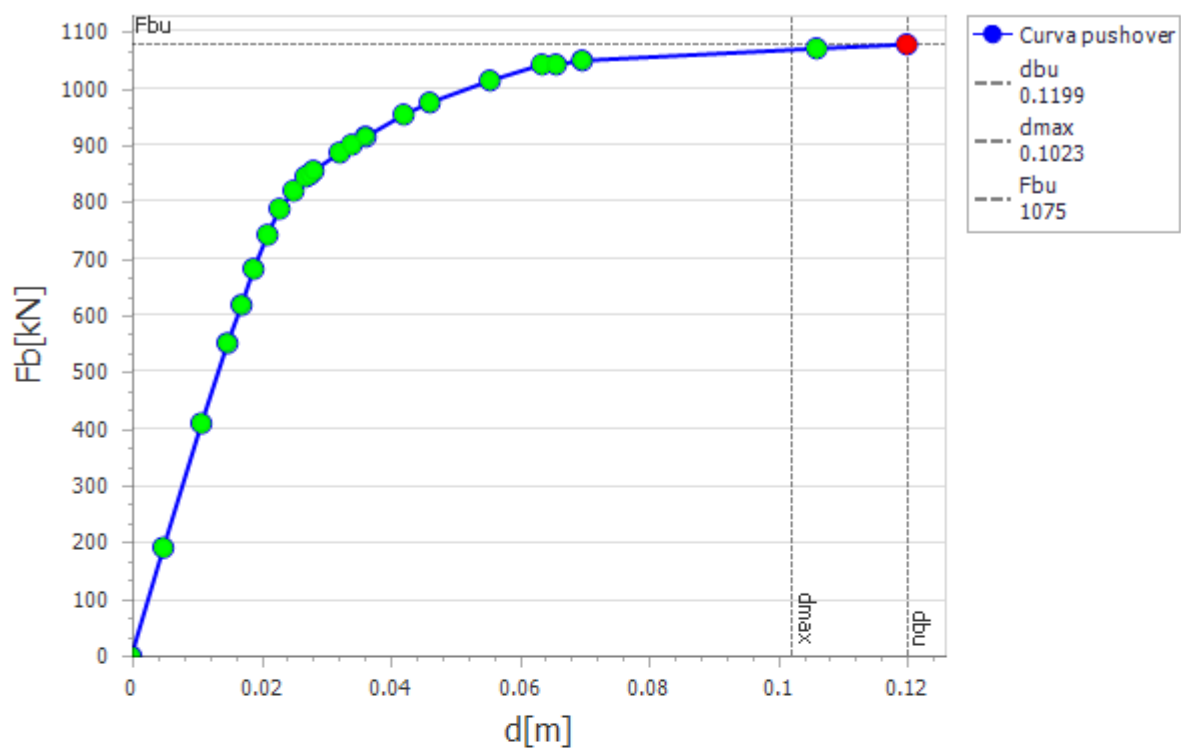


8 - Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria

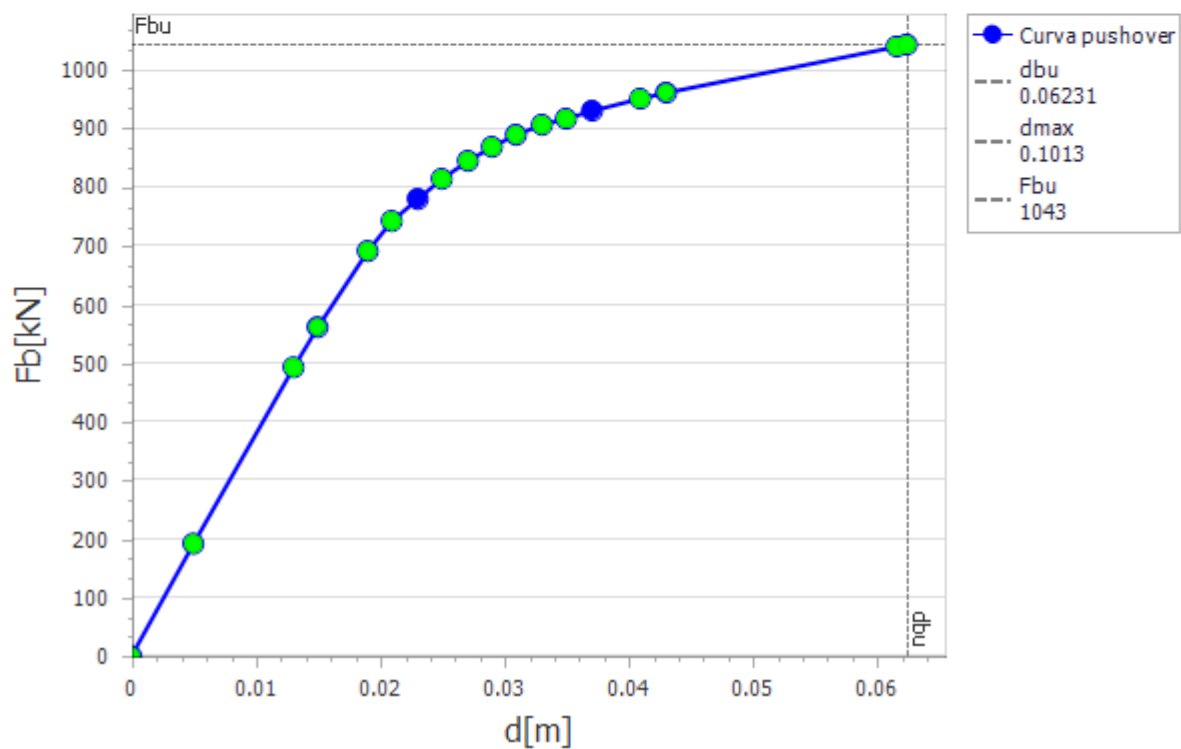


9 - Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria**10 - Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria**

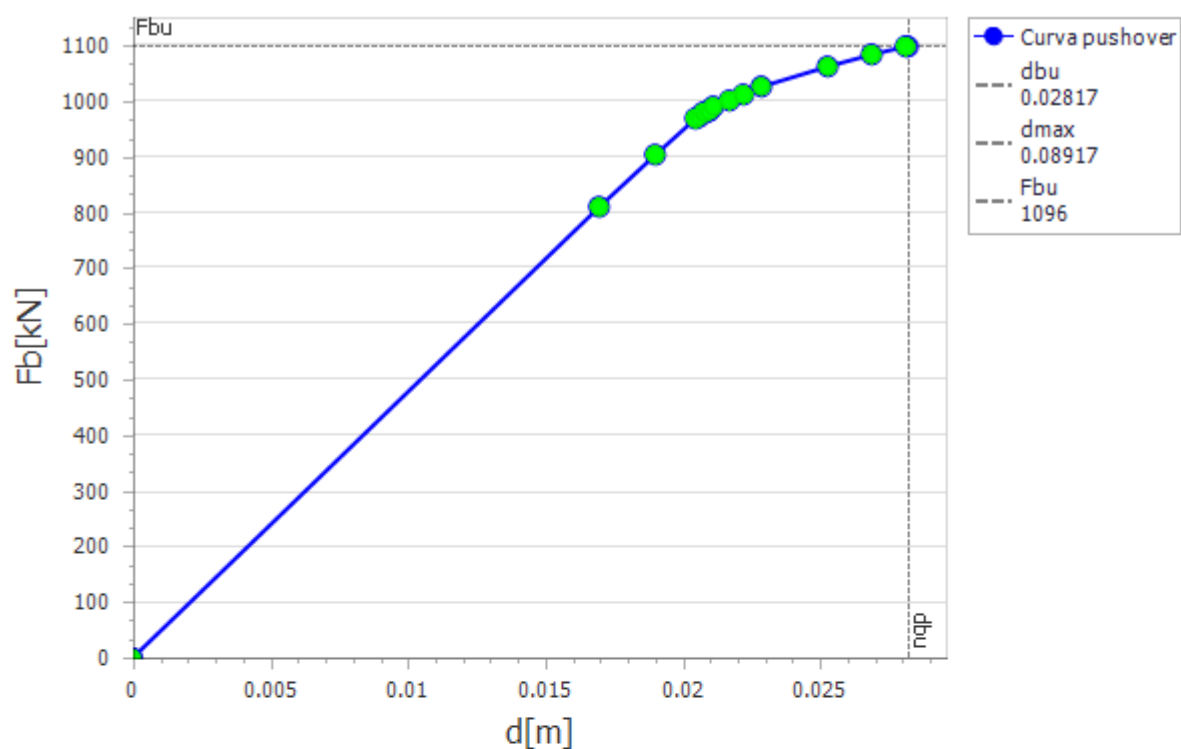
11 - Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria



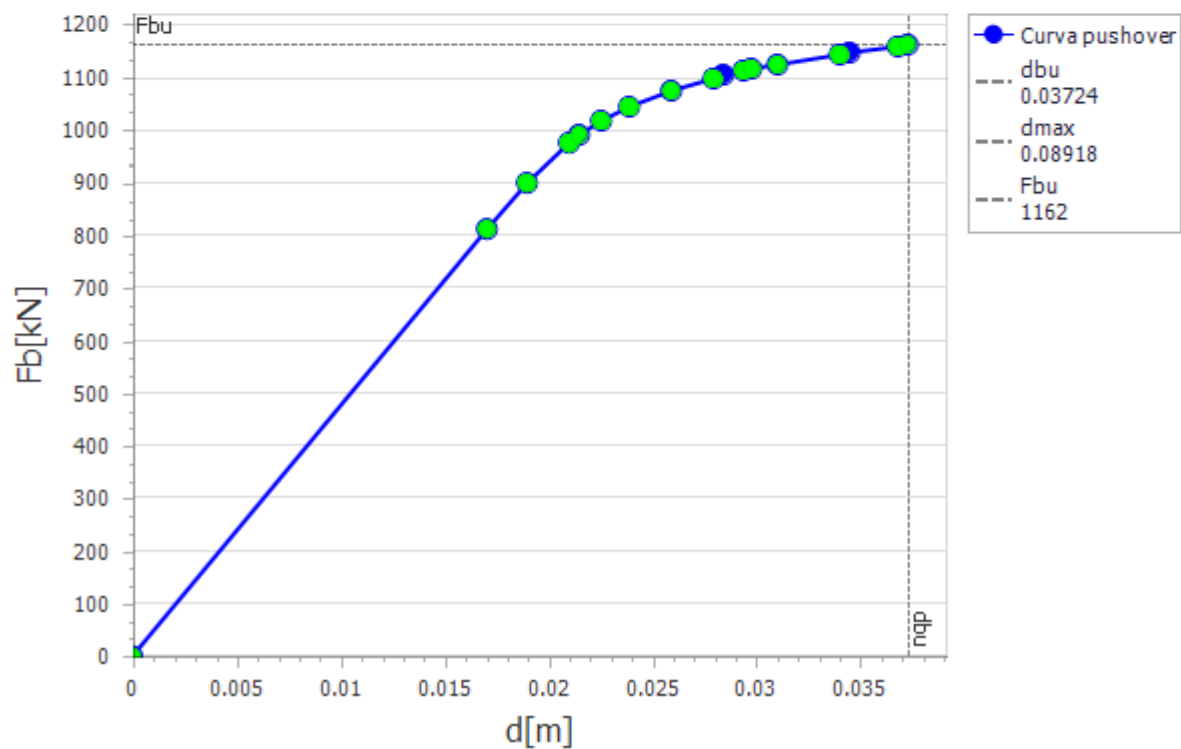
12 - Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria

