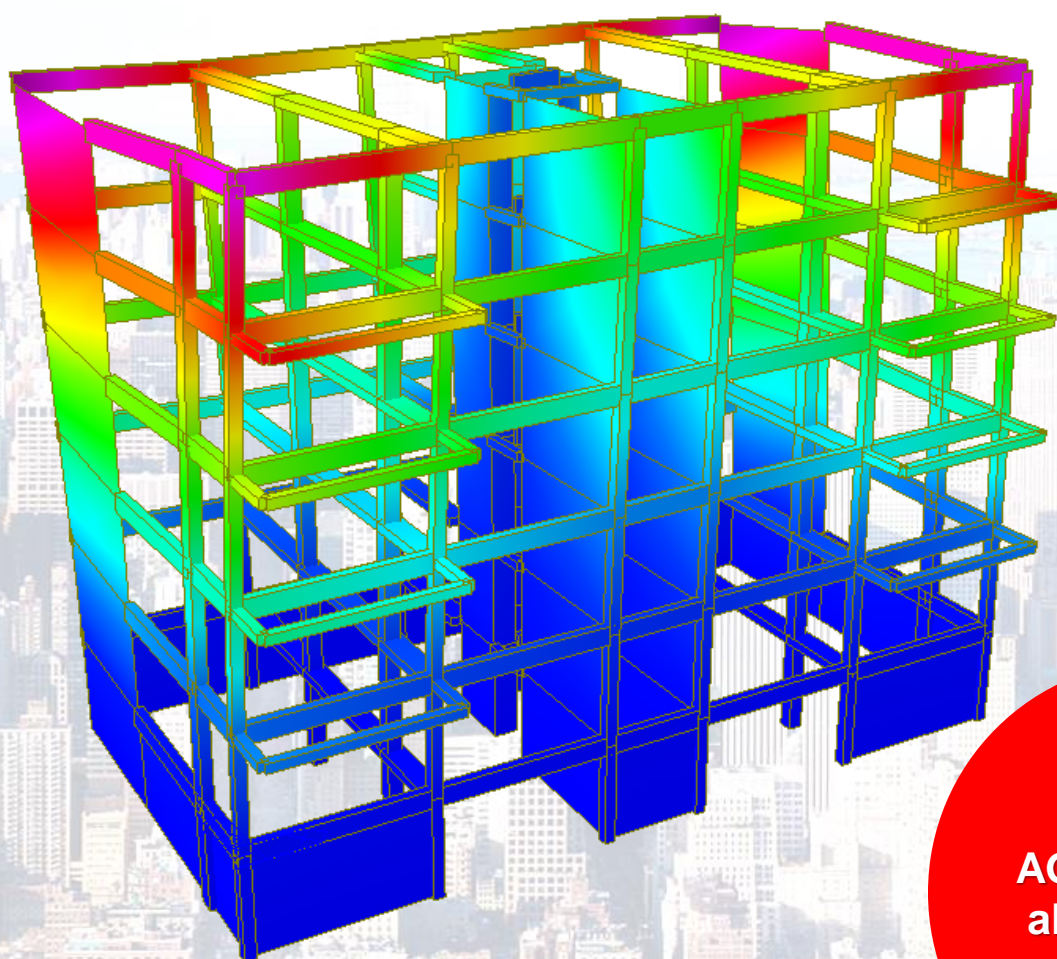
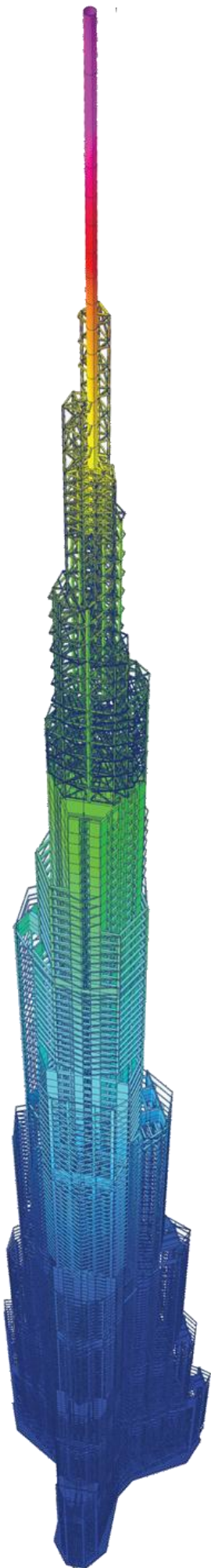


PROGETTO DI UN EDIFICIO MULTIPIANO IN CA IN ZONA SISMICA

Tutorial MIDAS Gen



**AGGIORNATO
alle NTC 2018**



Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico o altro senza l'autorizzazione dei proprietari dei diritti dell'autore.

No parts of this publication may be copied or transmitted in any shape or form, and by any type of electronic, mechanical or different means, without permission of the copyright holder and the publisher.

© Copyright – CSPFea s.c

“Progetto di un edificio multipiano in ca in zona sismica”

Prodotto e distribuito da:



CSPFea s.c.

Via Zuccherificio 5/d

35042 Este (PD)

www.cspfea.net info@cspfea.net

Tel. 0429602404

Fax. 0429610021

a cura di:

Ing. Carlo Tuzza – CSPFea

con la collaborazione di:

Laureando Antonio Limena

2° Edizione – Febbraio 2019



INTRODUZIONE	7
1 MODELLAZIONE FEM	8
1-1 Modellazione FEM: Introduzione Struttura	8
1-2 Modellazione FEM: Definizione dei materiali	10
1-3 Modellazione FEM: Definizione delle sezioni (pilastri)	11
1-4 Modellazione FEM: Definizione delle sezioni (travi)	12
1-5 Modellazione FEM: Definizione delle sezioni (setti)	13
1-6 Modellazione FEM: Importazione file DXF	14
1-7 Modellazione FEM: Creazione nodi	15
1-8 Modellazione FEM: Creazione dei pilastri	16
1-9 Modellazione FEM: Creazione delle travi di piano	17
1-10 Modellazione FEM: Creazione degli elementi wall	18
1-11 Modellazione FEM: Building Generation	19
1-12 Modellazione FEM: Passaggio da Wall a Plate	21
1-13 Modellazione FEM: Definizione dei piani rigidi	22
1-14 Modellazione FEM: Building Control	23
1-15 Modellazione FEM: Definizione dei vincoli	25
2 ASSEGNAZIONE DEI CARICHI	26
2-1 Assegnazione dei carichi: Definizione casi di carico	26
2-2 Assegnazione dei carichi: Definizione dei carichi di piano	27
2-3 Assegnazione dei carichi: Definizione dei carichi tamponamento	30
2-4 Assegnazione dei carichi: Conversione dei carichi in masse	31
2-5 Assegnazione dei carichi: Definizione del carico vento	32
2-6 Assegnazione dei carichi: Definizione del sisma statico	34
2-7 Assegnazione dei carichi: Overturning Moment	36
3 ANALISI AGLI AUTOVALORI	37
3-1 Analisi agli autovalori: Introduzione Analisi Modale	37
3-2 Analisi agli autovalori: Subspace Iteration	39

3-3 Analisi agli autovalori: Lanczos (Frequency Range)	40
3-4 Analisi agli autovalori: Vettori di Ritz	41
3-5 Analisi agli autovalori: Main Control Data	42
3-6 Analisi agli autovalori: Perform Analysis	43
3-7 Analisi agli autovalori: Modi di vibrare	44
4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	48
4-1 Valutazione dell'azione sismica: Regolarità in altezza	48
4-2 Valutazione dell'azione sismica: Tipologia Strutturale	49
4-3 Valutazione dell'azione sismica: Story Shear Force Ratio	50
4-4 Valutazione dell'azione sismica: Story Eccentricity	51
4-5 Valutazione dell'azione sismica: Definizione del fattore di struttura	52
4-6 Valutazione dell'azione sismica: Spettro di progetto	53
4-7 Valutazione dell'azione sismica: Gestione dello spettro	54
4-8 Valutazione dell'azione sismica: Considerazioni e Interventi	55
4-9 Valutazione dell'azione sismica: Spettro di progetto (Intervento)	56
4-10 Valutazione dell'azione sismica: Modi di vibrare (Intervento)	57
4-11 Valutazione dell'azione sismica: Riduzione delle rigidezze	61
4-12 Valutazione dell'azione sismica: Confronto dei risultati	64
5 ANALISI DEI RISULTATI	65
5-1 Analisi dei risultati: Combinazioni di carico	65
5-2 Analisi dei risultati: Beam Diagrams	67
5-3 Analisi dei risultati: Controllo di dettaglio di un elemento	68
5-4 Analisi dei risultati: Modello con platea di fondazione	69
6 VERIFICHE SLD	70
6-1 Verifiche SLD: Controllo spostamenti interpiano	70
6-2 Verifiche SLD: Controllo della non linearità geometrica	71
7 GENERAL DESIGN	72
7-1 General Design: Definition of Frame – Effective Length Factor	72
7-2 General Design: Live Load Reduction Factor – Limiting Slenderness Ratio	73

7-3 General Design: Member Assignment	74
7-4 General Design: Serviceability Load Combination Time	75
8 REINFORCED CONCRETE DESIGN _____	76
8-1 RC Design: Design Code	76
8-2 RC Design: Modify Concrete Material – Limiting Rebar Ratio	78
8-3 RC Design: Design Criteria for Rebars	79
8-4 RC Design: Input Additional Wall Data	80
8-5 RC Design: Parametri per la verifica agli SLE	81
8-6 RC Design: Concrete Code Design	82
8-7 RC Design: Concrete Code Check (Strenght)	83
8-8 RC Design: Concrete Code Check (Graphic – Detail)	84
8-9 RC Design: Concrete Code Check (Serviceability)	86
9 PROCEDURE OF DESIGN AND CHECK _____	88
10 BIBLIOGRAFIA _____	89

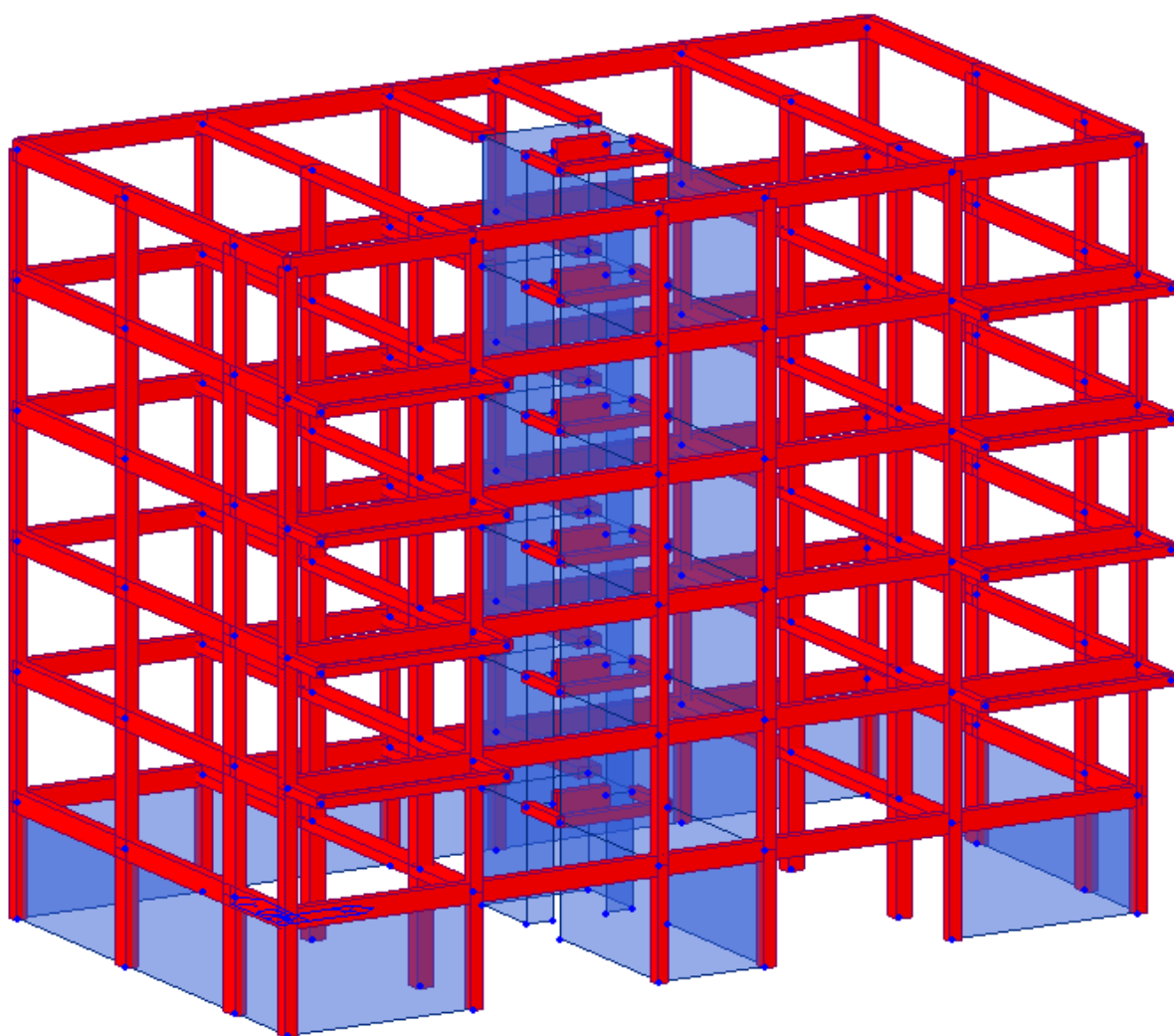
Introduzione

Scopo del presente manuale è fornire al lettore una metodologia di approccio alla moderna progettazione strutturale con l'ausilio delle tecnologie offerte dal software MIDAS GEN. L'obiettivo che si pone questo libro è di rendere realmente operativo in pochi giorni un qualsiasi utente che non dispone necessariamente a priori di conoscenze del software MIDAS GEN, fornendo indicazioni sul corretto modo di operare e sulle ulteriori possibilità offerte dal software.

Questo libro, pur approfondendo molti dettagli, non fornisce tutte le informazioni relative alle varie funzioni, ma solamente le principali, e non vuole sostituire l'estesa manualistica fornita in dotazione al software.

Il testo è utile sia al cliente sia a coloro che per la prima volta si avvicinano al software MIDAS GEN nonché allo studente che, uscendo dall'università, è pronto ad entrare in un mondo del lavoro dove è ormai consolidata la progettazione strutturale con l'ausilio di software.

1-1 Modellazione FEM: Introduzione Struttura

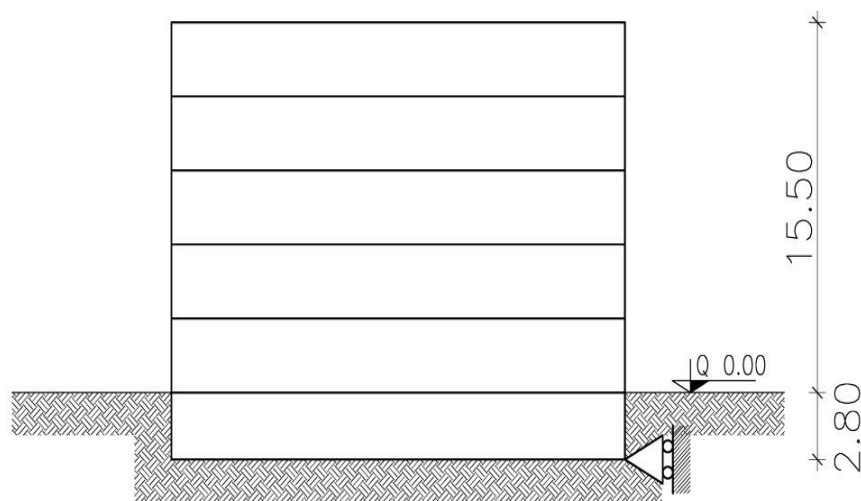
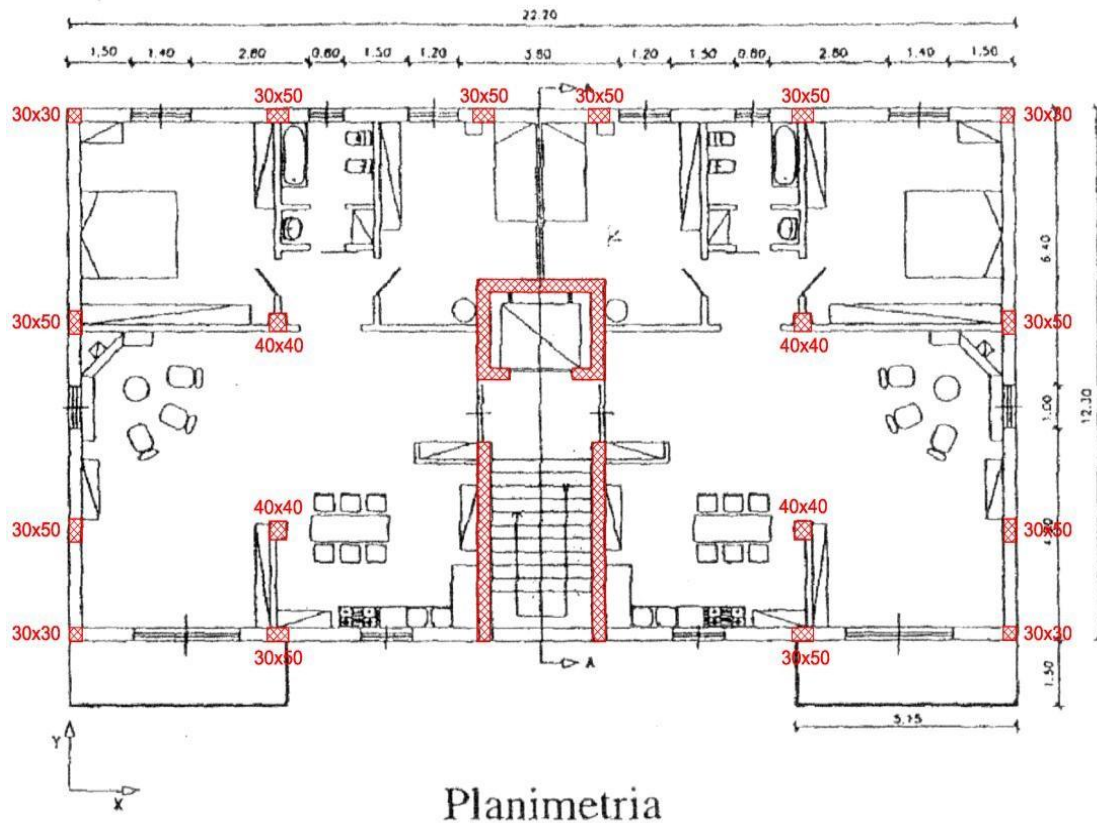


Civile abitazione – struttura in c.a.

5 piani fuori terra – 1 piano interrato

Zona 2 – $a_g=0.25g$ Suolo B

1-1 Modellazione FEM: Introduzione Struttura



Definizione della pianta di piano terra e prospetto altimetrico dell'edificio in esame.

1-2 Modellazione FEM: Definizione dei materiali

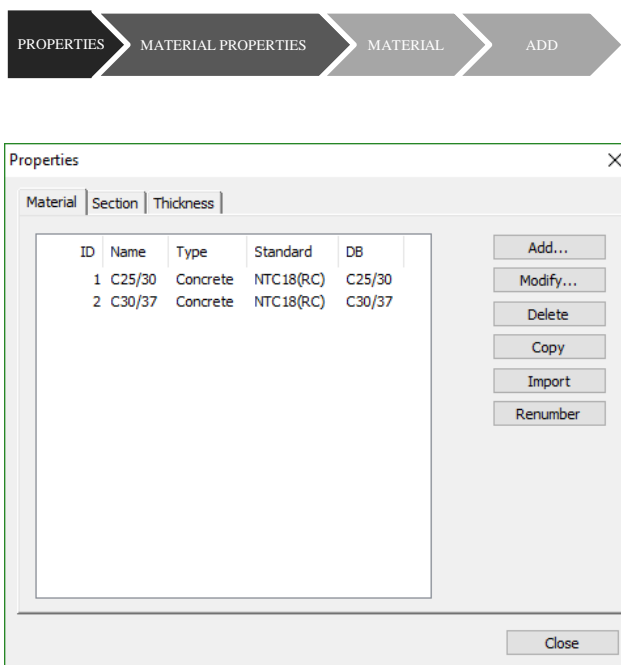


Tabella materiali

Material ID: 1, Name: C25/30

Type of Design: Concrete

Type of Material: ☒ Isotropic, ☐ Orthotropic

Steel Standard: [dropdown], DB: [dropdown], Product: [dropdown]

Concrete Standard: NTC18(RC), Code: [dropdown], DB: C25/30

Steel Modulus of Elasticity: 0.0000e+000 kN/m², Poisson's Ratio: 0, Thermal Coefficient: 0.0000e+000 1/[F], Weight Density: 0 kN/m³, ☐ Use Mass Density: 0 kN/m³/g

Plasticity Data: Plastic Material Name: NONE

Inelastic Material Properties for Fiber Model: Concrete: None, Rebar: None

Thermal Transfer: Specific Heat: 0 Btu/kN*[F], Heat Conduction: 0 Btu/m*hr*[F], Damping Ratio: 0.05

Tabella parametrismateriali

Definizione e inserimento dei parametri dei materiali nell' apposita tabella; i materiali verranno in seguito utilizzati nell'analisi della costruzione.

I parametri relativi ad entrambi i materiali vengono inseriti in automatico a partire dalle librerie già presenti nel software.

Material ID 1:

Calcestruzzo da NTC 18

Concrete : C25/30

Material ID 2:

Calcestruzzo da NTC 18

Concrete : C30/37

1-3 Modellazione FEM: Definizione delle sezioni (Pilastrì)

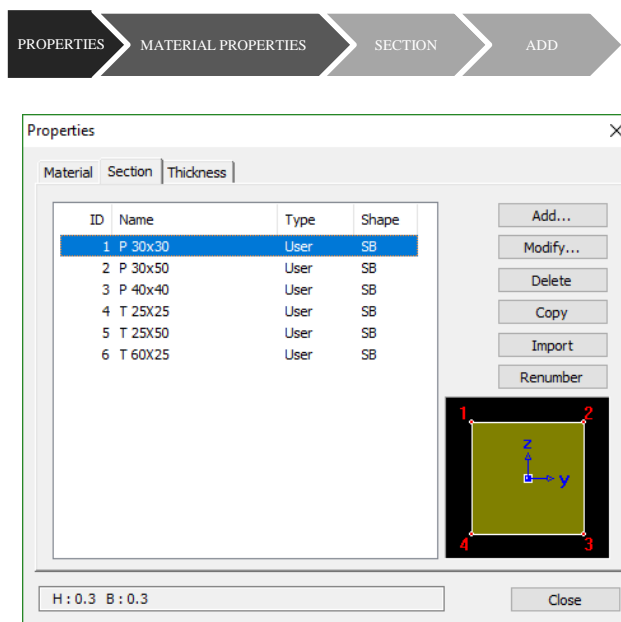


Tabella sezioni

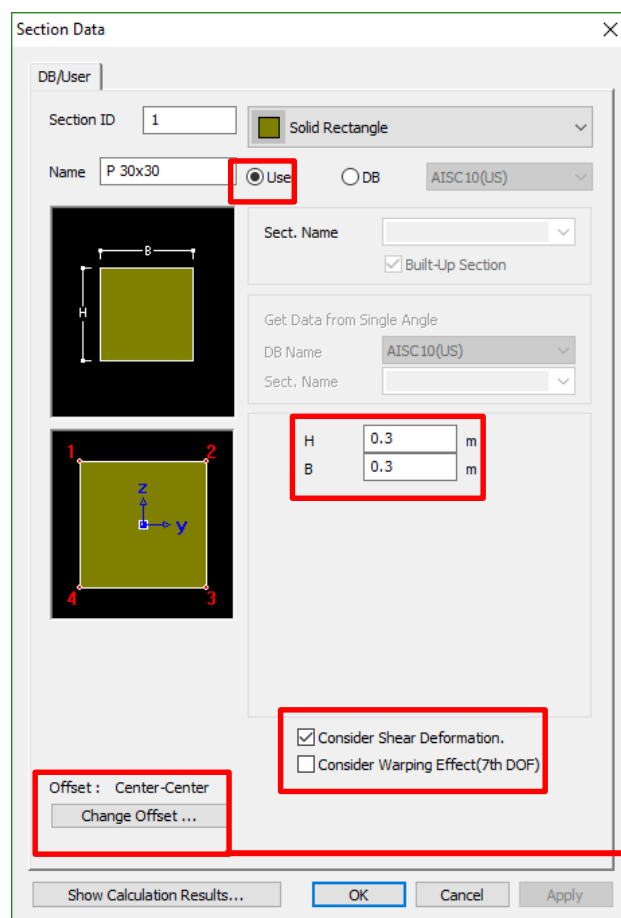


Tabella parametrisezioni

Definizione e inserimento delle sezioni dei pilastri dal database presente in Midas Gen.

Per le sezioni in acciaio si fanno riferimento ai profili UNI.

In particolare per una sezione rettangolare in c.a. è possibile inserire manualmente (User) i valori di B e H; il programma calcola automaticamente le proprietà geometriche della sezione.

Lista sezioni pilastri:

P 30 x 30 cm

P 30 x 50 cm

P 40 x 40 cm

NOTA 1:

E' possibile considerare o meno la deformazione a taglio della sezione:

☒ Consider Shear Deformation.

Modello di Timoshenko

$$N = EA\varepsilon \quad T = GA^*\gamma \quad M = EJ\chi$$

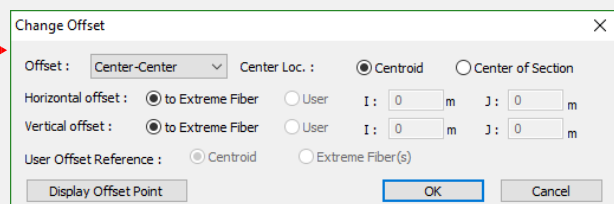
☐ Consider Shear Deformation.