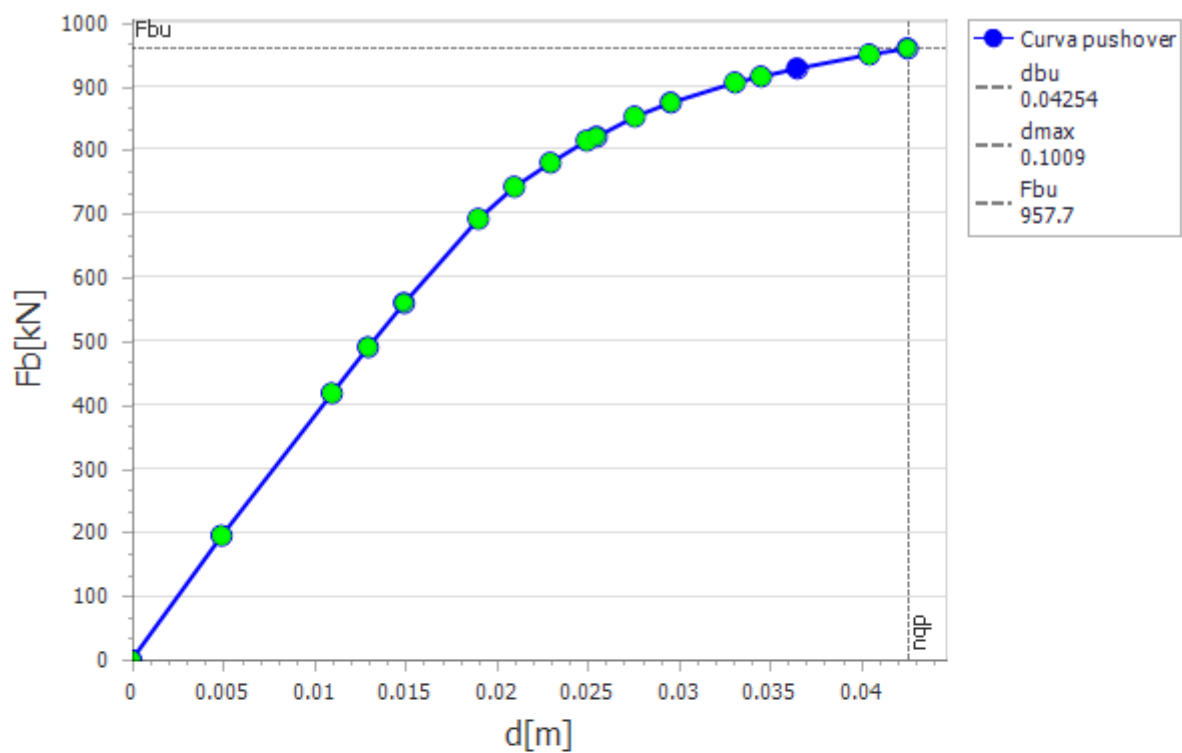
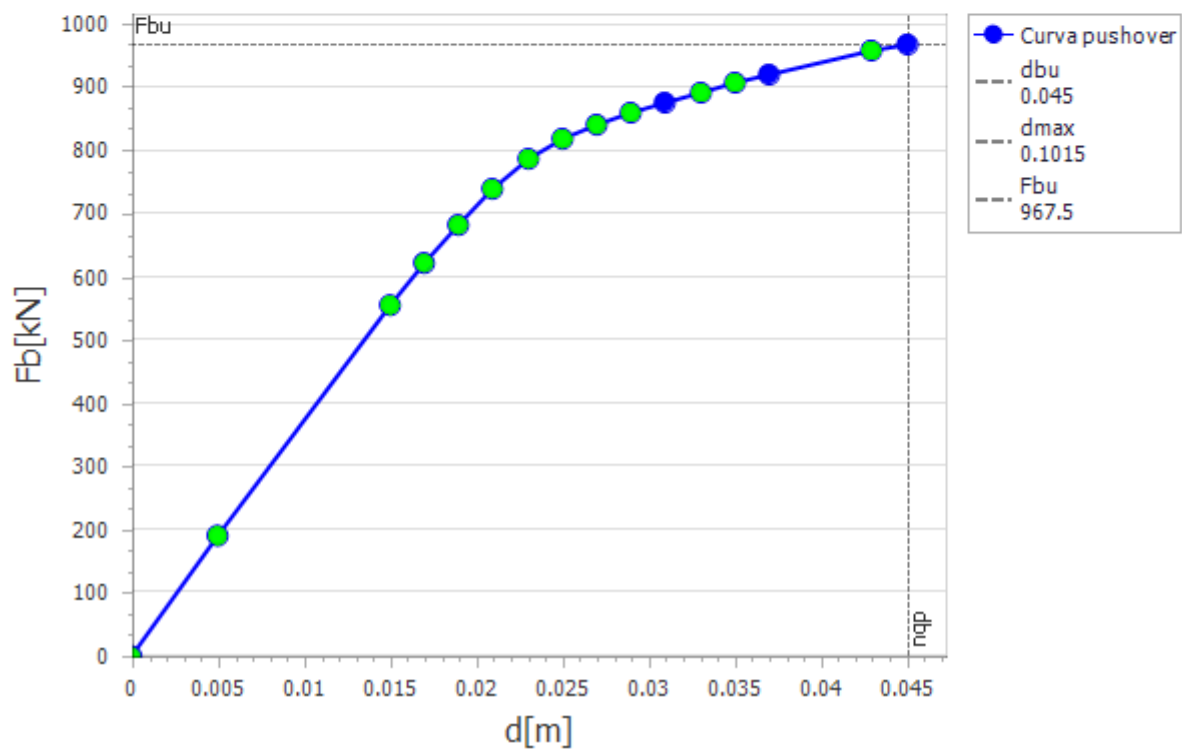


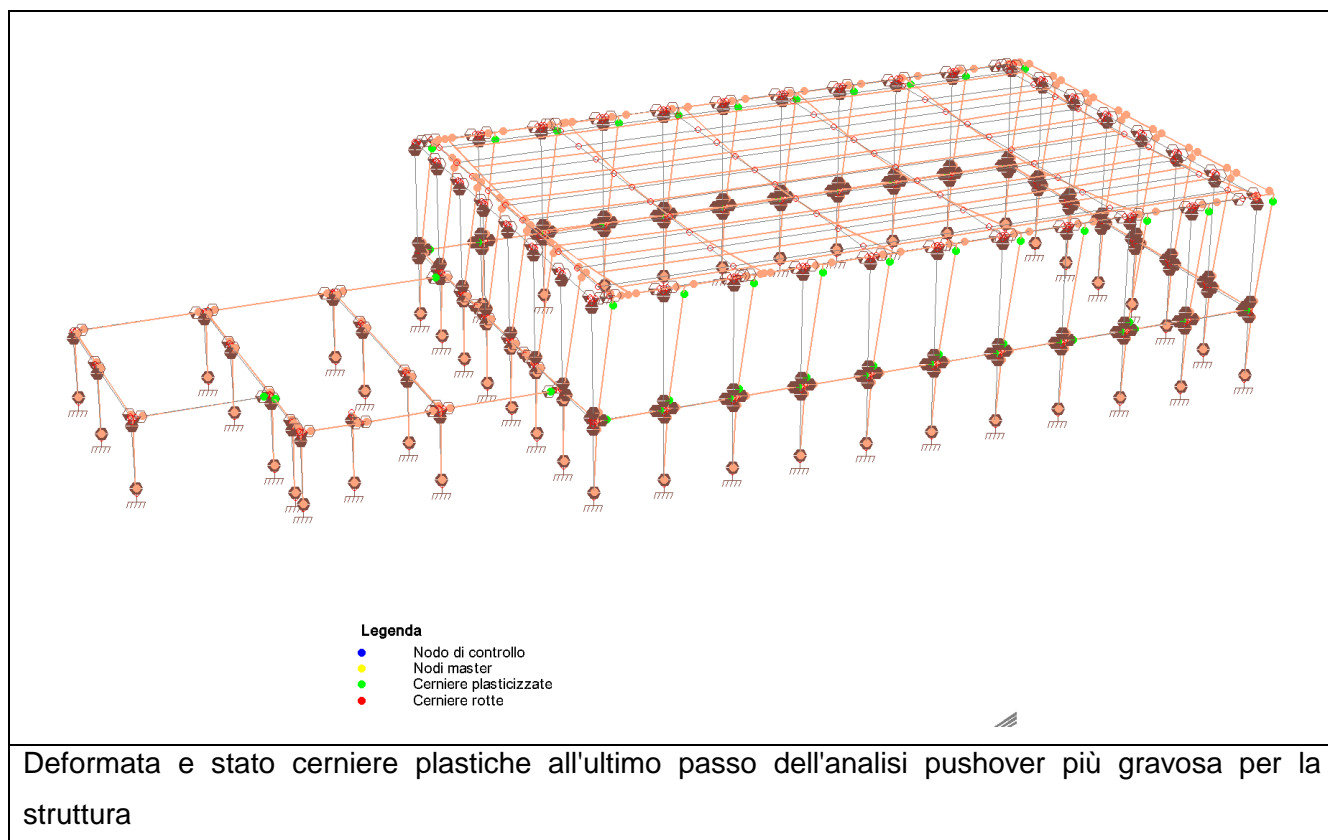
13 - Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria



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 | 5 | 5 | 5 | -- |
| Passo | 12 13 | 12 | 12 | -- |
| PGA,CLU | 1.149 | 1.149 | 1.149 | -- |
| PGA,CLD | -- | -- | -- | 0.919 |
| PGA,CLO | -- | -- | -- | 0.613 |
| Tr,CLU | 30 | 30 | 30 | -- |
| Tr,CLD | -- | -- | -- | 23 |
| Tr,CLO | -- | -- | -- | 15 |

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) | 0.316 | 0.272 |
| Stato limite di danno (α_{ed}) | 0.525 | 0.615 |
| Stato limite di operatività (α_{eo}) | 0.440 | 0.636 |

Tab. 3

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE DUTTILI

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|----------|------|-------|
| 1 | 9 | Ok | | 0.200 |
| 2 | 15 | Ok | | 0.444 |
| 3 | 20 | Ok | | 0.546 |
| 4 | 16 | Ok | | 0.402 |
| 5 | 12 | Ok | | 0.195 |
| 6 | 13 | Ok | | 0.427 |
| 7 | 19 | Ok | | 0.586 |
| 8 | 15 | Ok | | 0.301 |
| 9 | 12 | Ok | | 0.203 |
| 10 | 10 | Ok | | 0.186 |
| 11 | 22 | Ok | | 0.906 |
| 12 | 18 | Ok | | 0.579 |
| 13 | 17 | Ok | | 0.199 |
| 14 | 17 | Ok | | 0.491 |
| 15 | 17 | Ok | | 0.459 |
| 16 | 16 | Ok | | 0.547 |

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE FRAGILI (TAGLIO)

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|----------|------|-------|
| 1 | 9 | Ok | | 0.231 |
| 2 | 15 | Ok | | 0.288 |
| 3 | 21 | Ok | | 0.658 |
| 4 | 16 | Ok | | 0.580 |
| 5 | 12 | Ok | | 0.235 |
| 6 | 13 | Ok | | 0.296 |
| 7 | 19 | Ok | | 0.607 |
| 8 | 15 | Ok | | 0.590 |
| 9 | 12 | Ok | | 0.401 |
| 10 | 10 | Ok | | 0.349 |
| 11 | 23 | Ok | | 0.826 |
| 12 | 18 | Ok | | 0.825 |
| 13 | 17 | Ok | | 0.394 |
| 14 | 17 | Ok | | 0.407 |
| 15 | 17 | Ok | | 0.752 |
| 16 | 16 | Ok | | 0.822 |

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

7 ALLEGATO B - ANALISI FEM

7.1 TABULATI

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

| | |
|----------------------------------|--|
| Nome dell'archivio di lavoro | MONTESSORI - PORRETTA TERME - BOLOGNA_TAMPONAMENTI |
| 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 | 0.250 |
| Periodo proprio T1 in direzione Y | 0.320 |
| 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 |

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 |
| 11 | 0.200 | 0.430 |
| 12 | 0.200 | 0.580 |
| 13 | 0.200 | 0.350 |
| 14 | 0.200 | 0.640 |
| 15 | 0.200 | 0.460 |
| 16 | 0.200 | 0.510 |
| 19 | 0.450 | 0.300 |
| 20 | 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 |
| 17 | 0.800 | 0.600 | 0.150 | 0.380 | 4 |
| 18 | 0.800 | 0.600 | 0.150 | 0.380 | 1 |

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 | - | 0.000 | - | 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 |
|-------------|------|--------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------|---------------------|-------------|--------------------|
| | | | | 0.510000 | | 0.510000 | | | |

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 |

GRUPPI DELLA STRUTTURA**ELEMENTO FINITO: TRAVE**

| Numero gruppo | Descrizione gruppo | |
|---------------|------------------------|--|
| 1 | Travi corpo accessorio | |
| 2 | Travi palestra | |
| 3 | Cordolo | |
| 4 | Pilastri | |
| 5 | Bielle muratura | |

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 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|--|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| 4 | Sisma +Y, Torsione Azione sismica: SISMA +Y Antioraria | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 Azione sismica: SISMA -Y 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 |
| 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 |

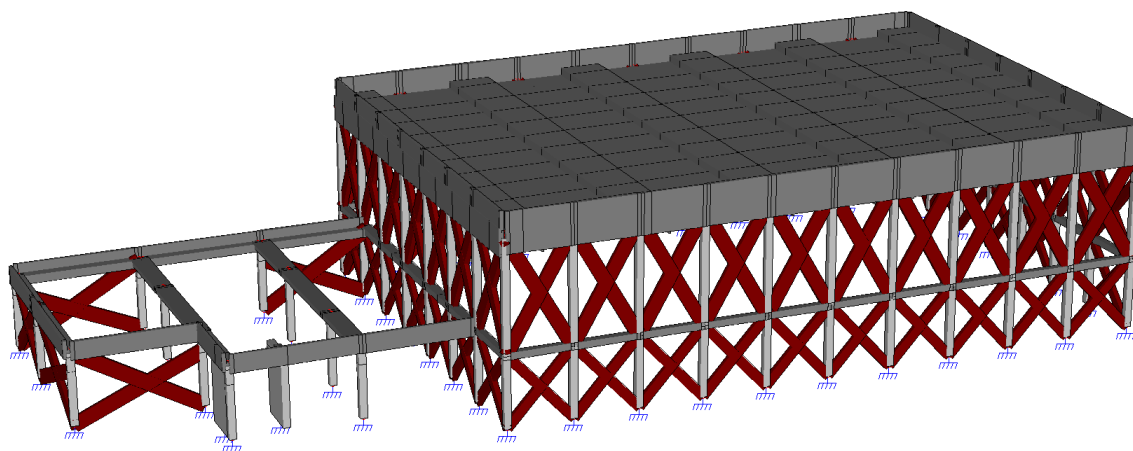
| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|---|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| 10 | Uniforme +X, Torsione Azione sismica: Antioraria | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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: 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 |
| 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 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|---|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| 16 | Uniforme +Y, Torsione Azione sismica: Oraria | | Variabile: Vento | Condizione 6 | 0.000 |
| | | | 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 |

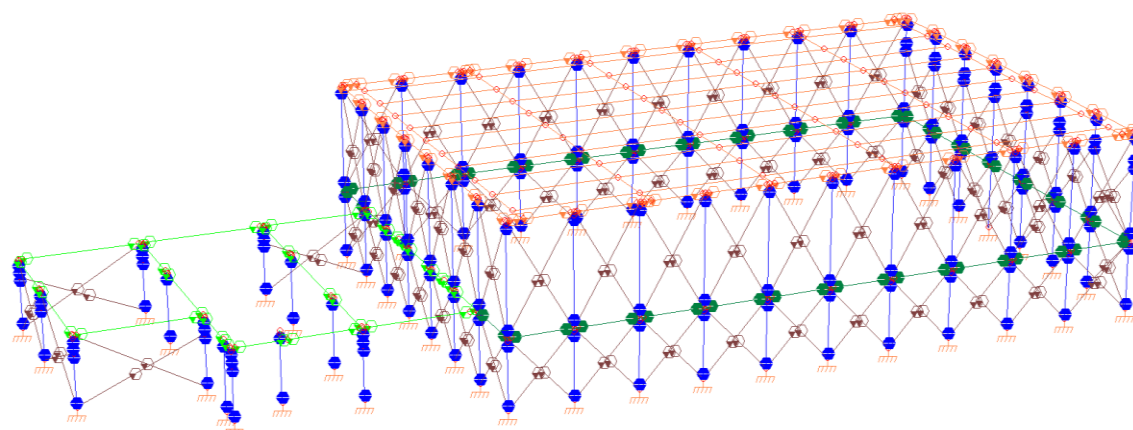
COMBINAZIONI DI CARICO PER L'ANALISI NON LINEARE

| 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 |

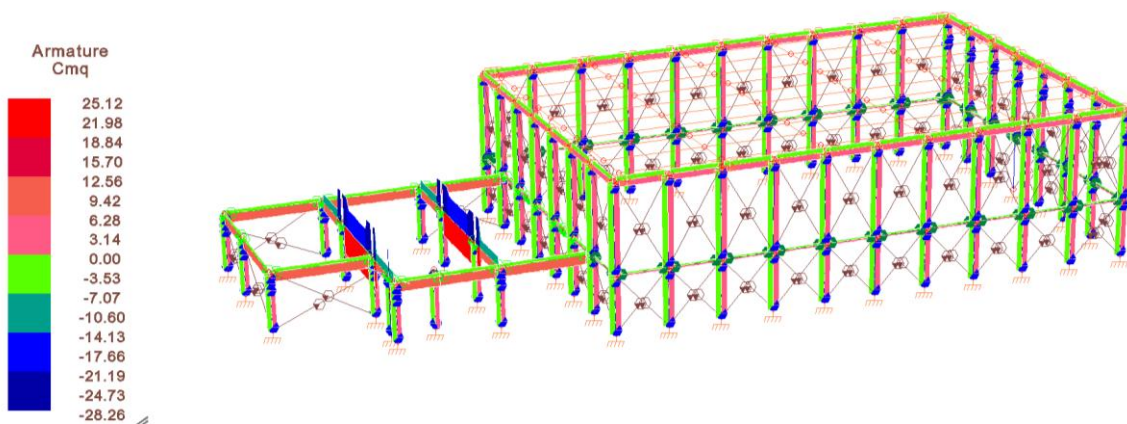
7.2 IMMAGINI MODELLAZIONE FEM



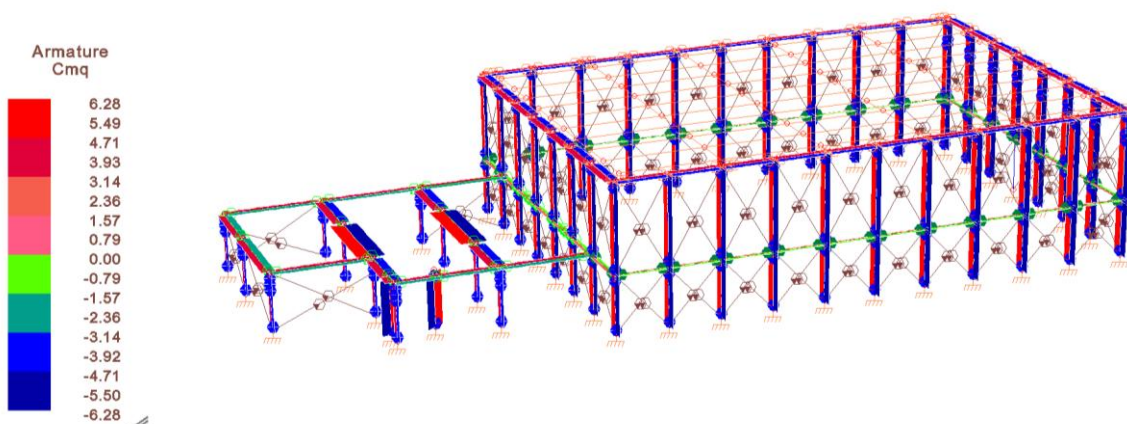
Vista 3D del modello strutturale - analisi globale sismica



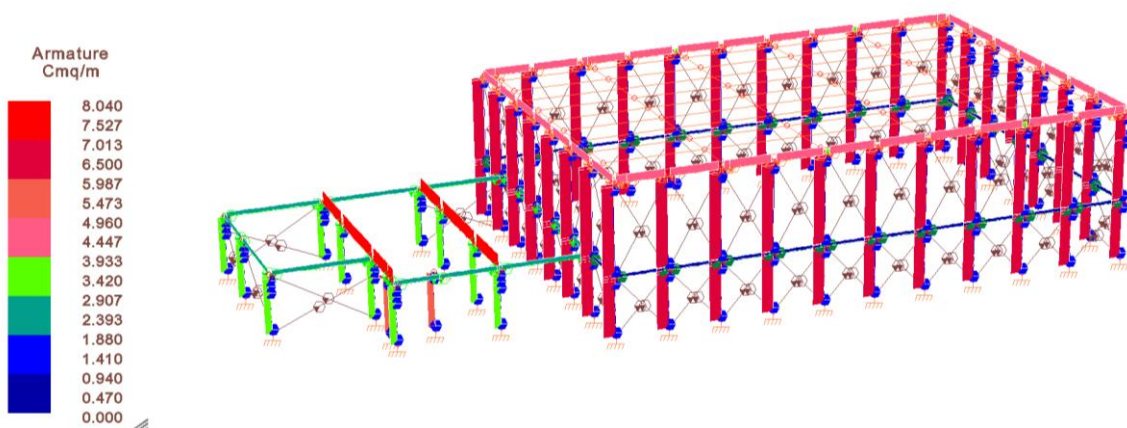
Vista unifilare del modello 3D - con le cerniere plastiche (NMz e NMy per setti e pilastri; Mz e My per le travi)



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 STATICHE NON LINEARI (PUSHOVER)