Modello di Eulero-Bernoulli

$$N = EA\varepsilon \quad \gamma = 0 \quad M = EJ\chi$$

NOTA 2:

E' inoltre possibile assegnare un offset tra asse geometrico della sezione e asse dell' elemento finito:



1-4 Modellazione FEM: Definizione delle sezioni (Travi)

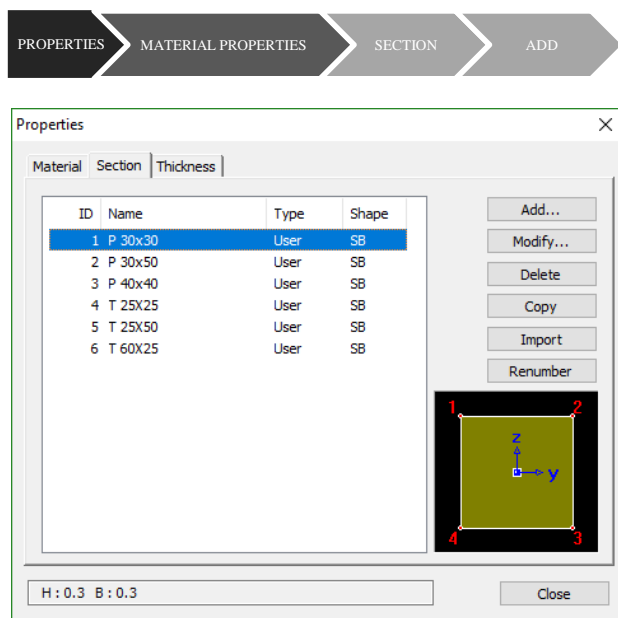


Tabella sezioni

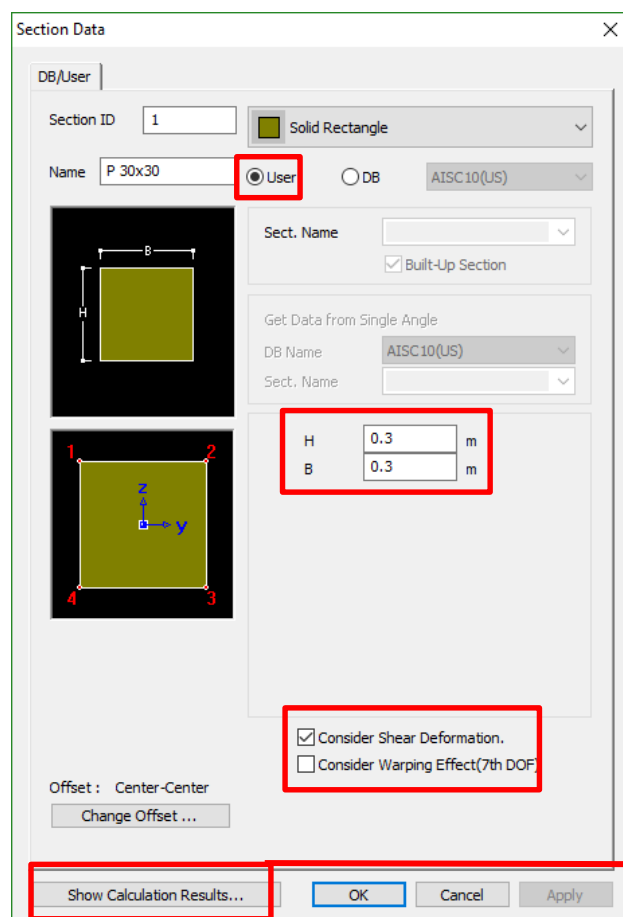


Tabella parametrisezioni

Definizione e inserimento delle sezioni delle travi in Midas Gen.

Lista sezioni travi:

T 25 x 25 cm
P 25 x 50 cm
P 60 x 25 cm

In particolare per una sezione rettangolare in c.a. è possibile inserire manualmente (User) i valori di B e H. Il programma calcola automaticamente le proprietà geometriche della sezione.

Section Properties		
	Value	Unit
Area	9.000000e-002	m ²
Asy	7.500000e-002	m ²
Asz	7.500000e-002	m ²
Ixx	1.139063e-003	m ⁴
Iyy	6.750000e-004	m ⁴
Izz	6.750000e-004	m ⁴
Cyp	1.500000e-001	m
Cym	1.500000e-001	m
Czp	1.500000e-001	m
Czm	1.500000e-001	m
Qyb	1.125000e-002	m ²
Qzb	1.125000e-002	m ²
Peri:O	1.200000e+000	m
Peri:I	0.000000e+000	m
Center:y	1.500000e-001	m
Center:z	1.500000e-001	m
y1	-1.500000e-001	m
z1	1.500000e-001	m
y2	1.500000e-001	m
z2	1.500000e-001	m
y3	1.500000e-001	m
z3	-1.500000e-001	m
y4	-1.500000e-001	m
z4	-1.500000e-001	m

Tabella proprietà geometriche sezione

1-5 Modellazione FEM: Definizione delle sezioni (Setti)

PROPERTIES MATERIAL PROPERTIES THICKNESS ADD

Properties

Material Section Thickness

ID	Type	Thickness(m)	Offset
1	Value	0.300000	No

Add...
Modify...
Delete
Copy
Import
Renumber

Close

Tabella spessore setti

Thickness Data

Value Stiffened

Thickness ID 1

☒ In-plane & Out-of-plane 0.3 m

☐ In-plane 0 m

Out-of-plane 0 m

☐ Plate Offset

☒ Thickness Ratio

Local z 0

☐ Value

Local z 0 m

Offset Distance

Show Calculation Result... OK Cancel Apply

Definizione spessore setti

☒ In-plane & Out-of-plane 0.3 m

☒ In-plane 0.3 m

Out-of-plane 0.2 m

Definizione e inserimento dello spessore dei setti in Midas Gen. Per modellare i setti si utilizzano "wall element".

NOTA 1: Per la definizione dei "wall element" si veda Pag.53 – Analysis reference

Spessori setti:

$$S = 0.30 \text{ m}$$

Il software utilizza lo stesso spessore per calcolare sia la rigidità flessionale che membranale

E' possibile distinguere la rigidità flessionale da quella membranale inserendo 2 diversi valori di spessore.

1-6 Modellazione FEM: Importazione file DXF

FILE

IMPORT

AUTOCAD
DXF FILE

Import DXF File

DXF File Name : Browse...

All Layers ☒ Selected Layers

Import : ☐ Node ☒ Node & Element

Numbering

Start Node Number : 221 ...

Start Element Number : 389 ...

Properties

Matl. 1 1: C25/30 ...

Sect. 1 1: P 30x30 ...

THK. 1 1: 0.3000 ...

Scale and Origin

Scale Factor : 1

Origin Point : 0, 0, 0

Rotation Angle

Rx 0 Ry 0 Rz 0

Tolerance

☒ Merge Duplicate Nodes ...

☒ Intersect Frame Elements ...

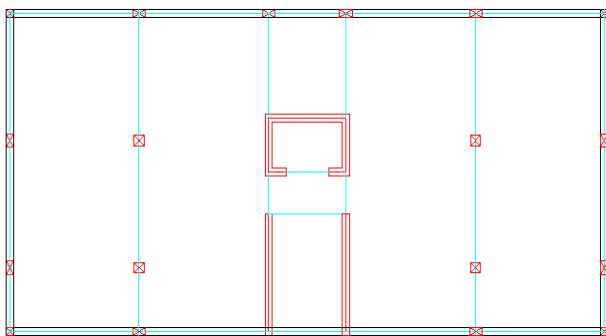
OK Close Apply

Importazione file .DXF

NODE/ELEMENT

EXTRUDE ELEMENT

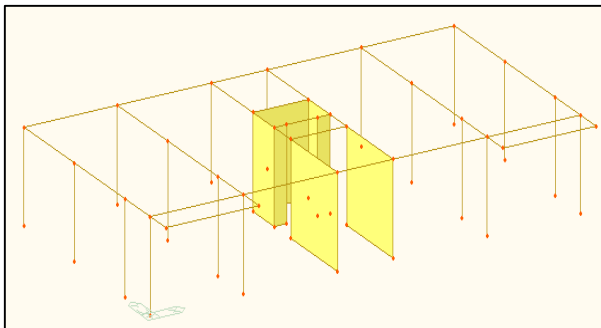
APPLY



File AutoCAD .DXF



Primo piano dell'edificio



Tramite disegno CAD formato .DXF è possibile importare automaticamente la geometria (nodi ed elementi) della pianta di un piano tipo dell'edificio, per individuare la posizione di pilastri e setti.

NOTA:

E' possibile selezionare i layer da importare da CAD in Midas Gen e assegnare rispettivamente materiale, sezione e spessore.

Particolare importanza si ha nel specificare il punto di origine di inserimento del modello e fattore di scala che deve essere coerente con il sistema di riferimento in Midas Gen.

Tramite il comando "Extrude element" è successivamente possibile estrarre i nodi in line element (beam) e i line element in planar element (wall o plate).

Tree Menu

Node Element Boundary Mass Load

Extrude Elements

Start Number

Node Number : 881 ...

Element Number : 1014 ...

Extrude Type

Node -> Line Element

Source ☒ Remove ☐ Move

☐ Reverse I-J

Element Attribute

Element Type: Beam

Material : 1 1: C25/30 ...

Section : 1 1: P 30x30 ...

Beta Angle : 0 [Deg]

Generation Type

☒ Translate ☐ Rotate ☐ Project

Translation

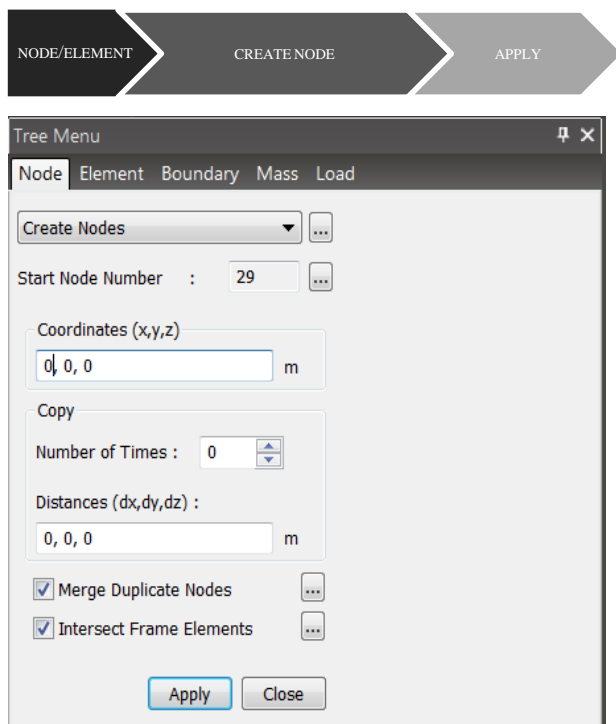
☒ Equal Distance ☐ Unequal Distance

dx,dy,dz: 0, 0, 0 m

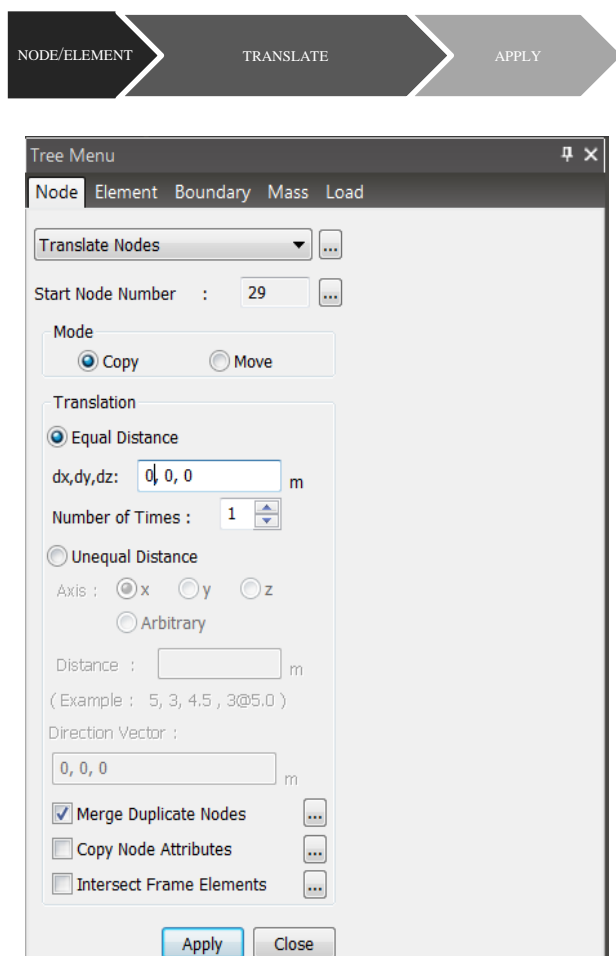
Number of Times : 1

Tree Menu Task Pane

1-7 Modellazione FEM: Creazione di nodi



Create Nodes



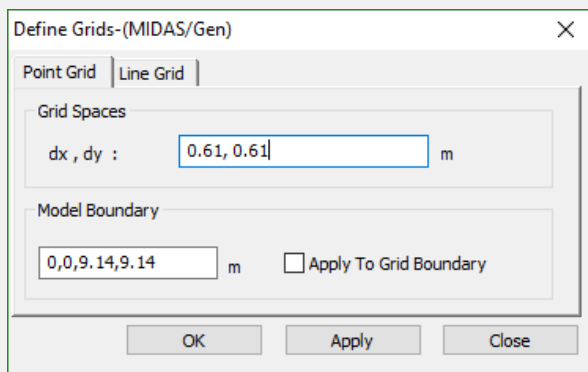
Translate nodes

Nel seguente esempio si decide di affrontare la modellazione tramite l'inserimento manuale delle coordinate dei nodi che fanno riferimento al GCS (global coordinate system).

NOTA 1:

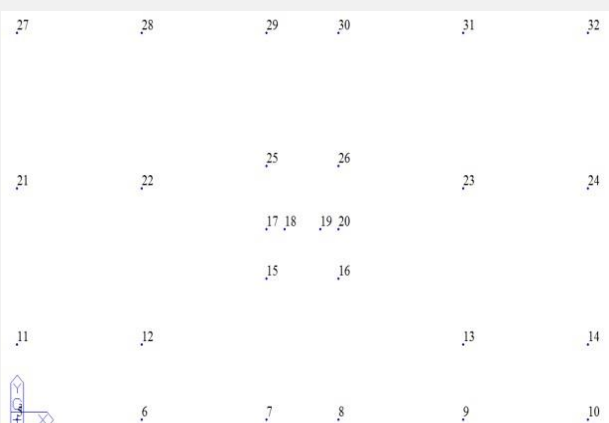
Nel caso di nodi posizionati a intervalli regolari è di aiuto nella modellazione definire una griglia di punti, tramite il comando:

Structure/Grids/Define point grid/apply



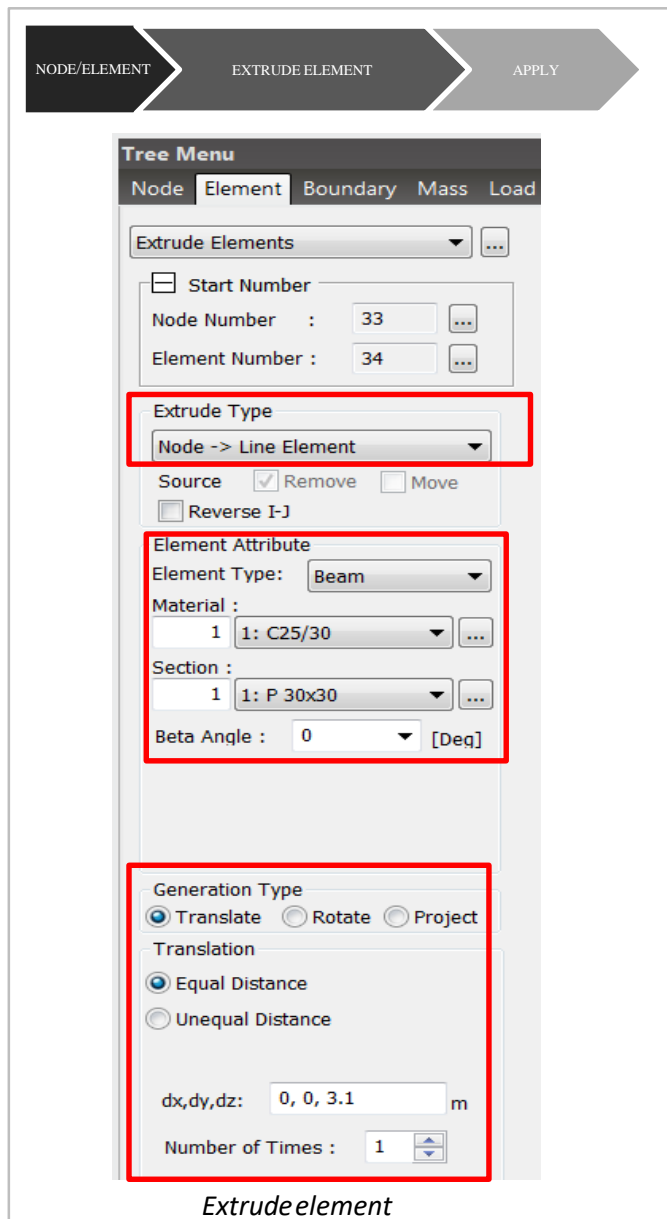
NOTA 2:

Utilizzando il comando **“Translate Nodes”** è possibile copiare o muovere i nodi selezionati specificando una distanza. Lo stesso comando esiste anche per gli elementi.



Creazione dei Nodi

1-8 Modellazione FEM: Creazione dei pilastri



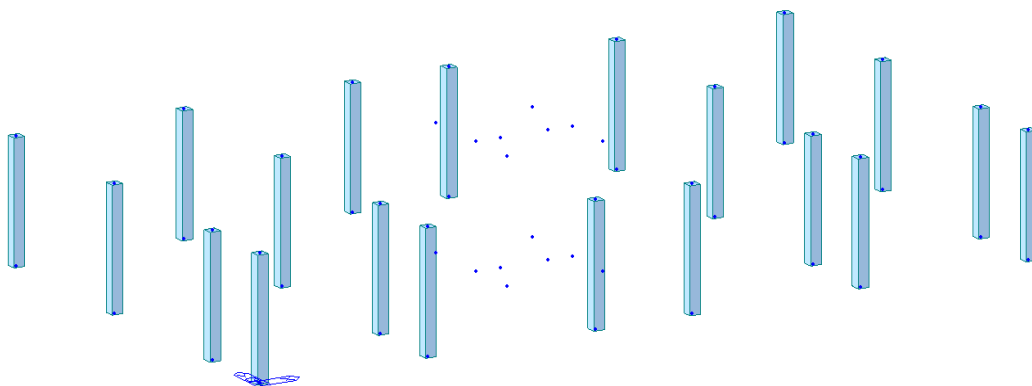
Definita la posizione dei nodi si procede alla creazione dei pilastri del solo piano terra tramite estrusione dei nodi in elementi beam.

NOTA 1:

Si andranno ad estrarre in elementi beam verticali solo i nodi che rappresentano la posizione dei pilastri, mentre i nodi che rappresentano la posizione dei setti verranno copiati a quota $z = 3.1$ m, per poter poi creare successivamente le travi di piano.

NOTA 2:

Dal tree menu/works tramite “drag and drop” è possibile andare a selezionare i pilastri e assegnare la corretta sezione precedentemente definita.



Di default il programma considera elementi “column” tutti quelli con orientamento verticale ed elementi “beam” quelli orizzontali.

1-9 Modellazione FEM: Creazione delle travi di piano

NODE/ELEMENT CREATE ELEMENT GENERAL BEAM APPLY

Tree Menu
Node Element Boundary Mass Load

Create Elements

☐ Start Number
Node Number : 33
Element Number : 37

Element Type
General beam/Tapered beam

Material
No. 1 Name 1: C25/30

Section
No. 4 Name 4: T 25X25

Orientation
☒ Beta Angle ☐ Ref. Point
☐ Ref. Vector
0 [deg]

Nodal Connectivity
21, 22 ☒ Ortho
x,y,z En

Intersect: ☒ Node ☒ Elem

☐ Create intersecting Nodes

Apply Close

Create element – generalbeam

Si procede alla creazione delle travi di piano tramite il comando **create elements**.

NOTA 1:

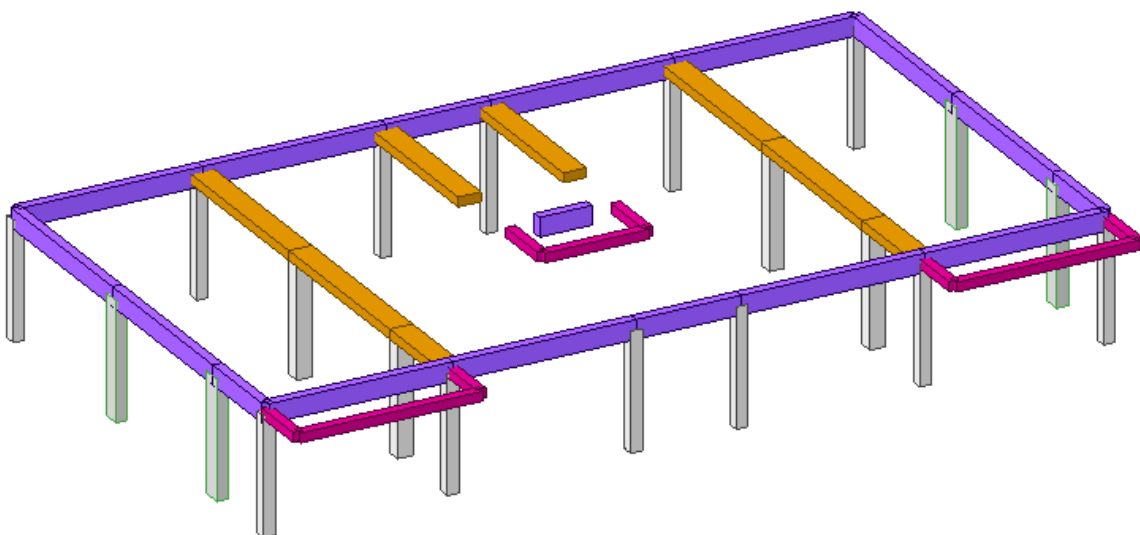
Da **display/element/localaxis** è possibile visualizzare gli assi locali di ogni singolo elemento.

NOTA 2:

Dal **tree menu/works** tramite drag and drop è possibile andare a selezionare le travi e modificare la sezione precedentemente definita.

NOTA 3:

Da **display option/draw/element color** è possibile assegnare diversi colori agli elementi in base alla **tipologia strutturale, al materiale o alla sezione**.



1-10 Modellazione FEM: Creazione degli elementi wall

NODE/ELEMENT

CREATE ELEMENT

WALL

Tree Menu

Node | Element | Boundary | Mass | Load

Create Elements

☐ Start Number

Node Number : 221

Element Number : 399

Element Type

Wall

Sub Type: ☒ Membrane ☐ Plate

Wall Type: ☒ Plate base ☐ CRB

Wall ID : Auto Inc. 11

Node Connect : ☒ Pin ☐ Fixed

Material

No. 2 Name 2: C30/37

Thickness

No. 1 Thickness 1: 0.3000

Orientation

☒ Beta Angle ☐ Ref. Point

☐ Ref. Vector

0 [deg]

Nodal Connectivity

155, 149, 181, 187 ☐ Ortho

X,Y,Z

Intersect: ☒ Node ☒ Elem

☐ Create Intersecting Nodes

Create element - wall

Si procede alla creazione degli elementi **WALL**.

Nota:

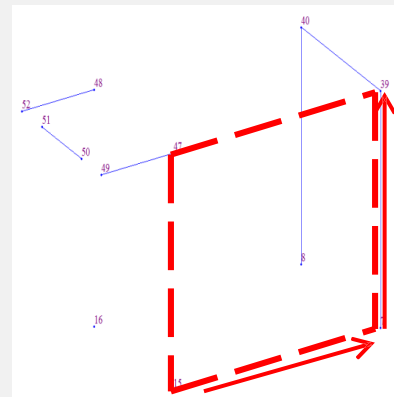
Per la creazione degli elementi wall si seleziona il primo nodo in basso a sinistra e si procede in senso antiorario.

Subtipo:

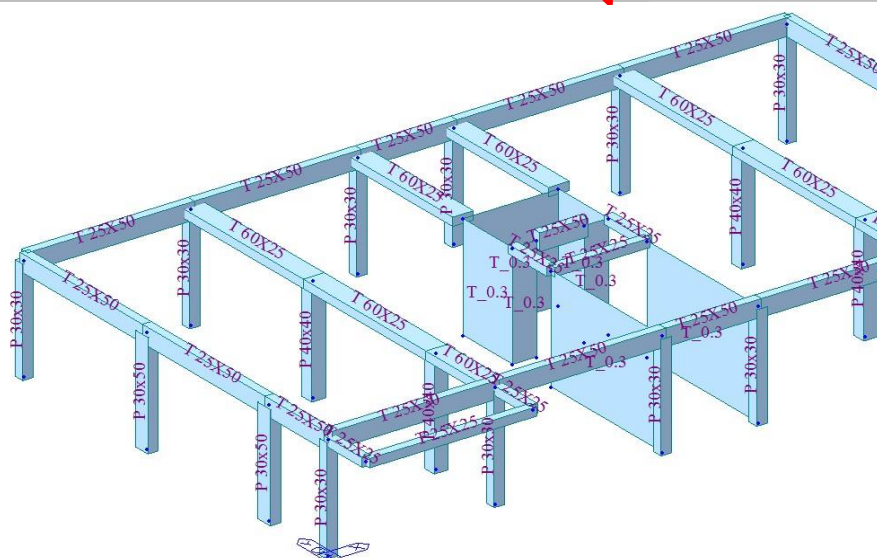
•**Membrane:** L'elemento wall possiede una rigidità solo membranale trascurando quella flessionale (labile fuori piano).

•**Plate base:** L'elemento oltre che rigidità membranale possiede anche rigidità fuori piano.

L'elemento wall deve andare da piano a piano, più precisamente da story a story.



Creazione elemento wall



Display

Load | View | Design

Node | Element | Property | Boundary | Misc

☐ Material Number

☐ Material Name

☒ Property Number

☐ Property Name

☐ Section Shape

☐ Tapered Section Group

☐ Inelastic Hinge Symbol

☐ Inelastic Hinge Name

☐ Display by Group

☐ Display by Selection

☒ Display by Member

☐ Hidden Labels

STRUCTURE

BUILDING

BUILDING
GENERATION

Tree Menu

Building Generation

Start Node Number : 193

Start Element Number : 313

Building Generation

Number of Copies : 4

Distance(Global Z): 3.1 m

Material Inc. : 0

Column Section Inc. : 0

Beam Section Inc. : 0

Brace Section Inc. : 0

Wall Thickness Inc. : 0

Operations

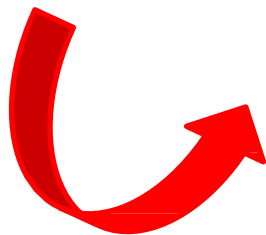
Add

Modify

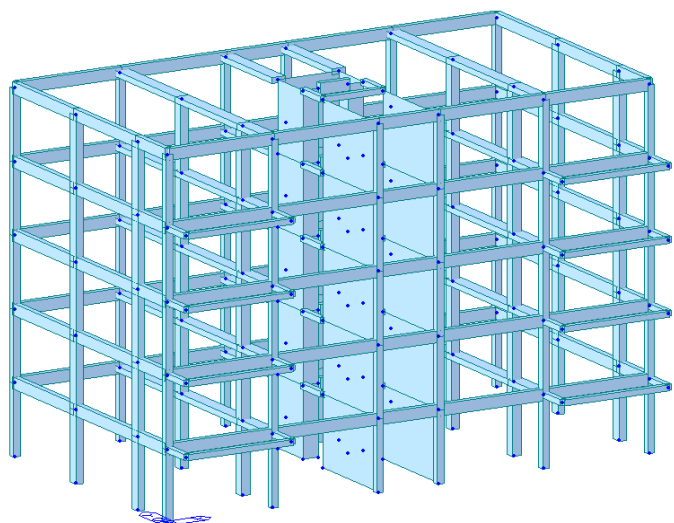
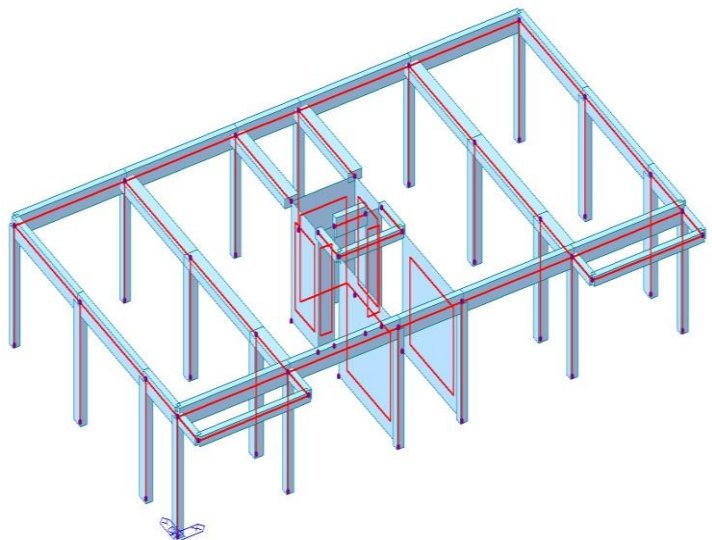
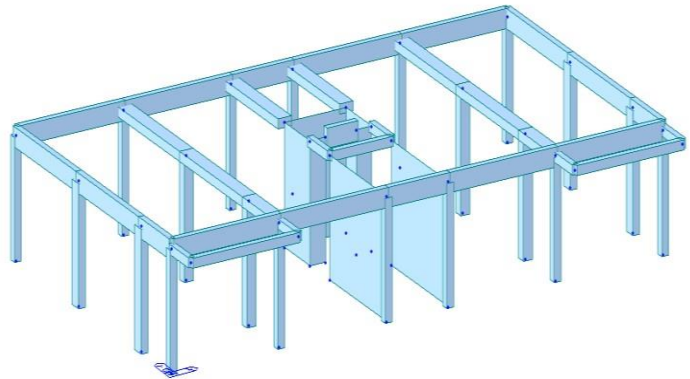
Delete

Copy	Dist.(m)	Mat.	Col.	Bea
4	3.1	0	0	0

Building generation



Building generation (creazione multipla di piani): il comando permette di copiare in serie i piani con le relative caratteristiche di proprietà: materiale, sezione, carichi e condizioni al contorno.



1-11 Modellazione FEM: Building generation

STRUCTURE
BUILDING
BUILDING GENERATION

Tree Menu

Building Generation

Start Node Number : 221 ...
 Start Element Number : 383 ...
 Building Generation

Number of Copies : 1
 Distance(Global Z): -2.8 m

Material Inc. : 0
 Column Section Inc. : 0
 Beam Section Inc. : 0
 Brace Section Inc. : 0
 Wall Thickness Inc. : 0

Operations

Add
Modify
Delete

Copy	Dist.(m)	Mat.	Col.	Beam
4	3.1	0	0	0
1	-2.8	0	0	0

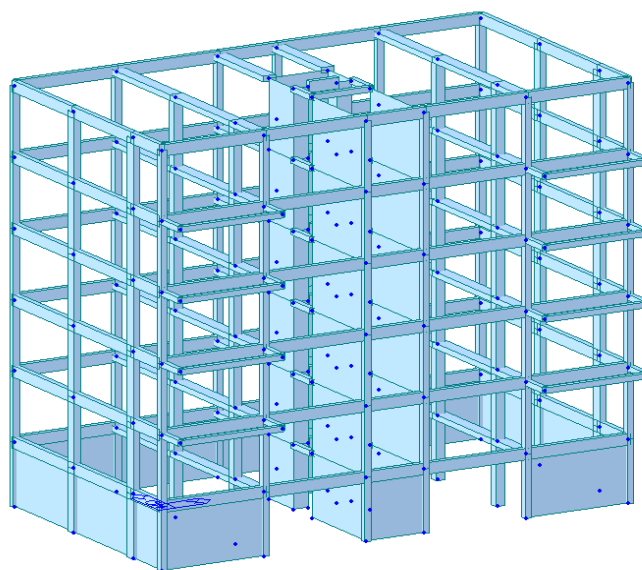
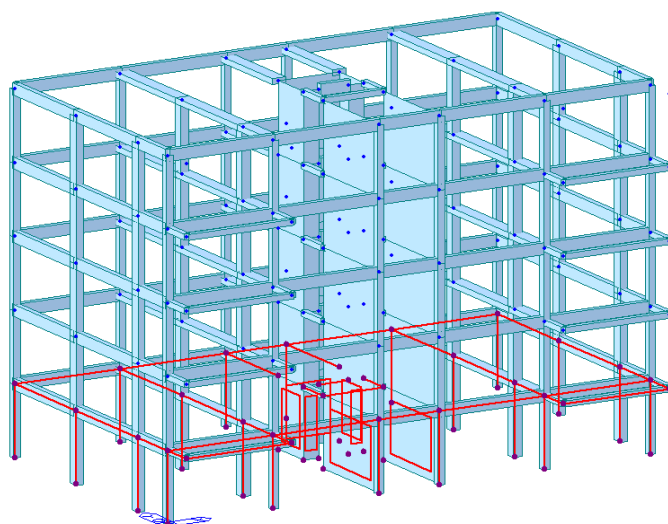
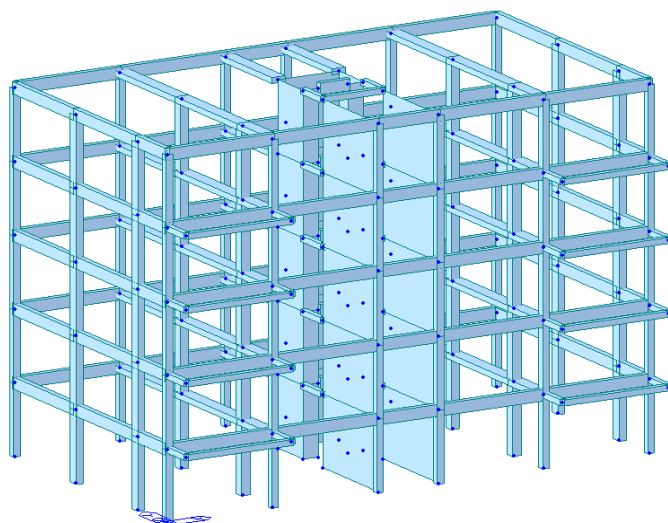
Building Generation Table

☒ Copy Node Attributes ...
 ☒ Copy Element Attributes ...
 ☒ Copy Building Attributes ...

Merging Tolerance

Apply
Close

Building generation



Nel piano interrato vengono inoltre inseriti elementi wall come mostrato in figura.

1-12 Modellazione FEM: Passaggio da Wall a Plate

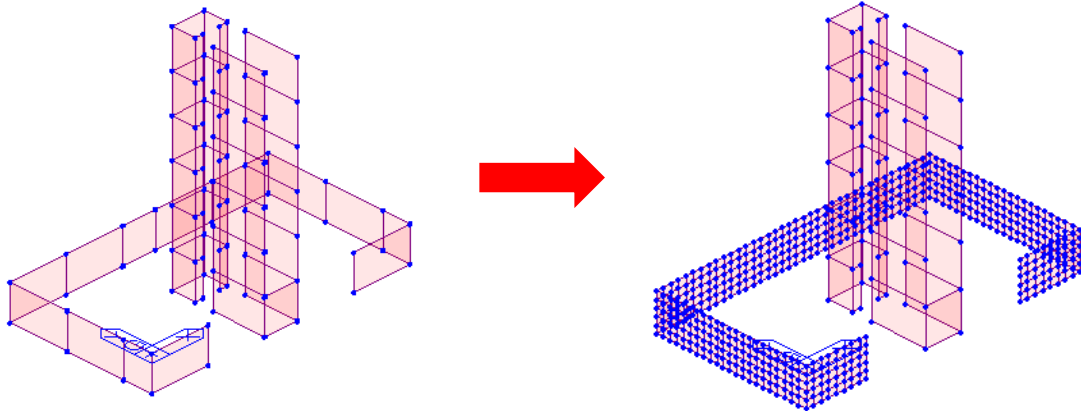
NODE/ELEMENT

CHANGE PARAMETERS

NODE/ELEMENT

AUTO-MESH

Trasformazione degli elementi wall seminterrati in elementi plate meshati.



Tree Menu

Node Element Boundary Mass Load

Change Element Parameters

☐ Start Number

Node Number : 221

Element Number : 389

Parameter Type

☐ Material ID

☐ Section ID

☐ Thickness ID

☐ Wall ID

☐ Element Local Axis

☒ Element Type

☐ Reverse Element Local

☐ Align Element Local

Mode

From : Wall

To : Plate

Type : ☒ Thick ☐ Thin

☐ With Drilling DOF

Apply Close

Tree Menu

Mesh

Auto-mesh Planar Area

Mesh

Method Planar Elements

367to370 374to382

Type Quadrilateral

☐ Mesh Inner Domain

☒ Include Interior Nodes

☒ Auto ☐ User

☒ Include Interior Lines

☒ Auto ☐ User

☒ Include Boundary Connectivity

Mesh Size

☒ Length ☐ Div. 0.6 m

Property

Element Type Axisymme

Material 1 1: C25/30

Thickness 1 1: 0.3000

Domain

Name 1

☐ Delete Boundary Line Elem.

☒ Subdivide Boundary Line Elem.

Apply Close

1-13 Modellazione FEM: Definizione dei piani rigidi

STRUCTURE TYPE STRUCTURE TYPE

Structure Type

Structure Type

☒ 3-D ☐ X-Z Plane ☐ Y-Z Plane ☐ X-Y Plane ☐ Constraint RZ

Mass Control Parameter

☒ Lumped Mass

☐ Consider Off-diagonal Masses

☐ Considering Rotational Rigid Body Mode for Modal Participation Factor

☐ Consistent Mass

☒ Convert Self-weight into Masses

☐ Convert to X, Y, Z ☒ Convert to X, Y ☐ Convert to Z

Gravity Acceleration : 9.806 m/sec²

Initial Temperature : 0 [F]

☐ Align Top of Beam Section with Floor (X-Y Plane) for Panel Zone Effect / Display

☐ Align Top of Slab(Plate) Section with Floor (X-Y Plane) for Display

OK Cancel

E' necessario indicare il tipo di struttura, in questo caso 3D, e la trasformazione del peso proprio degli elementi in masse nodali applicate ai nodi (lumped mass), in questo caso le masse avranno proprietà inerziali di tipo traslazionali nel solo piano x-y.

NOTA: L'allineamento di beam o plate indicato in basso è solo un'opzione grafica e non va a modificare lo schema strutturale.

STRUCTURE CONTROL DATA STORY

View/Display/Boundary/
Story Diaphragm

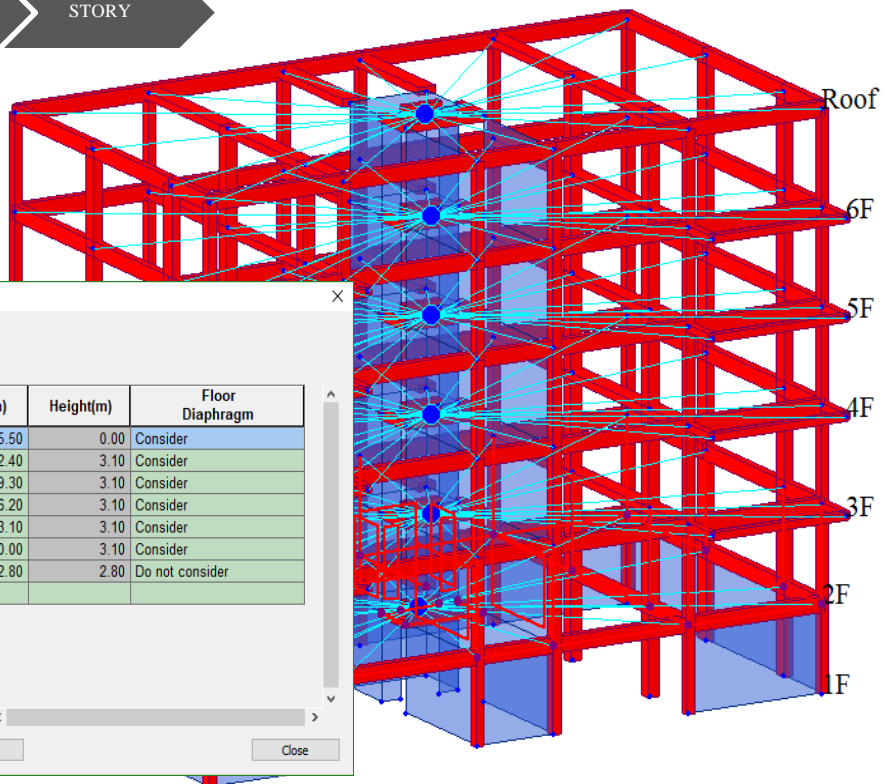
Story Data

Ground Level: 0 m

	Module Name	Story Name	Level(m)	Height(m)	Floor Diaphragm
▶	Base	Roof	15.50	0.00	Consider
	Base	6F	12.40	3.10	Consider
	Base	5F	9.30	3.10	Consider
	Base	4F	6.20	3.10	Consider
	Base	3F	3.10	3.10	Consider
	Base	2F	0.00	3.10	Consider
	Base	1F	-2.80	2.80	Do not consider
*					

Story / Wind / Seismic /

Auto Generate Story Data... Define Module... Close



Definizione dei livelli della struttura necessari per la definizione dei lateral load. Alla voce "Floor Diaphragm" è inoltre possibile definire piano rigido (Consider) o piano flessibile (Do not consider).

STRUCTURE

BUILDING

CONTROL
DATA

Building Control

☐ Use Ground Level
Ground Level : 0 m

☒ Consider Mass below Ground Level for Eigenvalue Analysis

☒ Story Shear Force Ratio

☐ Consider Wind and Seismic Loads for Flexible Floors

☒ Eccentricity Ratio

Story Center (Mass/Load)

☒ Use Mass ☐ Use Axial Force ☐ Use Shear Force

Story Stiffness Center

X-Directional Load Case : sisma stat x

Y-Directional Load Case : sisma stat y

☐ Story Response of Time History Results

☒ Story Center

☐ Story Average

☐ Story Drift by Maximum of Vertical Elements

OK Cancel

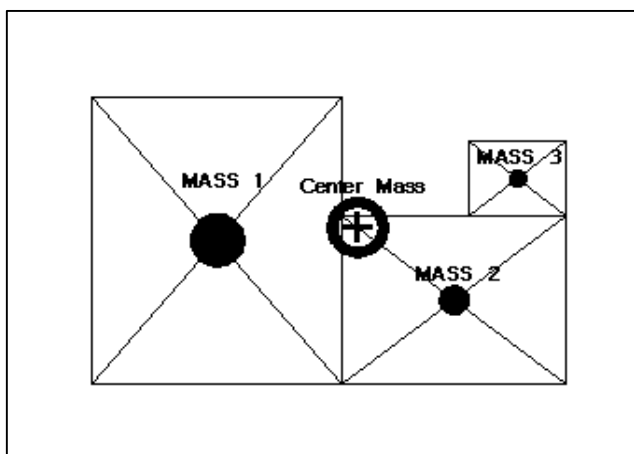
NOTA 1:

Consider Mass below Ground Level for Eigenvalue Analysis:

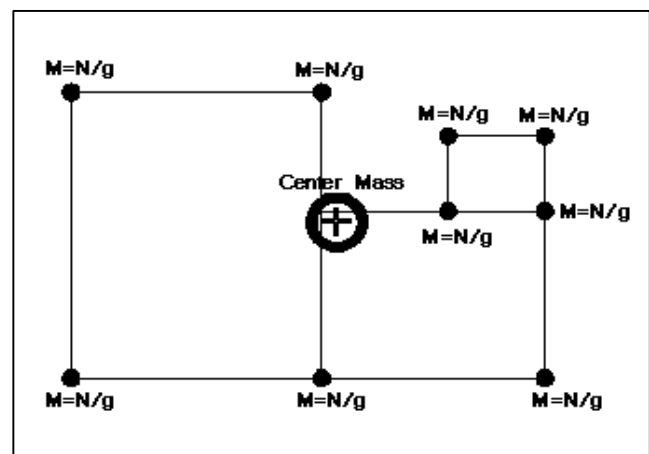
Esclude dall'analisi modale le masse al di sotto del livello considerato (Ground Level).

NOTA 2:

Story Shear Force Ratio: Calcolo delle forze di taglio per piano. Utilizzate in seguito per le verifiche sismiche.



Story Center – Use Mass



Story Center – Use Axial Force

STRUCTURE

BUILDING

CONTROL
DATA

Building Control

☐ Use Ground Level
Ground Level : 0 m

☒ Consider Mass below Ground Level for Eigenvalue Analysis

☒ Story Shear Force Ratio

☐ Consider Wind and Seismic Loads for Flexible Floors

☒ Eccentricity Ratio

Story Center (Mass/Load)

☒ Use Mass ☐ Use Axial Force ☐ Use Shear Force

Story Stiffness Center

X-Directional Load Case : sisma stat x ...

Y-Directional Load Case : sisma stat y ...

☐ Story Response of Time History Results

☒ Story Center

☐ Story Average

☐ Story Drift by Maximum of Vertical Elements

OK Cancel

Story Center (Mass/Load):

Calcolo del centro di massa per ogni piano.

Calcolo del centro di rigidezza in base a una coppia di forze orizzontali tra loro ortogonali.

Story Stiffness Center:

Il CR deve essere calcolato secondo l'effettiva rigidezza alla traslazione degli elementi verticali. Il programma quindi richiede di due sistemi di forze orizzontali ed ortogonali tra di loro per calcolarlo.

Con questo sistema si calcola il CR secondo l'inerzia della sezione, la lunghezza effettiva dell'elemento frame e il grado di vincolo.

Possiamo visualizzare la posizione del centro di massa e del centro di rigidezza utilizzando il comando **Result/Result Tables/Story Eccentricity**

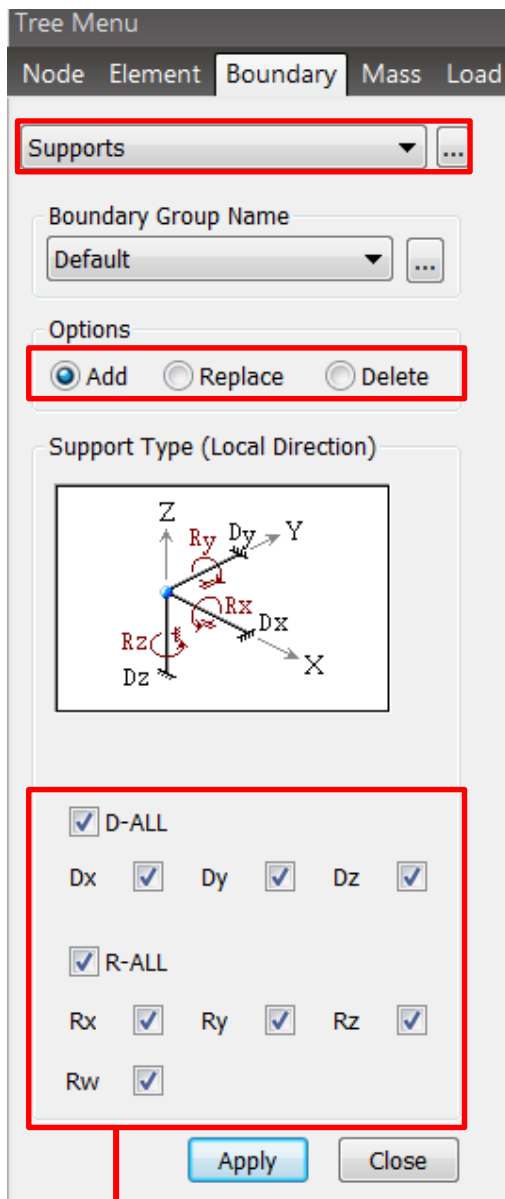
	Story	Level (m)	Weight Center		Stiffness Cent		Ecc. Dist.		Torsional Stiffness (kN*m)	El. Radius		Ecc. Ratio	
			X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)		X (m)	Y (m)	X	Y
►	Roof	15.50	10.98	5.92	11.11	6.27	0.14	0.35	1.43e+007	11.03	6.77	0.03	0.02
	6F	12.40	10.74	5.54	10.96	7.09	0.23	1.55	1.32e+007	7.09	4.33	0.22	0.05
	5F	9.30	10.74	5.54	10.95	7.20	0.21	1.65	1.46e+007	6.15	3.70	0.27	0.06
	4F	6.20	10.74	5.54	10.94	7.40	0.20	1.86	1.56e+007	5.39	3.18	0.35	0.06
	3F	3.10	10.74	5.54	10.93	7.20	0.20	1.66	2.27e+007	5.02	2.90	0.33	0.07
	2F	0.00	10.77	6.00	10.96	7.69	0.20	1.69	5.68e+009	8.89	11.07	0.19	0.02
	1F	-2.80	10.98	6.36	0.00	0.00	10.98	6.36	0.00e+000	0.00	0.00	0.00	0.00

1-15 Modellazione FEM: Definizione dei vincoli

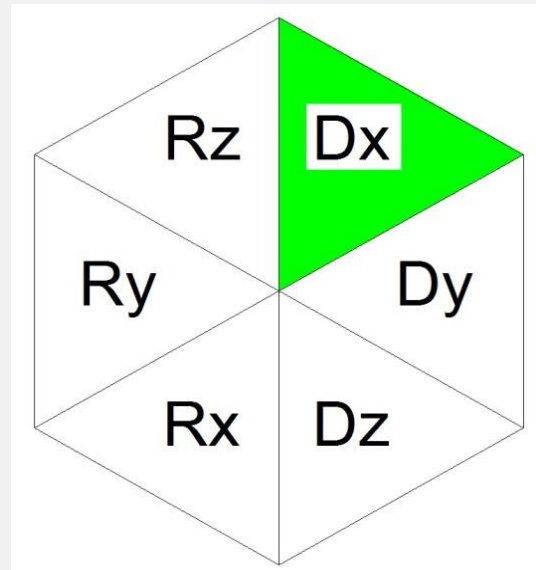
BOUNDARY

DEFINE SUPPORTS

ADD

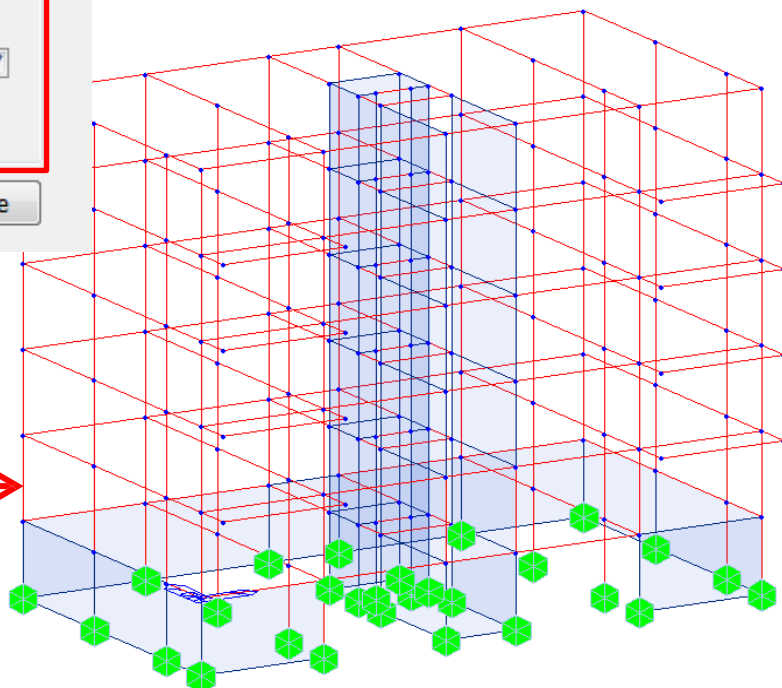


Si procede all'assegnazione dei vincoli, considerando la struttura incastrata alla base.