7.3.1 Riepilogo risultati analisi pushover

| | | | | | | | | | | | |
|----|--|--------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-----|
| 2 | Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | Gruppo 1 - a | -X | 0.03022 | 0.05418 | 0.01465 | 0.02887 | 0.01174 | 0.01893 | 0.617 | 1.5 |
| 6 | Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | Gruppo 1 - a | -X | 0.02967 | 0.02380 | 0.01282 | 0.02380 | 0.01028 | 0.01893 | 1.370 | 1.5 |
| 10 | Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | Gruppo 2 - a | -X | 0.02913 | 0.03304 | 0.01412 | 0.02060 | 0.01132 | 0.01628 | 0.979 | 1.5 |
| 14 | Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | Gruppo 2 - a | -X | 0.02923 | 0.03337 | 0.01417 | 0.01859 | 0.01136 | 0.01621 | 0.960 | 1.5 |
| 3 | Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | Gruppo 1 - a | +Y | 0.04226 | 0.01497 | 0.01906 | 0.01497 | 0.01473 | 0.01497 | 3.113 | 1.5 |
| 7 | Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | Gruppo 1 - a | +Y | 0.04146 | 0.01666 | 0.01845 | 0.01666 | 0.01416 | 0.01617 | 2.765 | 1.5 |
| 11 | Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | Gruppo 2 - a | +Y | 0.04311 | 0.01820 | 0.01938 | 0.01820 | 0.01495 | 0.01820 | 2.701 | 1.5 |
| 15 | Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | Gruppo 2 - a | +Y | 0.04201 | 0.01765 | 0.01869 | 0.01765 | 0.01434 | 0.01765 | 2.603 | 1.5 |
| 4 | Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | Gruppo 1 - a | -Y | 0.04240 | 0.02550 | 0.01860 | 0.02418 | 0.01490 | 0.01619 | 2.070 | 1.5 |
| 8 | Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | Gruppo 1 - a | -Y | 0.04348 | 0.02473 | 0.01935 | 0.02398 | 0.01532 | 0.01606 | 2.215 | 1.5 |
| 12 | Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | Gruppo 2 - a | -Y | 0.04199 | 0.02260 | 0.01849 | 0.02260 | 0.01452 | 0.02089 | 2.278 | 1.5 |
| 16 | Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | Gruppo 2 - a | -Y | 0.04387 | 0.02663 | 0.01953 | 0.02663 | 0.01558 | 0.01978 | 2.121 | 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 73.4.1) |
| 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 | 368 | 712 | 0.762 | 3.156 | 3.637 | 0.868 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 1718 | 712 | 1.437 | 4.146 | 3.637 | 1.140 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 120 | 712 | 0.481 | 2.166 | 3.637 | 0.596 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 117 | 712 | 0.476 | 2.147 | 3.637 | 0.590 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | >2475 | 712 | >1.670 | >4.287 | 3.637 | >1.179 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 339 | 712 | 0.737 | 3.104 | 3.637 | 0.854 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 1239 | 712 | 1.256 | 3.987 | 3.637 | 1.096 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 1336 | 712 | 1.296 | 4.021 | 3.637 | 1.105 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 47 | 712 | 0.327 | 1.431 | 3.637 | 0.394 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 62 | 712 | 0.366 | 1.620 | 3.637 | 0.445 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 65 | 712 | 0.373 | 1.657 | 3.637 | 0.456 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 67 | 712 | 0.378 | 1.676 | 3.637 | 0.461 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 141 | 712 | 0.514 | 2.317 | 3.637 | 0.637 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 122 | 712 | 0.484 | 2.185 | 3.637 | 0.601 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 110 | 712 | 0.464 | 2.072 | 3.637 | 0.570 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 141 | 712 | 0.514 | 2.317 | 3.637 | 0.637 |

STATO LIMITE DI DANNO

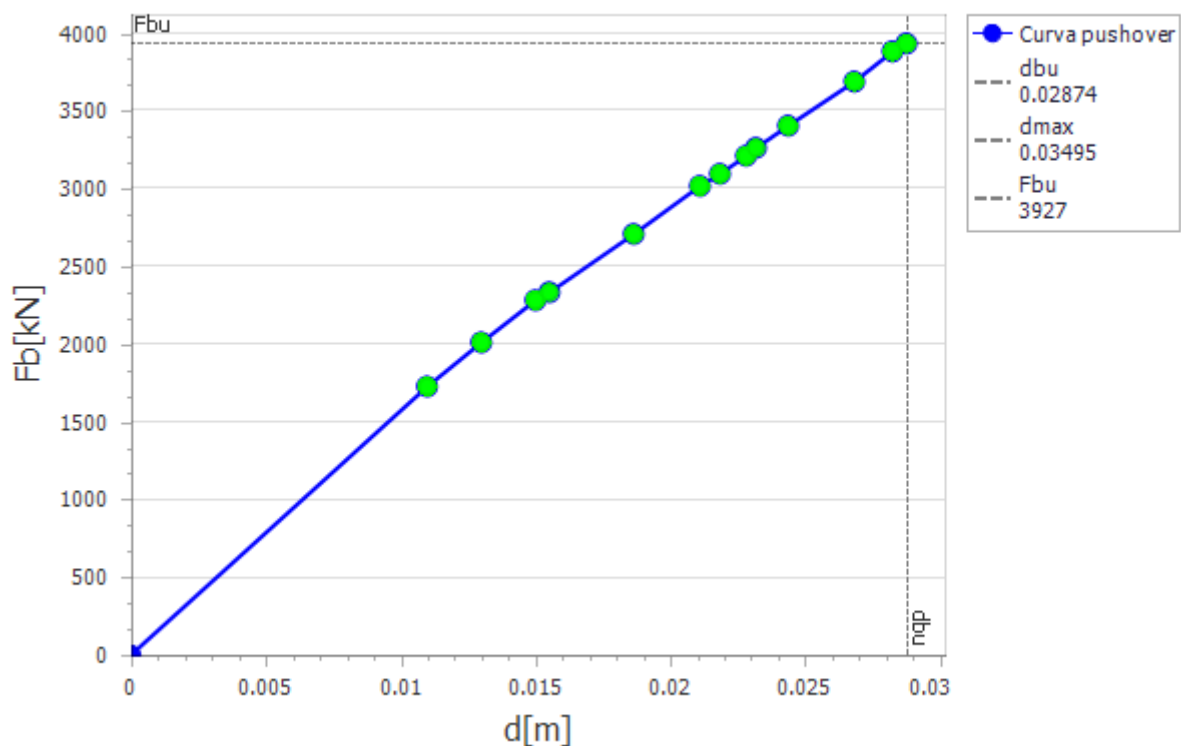
| Combinazione | TR,C | TR,D | RCD | PGAC (m/s ²) | PGAD (m/s ²) | Alfa e |
|--|------|------|-------|--------------------------|--------------------------|--------|
| Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria | 368 | 75 | 1.924 | 3.168 | 1.752 | 1.809 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 855 | 75 | 2.722 | 3.766 | 1.752 | 2.150 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 120 | 75 | 1.213 | 2.147 | 1.752 | 1.226 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 117 | 75 | 1.201 | 2.128 | 1.752 | 1.215 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 570 | 75 | 2.304 | 3.484 | 1.752 | 1.989 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 339 | 75 | 1.860 | 3.104 | 1.752 | 1.772 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 189 | 75 | 1.463 | 2.599 | 1.752 | 1.484 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 144 | 75 | 1.308 | 2.317 | 1.752 | 1.323 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 47 | 75 | 0.825 | 1.431 | 1.752 | 0.817 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 62 | 75 | 0.925 | 1.620 | 1.752 | 0.925 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 65 | 75 | 0.943 | 1.657 | 1.752 | 0.946 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 67 | 75 | 0.955 | 1.676 | 1.752 | 0.957 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 125 | 75 | 1.234 | 2.185 | 1.752 | 1.247 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 115 | 75 | 1.192 | 2.110 | 1.752 | 1.204 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 110 | 75 | 1.171 | 2.091 | 1.752 | 1.194 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 141 | 75 | 1.297 | 2.298 | 1.752 | 1.312 |

STATO LIMITE DI OPERATIVITA'

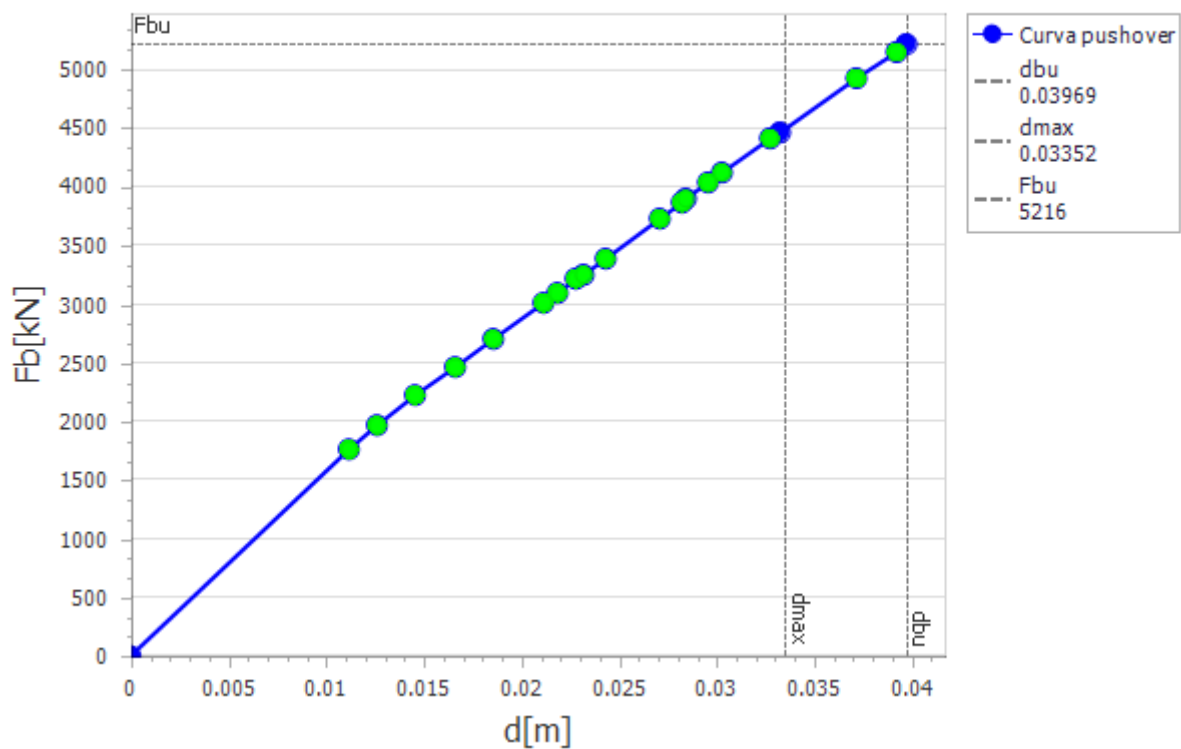
| Combinazione | TR,C | TR,D | RCD | PGAC (m/s ²) | PGAD (m/s ²) | Alfa e |
|--|------|------|-------|--------------------------|--------------------------|--------|
| Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria | 186 | 45 | 1.793 | 2.580 | 1.394 | 1.851 |
| Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria | 159 | 45 | 1.681 | 2.411 | 1.394 | 1.730 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria | 107 | 45 | 1.428 | 2.072 | 1.394 | 1.486 |
| Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria | 107 | 45 | 1.428 | 2.072 | 1.394 | 1.486 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria | 138 | 45 | 1.586 | 2.279 | 1.394 | 1.635 |
| Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria | 196 | 45 | 1.832 | 2.637 | 1.394 | 1.892 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria | 103 | 45 | 1.406 | 2.034 | 1.394 | 1.459 |
| Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria | 100 | 45 | 1.389 | 1.997 | 1.394 | 1.432 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria | 47 | 45 | 1.018 | 1.431 | 1.394 | 1.027 |
| Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria | 57 | 45 | 1.102 | 1.544 | 1.394 | 1.108 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria | 65 | 45 | 1.163 | 1.657 | 1.394 | 1.189 |
| Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria | 67 | 45 | 1.178 | 1.676 | 1.394 | 1.203 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria | 54 | 45 | 1.078 | 1.526 | 1.394 | 1.095 |
| Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria | 49 | 45 | 1.036 | 1.469 | 1.394 | 1.054 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria | 94 | 45 | 1.354 | 1.959 | 1.394 | 1.405 |
| Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria | 77 | 45 | 1.247 | 1.789 | 1.394 | 1.284 |