Rappresentazione grafica dei vincoli. Ogni spicchio colorato (verde) corrisponde ad un g.d.l. vincolato.

Define supports



Assegnazione dei vincoli: Incastro perfetto

2-1 Assegnazione dei carichi: Definizione casi di carico

LOAD → CREATE LOAD CASES → STATIC LOAD CASES → APPLY

Static Load Cases

Name : Add

Type : Modify

Description : Delete

No	Name	Type	Description
1	Gk1	Dead Load (D)	carichi permanenti strutturali
2	Gk2	Dead Load (D)	carichi permanenti non strutturali
3	Qk1	Live Load (L)	accidentale civile abitazione
4	Qk2	Live Load (L)	accidentale scale-balconi
5	Qkn	Snow Load (S)	carico neve
6	Tamp	Dead Load (D)	tamponamenti esterni
7	sisma stat x	Earthquake (E)	in dir x
8	sisma stat y	Earthquake (E)	in dir y
9	Vento x	Wind Load on Structure (W)	in dir x
10	Vento y	Wind Load on Structure (W)	in dir y

Close

Definizione dei casi di carico

Tree Menu

Node Element Boundary Mass Load

Self Weight

Load Case Name

Gk1

Load Group Name

Default

Self Weight Factor

Wgt. Z

Wgt. Y

Wgt. X

X

Y

Z

0

0

0

Load Case	X	Y	Z	Group
Gk1	0	0	-1	Default

Operation

Add Modify Delete

Close

Self Weight

Si procede all'assegnazione dei carichi nel modello.

Definizione dei casi di carico

Carichi statici : NTC 18 cap. 3 azioni sulle costruzioni.

Pesi propri : il programma calcola in maniera automatica il peso proprio degli elementi Gk1 in base ai valori di peso specifico indicati in NTC 18 tab. 3.1.1

Carichi permanenti: peso solai Gk2 cap. 3.1.3

Carichi accidentali: Carichi verticali uniformemente distribuiti qk in base alla destinazione d'uso definita in NTC 18 tab. 3.1.II, Carico vento NTC 18 cap. 3.3.4.

Sisma statico equivalente: NTC 18 cap. 7.3.3.2.

Assegnazione del peso proprio al modello. E' necessario settare il vettore z come direzione del peso proprio.

2-2 Assegnazione dei carichi: Definizione dei carichi di piano

LOAD

ASSIGN FLOOR LOADS

APPLY

Tree Menu

Node Element Boundary Mass **Load**

Assign Floor Loads

Load Group Name: Default

Floor Load Type

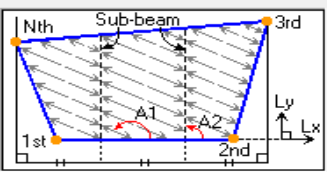
Load Type: **solaio tipo**

Distribution: **One way**

Load Angle(A1): 0 [deg]

☐ Exclude Inner Elem. of Area

☐ Allow Polygon Type Unit Area



Unmodeled Sub-Beam

No. of Sub Beams: 0

Sub-Beam Angle(A2): 90

Unit Self Weight: 0 kN/m

Load Direction & Projection

Load Direction: **Global Z**

Projection: ☐ Yes ☒ No

Description:

Nodes Defining Loading Area: 170

☒ Copy Floor Load

Axis: ☐ x ☐ y ☒ z

Distances: 4@3.1 m

(Example : 5, 3, 4.5, 3@5.0)

☐ Convert to Beam Load Type

Apply Close

Assign floor loads

Floor Load Type

Floor Load Type Name & Description

Name: **solaio tipo**

Description:

Floor Load & Load Case

Load Case	Floor Load	Sub Beam Weight
1. Gk2	-6.5 kN/m ²	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Qk1	-2 kN/m ²	<input type="checkbox"/>
3. NONE	0 kN/m ²	<input type="checkbox"/>
4. NONE	0 kN/m ²	<input type="checkbox"/>
5. NONE	0 kN/m ²	<input type="checkbox"/>
6. NONE	0 kN/m ²	<input type="checkbox"/>
7. NONE	0 kN/m ²	<input type="checkbox"/>
8. NONE	0 kN/m ²	<input type="checkbox"/>

Define Load Case...

Name	Description
solaio tipo	
solaio copertura	
scale	
balconi	
*	

Add Modify Delete

Close

Floor Load Type

NOTA 1:

Si procede all'assegnazione dei carichi di piano come indicato in tabella.

Carichi Permanenti (G_k)		Carichi Variabili (Q_k)	
Solaio tipo:	6,50 kN/m ²	Solaio tipo:	2,00 kN/m ²
Solaio copertura:	6,00 kN/m ²	Scale e pianerottoli:	4,00 kN/m ²
Scale:	8,30 kN/m ²	Solaio copertura:	1,30 kN/m ²
Balconi:	5,55 kN/m ²	Balconi:	4,00 kN/m ²
Tamponam. esterni:	6,25 kN/m		

Tabella: carichi permanenti e accidentali

2-2 Assegnazione dei carichi: Definizione dei carichi di piano

LOAD ASSIGN FLOOR LOADS APPLY

Tree Menu

Node Element Boundary Mass **Load**

Assign Floor Loads [icon]

Load Group Name: Default [icon]

Floor Load Type

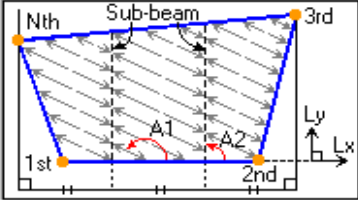
Load Type: solaio tipo [icon]

Distribution: One way [icon]

Load Angle(A1): 0 [deg]

☐ Exclude Inner Elem. of Area

☐ Allow Polygon Type Unit Area



Unmodeled Sub-Beam

No. of Sub Beams : 0

Sub-Beam Angle(A2): 90

Unit Self Weight: 0 kN/m

Load Direction & Projection

Load Direction : Global Z

Projection : ☐ Yes ☒ No

Description:

Nodes Defining Loading Area:

170

☒ Copy Floor Load

Axis : ☐ x ☐ y ☒ z

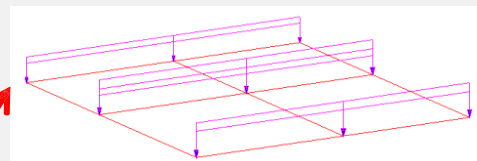
Distances: 4@3.1 m

(Example : 5, 3, 4.5, 3@5.0)

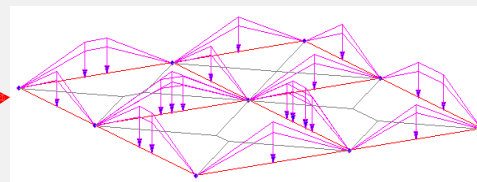
☐ Convert to Beam Load Type

Apply Close

Assign floor loads



Monodirezionale (One way)



Bidirezionale (Two way)

NOTA 1:

Per assegnare correttamente il "floor load" è necessario che i nodi, che rappresentano l'area caricata, siano complanari.

NOTA 2:

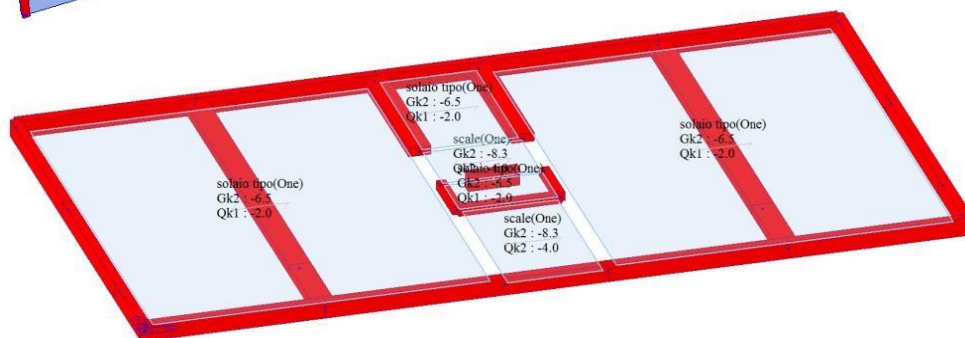
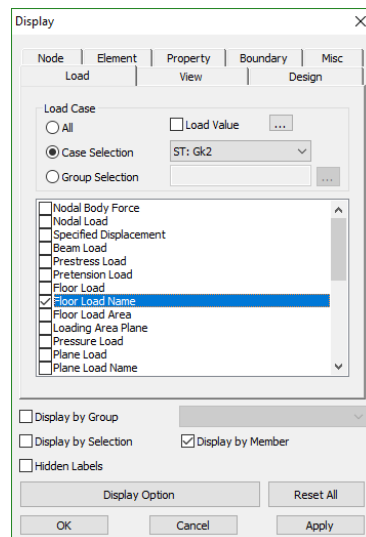
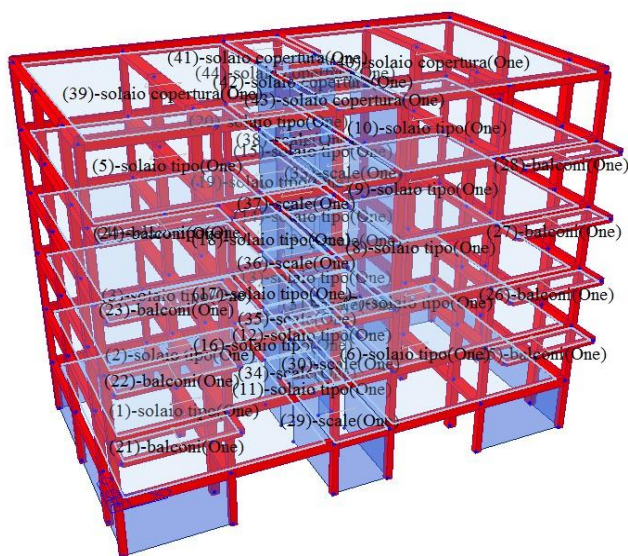
Load Angle: definisce l'angolo di orditura del solaio rispetto al primo lato selezionato.

NOTA 3:

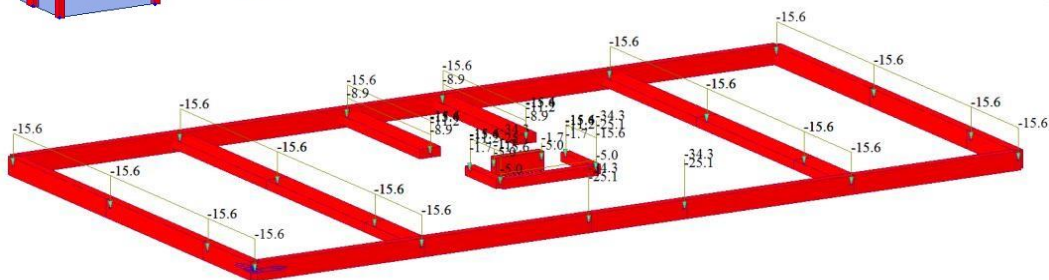
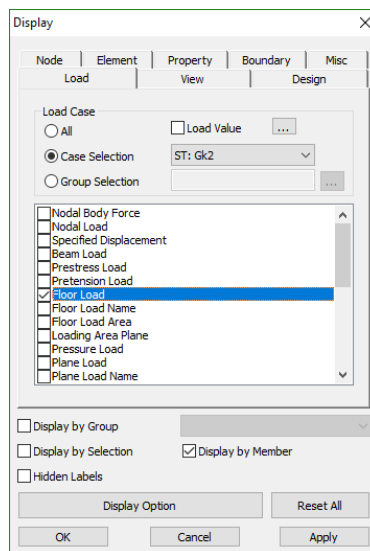
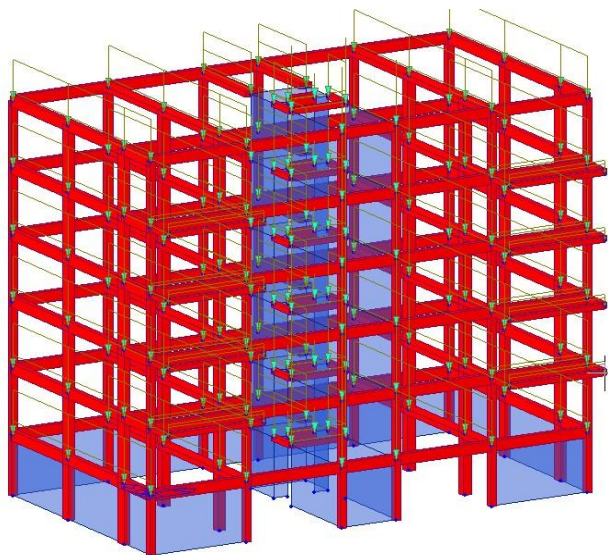
Il perimetro dell'area caricata è definibile con elementi beam, wall, e plate orientati verticalmente.

Minimo 3 nodi

2-2 Assegnazione dei carichi: Definizione dei carichi di piano



Carico di solaio



Carichi di solaio linearizzati sulle travi in base all'area di influenza

2-3 Assegnazione dei carichi: Definizione dei carichi tamponamento

LOAD > BEAM LOAD > LINE > APPLY

Tree Menu

Node Element Boundary Mass Load

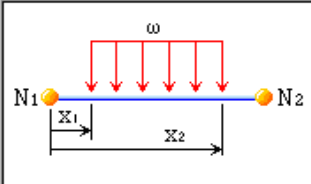
Line Beam Loads

Load Case Name
Tamp

Load Group Name
Default

Options
☒ Add ☐ Replace ☐ Delete

Load Type
Uniform Loads



Element Selection
On the loading line

☐ Eccentricity

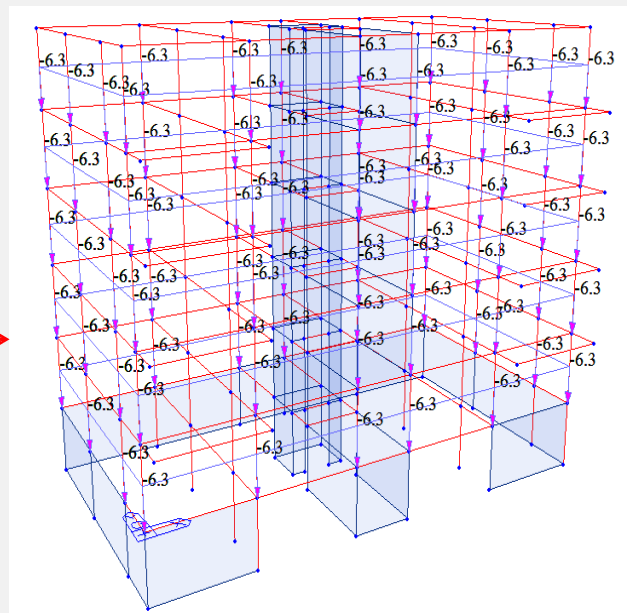
Direction : Global Z
Projection : ☐ Yes ☒ No
Value
☒ Relative ☐ Absolute
x1 0 w -6.25
x2 1 0
x3 0 0
x4 0 0
Unit : kN/m

Nodes for Loading Line : 32,27
☒ Copy Load
Axis : ☐ x ☐ y ☒ z
Distances: 4@3.1 m
(Example : 5, 3, 4.5 , 3@5.0)
Apply Close

Line beam loads

Si procede all'assegnazione del carico dei tamponamenti lungo le travi perimetrali tramite il comando **line beam load** andando a selezionare i due nodi tra i quali si vuole applicare il carico.

Il medesimo risultato si può ottenere tramite il comando **element beam loads** andando a selezionare gli elementi sui quali si vuole applicare il carico.



Assegnazione carichi lineari su beam

2-4 Assegnazione dei carichi: Conversione dei carichi in masse

LOAD → STRUCTURE LOADS/MASSES → LOADS TO MASSES

Loads to Masses

Mass Direction

☐ X ☐ Y ☐ Z

☒ X, Y ☐ Y, Z ☐ X, Z

☐ X, Y, Z

Load Type for Converting

☒ Nodal Load

☒ Beam Load

☒ Floor Load

☒ Pressure (Hydrostatic)

Gravity : 9.806 m/sec²

Load Case / Factor

Load Case : Gk1

Scale Factor : 1

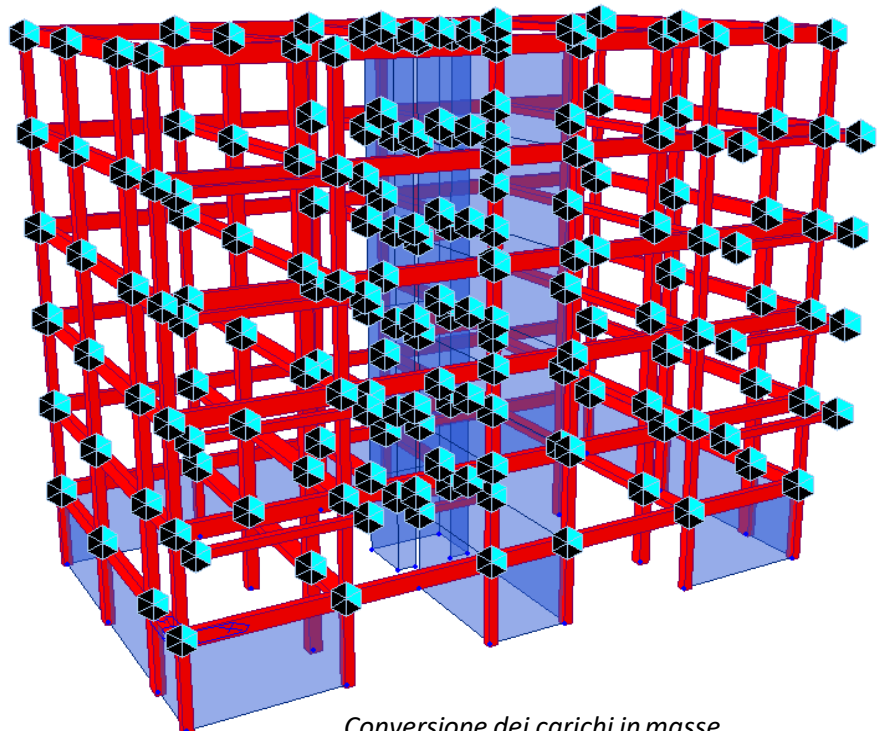
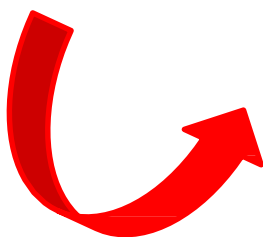
LoadCase	Scale
Gk1	1
Gk2	1
Tamp	1
Qk1	0.3

Remove Load to Mass Data

OK

E' necessario ora convertire i carichi portati, permanenti e accidentali, in masse affinché il solutore possa creare la matrice delle masse necessaria per l'analisi agli autovalori. I carichi vengono convertiti in masse e moltiplicati per un coefficiente di combinazione definito da normativa D.M. 18 cap. 2.5.2

Loads to masses



Conversione dei carichi in masse

2-5 Assegnazione dei carichi: Definizione del carico vento

LOAD LATERAL WIND LOADS ADD

Wind Loads

Load Case	Code Name	Description
Vento x	EURO2005	
Vento y	EURO2005	

Add Modify Delete Close

Add/Modify Wind Load Specification

Load Case Name : Vento x ...

Wind Load Code : Eurocode-1(2005)

National Annex : Recommended

Description :

☐ Wind Load Parameters

Terrain Category II

Friction Coefficient (Cfr) 0

Fund. Basic Wind Velocity (Vb,o) 26 [m/s]

Directional Factor (Cdir) 1

Seasonal Factor (Cseason) 1

Turbulence Factor (Kt) 1

Building Height (h) 18.3 m

External Pressure Coefficients

☒ Automatic ☐ User Defined

Windward(A=10) 0.8 Windward(A=1) 1 Leeward Coef. -0.7

Lack of Correlation Factor

☒ Automatic ☐ User Defined 1

Parameters for Mean Wind Velocity (Vm)...

Structural Factor (CsCd) 1 ...

☒ Load Evaluation Using Force Coefficient

Force Coefficient (Cf) 1

Wind Load Direction Factor (Scale Factor)

X-Dir. 1 Y-Dir. 0 Z-Rot. 0

Additional Wind Loads (Unit:kN,m)

Story	Add.-X	Add.-Y	Add.-RZ

Add

Wind Load Profile... OK Cancel Apply

Wind load specification

Si fa riferimento all'Eurocodice 1 - 2005 o DM 18 cap. 3.3, dove il vento viene rappresentato da una pressione che moltiplicata per l'area laterale dell'edificio diventa così una forza statica equivalente applicata ai solai di piano e scomposta nelle direzioni x e y.

NOTA:

Per assegnare il carico vento è prima necessario andare a definire i piani della struttura (Story data).

In Midas Gen si ottengono risultati uguali all'NTC 18 se si spunta la voce "Load Evaluation Using Force Coefficient" e si inserisce il valore $C_f = 1$.

2-5 Assegnazione dei carichi: Definizione del carico vento

LOAD LATERAL WIND LOADS ADD

Wind Load Profile

Component

☒ X-Dir
☐ Y-Dir
☐ X & Y Dir
☐ SRSS

Select Profile

☒ Story Force
☐ Story Shear
☐ Overturning Moment

Story Name	Elev.	Pressure	Loaded H	Load B
Roof	18.3	1.2191117	1.55	12.05
6F	15.2	1.2191117	3.1	12.05
5F	12.1	1.2191117	3.1	13.55
4F	9.0	1.1527235	3.1	13.55
3F	5.9	1.1527235	3.1	13.55
2F	2.8	1.1527235	2.95	12.05
G.L.	0.0	1.1527235	1.4	12.05

File Name: C:\Users\anton\Desktop\edificio multipiano 2019

Make Wind Load Calc. Sheet Browse

Close

Nella schermata “wind load profile” è possibile osservare l’azione del vento nelle componenti in x e y applicata ai solai di piano.

In “Make Wind Load Calc. Sheet” in Midas/text editor sono riassunti i parametri per il calcolo dell’azione del vento.

Wind Load Profile Dir-X

Wind Load Profile

Component

☐ X-Dir
☒ Y-Dir
☐ X & Y Dir
☐ SRSS

Select Profile

☒ Story Force
☐ Story Shear
☐ Overturning Moment

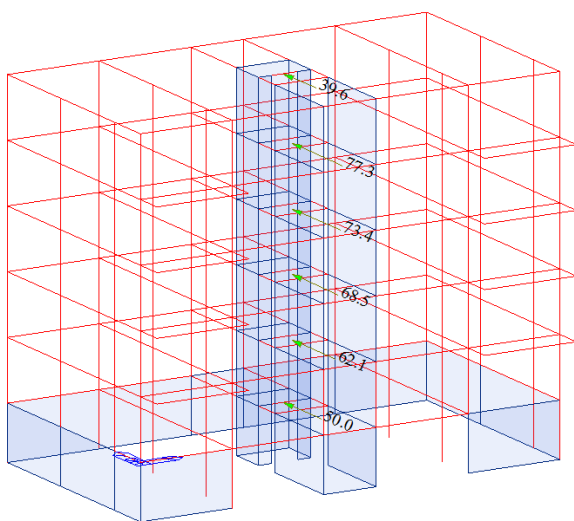
Story Name	Elev.	Pressure	Loaded H	Load B
Roof	18.3	1.3404701	1.55	21.95
6F	15.2	1.3404701	3.1	21.95
5F	12.1	1.3223137	3.1	21.95
4F	9.0	1.3223137	3.1	21.95
3F	5.9	1.3223137	3.1	21.95
2F	2.8	1.3404701	2.95	21.95
G.L.	0.0	1.3404701	1.4	21.95

File Name: C:\Users\anton\Desktop\edificio multipiano 2019

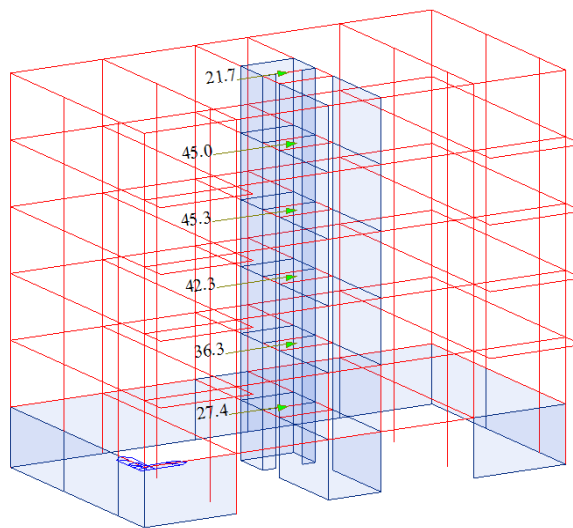
Make Wind Load Calc. Sheet Browse

Close

Wind load profile Dir-Y



Wind load in direzione Y



Wind load in direzione X

2-6 Assegnazione dei carichi: Definizione del sisma statico

LOAD
LATERAL
SEISMIC LOADS
ADD

Static Seismic Loads

Load Case	Code Name	Description
sisma stat x	NTC2018	
sisma stat y	NTC2018	

Add
Modify
Delete
Close

Add/Modify Seismic Load Specification

Load Case Name : sisma stat x

Seismic Load Code : NTC2018

Description :

Seismic Load Parameters

Ground Type : B

Spectrum Parameters

☒ T1
 ☐ T2
 ☐ T3
 ☐ T4
 ☐ User Defined

Soil Factor(S)	Tb	Tc	Td
1.20	0.14	0.42	1.92

Maximum Horizontal Acc. (ag) : 0.08 g

Structure Factor (q) : 1.5

Amplification Factor (Fo) : 2.5

Period of constant Hori.Acc. (Tc*) : 0.3

Structural Parameters

X-Dir. Y-Dir.