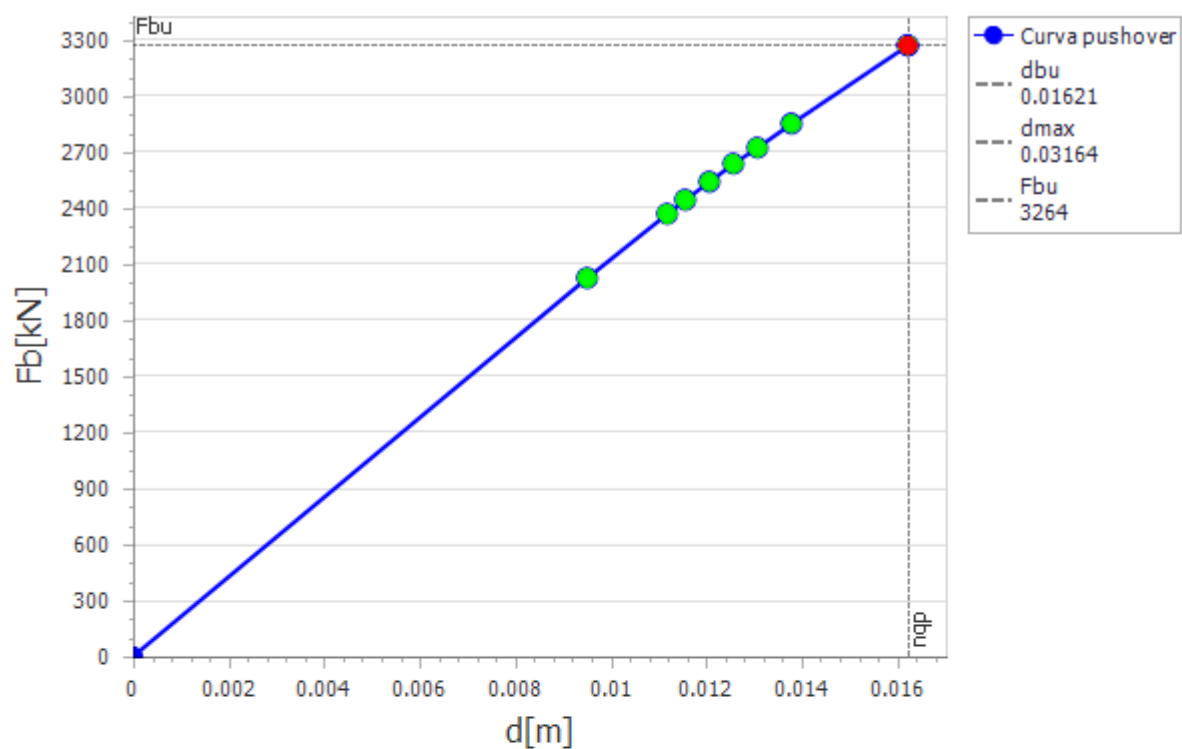
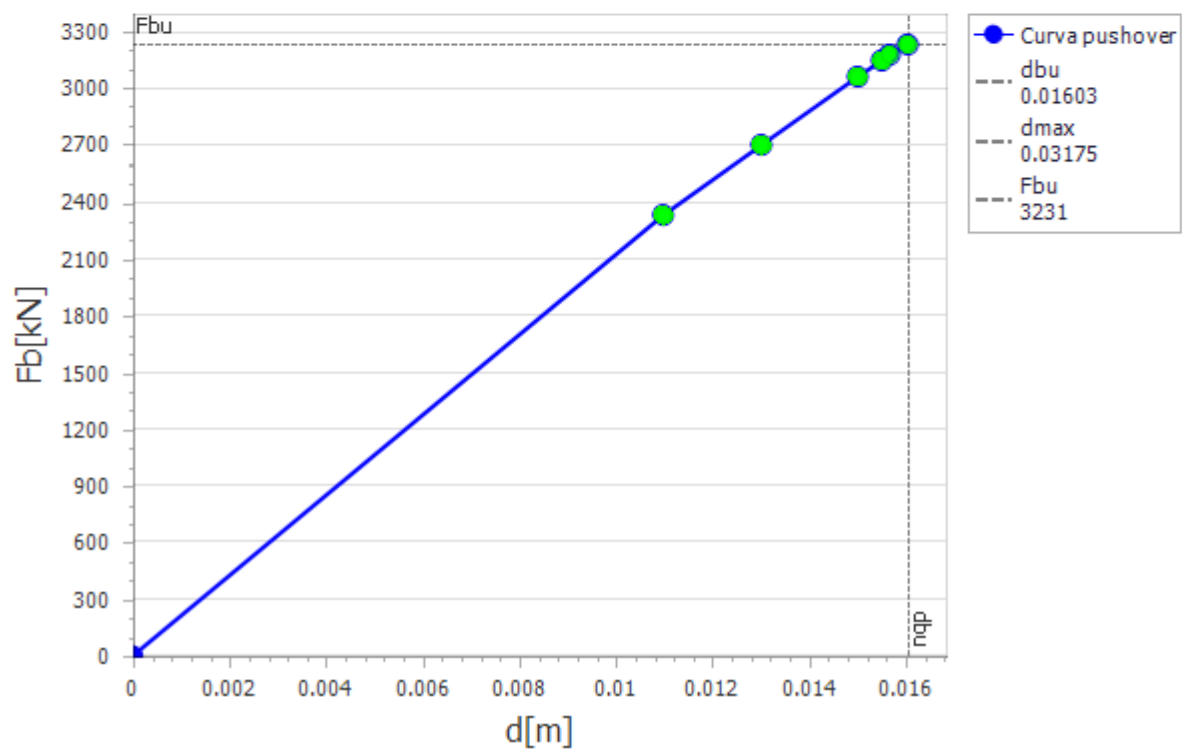
7.3.2 Curve pushover

1 - Statica \ Sisma +X, Torsione Antioraria

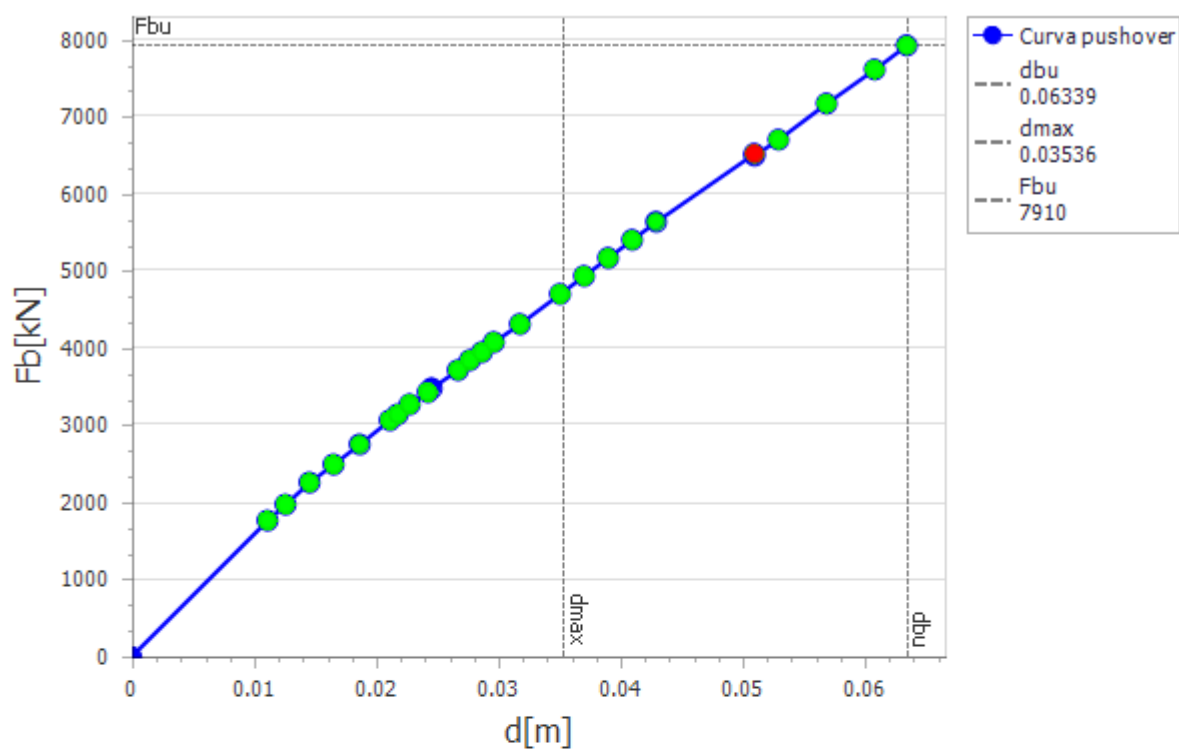


5 - Statica \ Sisma +X, Torsione Oraria

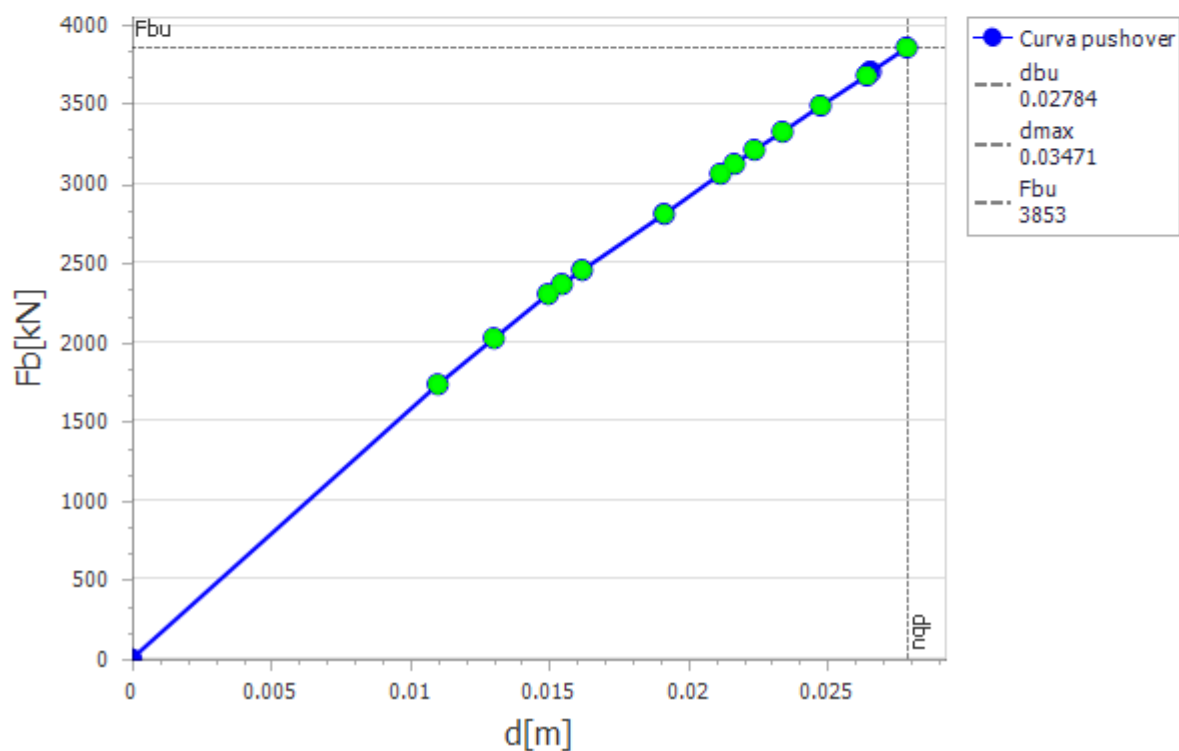


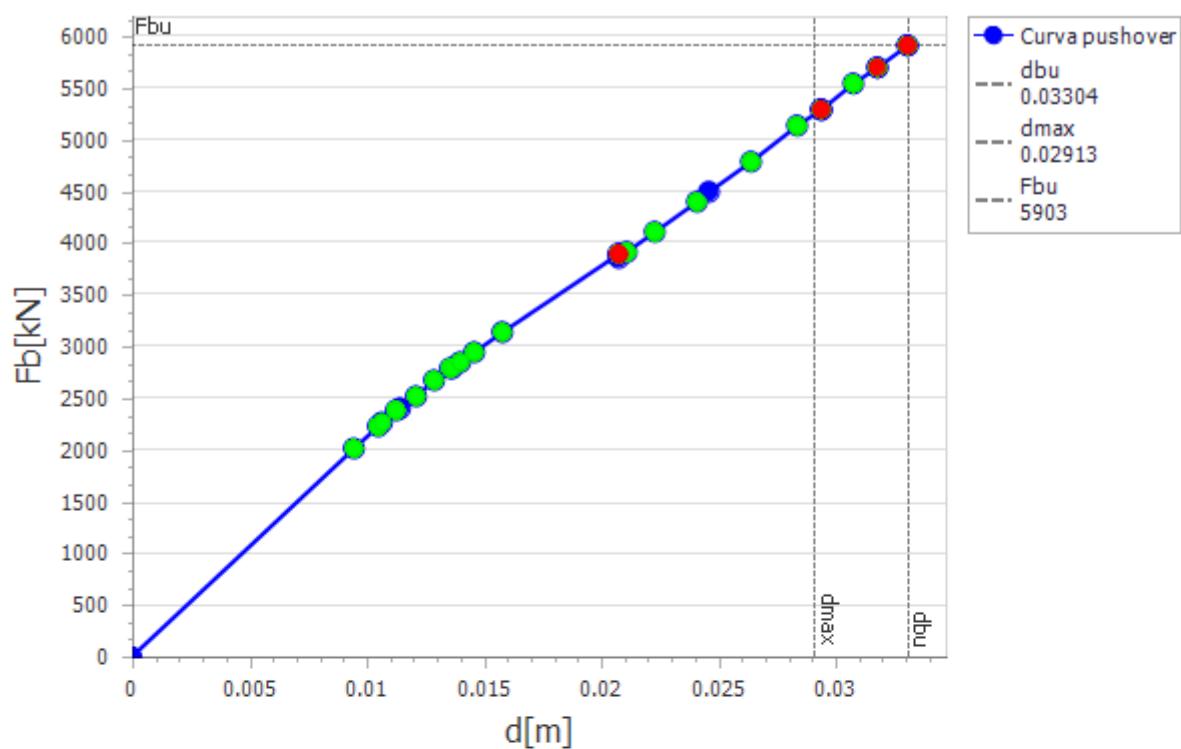
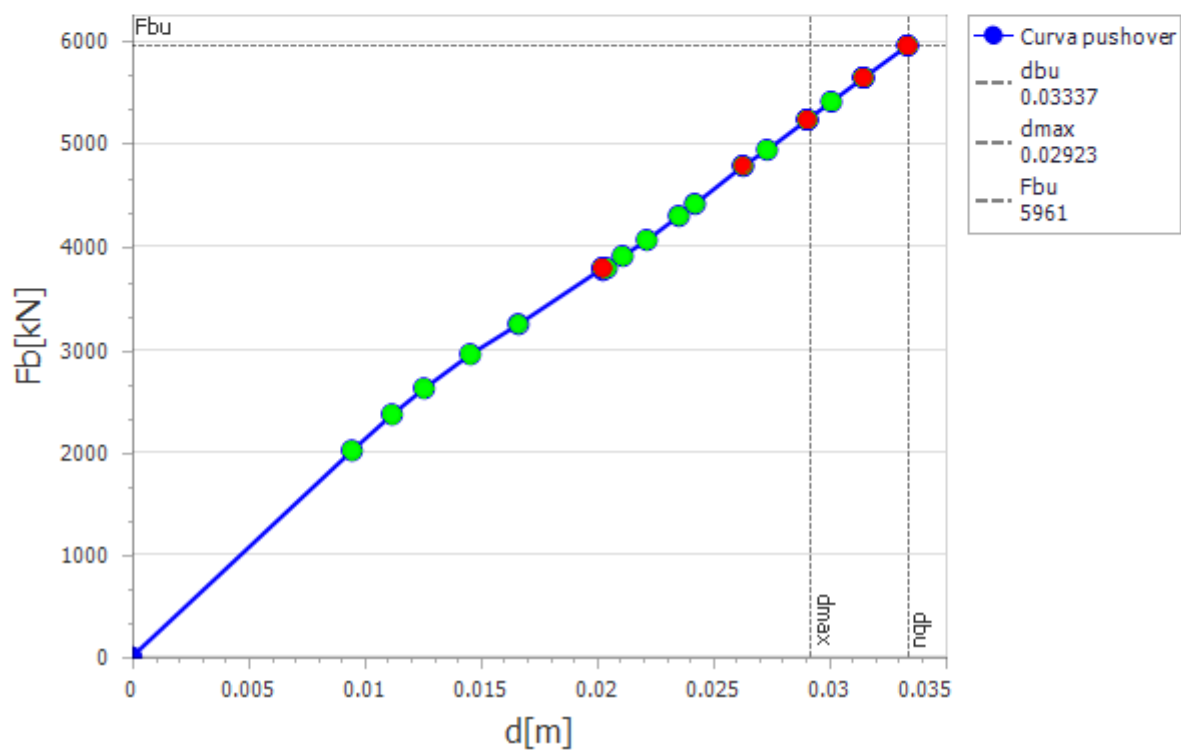
9 - Statica \ Uniforme +X, Torsione Antioraria**13 - Statica \ Uniforme +X, Torsione Oraria**

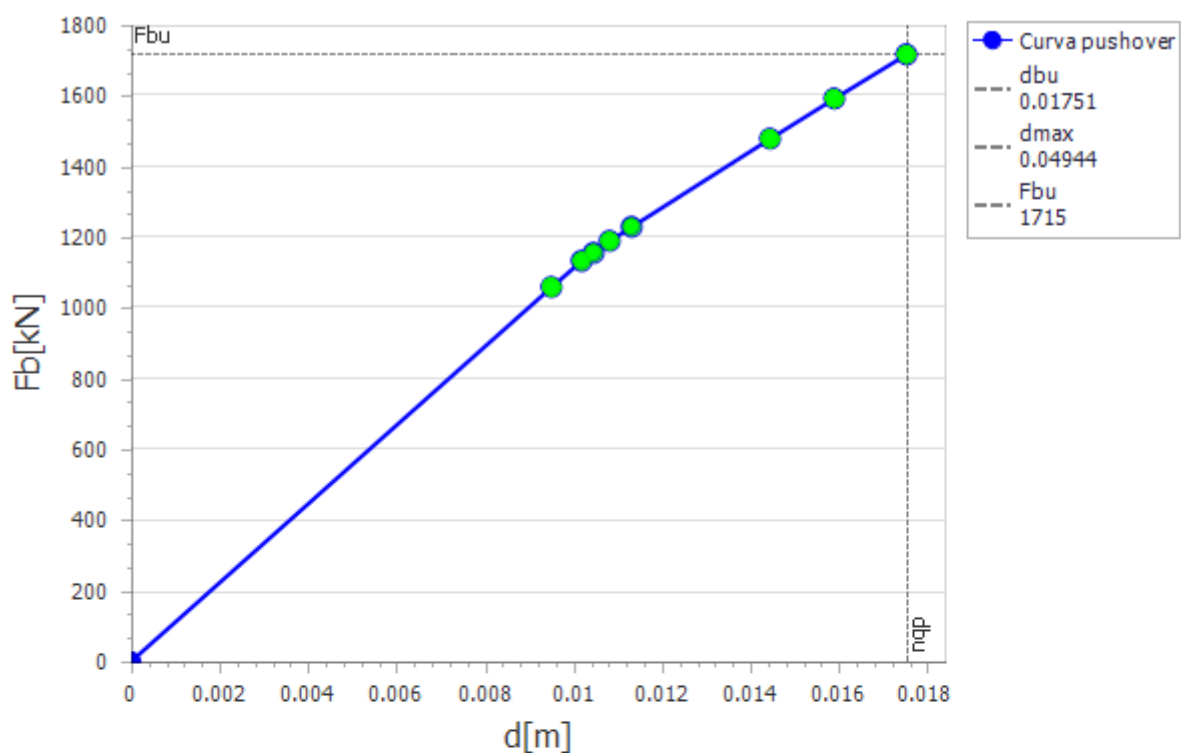
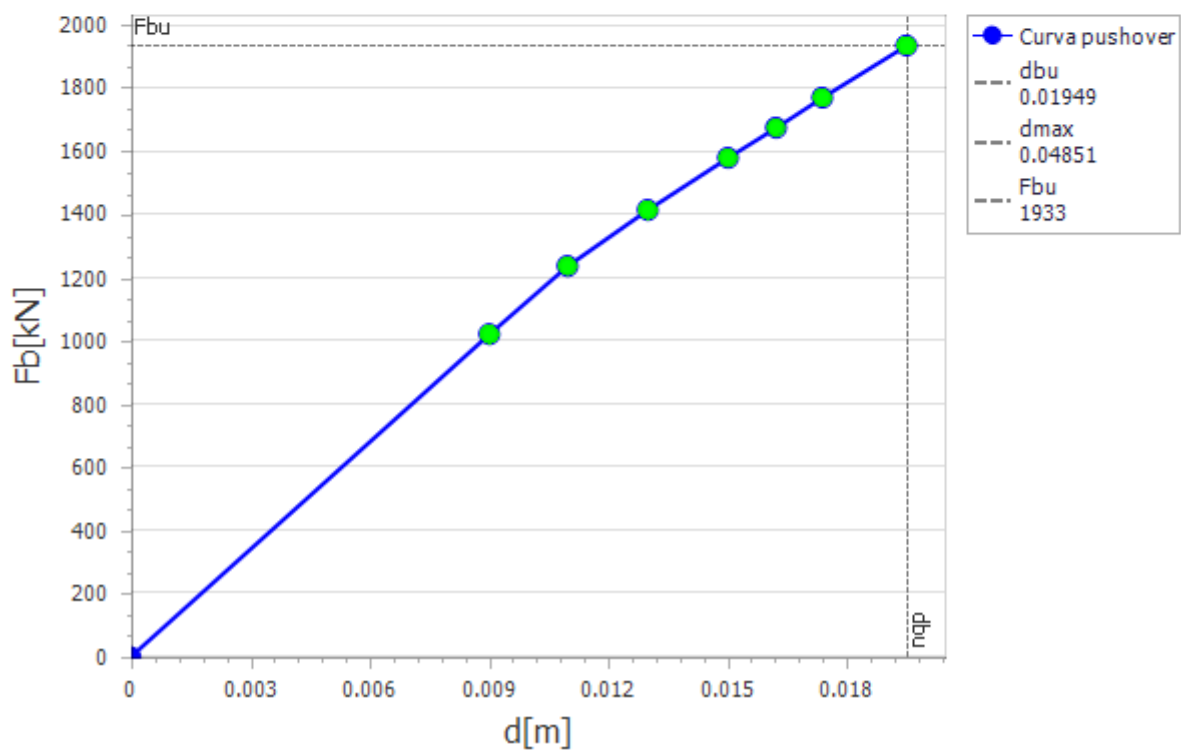
2 - Statica \ Sisma -X, Torsione Antioraria