Fundamental Period : 0.6636 0.6636 ...

Seismic Load Direction Factor (Scale Factor)

X-Direction : 1 Y-Direction : 1

Accidental Eccentricity

X-Direction (Ex) : ☒ Positive ☐ Negative ☐ None

Y-Direction (Ey) : ☒ Positive ☐ Negative ☐ None

Torsional Amplification

☐ Accidental Eccentricity
 ☐ Inherent Eccentricity

Additional Seismic Loads (Unit:kN,m)

Story	Add.-X	Add.-Y	Add.-RZ

Add

Seismic Load Profile...
OK
Cancel
Apply

L'azione sismica è definita secondo EC 8 2004 o NTC 18 cap. 7.3.3.2 e viene rappresentata come un'azione statica equivalente applicata nel baricentro di massa di ogni piano e applicata nelle direzioni x e y.

Eurocode Period Calculator

X-Direction Period

☐ 1. $T = 0.085H^{(3/4)}$
☒ 2. $T = 0.075H^{(3/4)}$
☐ 3. $T = 0.050H^{(3/4)}$
☐ 4. $T = 0.075H^{(3/4)} / \sqrt{Ac}$
☐ 5. $T = 2 \sqrt{d}$

H : 18.3 (m)

Ac : 0 (m²)

d : 0 (m)

Y-Direction Period

☐ 1. $T = 0.085H^{(3/4)}$
☒ 2. $T = 0.075H^{(3/4)}$
☐ 3. $T = 0.050H^{(3/4)}$
☐ 4. $T = 0.075H^{(3/4)} / \sqrt{Ac}$
☐ 5. $T = 2 \sqrt{d}$

H : 18.3 (m)

Ac : 0 (m²)

d : 0 (m)

OK Cancel

Calcolo per il periodo fondamentale di vibrazione

NOTA:

E' possibile considerare l'eccentricità accidentale (5%) anche per il sisma statico equivalente. In questo caso di studio non è stata considerata l'eccentricità accidentale (none) in quanto questi casi di carico verranno utilizzati solamente per determinare il centro di rigidezza. Per le verifiche sismiche si procederà in seguito con un'analisi modale spettrale.

2-6 Assegnazione dei carichi: Definizione del sisma statico

LOAD → LATERAL → SEISMIC LOADS → ADD

Seismic Load Profile

Component

☒ X-Dir
☐ Y-Dir
☐ X & Y Dir
☐ SRSS

Select Profile

☒ Story Force
☐ Story Shear
☐ Overturning Moment

Story Name	Weight	Elev.	Seismic Force	Added Force
Roof	2220.3579	18.3	353.02409	0.0
6F	3424.2067	15.2	452.2034	0.0
5F	3424.2067	12.1	359.9777	0.0
4F	3424.2067	9.0	267.75201	0.0
3F	3424.2067	5.9	175.52632	0.0
2F	3870.8758	2.8	94.16674	0.0
G.L.	--	0.0	--	--

File Name: C:\Users\anton\Desktop\edificio multipiano 2019

Make Seismic Load Calc. Sheet Browse

Close

Seismic Load Profile Dir-X

Seismic Load Profile

Component

☐ X-Dir
☒ Y-Dir
☐ X & Y Dir
☐ SRSS

Select Profile

☒ Story Force
☐ Story Shear
☐ Overturning Moment

Story Name	Weight	Elev.	Seismic Force	Added Force
Roof	2220.3579	18.3	353.02409	0.0
6F	3424.2067	15.2	452.2034	0.0
5F	3424.2067	12.1	359.9777	0.0
4F	3424.2067	9.0	267.75201	0.0
3F	3424.2067	5.9	175.52632	0.0
2F	3870.8758	2.8	94.16674	0.0
G.L.	--	0.0	--	--

File Name: C:\Users\anton\Desktop\edificio multipiano 2019

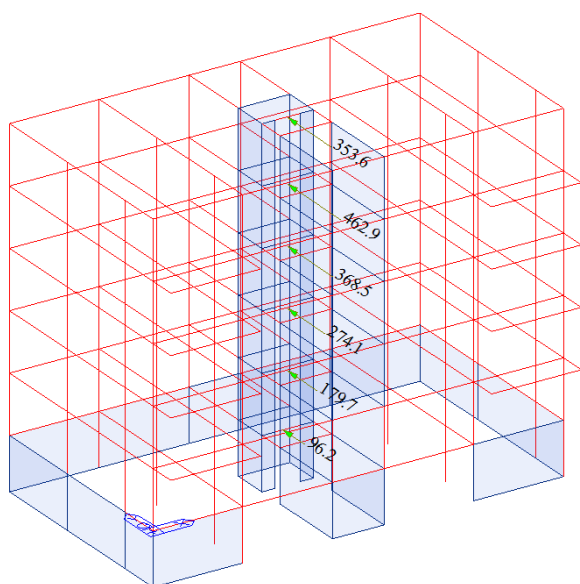
Make Seismic Load Calc. Sheet Browse

Close

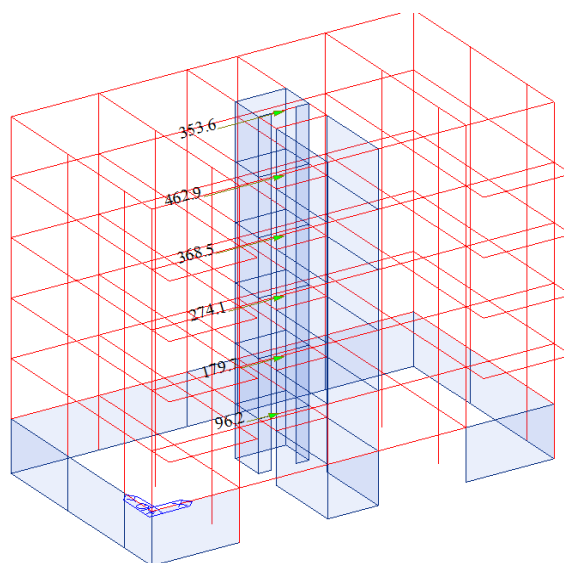
Seismic load profile Dir-Y

Nella schermata “**Seismic Load Profile**” è possibile osservare l’azione del sisma statico equivalente nelle componenti in x e y ed un momento torcente applicato ai solai di piano.

In “**Make Seismic Load Calc. Sheet**” in Midas/text editor sono riassunti i parametri per il calcolo dell’azione sismica equivalente.

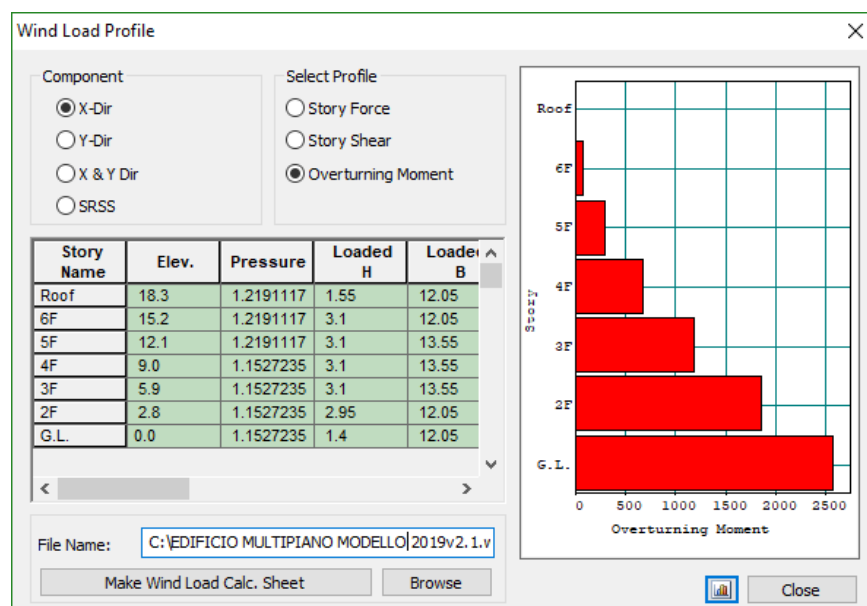


Seismic load in direzione Y

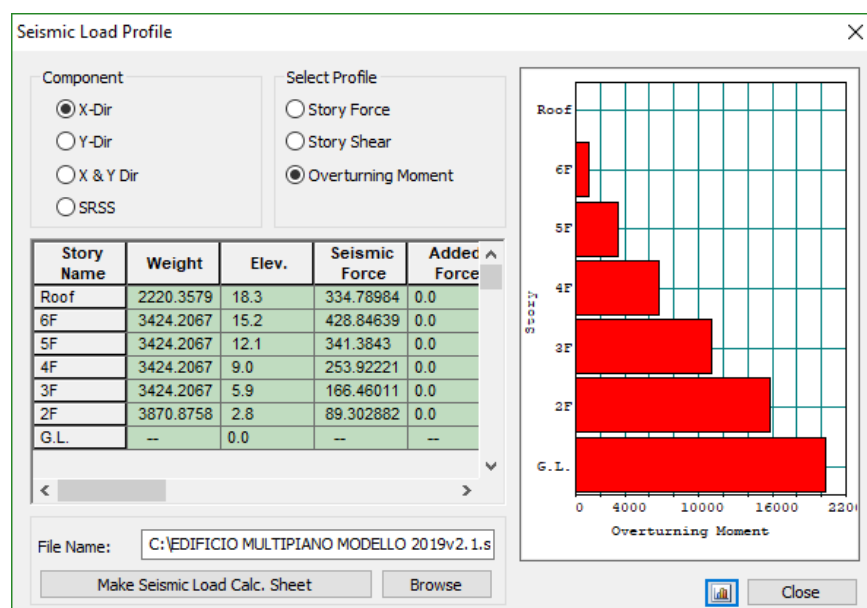


Seismic load in direzione X

2-7 Assegnazione dei carichi: Overturning moment



Wind Load Profile Dir-X



Seismic Load Profile Dir-X

Il contributo statico del vento e del sisma origina un momento ribaltante. Tramite un confronto diretto tra i due, in prima approssimazione, è possibile capire se l'edificio risente di più dell'effetto del vento o del sisma.

3-1 Analisi agli autovalori: Introduzione Analisi dinamica modale

Viene fatta su modelli tridimensionali della struttura indipendentemente dalla regolarità in altezza e dai periodi principali della struttura. A differenza dell'analisi statica equivalente, nel calcolo dei parametri di risposta del sisma si tiene conto delle caratteristiche dinamiche della struttura tramite l'utilizzo dei modi propri di vibrare.

L'analisi modale, prevede di calcolare tramite l'utilizzo dello spettro di risposta di pseudo-accelerazione i valori massimi di sollecitazione e spostamenti associati a ciascun modo di vibrare della struttura supposta elastica lineare, e quindi di combinarli in modo opportuno.

Equazione del moto

$$-c\dot{u} - ku = m\ddot{x}$$

Da questa equazione è possibile ricavare, note le condizioni iniziali del sistema, lo spostamento nel tempo della struttura. Più comunemente l'equazione del moto si trova scritta nella forma:

$$\ddot{u} + 2\xi\omega\dot{u} + \omega^2 u = -\ddot{x}_g$$

ω è la frequenza propria da cui si ricava il periodo naturale $T = 2\pi/\omega$, se la frequenza è di tipo smorzata si può ottenere una soluzione dell'equazione del moto tramite l'integrale di Duhamel:

$$u(t) = \frac{1}{\omega} \int \ddot{x}_g(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega(t-\tau) d\tau \quad *$$

Noto lo spostamento relativo del sistema è immediato ricavare la velocità relativa derivando l'equazione precedente e si ottiene:

$$\dot{u}(t) = \int \ddot{x}_g(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \cos \omega(t-\tau) + \tan^{-1} \frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}} d\tau \quad **$$

Ed infine l'accelerazione assoluta si ricava sostituendo le espressioni (*) e (**) nell'equazione:

$$\ddot{x} = -\omega^2 u - 2\omega\xi \dot{u}$$

Noto quindi il moto della struttura è possibile calcolare le azioni interne necessarie per progettare o verificare una struttura.

Essendo noti in ogni istante di tempo sia gli spostamenti della struttura che le rotazioni nei nodi degli elementi strutturali e la rigidezza del singolo elemento, è possibile ricavare le caratteristiche delle sollecitazioni e gli sforzi.

3-1 Analisi agli autovalori: Introduzione Analisi dinamica modale

Comporta l'estrazione delle frequenze di vibrazione proprie della struttura e delle relative configurazioni modali (autovalori ed autovettori) come la risposta combinata di una serie di sistemi ad 1 g.d.l., anziché un solo sistema a molti g.d.l.

Gli autovalori rappresentano le frequenze proprie dei modi di vibrare.

Gli autovettori rappresentano le relative configurazioni modali.

Se una struttura ha n gradi di libertà essa ha n autovalori (n frequenze di risonanza) ed n autovettori corrispondenti.

In molti casi è sufficiente la conoscenza di pochi dei primi autovalori ($p \ll n$)

Estrazione degli autovalori in Midas Gen

Il software Midas Gen risolve il problema agli autovalori tramite i seguenti metodi:

1. *SUBSPACE ITERATION*
2. *LANCZOS (Frequency range)*
3. *RITZ VECTORS*
4. *STURM CHECK*

Ciascuno dei quali risulta essere più adatto in base al numero di modi di vibrare della struttura oggetto di studio.

3-2 Analisi agli autovalori: Subspace Iteration

ANALYSIS

ANALYSIS CONTROL

EIGENVALUE

Eigenvalue Analysis Control

Type of Analysis

☒ Eigen Vectors ☐ Ritz Vectors

☒ Subspace Iteration ☐ Lanczos

Eigen Vectors

Number of Frequencies : 18

☐ Frequency range of interest

Search From : 0 [cps]

To : 1600 [cps]

Eigenvalue Control Parameters

Number of Iterations : 20

Subspace Dimension : 54

Convergence Tolerance : 1e-010

Remove Eigenvalue Analysis Data OK Cancel

Eigenvalue Analysis Control

Trasforma il problema agli autovalori di studio in un problema che abbia una dimensione minore, tale però da condividere con il problema originario gli autovalori, e cerca gli autovalori in un sottospazio del problema originario. E' consigliato per eseguire analisi agli autovalori di strutture con pochi g.d.l.

L'estrazione dei modi avviene in ordine di frequenza crescente, cioè vengono estratti prima i modi con periodo di vibrazione alto (frequenza bassa).

Quindi se una struttura contiene al suo interno vari sottoinsiemi indipendenti (rigidezze locali) verranno estratti per primi i modi di vibrare di tutti i sottoinsiemi, che hanno periodi più lunghi, poi quelli principali (rigidezza globale).

Number of Frequencies: Immettere un numero di modi maggiore o uguale ai g.d.l. della struttura, nel nostro caso struttura a 6 piani x 3g.l. per piano = 18.

Subspace Dimension

$n^{\circ} \text{ modi} < 30 \longrightarrow N = 3 \times n^{\circ} \text{ modi}$

$30 < n^{\circ} \text{ modi} < 100 \longrightarrow N = 2 \times n^{\circ} \text{ modi}$

3-3 Analisi agli autovalori : Lanczos (Frequency range)

ANALYSIS

ANALYSIS CONTROL

EIGENVALUE

Eigenvalue Analysis Control

Type of Analysis

☒ Eigen Vectors ☐ Ritz Vectors

☐ Subspace Iteration

☒ Lanczos

Eigen Vectors

Number of Frequencies : 18

☐ Sturm Sequence Check

☐ Frequency range of interest

Search From : 0 [cps]

To : 1600 [cps]

Remove Eigenvalue Analysis Data OK Cancel

Eigenvalue Analysis Control - Range di frequenza di ricerca degli autovalori

Trasforma il problema agli autovalori di studio in un problema equivalente nel quale la matrice dei coefficienti è di tipo tridiagonale. L'ordine del problema è quindi inferiore a quello del problema originario (strutture con molti plate). Analogamente al subspace iteration, è consigliato per eseguire analisi agli autovalori di strutture con pochi g.d.l.

Number of Frequencies: Immettere un numero di modi maggiore o uguale ai g.l. della struttura, nel nostro caso struttura a 6 piani x 3g.l. per piano = 18.

Sturm Sequence Check: Precisione nella ricerca di autovalori nel caso di strutture meshate a nodi molto vicini tra di loro che necessitano la ricerca di modi di vibrare localizzati.

(Si veda: cap. 7.4 Analisi modale ragionata Paolo Rugarli)

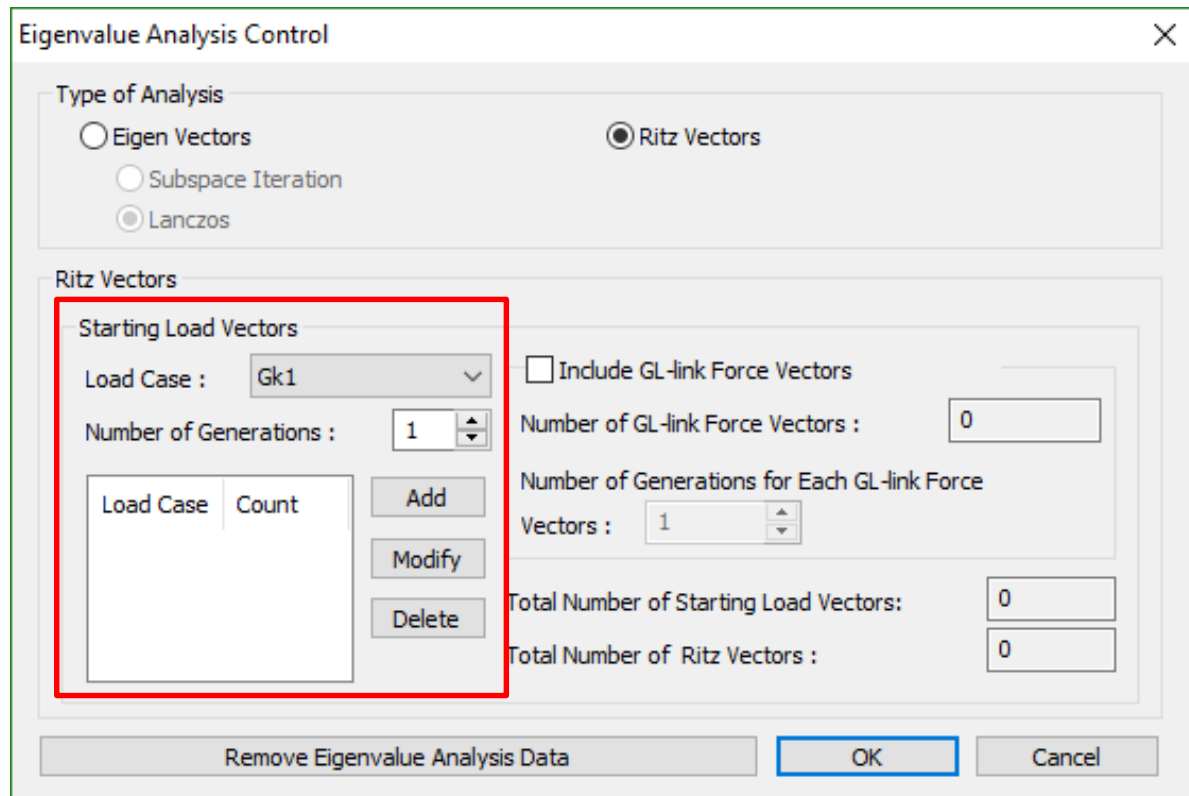
Frequency range of interest: E' possibile definire un intervallo di valori tra i quali ricavare i periodi dei modi di vibrare.

3-4 Analisi agli autovalori: Vettori di Ritz

ANALYSIS

ANALYSIS CONTROL

EIGENVALUE



The dialog box is titled "Eigenvalue Analysis Control". It has a close button (X) in the top right corner. The "Type of Analysis" section contains three radio buttons: "Eigen Vectors", "Subspace Iteration", and "Ritz Vectors" (which is selected). The "Ritz Vectors" section is highlighted with a red rectangle and contains the following controls:

- Starting Load Vectors**: A sub-section containing:
 - Load Case**: A dropdown menu showing "Gk1".
 - Number of Generations**: A spinner box set to "1".
 - A table with two columns: "Load Case" and "Count".
 - Buttons: "Add", "Modify", and "Delete".
- Include GL-link Force Vectors**: An unchecked checkbox.
- Number of GL-link Force Vectors**: A text box set to "0".
- Number of Generations for Each GL-link Force Vectors**: A spinner box set to "1".
- Total Number of Starting Load Vectors**: A text box set to "0".
- Total Number of Ritz Vectors**: A text box set to "0".

At the bottom of the dialog are three buttons: "Remove Eigenvalue Analysis Data", "OK", and "Cancel".

Eigenvalue Analysis Control

Riproducono risultati più affidabili con un numero di modi più basso rispetto ai precedenti metodi. Bisogna specificare il numero di vettori di carico iniziali da generare per ogni condizione di carico considerata.

Le condizioni di carico possono essere carichi statici o accelerazioni al suolo.

3-5 Analisi agli autovalori: Main Control Data

ANALYSIS

MAIN CONTROL DATA

Tramite questo comando si vanno a definire le opzioni di analisi

Main Control Data

☒ Auto Rotational DOF Constraint for Truss/Plane Stress/Solid Elements

☒ Auto Normal Rotation Constraint for Plate Elements

Tension / Compression Truss Element (Elastic Link / Inelastic Spring)

Number of Iterations/Load Case: 20

Convergence Tolerance: 0.001

☐ Consider Section Stiffness Scale Factor for Stress Calculation

☒ Transfer Reactions of Slave Nodes to the Master Node

☒ Auto Constraint for Wall Elements Connectivity

☒ Calculate Equivalent Beam Stresses (Von-Mises and Max-Shear)

OK Cancel

Auto Constraint for Wall Connectivity: Permette di ottenere la congruenza, attraverso una legge cinematica, tra elementi wall non discretizzati definiti tramite 4 nodi ed elementi adiacenti suddivisi.

Calculate Equivalent Beam Stresses: Inserendo questa spunta, il software calcola ulteriori risultati sugli elementi monodimensionali che riguardano le tensioni. In particolare si aggiungono risultati sulle tau, le sigma normali e le combinazioni di queste secondo la procedura di:

- Von Mises
- Tresca
- Sigma principali

Si consiglia di inserire questa opzioni solo nel caso in cui sia effettivamente necessario, in quanto aumenta i tempi di analisi del programma.

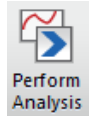
Suddetta funzione non riesce a tenere conto delle combinazioni di carico stabilite e fornisce risultati solo in funzione dei casi di carico. Nel caso in cui si volessero visualizzare i risultati di una specifica LCB sarà necessario trasformarla prima in un caso di carico tramite il comando **Load / Create load case using load combinations**.

3-6 Analisi agli autovalori: Perform Analysis

ANALYSIS

PERFORM

PERFORM ANALYSIS



Lettura dell'output: controllo della finestra di dialogo per individuare la presenza di eventuali warning.

```
Message Window
-----STARTING      SOLUTION
MULTI-FRONTAL SOLVER
AVAILABLE MEMORY =    2.8 GBYTES
ENTRY PHASE FOR RENUMBERING
ENTRY NUMBERING EQN
ENTRY FORM_STIFF_MASS_LOAD
THE INDIVIDUAL ELEMENT STIFFNESS AND LOAD MATRICES WILL NOW BE FORMED
  ELEMENT NO. :    368 OF    368
ENTRY SOLUTION PHASE
ENTRY LOAD BLOCK
TOTAL NUMBER OF VALID DOFS IN MODEL :    570

ENTRY STATIC ANALYSIS
MULTI-FRONTAL SOLUTION HAS BEEN COMPLETED.
DISPLACEMENT/FORCE/STRESS OUTPUT.
ELEM. :    368 OF    368

ENTRY EIGENVALUE ANALYSIS
* SUBSPACE ITERATION NUMBER =    3
MODE SHAPE OUTPUT.
DISPLACEMENT/FORCE/STRESS OUTPUT FOR EACH MODE.

-----SOLUTION TERMINATED
YOUR MIDAS JOB IS SUCCESSFULLY COMPLETED.....E:\EDIFICIO MULTIPIANO\MODELLO\edificio multipiano
TOTAL SOLUTION TIME..:    45.71 [SEC]
```

Matrice rigidezza e masse

Tipo di analisi
Soluzione trovata alla 3° iterazione
Risultati trovati per ogni modo

Analysis message

Analisi utilizzata: **Subspace iteration**

N° piani = 6

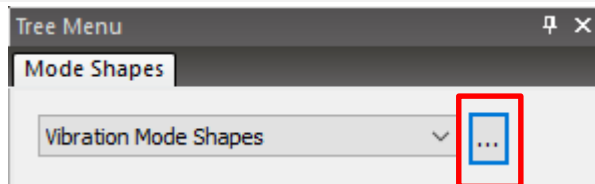


3 GL x 6 = 18 frequenze

54 = Subspace dimension

3-7 Analisi agli autovalori: Modi di vibrare

Per visualizzare le tabelle dei modi di vibrare dove si possono controllare i periodi e le masse partecipanti:



	Node	Mode	UX	UY	UZ	RX
EIGENVALUE ANALYSIS						
		Mode No	Frequency		Period	Tolerance
			(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	
		1	8.7921	1.3993	0.7146	5.5151e-016
		2	12.6786	2.0179	0.4956	1.5913e-015
		3	18.6813	2.9732	0.3363	4.8864e-016
		4	29.9348	4.7643	0.2099	1.1418e-015
		5	55.0477	8.7611	0.1141	0.0000e+000
		6	57.9172	9.2178	0.1085	1.3557e-016
		7	82.0810	13.0636	0.0765	6.7497e-016
		8	88.2166	14.0401	0.0712	1.1687e-016
		9	101.6696	16.1812	0.0618	7.0390e-016
		10	120.8340	19.2313	0.0520	3.7374e-016
		11	182.3671	29.0246	0.0345	6.5632e-016
		12	200.9604	31.9838	0.0313	1.8016e-016
		13	236.2085	37.5938	0.0266	7.8244e-016
		14	312.7085	49.7691	0.0201	0.0000e+000
		15	367.3112	58.4594	0.0171	6.4715e-016
		16	398.9592	63.4963	0.0157	3.6570e-016
		17	448.7331	71.4181	0.0140	2.8907e-016
		18	489.2603	77.8682	0.0128	1.2158e-015

Più è alto il periodo di vibrazione più è bassa la rigidità della struttura in quel determinato modo di vibrare.

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	22.4399	22.4399	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	42.7446	42.7446
	2	38.5923	61.0323	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	22.6921	65.4366
	3	0.0000	61.0323	61.5121	61.5121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	65.4366
	4	2.9138	63.9460	0.0000	61.5121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.9727	72.4093
	5	2.8505	66.7965	0.0000	61.5121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5.1466	77.5559
	6	10.8575	77.6540	0.0000	61.5121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0208	77.5767
	7	0.0893	77.7433	0.0000	61.5121	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1519	78.7287
	8	0.0000	77.7433	18.4362	79.9484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	78.7287
	9	0.0515	77.7948	0.0000	79.9484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2524	78.9810
	10	3.8484	81.6432	0.0000	79.9484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3057	79.2868
	11	1.8008	83.4440	0.0000	79.9484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0584	79.3452
	12	0.0000	83.4440	7.0792	87.0276	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	79.3452
	13	0.7243	84.1683	0.0000	87.0276	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	79.3482
	14	0.0000	84.1683	4.2465	91.2741	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	79.3482
	15	13.8796	98.0479	0.0000	91.2741	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.1420	81.4902
	16	0.0000	98.0479	3.1502	94.4243	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	81.4902
	17	0.0000	98.0479	5.5757	100.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	81.4902
	18	1.9521	100.000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	18.5098	100.000

La % di massa attivata dalla prima frequenza evidenzia un modo di tipo rotazionale.

NOTA: Si considerano i modi la cui somma della massa partecipante è > 85% DM 18 cap.

7.3.4.2

3-7 Analisi agli autovalori: Modi di vibrare

RESULTS

MODE SHAPE

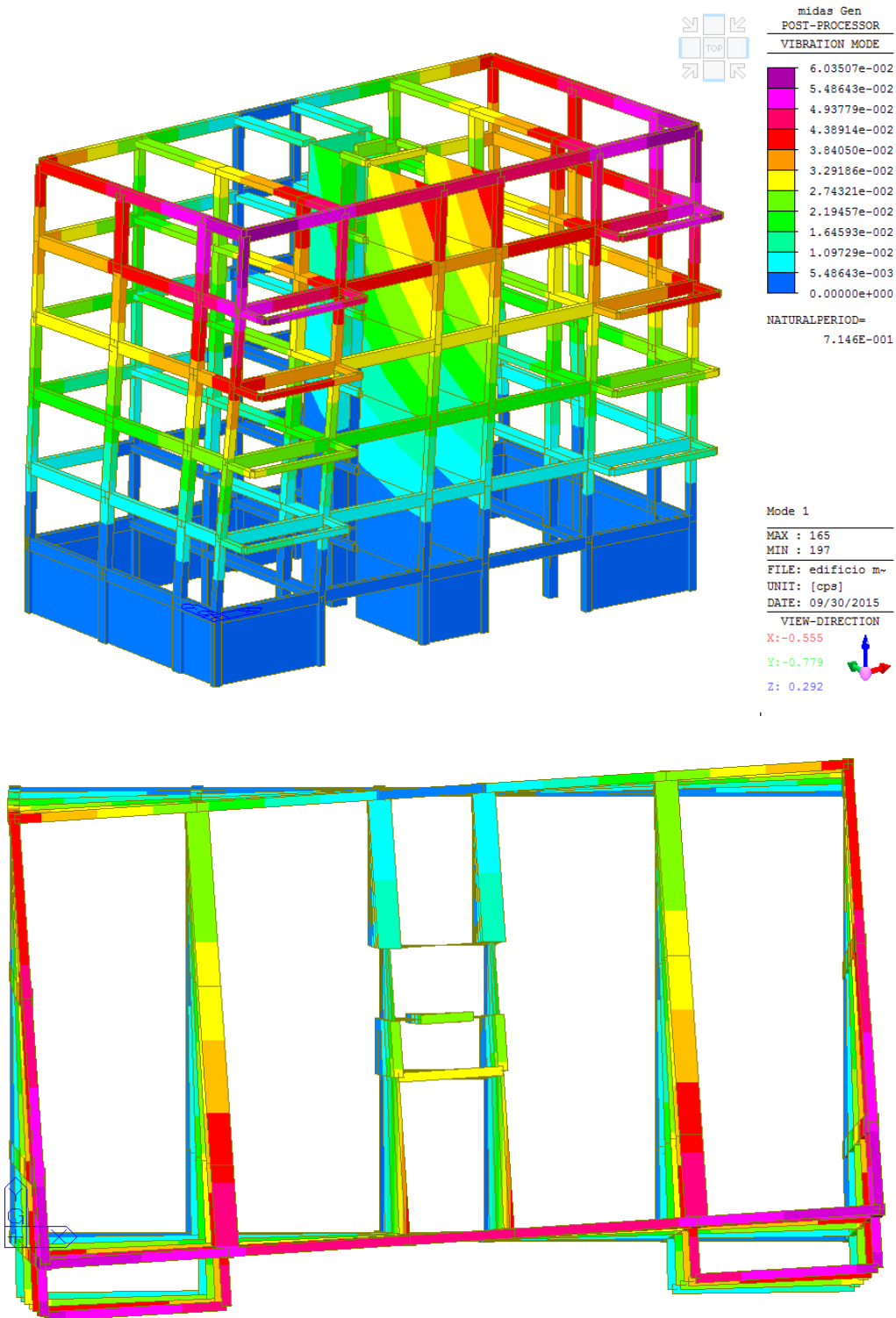
VIBRATION MODE
SHAPES

MODO 1: Modo rotazionale in z.

T= 0.7146 sec

Massa Attivata = 42.7446 % (rotazionale in z)

Massa Attivata = 22.4399 % (traslazionale in x)



3-7 Analisi agli autovalori: Modi di vibrare

RESULTS

MODE SHAPE

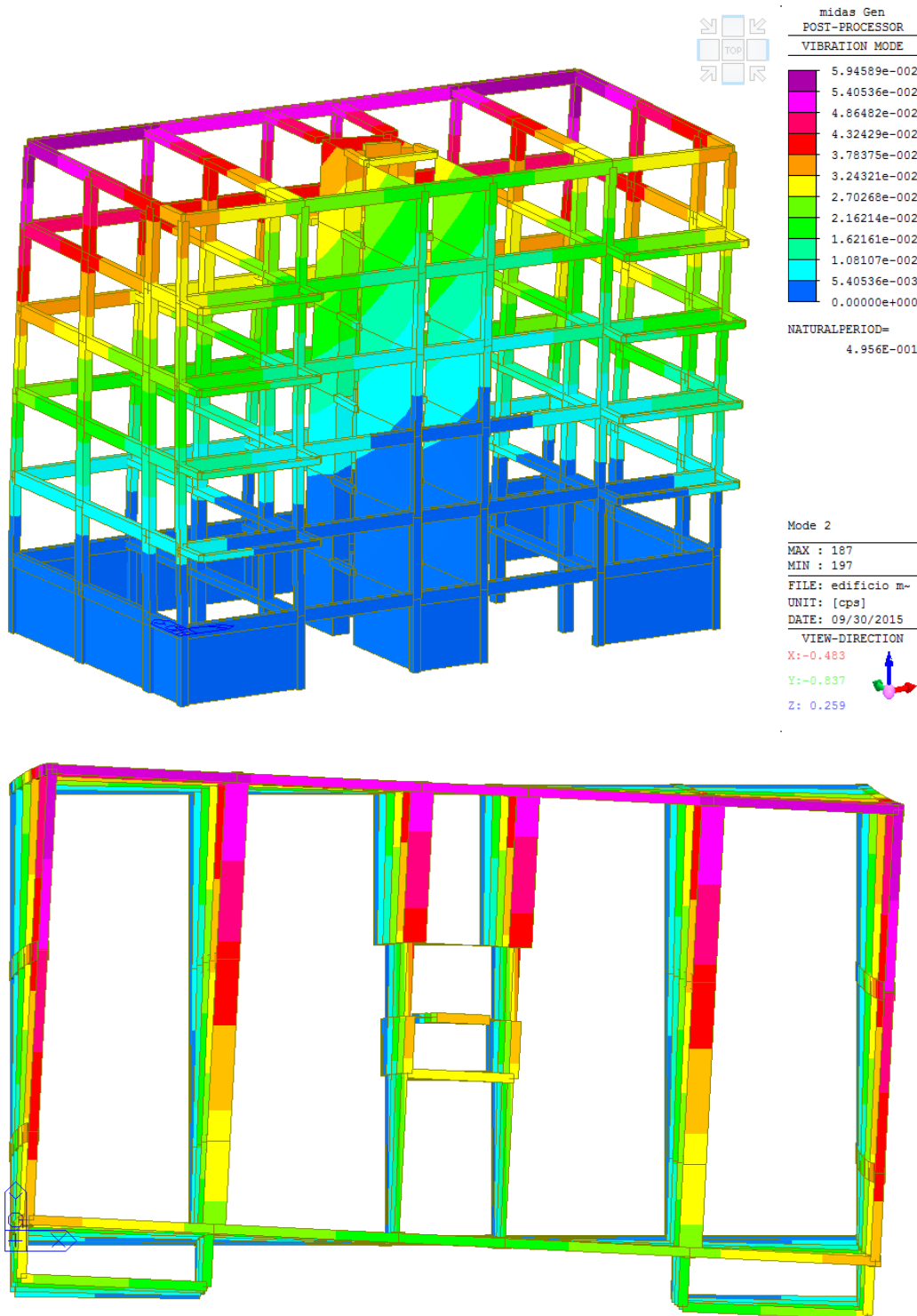
VIBRATION MODE
SHAPES

MODO 2: Modo traslazionale in x.

T= 0.4956 sec

Massa Attivata = 38.5923 % (traslazionale in x)

Massa Attivata = 22.6921 % (rotazionale in z)



3-7 Analisi agli autovalori: Modi di vibrare

RESULTS

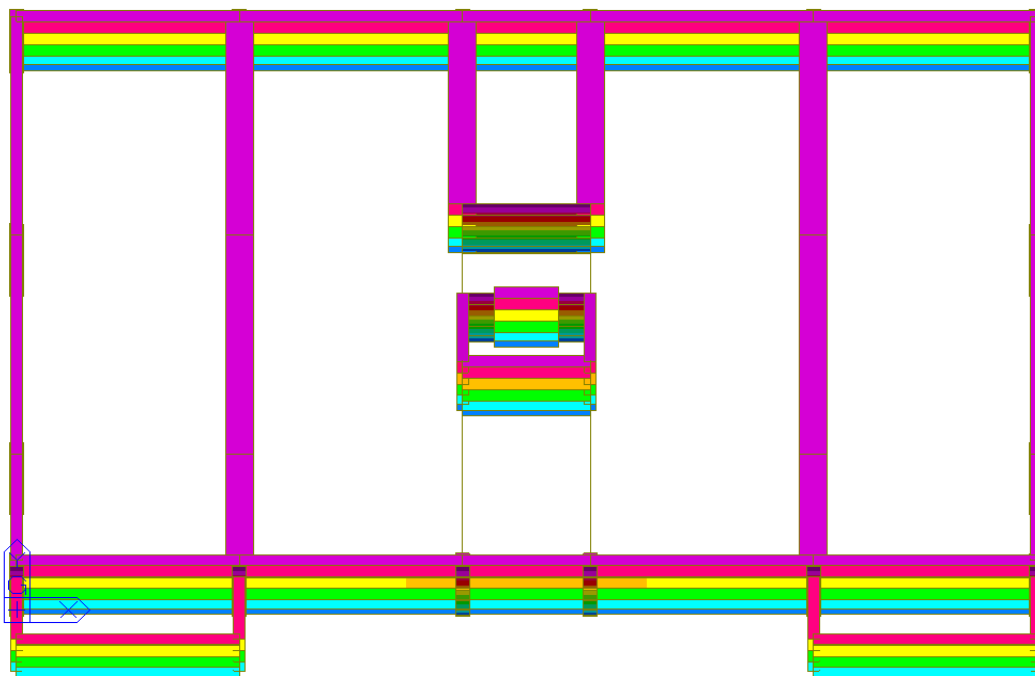
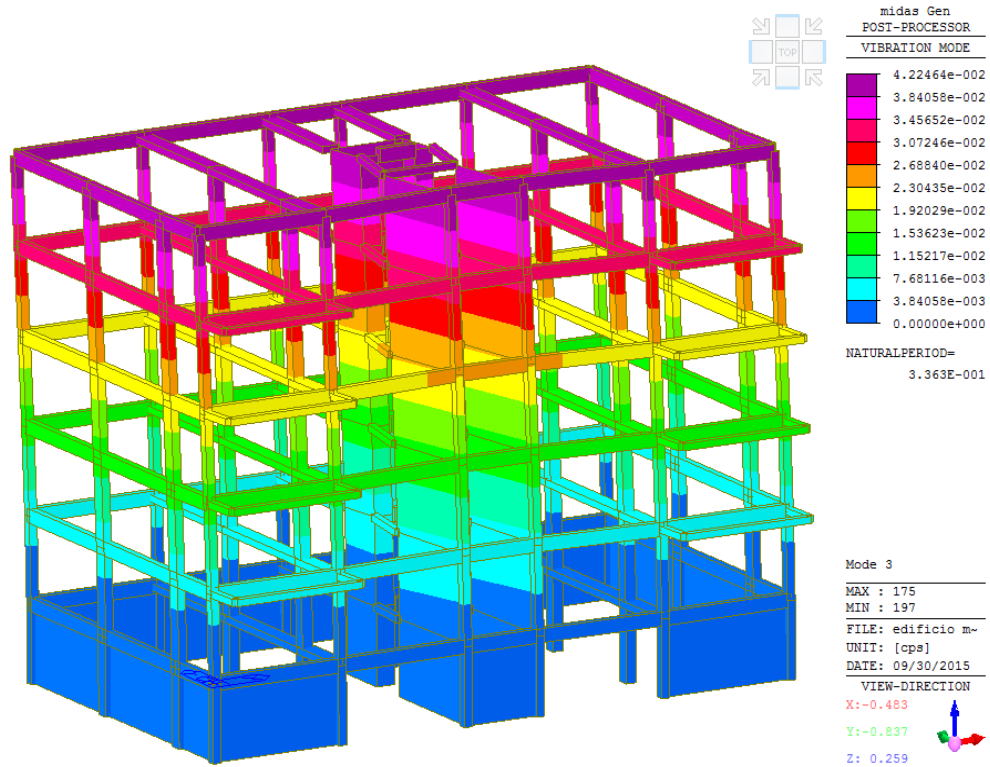
MODE SHAPE

VIBRATION MODE
SHAPES

MODO 3: Modo traslazionale in y.

T= 0.3363 sec

Massa Attivata = 61.5121 % (traslazionale in y)



4-1 Valutazione dell'azione sismica: Regolarità in Altezza

RESULTS

RESULT TABLES

STORY

WEIGHT IRREGULARITY CHECK

RESULTS

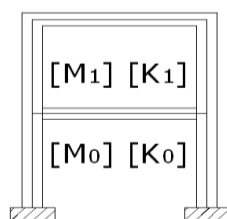
RESULT TABLES

STORY

STIFFNESS IRREGULARITY CHECK

Si controlla la variazione di massa e rigidezza della struttura in esame secondo quanto definito da normativa DM. 18 cap.7.2.1.

- f) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;



$$1K_0 > K_1 > 0.7K_0$$

$$25M_0 > M_1 > 0.75M_0$$

	Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Weight (kN)	Adjacent Story Weight		Story Weight Ratio	Remark
						1.25M(Lower) (kN)	0.75M(Lower) (kN)		
►	sisma stat x	Roof	15.50	0.00	2220.358	4374.399	2624.639	-0.366	Irregular
	sisma stat x	6F	12.40	3.10	3499.519	4374.399	2624.639	0.000	Regular
	sisma stat x	5F	9.30	3.10	3499.519	4374.399	2624.639	0.000	Regular
	sisma stat x	4F	6.20	3.10	3499.519	4374.399	2624.639	0.000	Regular
	sisma stat x	3F	3.10	3.10	3499.519	4932.735	2959.641	-0.113	Regular
	sisma stat x	2F	0.00	3.10	3946.188	0.000	0.000	0.000	Regular
	sisma stat x	1F	-2.80	2.80	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular
	sisma stat y	Roof	15.50	0.00	2220.358	4374.399	2624.639	-0.366	Irregular
	sisma stat y	6F	12.40	3.10	3499.519	4374.399	2624.639	0.000	Regular
	sisma stat y	5F	9.30	3.10	3499.519	4374.399	2624.639	0.000	Regular
	sisma stat y	4F	6.20	3.10	3499.519	4374.399	2624.639	0.000	Regular
	sisma stat y	3F	3.10	3.10	3499.519	4932.735	2959.641	-0.113	Regular
	sisma stat y	2F	0.00	3.10	3946.188	0.000	0.000	0.000	Regular
	sisma stat y	1F	-2.80	2.80	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular

Weight irregularity check

	Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Drift (m)	Story Shear Force (kN)	Story Stiffness	Lower Story Stiffness		Story Stiffness Ratio	Remark
								1.1K (Lower)	0.7K (Lower)		
►	sisma stat x	6F	12.40	3.10	0.0026	353.63	1187.35	1036.04	659.30	0.261	Irregular
	sisma stat x	5F	9.30	3.10	0.0033	816.56	941.85	1021.27	649.90	0.014	Regular
	sisma stat x	4F	6.20	3.10	0.0033	1185.09	928.43	1121.14	713.45	-0.089	Regular
	sisma stat x	3F	3.10	3.10	0.0030	1459.20	1019.22	1686.79	1073.41	-0.335	Irregular
	sisma stat x	2F	0.00	3.10	0.0020	1638.89	1533.44	38367.83	24415.89	-0.956	Irregular
	sisma stat x	1F	-2.80	2.80	0.0001	1735.05	34879.85	0.00	0.00	0.000	Regular
►	sisma stat y	6F	12.40	3.10	0.0011	353.63	2775.02	2935.23	1867.88	0.040	Regular
	sisma stat y	5F	9.30	3.10	0.0012	816.56	2668.39	3056.91	1945.31	-0.040	Regular
	sisma stat y	4F	6.20	3.10	0.0011	1185.09	2779.01	3598.39	2289.89	-0.150	Regular
	sisma stat y	3F	3.10	3.10	0.0009	1459.20	3271.27	5569.11	3543.98	-0.354	Irregular
	sisma stat y	2F	0.00	3.10	0.0006	1638.89	5062.82	37875.04	24102.30	-0.853	Irregular
	sisma stat y	1F	-2.80	2.80	0.0001	1735.05	34431.85	0.00	0.00	0.000	Regular

Stiffness irregularity check

Dalle tabelle sopra riportate è possibile osservare che la struttura **non risulta regolare in altezza**.

Si controlla la tipologia strutturale della strutture in esame secondo quanto definito da normativa *DM. 18 cap.7.4.3.1*

7.4.3.1 TIPOLOGIE STRUTTURALI

Le strutture sismo-resistenti in calcestruzzo armato previste dalle presenti norme possono essere classificate nelle seguenti tipologie:

- strutture a telaio, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale;
- strutture a pareti, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a pareti (v. § 7.4.4.5), aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale; le pareti, a seconda della forma in pianta, si definiscono semplici o composte (v. § 7.4.4.5), a seconda della assenza o presenza di opportune "travi di accoppiamento" duttili distribuite in modo regolare lungo l'altezza, si definiscono singole o accoppiate;
- strutture miste telaio-pareti, nelle quali la resistenza alle azioni verticali è affidata prevalentemente ai telai, la resistenza alle azioni orizzontali è affidata in parte ai telai ed in parte alle pareti, singole o accoppiate; se più del 50% dell'azione orizzontale è assorbita dai telai si parla di strutture miste equivalenti a telai, altrimenti si parla di strutture miste equivalenti a pareti;
- strutture a pendolo inverso, nelle quali almeno il 50% della massa è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione e nelle quali la dissipazione d'energia avviene alla base di un singolo elemento strutturale;
- strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano, nelle quali almeno il 50% della massa è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione, in cui i pilastri sono incastrati in sommità alle travi lungo entrambe le direzioni principali dell'edificio. In ogni caso, per questo tipo di strutture, la forza assiale non può eccedere il 30% della resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo;
- strutture deformabili torsionalmente, composte da telai e/o pareti, la cui rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano la condizione $r^2/l_s^2 \geq 1$, nella quale:

r^2 = raggio torsionale al quadrato è, per ciascun piano, il rapporto tra la rigidezza torsionale rispetto al centro di rigidezza laterale e la maggiore tra le rigidezze laterali, tenendo conto dei soli elementi strutturali primari, per strutture a telaio o a pareti (purché snelle e a deformazione prevalentemente flessionale), r^2 può essere valutato, per ogni piano, riferendosi ai momenti d'inerzia flessionali delle sezioni degli elementi verticali primari.

l_s^2 = per ogni piano, è il rapporto fra il momento d'inerzia polare della massa del piano rispetto ad un asse verticale passante per il centro di massa del piano e la massa stessa del piano; nel caso di piano a pianta rettangolare $l_s^2 = (L^2 + B^2)/12$, essendo L e B le dimensioni in pianta del piano.

Procediamo quindi alla verifica di queste due categorie nelle quali ci aspettiamo che ricada il nostro edificio. Per farlo, si utilizzano le tabelle che il software fornisce tramite il comando **Result Tables/Story**.

4-3 Valutazione dell'azione sismica: Story Shear Force Ratio

TABLES

RESULT TABLES

STORY SHEAR
FORCE RATIO

Controllo tipologia strutturale in base alla ripartizione della forza orizzontale secondo NTC 18 cap 7.4.3.1.

Records Activation Dialog

Loadcase/Combination

- ☐ Gk1(ST)
- ☐ Gk2(ST)
- ☐ Qk1(ST)
- ☐ Qk2(ST)
- ☐ Qkn(ST)
- ☐ Temp(ST)
- ☒ sisma stat x(ST)
- ☒ sisma stat y(ST)
- ☐ Vento x(ST)
- ☐ Vento y(ST)
- ☐ Sisma SLV dir. X(RS)
- ☐ Sisma SLV dir. Y(RS)
- ☐ Sisma SLD dir. X(RS)
- ☐ Sisma SLD dir. Y(RS)

Story

- ☒ 1F
- ☒ 2F
- ☒ 3F
- ☒ 4F
- ☒ 5F
- ☒ 6F

OK Cancel

Story	Load	Type	Angle1 ((deg))	Force1 (kN)	Ratio1	Angle2 ((deg))	Force2 (kN)	Ratio2
		LINEAR SUMMATION OF STORY SHEAR FORCE						
6F	sisma stat x	Frame(Bea)	0.00	227.759	0.64	90.00	0.0000	0.00
6F	sisma stat x	Wall	0.00	125.867	0.36	90.00	0.0000	0.00
6F	sisma stat x	Sum	0.00	353.626		90.00	0.0000	
5F	sisma stat x	Frame(Bea)	0.00	224.280	0.27	90.00	0.0000	0.00
5F	sisma stat x	Wall	0.00	592.284	0.73	90.00	0.0000	0.00
5F	sisma stat x	Sum	0.00	816.564		90.00	0.0000	
4F	sisma stat x	Frame(Bea)	0.00	234.102	0.20	90.00	0.0000	0.00
4F	sisma stat x	Wall	0.00	950.985	0.80	90.00	0.0000	0.00
4F	sisma stat x	Sum	0.00	1185.08		90.00	0.0000	
3F	sisma stat x	Frame(Bea)	0.00	216.045	0.15	90.00	0.0000	0.00
3F	sisma stat x	Wall	0.00	1243.15	0.85	90.00	0.0000	0.00
3F	sisma stat x	Sum	0.00	1459.19		90.00	0.0000	
2F	sisma stat x	Frame(Bea)	0.00	194.888	0.12	90.00	0.0000	0.00
2F	sisma stat x	Wall	0.00	1444.00	0.88	90.00	0.0000	0.00
2F	sisma stat x	Sum	0.00	1638.88		90.00	0.0000	
1F	sisma stat x	Frame(Bea)	0.00	-55.9746	-0.03	90.00	0.0000	0.00
1F	sisma stat x	Wall	0.00	1791.02	1.03	90.00	0.0000	0.00
1F	sisma stat x	Sum	0.00	1735.05		90.00	0.0000	
6F	sisma stat y	Frame(Bea)	0.00	-0.2014	0.00	90.00	147.6577	0.42
6F	sisma stat y	Wall	0.00	0.2014	0.00	90.00	205.9689	0.58
6F	sisma stat y	Sum	0.00	0.0000		90.00	353.6266	
5F	sisma stat y	Frame(Bea)	0.00	-1.0965	0.00	90.00	123.3032	0.15
5F	sisma stat y	Wall	0.00	1.0965	0.00	90.00	693.2614	0.85
5F	sisma stat y	Sum	0.00	0.0000		90.00	816.5646	
4F	sisma stat y	Frame(Bea)	0.00	-1.7973	0.00	90.00	126.8334	0.11
4F	sisma stat y	Wall	0.00	1.7973	0.00	90.00	1058.254	0.89
4F	sisma stat y	Sum	0.00	0.0000		90.00	1185.087	
3F	sisma stat y	Frame(Bea)	0.00	-2.2014	0.00	90.00	108.9832	0.07
3F	sisma stat y	Wall	0.00	2.2014	0.00	90.00	1350.212	0.93
3F	sisma stat y	Sum	0.00	0.0000		90.00	1459.195	
2F	sisma stat y	Frame(Bea)	0.00	-2.3930	0.00	90.00	94.9753	0.06
2F	sisma stat y	Wall	0.00	2.3930	0.00	90.00	1543.913	0.94
2F	sisma stat y	Sum	0.00	0.0000		90.00	1638.888	
1F	sisma stat y	Frame(Bea)	0.00	1.0465	0.00	90.00	11.8084	0.01
1F	sisma stat y	Wall	0.00	-1.0465	0.00	90.00	1723.242	0.99
1F	sisma stat y	Sum	0.00	0.0000		90.00	1735.051	

Valore di ripartizione della forza di taglio per ogni piano distinguendo elementi wall da frame.