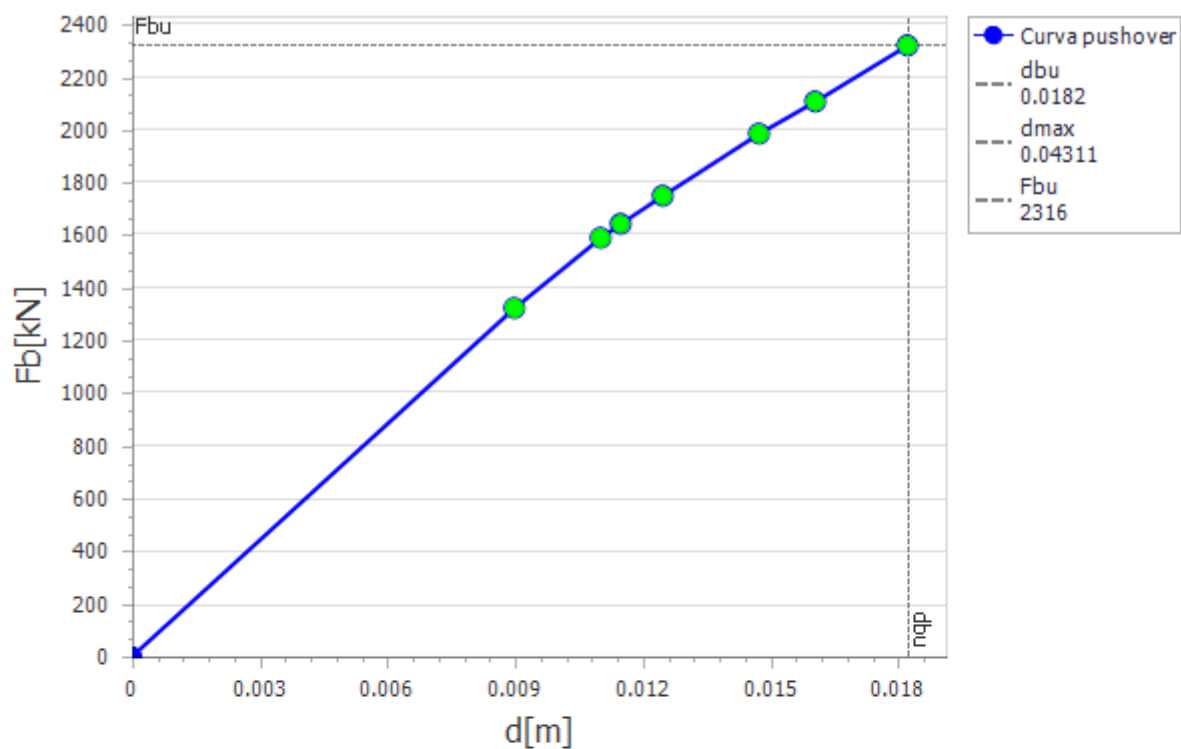
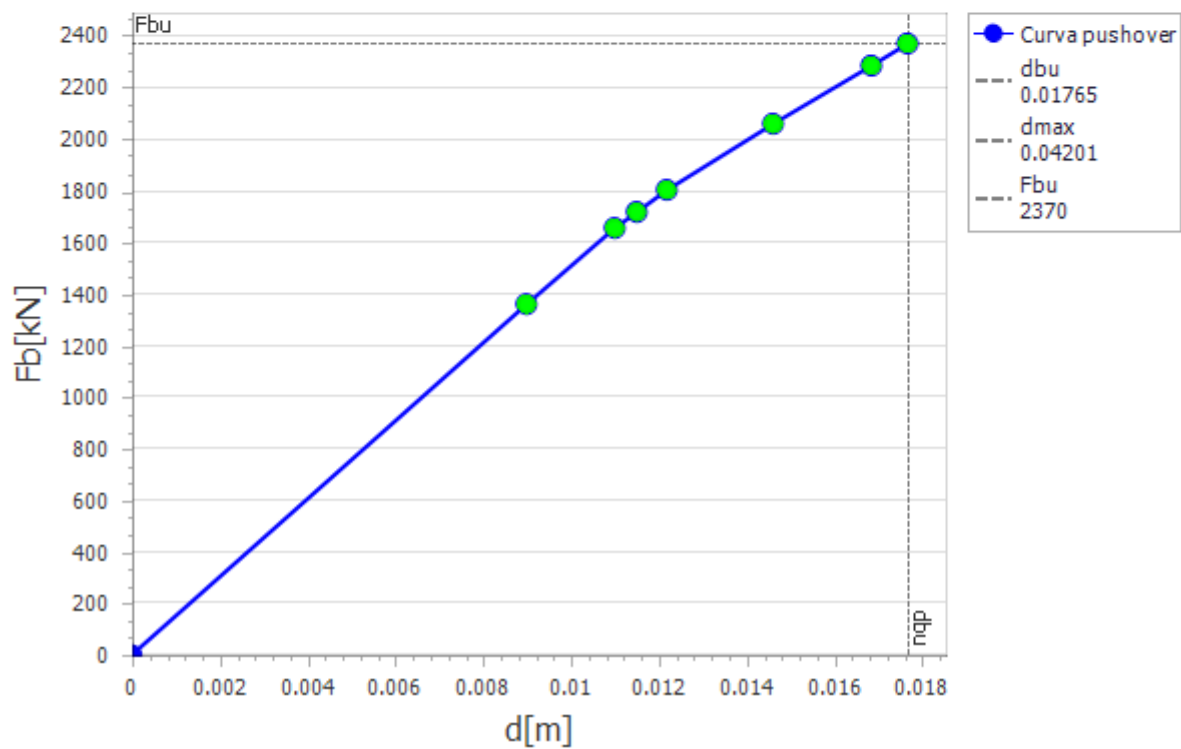


6 - Statica \ Sisma -X, Torsione Oraria

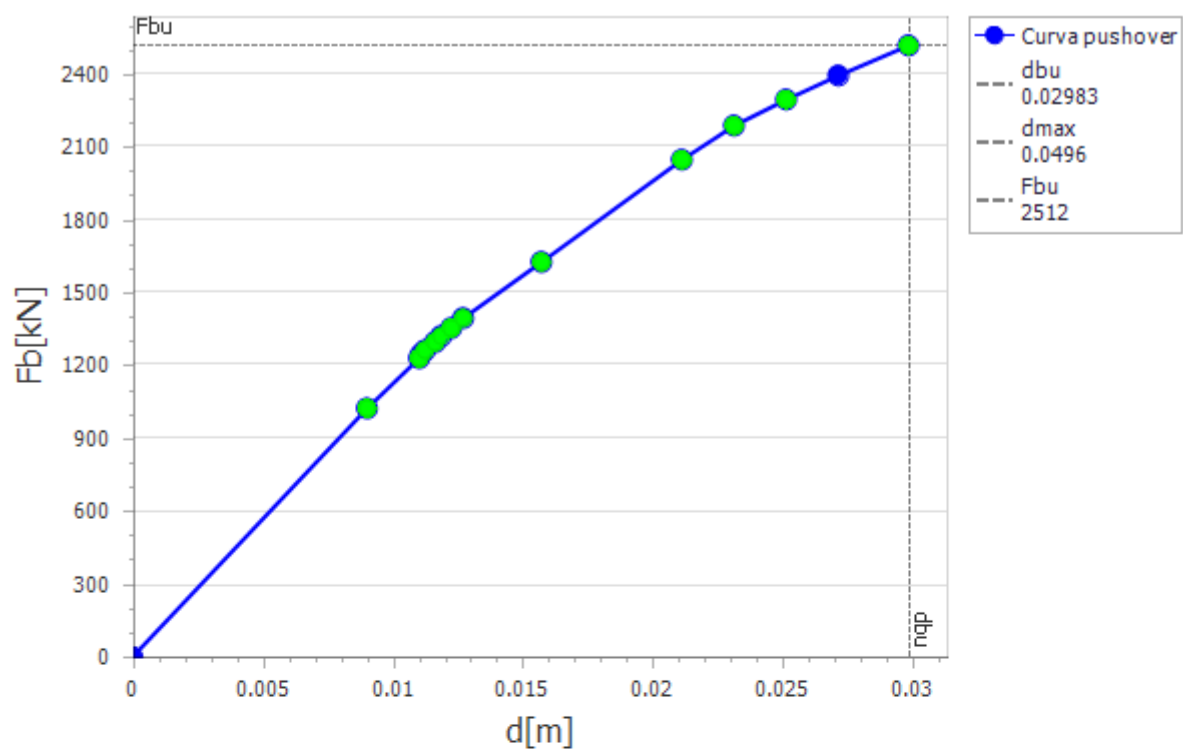


10 - Statica \ Uniforme -X, Torsione Antioraria**14 - Statica \ Uniforme -X, Torsione Oraria**

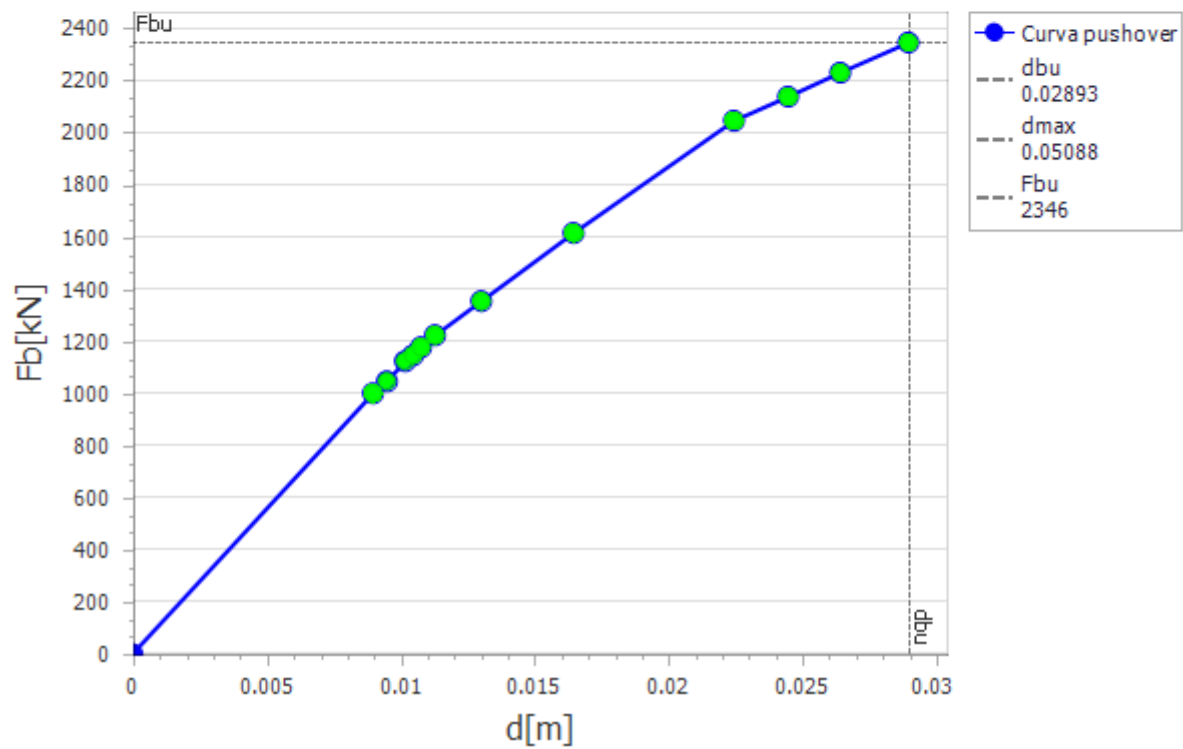
3 - Statica \ Sisma +Y, Torsione Antioraria**7 - Statica \ Sisma +Y, Torsione Oraria**