Story shear Force Ratio

27% telaio
73% pareti => **struttura mista equivalente a pareti**

4-4 Verifiche sismiche globali: Story Eccentricity

TABLES

RESULT TABLES

STORY
ECCENTRICITY

$$R_{tors} = M/\theta = G \cdot J_p \quad \text{con } \theta = 1$$

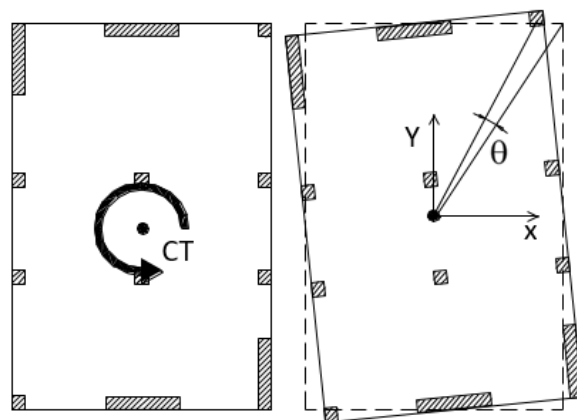
$$G \cdot J_p = \sum_i K_{i,flex,x} \cdot y_i^2 + K_{i,flex,y} \cdot x_i^2$$

$$R_{x,flex} = F/x = \sum_i K_{i,flex,x} \quad \text{con } x = 1$$

$$R_{y,flex} = F/y = \sum_i K_{i,flex,y} \quad \text{con } y = 1$$

$$r_y = \sqrt{\frac{R_{tors}}{R_{x,flex}}} ; r_x = \sqrt{\frac{R_{tors}}{R_{y,flex}}}$$

$$l_s = \sqrt{\frac{J_{p,piano}}{A_{piano}}} ; \text{ per pianta rettangolare } l_s = \sqrt{\frac{A^2 + B^2}{12}}$$



La struttura è considerata a nucleo torsionale se: $\frac{r_x^2}{l_s^2} < 1$ $\frac{r_y^2}{l_s^2} < 1$

E' possibile visualizzare questo rapporto per ogni piano tramite il comando:

Result/Result Tables/Criteria for Regularity in Plan

Result-[Criteria for Regularity in Plan] x											
	Story	Level (m)	Translational Mass		Rotational Mass (kN/g*m²)	Rx (EI Radius)		r²/lₛ²		Check (=1)	
			X-DIR (kN/g)	Y-DIR (kN/g)		X (m)	Y (m)	X	Y	X	Y
►	Roof	15.50	226.42850296	226.42850296	13294.9517	10.97	6.73	2.0481	0.7724	Regular	Irregular
	6F	12.40	349.19505150	349.19505150	22239.3435	7.09	4.33	0.7887	0.2942	Irregular	Irregular
	5F	9.30	349.19505150	349.19505150	22239.3435	6.16	3.70	0.5954	0.2153	Irregular	Irregular
	4F	6.20	349.19505150	349.19505150	22239.3435	5.39	3.18	0.4570	0.1588	Irregular	Irregular
	3F	3.10	349.19505150	349.19505150	22239.3435	5.03	2.91	0.3977	0.1328	Irregular	Irregular
	2F	0.00	394.74565062	394.74565062	27112.5346	8.89	11.07	1.1494	1.7833	Regular	Regular
	1F	-2.80	88.87494391	88.87494391	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.0000	Irregular	Irregular

Come è possibile osservare dalla tabella sopra riportata, la rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano la condizione da normativa NTC18 7.4.3.1

Si assume come tipologia della struttura in esame: **struttura deformabile torsionalmente**

4-5 Valutazione dell'azione sismica: Definizione del fattore di struttura

Rappresenta la duttilità globale, cioè la capacità di una struttura di dissipare energia lavorando in campo plastico. Le caratteristiche che definiscono la duttilità sono:

- I materiali
- La tipologia costruttiva (strutture a telaio, strutture molto iperstatiche)
- I particolari costruttivi (realizzazione dei nodi, presenza di elementi dissipativi)

È possibile valutare il q in maniera approfondita tramite un'analisi non-lineare oppure seguendo la normativa NTC 18 cap 7.4.3.2 che permette di valutarlo in maniera semplificata.

Nel caso in oggetto la struttura risulta essere **deformabile torsionalmente** quindi secondo la tabella 7.3.II della NTC 18:

$$q_0 = 2$$

Locazione ESTE , (lat 45.2238 lon 11.6597)

Categoria suolo B

Categoria Topografica T1

Vita nominale 50 anni

Classe d'uso II

Classe duttilità CD B



Struttura deformabili torsionalmente: $q_0 = 2$

Struttura irregolare in altezza $K_r = 0.8$

$$q = q_0 * K_r = 2 * 0.8 = 1.6$$

4-6 Valutazione dell'azione sismica: Spettro di progetto



Lo spettro di progetto per una costruzione in zona sismica viene trattata dalla normativa D.M. 2018 cap. 3.2.3.

Per la definizione dello spettro si utilizza il file excel: *Spettri-NTCver.1.0.3* del ministero dei lavori pubblici.

Spectrum Name	Type
SLV (q=1.6)	Norm
SLD	Norm

NOTA 1:

Nell'inserimento dello spettro da foglio excel il software midas gen accetta come separatore decimale "." e non ","

Period (sec)	Spectral Data (g)
1	0.0000
2	0.1580
3	0.4730
4	0.5400
5	0.6060
6	0.6730
7	0.7390
8	0.8060
9	0.8720
10	0.9390
11	1.0050
12	1.0720
13	1.1380
14	1.2050

NOTA 2:

Per incollare i punti dello spettro di risposta bisogna effettuare UN SOLO click nella prima casella (non deve apparire la barra di scritta altrimenti il programma cercherà di inserire tutti i punti in quel solo slot).

Spettro di risposta orizzontale per lo stato limite :SLV

Period (sec)	Spectral Data (g)
1	0.0000
2	0.1210
3	0.3640
4	0.4290
5	0.4950
6	0.5600
7	0.6260
8	0.6910
9	0.7570
10	0.8220
11	0.8880
12	0.9530
13	1.0190
14	1.0840

Spettro di risposta orizzontale per lo stato limite :SLD

4-7 Valutazione dell'azione sismica: Gestione dello Spettro

LOAD → **DYNAMIC LOAD** → **RESPONSE SPECTRUM DATA** → **RS LOAD CASE**

Response Spectrum Load Cases

Spectrum Load Case

Load Case Name: Sisma SLD dir.

Direction : X-Y

☐ Auto-Search Angle

☒ Major ☐ Ortho

Excitation Angle : 90 [deg]

Scale Factor : 1

Period Modification Factor : 1

Modal Combination Control ...

Spectrum Functions

Function Name (Damping Ratio)

☐ SLV (q=1.6) (0.05)

☒ SLD (0.05)

☐ Apply Damping Method

Damping Method...

☐ Correction by Damping Ratio

Interpolation of Spectral Data

☐ Linear ☒ Logarithm

☒ Accidental Eccentricity ...

Description :

LoadCase	Direction	Scale
Sisma SLV dir. X	X-Y	1
Sisma SLV dir. Y	X-Y	1
Sisma SLD dir. X	X-Y	1
Sisma SLD dir. Y	X-Y	1

Operations

Add Modify Delete

Eigenvalue Analysis Control...

Response Spectrum Functions...

I modi vengono combinati con combinazione quadratica completa CQC come richiesto nel D.M. 18 cap. 7.3.3.1

Modal Combination Control

Modal Combination Type

☐ SRSS ☒ CQC ☐ ABS ☐ Linear

☒ Add signs(+,-) to the Results

☒ Along the Major Mode Direction

☐ Along the Absolute Maximum Value

☒ Select Mode Shapes

Mode	Use	Mode Shape Factor
1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
2	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
3	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
4	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
5	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
6	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
7	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
8	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
9	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
10	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
11	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
12	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000
13	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000

Check All Check None

OK Cancel

NOTA 1: Add signs (+,-) to the results: assegna una convenzione dei segni sui risultati basata sulla direzione del primo modo o del max valore assoluto.

Accidental Eccentricity for Response Spec...

Eccentricity Data

☒ Automatic ☐ User Defined

Eccentricity: 5 % of Plan Dim.

Perpendicular to Excitation Angle

☒ Consider Eccentricity below G.L.

Stor	Cross (m)	Along (m)
Roo	1.0975	0.6025
6F	1.0975	0.6775
5F	1.0975	0.6775
4F	1.0975	0.6775
3F	1.0975	0.6775
2F	1.0975	0.6025
1F	1.0975	0.6025

☐ Limit Minimum Accidental Torsional Moment

OK Cancel

NOTA 2: Definizione eccentricità accidentale secondo NTC 18 §7.2.6

Per ulteriori approfondimenti teorici si rimanda all' Help Online.

$$CQC \quad E = (\sum_j \sum_i p_{ij} \cdot E_i \cdot E_j)^{1/2}$$

Direzione di applicazione sisma

0° direzione X

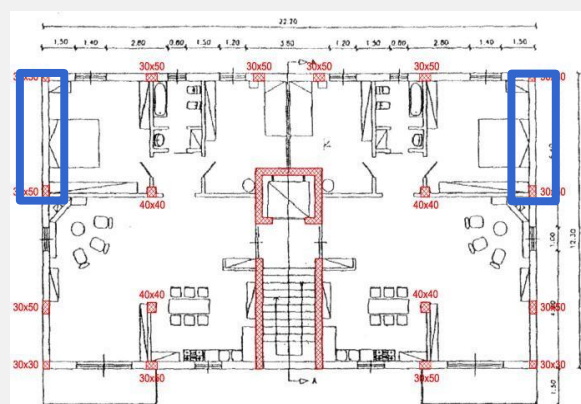
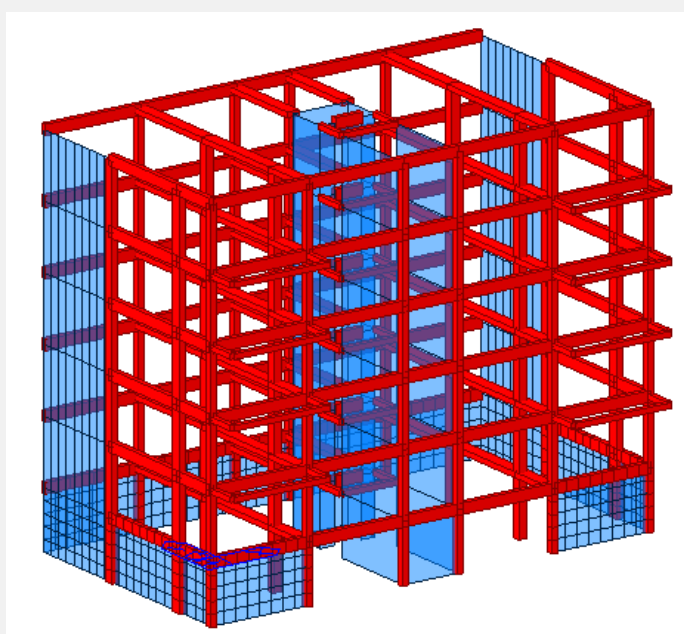
90° direzione Y

4-8 Valutazione dell'azione sismica: Considerazioni e Interventi

In seguito allo studio dinamico della struttura mediante analisi modale si è evidenziata una predisposizione alla torsione a causa della presenza del nucleo in c.a. Infatti il vano ascensore è l'elemento di maggiore rigidezza e si trova in prossimità del baricentro di piano; questo si comporta come un perno attorno al quale ruota la struttura, mettendo in crisi i pilastri presenti nel perimetro. Il comportamento torsionale viene inoltre dimostrato da normativa seguendo il calcolo manuale *DM. 18 cap.7.4.3.1*

INTERVENTI

Per impedire questo fenomeno, ritenuto pericoloso al comportamento sismico della struttura, si interviene inserendo dei setti perimetrali la cui rigidezza dissuade la struttura da movimenti torcenti.



Con l'aggiunta dei setti cambia la tipologia strutturale: **struttura mista telaio e pareti**.

Result-[Criteria for Regularity in Plan]											
	Story	Level (m)	Translational Mass		Rotational Mass (kN/g*m^2)	Rx (EI.Radius)		r^2/Is^2		Check (=1)	
			X-DIR (kN/g)	Y-DIR (kN/g)		X (m)	Y (m)	X	Y	X	Y
▶	Roof	15.50	226.79335177	226.79335177	14161.8470	18.61	8.05	5.5488	1.0378	Regular	Regular
	6F	12.40	346.83352947	346.83352947	23634.1925	19.67	8.37	5.6752	1.0280	Regular	Regular
	5F	9.30	346.83352947	346.83352947	23634.1925	20.16	8.46	5.9632	1.0508	Regular	Regular
	4F	6.20	346.83352947	346.83352947	23634.1925	20.30	8.36	6.0454	1.0260	Regular	Regular
	3F	3.10	346.83352947	346.83352947	23634.1925	20.16	8.27	5.9645	1.0044	Regular	Regular
	2F	0.00	380.58347619	380.58347619	20956.8489	33.04	10.79	19.8223	2.1146	Regular	Regular
	1F	-2.80	80.53035998	80.53035998	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.0000	Irregular	Irregular

L'irregolarità segnalata allo story F1 è dovuta alla presenza dei vincoli esterni.

4-9 Valutazione dell'azione sismica: Spettro di progetto (Intervento)



Lo spettro di progetto per una costruzione in zona sismica viene trattata dalla normativa vigente NTC 2018 cap. 3.2.3

Locazione ESTE , (lat 45.2238, lon 11.6597)

Categoria suolo B

Categoria Topografica T1

Vita nominale 50 anni

Classe d'uso II

Classe duttilità CD B (edificio esistente)

Strutture miste telaio-parete:

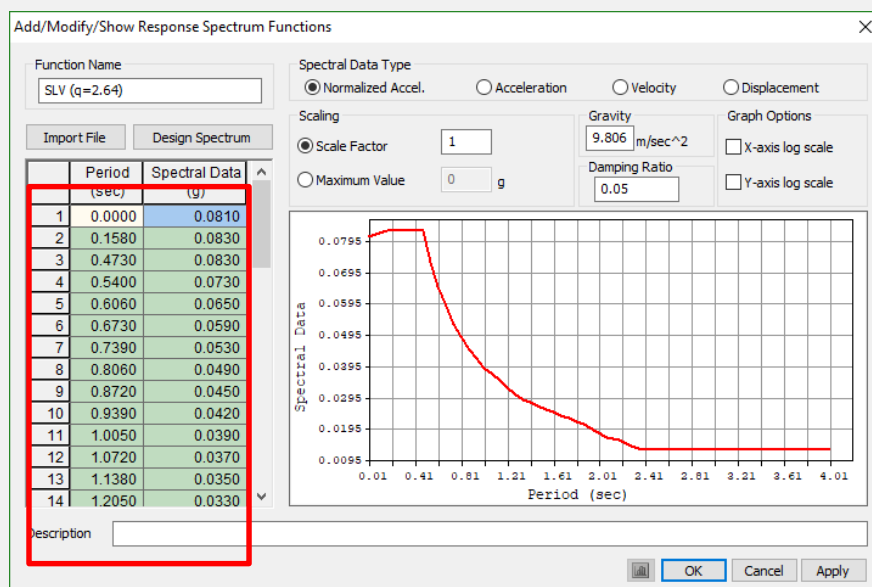
$$q_0 = 3 * \alpha_0 / \alpha_1$$

$\alpha_0 / \alpha_1 = 1.1$ (altre strutture a pareti non accoppiate)

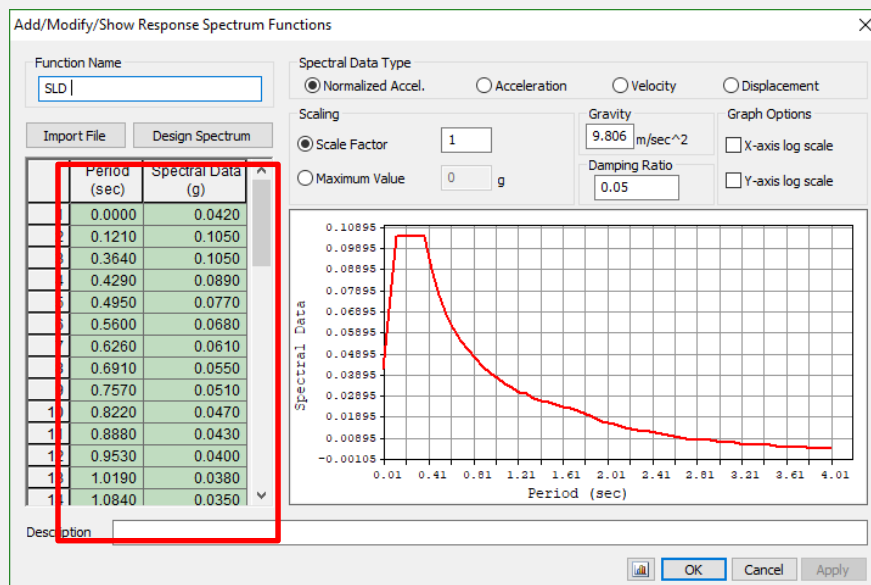
Struttura irregolare in altezza $Kr=0.8$

$$q_0 = 3 * 1.1 = 3.3$$

$$q = q_0 * Kr = 3.3 * 0.8 = 2.64$$



Spettro di risposta orizzontale per lo stato limite :SLV



Spettro di risposta orizzontale per lo stato limite :SLD

4-10 Valutazione dell'azione sismica: Modi di vibrare (Intervento)

ANALYSIS

PERFORM

PERFORM ANALYSIS

Node	Mode	UX	UY	UZ	RX
EIGENVALUE ANALYSIS					
Mode No	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	Period (sec)	Tolerance	
1	11.0419	1.7574	0.5690	1.0490e-015	
2	24.1162	3.8382	0.2605	5.8643e-016	
3	24.4460	3.8907	0.2570	1.7121e-015	
4	51.5313	8.2015	0.1219	3.4250e-016	
5	111.5830	17.7590	0.0563	7.3047e-016	
6	113.7407	18.1024	0.0552	1.4060e-016	
7	115.5709	18.3937	0.0544	6.8093e-016	
8	171.2506	27.2554	0.0367	9.9240e-016	
9	224.3666	35.7091	0.0280	0.0000e+000	
10	251.8942	40.0902	0.0249	2.2934e-016	
11	253.9113	40.4112	0.0247	2.2571e-016	
12	369.2782	58.7725	0.0170	6.4027e-016	
13	385.0955	61.2899	0.0163	3.9250e-016	
14	391.0403	62.2360	0.0161	0.0000e+000	
15	482.0906	76.7271	0.0130	3.7568e-016	
16	490.5832	78.0787	0.0128	3.6278e-016	
17	553.8756	88.1520	0.0113	5.6922e-016	
18	555.8652	88.4687	0.0113	1.3187e-015	

Dall'analisi risulta che il primo modo di vibrare è ora traslazionale in X, pertanto la struttura non è più deformabile torsionalmente. Si ha la conferma dal programma di ciò che si era già dedotto tramite NTC18.

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	61.2022	61.2022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3443	0.3443
	2	0.0000	61.2022	61.4389	61.4389	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3443
	3	0.3204	61.5226	0.0000	61.4389	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	58.1162	58.4605
	4	15.9775	77.5001	0.0000	61.4389	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1604	58.6210
	5	4.2239	81.7240	0.0000	61.4389	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2128	58.8338
	6	0.0000	81.7240	21.4395	82.8783	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	58.8338
	7	0.1324	81.8564	0.0000	82.8783	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	18.9705	77.8043
	8	1.8924	83.7488	0.0000	82.8783	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0239	77.8282
	9	0.7023	84.4510	0.0000	82.8783	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0156	77.8437
	10	0.0000	84.4510	9.0086	91.8870	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	77.8437
	11	0.0032	84.4543	0.0000	91.8870	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.3890	85.2327
	12	9.9081	94.3624	0.0000	91.8870	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.7999	87.0326
	13	0.0000	94.3624	4.9209	96.8079	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	87.0326
	14	4.9612	99.3236	0.0000	96.8079	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.1223	89.1549
	15	0.1953	99.5189	0.0000	96.8079	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0604	91.2153
	16	0.0000	99.5189	2.4650	99.2728	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	91.2153
	17	0.4811	100.000	0.0000	99.2728	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.7847	100.000
	18	0.0000	100.000	0.7272	100.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.000

La % di massa attivata dalla prima frequenza evidenzia un modo proprio di vibrare di tipo traslazionale.

NOTA: Si considerano i modi la cui somma della massa partecipante è > 85% DM 08 cap. 7.3.3.1

4-10 Valutazione dell'azione sismica: Modi di vibrare (Intervento)

RESULTS

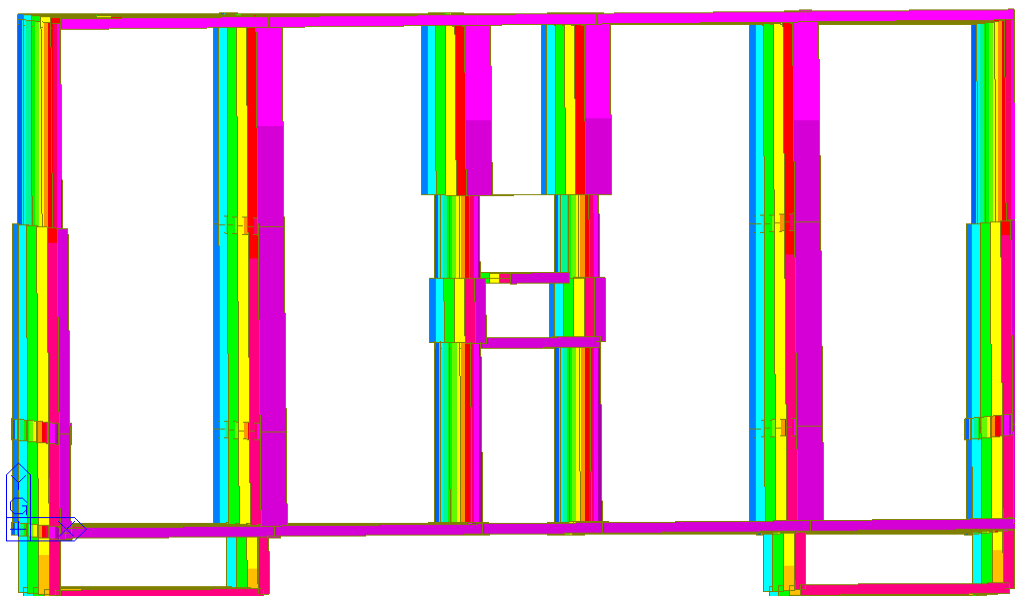
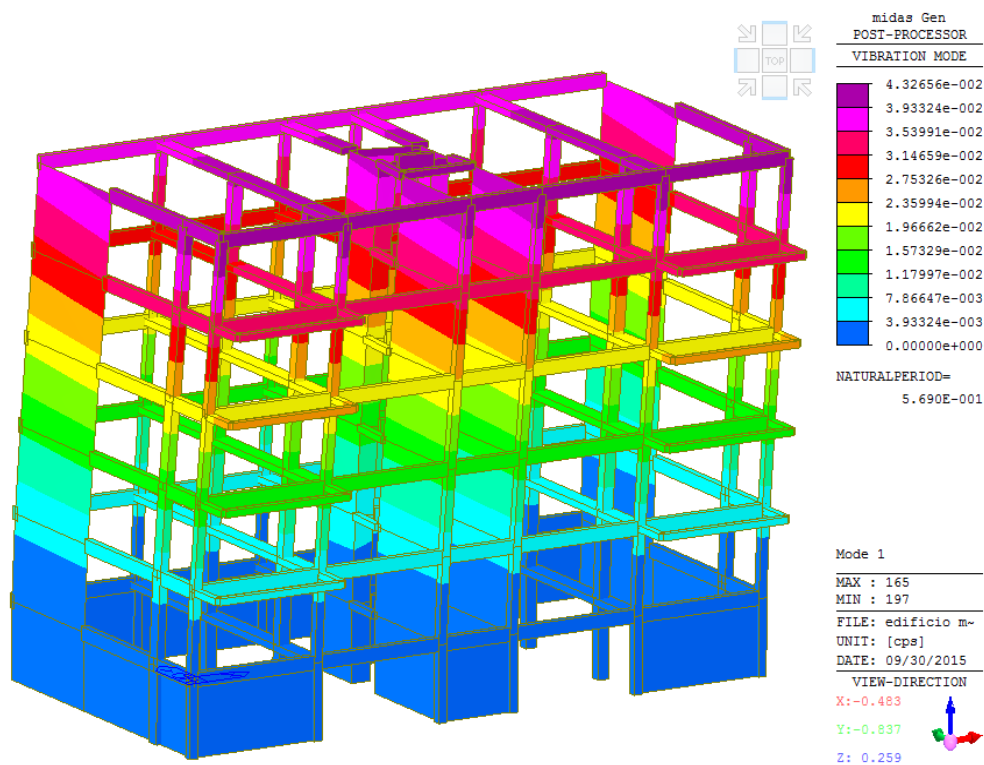
MODE SHAPE

VIBRATION MODE
SHAPES

MODO 1: Modo traslazionale in x.