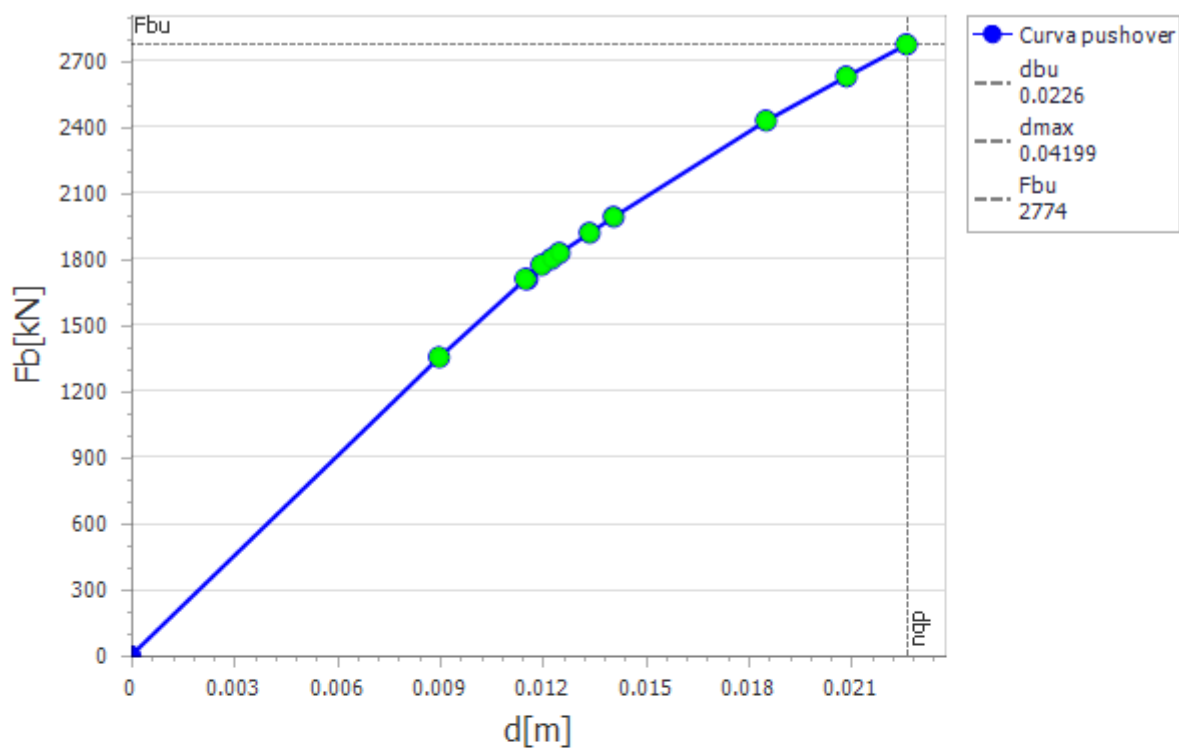
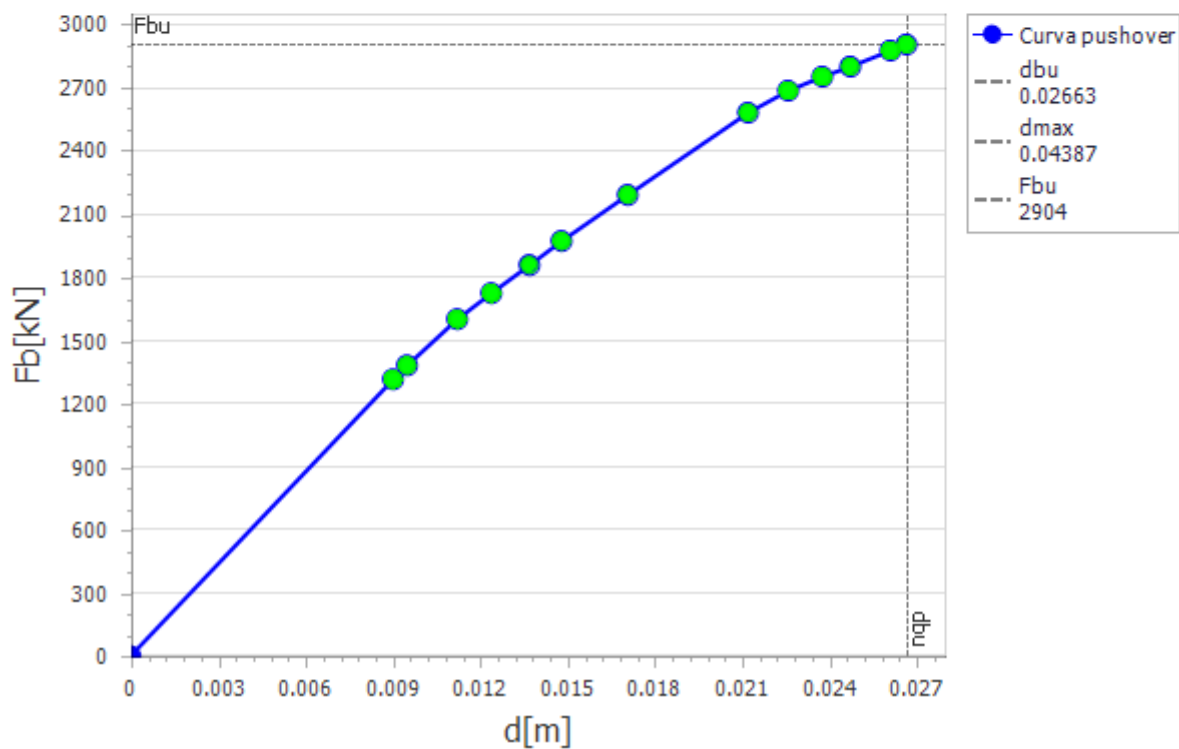
11 - Statica \ Uniforme +Y, Torsione Antioraria**15 - Statica \ Uniforme +Y, Torsione Oraria**

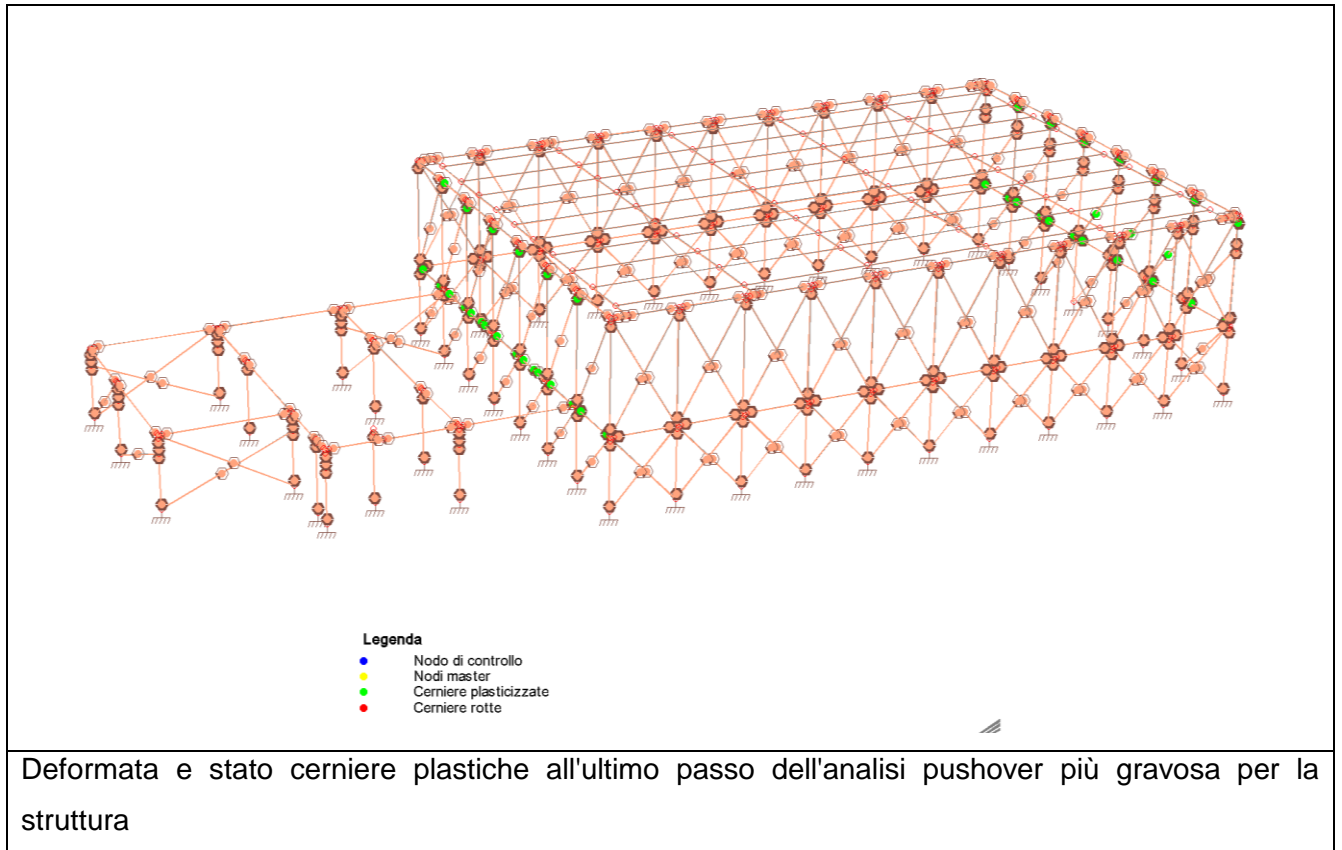
4 - Statica \ Sisma -Y, Torsione Antioraria



8 - Statica \ Sisma -Y, Torsione Oraria



12 - Statica \ Uniforme -Y, Torsione Antioraria**16 - Statica \ Uniforme -Y, Torsione Oraria**



7.4 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 | 13 | 3 | 3 | -- |
| Passo | -- | 9 | 9 | -- |
| PGA,CLU | 1.149 | 1.431 | 1.431 | -- |
| PGA,CLD | -- | -- | -- | 1.431 |
| PGA,CLO | -- | -- | -- | 1.431 |
| Tr,CLU | 30 | 47 | 47 | -- |
| Tr,CLD | -- | -- | -- | 47 |
| Tr,CLO | -- | -- | -- | 47 |

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 |

Indicatori di rischio

| Stato limite | Rapporto fra PGA | Rapporto fra Tr ^a |
|---|------------------|------------------------------|
| Stato limite ultimo (α_u) | 0.316 | 0.272 |
| Stato limite di danno (α_{ed}) | 0.817 | 0.825 |
| Stato limite di operatività (α_{eo}) | 1.027 | 1.018 |

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE DUTTILI

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|----------|------|-------|
| 1 | 12 | Ok | | 0.990 |
| 5 | 21 | Ok | | 0.552 |
| 9 | 10 | Ok | | 0.695 |
| 13 | 7 | Ok | | 0.627 |
| 2 | 27 | Ok | | 0.551 |
| 6 | 15 | Ok | | 0.681 |
| 10 | 20 | Ok | | 0.919 |
| 14 | 26 | Ok | | 0.978 |
| 3 | 9 | Ok | | 0.347 |
| 7 | 8 | Ok | | 0.503 |
| 11 | 8 | Ok | | 0.396 |
| 15 | 8 | Ok | | 0.260 |
| 4 | 15 | Ok | | 0.789 |
| 8 | 13 | Ok | | 0.871 |
| 12 | 12 | Ok | | 0.407 |
| 16 | 14 | Ok | | 0.667 |

VERIFICA PER MECCANISMI POTENZIALMENTE FRAGILI (TAGLIO)

| CCNL | Passo | Verifica | Note | IR |
|------|-------|-----------------|---------------|-------|
| 1 | 6 | Ok | | 0.915 |
| 5 | 6 | Ok | | 0.912 |
| 9 | 2 | Non soddisfatta | Elem. 187 / 4 | 1.088 |
| 13 | 2 | Non soddisfatta | Elem. 187 / 4 | 1.244 |
| 2 | 11 | Ok | | 0.982 |
| 6 | 12 | Ok | | 0.978 |
| 10 | 30 | Ok | | 0.535 |
| 14 | 26 | Ok | | 0.717 |
| 3 | 9 | Ok | | 0.768 |
| 7 | 8 | Ok | | 0.807 |
| 11 | 8 | Ok | | 0.827 |
| 15 | 8 | Ok | | 0.827 |
| 4 | 15 | Ok | | 0.916 |
| 8 | 13 | Ok | | 0.924 |
| 12 | 10 | Ok | | 0.886 |
| 16 | 10 | Ok | | 0.870 |

Tab. 1 - sintesi verifiche sui meccanismi duttili e fragili con indici di resistenza

I progettista delle strutture