T= 0.5690 sec

Massa Attivata = 61.2022 % (traslazionale in x)



4-10 Valutazione dell'azione sismica: Modi di vibrare (Intervento)

RESULTS

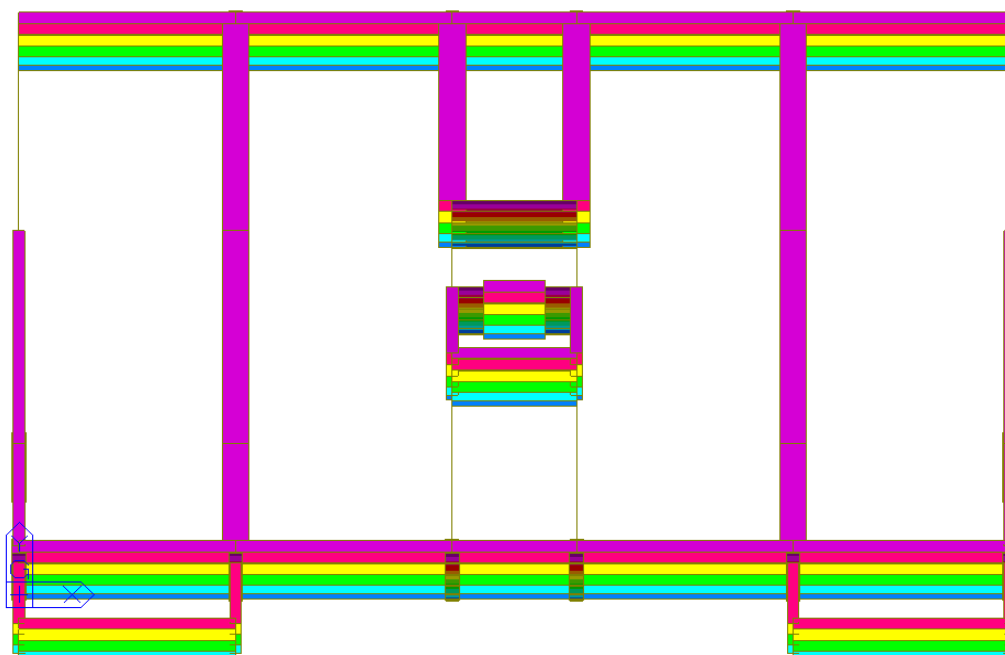
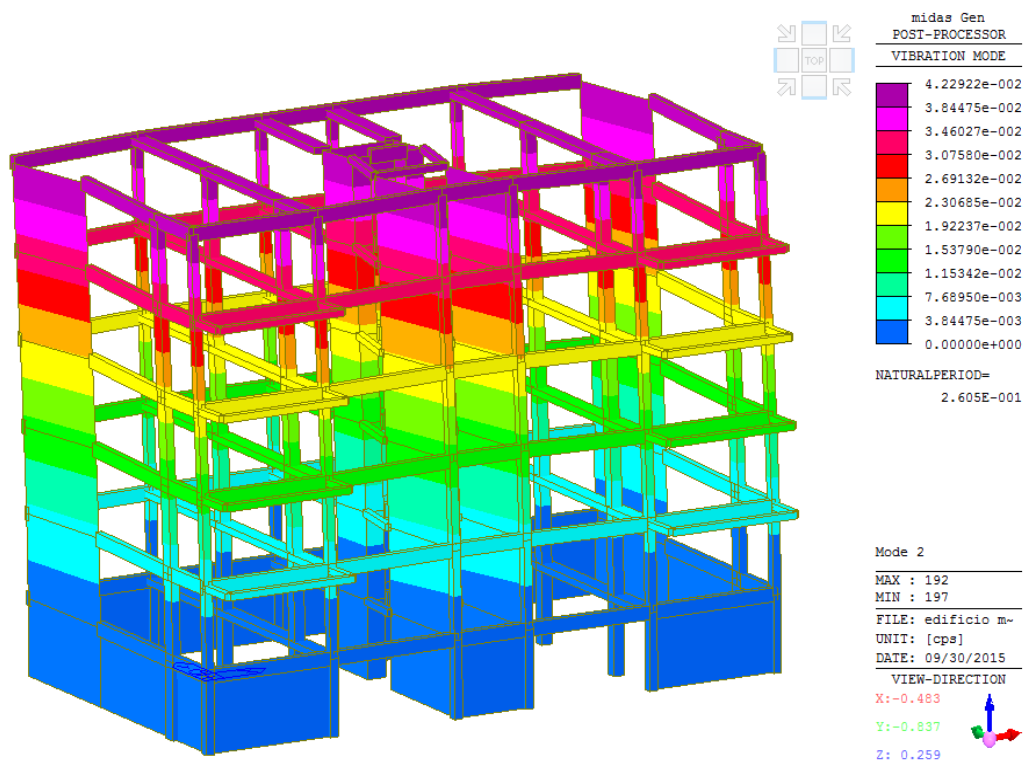
MODE SHAPE

VIBRATION MODE
SHAPES

MODO 2: Modo traslazionale in y.

T= 0.2605 sec

Massa Attivata = 61.4389 % (traslazionale in y)



4-10 Valutazione dell'azione sismica: Modi di vibrare (Intervento)

RESULTS

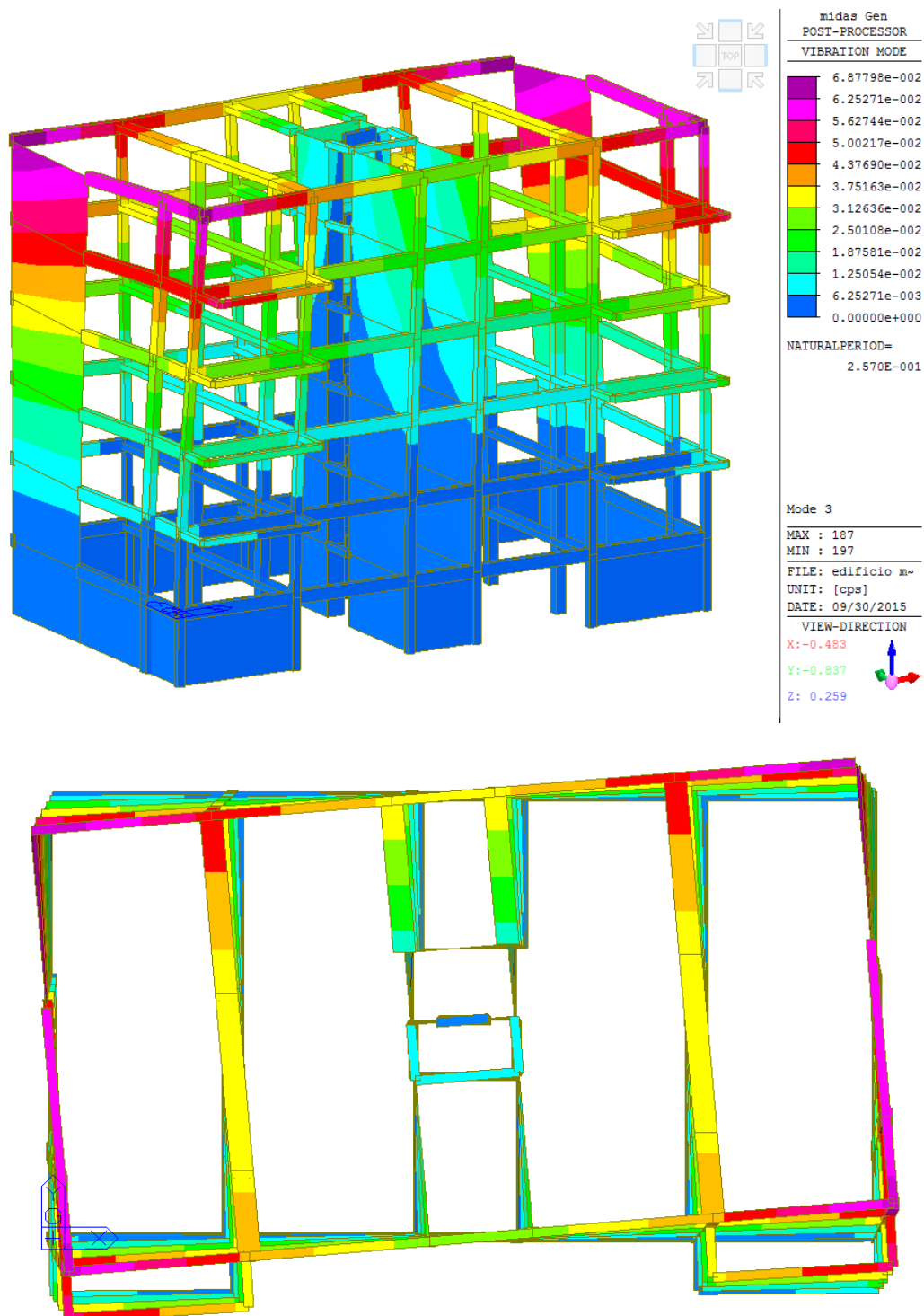
MODE SHAPE

VIBRATION MODE
SHAPES

MODO 3: Modo rotazionale in z.

T= 0.2570 sec

Massa Attivata = 58.1162 % (rotazionale in z)



4-11 Valutazione dell'azione sismica: Riduzione delle rigidzze

ANALYSIS

ANALYSIS CONTROL

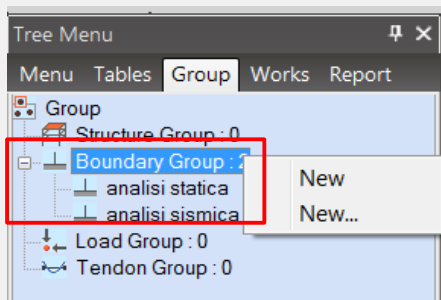
BOUNDARY CHANGE
ASSIGNMENT

Si vuole ora effettuare l'analisi della struttura considerando la diminuzione della rigidzza flessionale di travi e pilastri per effetto della fessurazione. Per fare ciò si risolverà la struttura con due diverse condizioni al contorno (Boundary):

Analisi statica: Considerando l'intera rigidzza degli elementi (per carichi statici verticali)

Analisi sismica: Considerando una rigidzza ridotta degli elementi (per forze orizzontali)

*Dal tree menu/Group si definiscono 2 **Boundary Group** (vedi figura a fianco)*

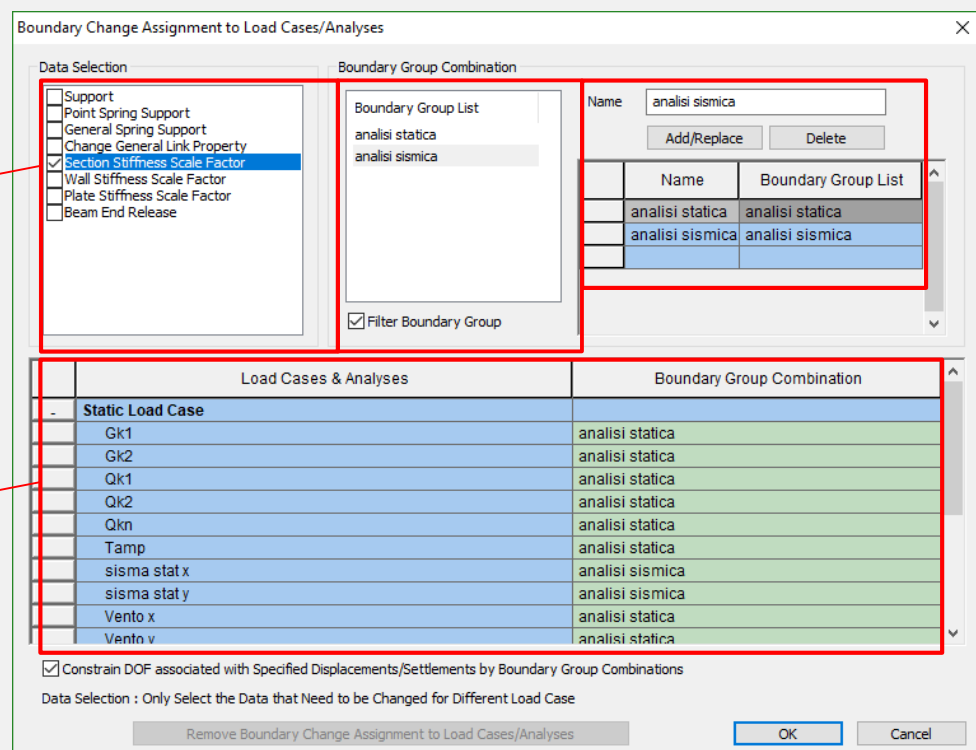


*Si procede all'assegnazione delle rigidzze ridotte per travi e pilastri: **Properties/scale factor/section stiffness scale factor** (vedi pagina successiva).*

*Definiti i "**Boundary Group**" e assegnate le relative rigidzze "**section stiffness scale factor**" ai vari casi di carico viene assegnato il rispettivo "**Boundary Group combination**".*

Definizione delle proprietà per effettuare l'analisi.

Assegnazione dei boundary group ai vari casi di carico.



Boundary change assignment to load cases/analyses

4-11 Valutazione dell'azione sismica: Riduzione delle rigidzze



In seguito allo studio dinamico della struttura mediante analisi modale si decide di effettuare l'analisi del modello con setti secondo quanto indicato al §7.2.6 NTC 18 ossia *tenendo conto della fessurazione* dei materiali fragili e riducendo la rigidzza flessionale e a taglio degli elementi (frame).

Nel caso di strutture in c.a. è possibile utilizzare 3 metodi:

Metodo 1 : riduzione del 50% rigidzza generale della struttura

Metodo 2 : riduzione momento d'inerzia delle sezioni (utilizzato nell'esempio)

Metodo 3 : relazione tra resistenza e rigidzza flessionale degli elementi al variare del carico assiale e della percentuale di armatura.

Tabella 4.1 Momenti di inerzia ridotti per elementi fessurati [Paula e Priestley, 1992]		
Membri strutturali	Intervallo di j_t / j_i	j_t / j_i raccomandato
Travi rettangolari	0.3 - 0.5	0.40
Travi a T e L	0.25 - 0.45	0.35
Colonne, $N > 0.5 f_c \times A$	0.7 - 0.9	0.80
Colonne, $N = 0.2 f_c \times A$	0.5 - 0.7	0.60
Colonne, $N = -0.05 f_c \times A$	0.3 - 0.5	0.40

Section Stiffness Scale Factor

Boundary Group Name: Default

Scale Factor:

Area: 1, Asy: 1, Asz: 1, Ixx: 0, Iyy: 0.7, Izz: 0.7, Weight: 1

☒ Before ☐ After

Add / Replace

No	Name	fAre	fAsy	fAsz	fIxx	fIyy	fIzz	fVgt	Part	Group
1	P 30x30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Befor	analisi stati
1	P 30x30	1.00	1.00	1.00	0.00	0.70	0.70	1.00	Befor	analisi sis
2	P 30x50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Befor	analisi stati
2	P 30x50	1.00	1.00	1.00	0.00	0.70	0.70	1.00	Befor	analisi sis
3	P 40x40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Befor	analisi stati
3	P 40x40	1.00	1.00	1.00	0.00	0.70	0.70	1.00	Befor	analisi sis
4	T 25x25	1.00	1.00	1.00	0.00	0.70	0.70	1.00	Befor	analisi sis

Show Stiffness Close

Section stiffness scale factor

Riduzione delle rigidzze degli elementi strutturali disaccoppiandoli nell'analisi statica e sismica.

Analisi Statica :

Travi Rigidzza Torsionale = 0
Rigidzza flessionale = 1

Pilastri Rigidzza Torsionale = 1
Rigidzza flessionale = 1

Analisi Sismica :

Travi Rigidzza Torsionale = 0
Rigidzza flessionale = 0.5

Pilastri Rigidzza Torsionale = 0
Rigidzze flessionali = 0.7

4-11 Valutazione dell'azione sismica: Riduzione delle rigidzze

ANALYSIS

PERFORM

PERFORM ANALYSIS

EIGENVALUE ANALYSIS					
Mode No	Frequency		Period (sec)	Tolerance	
	(rad/sec)	(cycle/sec)			
1	10.4970	1.6706	0.5986	1.2897e-016	
2	22.9623	3.6546	0.2736	0.0000e+000	
3	23.4033	3.7247	0.2685	0.0000e+000	
4	50.3055	8.0064	0.1249	3.5939e-016	
5	109.2746	17.3916	0.0575	3.0466e-016	
6	112.4119	17.8909	0.0559	0.0000e+000	
7	114.3600	18.2010	0.0549	1.3909e-016	
8	167.8595	26.7157	0.0374	1.2911e-016	
9	221.2545	35.2137	0.0284	0.0000e+000	
10	250.8819	39.9291	0.0250	2.3120e-016	
11	252.9639	40.2604	0.0248	4.5481e-016	
12	368.2577	58.6100	0.0171	4.2922e-016	
13	384.2318	61.1524	0.0164	1.9713e-016	
14	390.1149	62.0887	0.0161	0.0000e+000	
15	481.1818	76.5825	0.0131	8.7989e-016	
16	489.7960	77.9534	0.0128	4.8527e-016	
17	553.2178	88.0473	0.0114	7.6076e-016	
18	555.1064	88.3479	0.0113	1.8890e-016	

Eigenvalue Analysis

Dall'analisi risulta che il primo modo di vibrare è ancora traslazionale in X. Tuttavia avendo considerato una rigidezza ridotta per travi e pilastri si ha una struttura più deformabile e di conseguenza il periodo della struttura aumenta.

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z		
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	
1	60.7938	60.7938	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4130	0.4130	
2	0.0000	60.7938	60.9553	60.9553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4130	
3	0.4107	61.2045	0.0000	60.9553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	57.6217	58.0347	
4	16.2001	77.4046	0.0000	60.9553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1957	58.2304	
5	4.2582	81.6627	0.0000	60.9553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0811	58.3116	
6	0.0000	81.6627	21.8293	82.7845	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	58.3116	
7	0.0843	81.7470	0.0000	82.7845	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	19.4221	77.7337	
8	1.8977	83.6447	0.0000	82.7845	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0220	77.7557	
9	0.7435	84.3882	0.0000	82.7845	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0165	77.7722	
10	0.0000	84.3882	9.0659	91.8504	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	77.7722	
11	0.0035	84.3917	0.0000	91.8504	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.4227	85.1949	
12	9.9844	94.3761	0.0000	91.8504	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.7982	86.9932	
13	0.0000	94.3761	4.9443	96.7948	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	86.9932	
14	4.9435	99.3196	0.0000	96.7948	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.1302	89.1234	
15	0.1948	99.5144	0.0000	96.7948	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0540	91.1774	
16	0.0000	99.5144	2.4745	99.2692	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	91.1774	
17	0.4856	100.000	0.0000	99.2692	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.8226	100.000	
18	0.0000	100.000	0.7308	100.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.000	

Modal Participation Masses Printout

Si conclude che nel caso in esame i modi di vibrare restano sostanzialmente invariati anche considerando per l'analisi dinamica una rigidezza ridotta degli elementi.

4-12 Valutazione dell'azione sismica: Confronto dei risultati

Si riportano qui di seguito i risultati ottenuti per i 3 modelli sopra descritti:

Modello	Periodo primo modo	Tipo di struttura	Fattore struttura	Taglio base FX	Taglio base Fy
	[s]	[DM. 08. Tabella 7.4.I]	[q]	[KN]	[KN]
Iniziale	0.7146	deformabile torsionalmente	1.6	1221.33	1762.12
Con setti laterali	0.5690	struttura mista telaio - parete	2.64	933.94	1109.71
Con setti laterali e rigidezza ridotta	0.5986	struttura mista telaio - parete	2.64	891.37	1104.44
		Confronto taglio alla base (Modello 1-2)		23.5%	37.0%
		Confronto taglio alla base (Modello 2-3)		4.6%	0.47%

Conclusioni:

Dalla tabella sopra riportata è possibile osservare come l'aggiunta di setti vada a modificare la tipologia strutturale, il fattore di struttura e di conseguenza lo spettro di risposta; è normale quindi aspettarsi una differenza non trascurabile del taglio alla base.

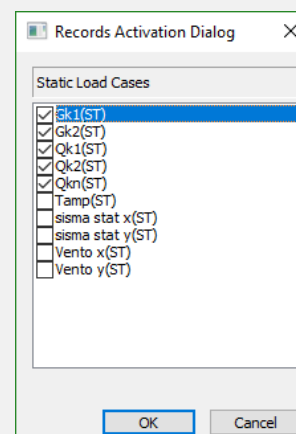
Il modello con setti e telaio a rigidezza ridotta presenta una differenza trascurabile del taglio alla base rispetto al modello con setti laterali inferiore del 5%. Esso ha un periodo principale superiore rispetto al modello con setti laterali, ciò è prevedibile in quanto la struttura è più flessibile.

CONTROLLI:

Dalla finestra Query è possibile controllare tramite tabelle varie caratteristiche della struttura come Pesì, Carichi e Masse.

Per esempio, è possibile controllare la somma dei carichi per tipo di carico e tipo di elemento tramite il comando **Query/Load Summary Table**

	Load	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
►	Gk1	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	-7.511e+00	-7.511e+00
	Gk2	0.000e+00	0.000e+00	-1.066e+00	0.000e+00	0.000e+00	-1.066e+00
	Qk1	0.000e+00	0.000e+00	-2.470e+00	0.000e+00	0.000e+00	-2.470e+00
	Qk2	0.000e+00	0.000e+00	-5.808e+00	0.000e+00	0.000e+00	-5.808e+00
	Qkn	0.000e+00	0.000e+00	-3.438e+00	0.000e+00	0.000e+00	-3.438e+00
	Tamp	0.000e+00	-2.047e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	-2.047e+00
SUMMATION OF TOTAL LOAD PRINTOUT							
		Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
		0.000e+00	-2.047e+00	-1.405e+00	0.000e+00	-7.511e+00	-2.361e+00



5-1 Analisi dei risultati: Combinazioni di carico

RESULTS
COMBINATION
LOAD COMBINATION

Automatic Generation of Load Combinations

Option
☒ Add ☐ Replace ☒ Add Envelope

Code Selection
☐ Steel ☒ Concrete ☐ SRC
☐ Cold Formed Steel ☐ Footing
☐ Aluminum

Design Code : Eurocode2:04
 National Annex : Italy

☒ Scale Up of Response Spectrum Load Cases

Manipulation of Construction Stage Load Case
 ST : Static Load Case
 CS : Construction Stage Load Case
☒ ST Only ☐ CS Only ☐ ST+CS

☒ Consider Orthogonal Effect
 Set Load Cases for Orthogonal Effect...
☒ 100 : 30 Rule
☐ SRSS(Square-Root-of-Sum-of-Squares)

Define Factors for Variable Actions
 Factors for Variable Actions...

Partial factors for actions
 Gamma_G : 1.3 Gamma_Q : 1.5

☐ Will Execute Construction Stage Analysis
☐ Consider Losses for Prestress Load Cases
 Transfer Stage : 1 Define Factors
 Service Load Stage : 1

☐ Consider Imperfection Load
 Set Load Cases and Direction...

OK Cancel

Definizione delle combinazioni delle azioni secondo NTC 18 cap. 2.5.3

Definizione del materiale

Definizione della normativa per la generazione delle combinazioni

Set Load Cases for Orthogonal Effect

Orthogonal Loads Group

Define Orthogonal Load Cases

Load Case 1 : Sisma SLV d ...
 Load Case 2 : Sisma SLV d

Group No	LC1	LC2
1	Sisma S...	Sisma S...

Add Modify Delete

OK Cancel

Regola del 100:30 per la combinazione delle due componenti sismiche NTC 18 cap 7.3.5

Factors for Variable Actions

Load Cases and Factors

No	Load Case	Type	Psi0	Psi1	Psi2
1	Qk1	L	0.70000	0.50000	0.30000
2	Qk2	L	0.70000	0.50000	0.30000
3	Qkn	S	0.50000	0.20000	0.00000
4	Vento x	W	0.60000	0.20000	0.00000
5	Vento y	W	0.60000	0.20000	0.00000
*					

OK Cancel

Valori dei coefficienti di combinazione NTC 18 cap. 2.5.2

Definizione dei coefficienti parziali di sicurezza

5-1 Analisi dei risultati: Combinazioni di carico

RESULTS COMBINATION LOAD COMBINATION

Load Combinations

General Steel Design Concrete Design RC Design Cold Formed Steel Design Footing Design Aluminum Design

Load Combination List

No	Name	Active	Type	Gk1(ST)	Gk2(ST)	Qk1(ST)	Qk2(ST)	Qkn(ST)	Tamp(ST)	Vento x(ST)	Vento y(ST)	Sisma SLV dir X(RS)	Sisma SLV dir Y(RS)	Sisma SLV dir X(ES)	Sisma
55	cLCB55	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			-0.0000	-1.0000	0.3000	0.3000
56	cLCB56	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			0.3000	-1.0000	0.3000	0.3000
57	cLCB57	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			0.3000	-1.0000	-0.3000	-0.3000
58	cLCB58	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			-1.0000	-0.3000	-1.0000	-1.0000
59	cLCB59	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			-1.0000	-0.3000	1.0000	1.0000
60	cLCB60	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			-1.0000	0.3000	-1.0000	-1.0000
61	cLCB61	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			-1.0000	0.3000	1.0000	1.0000
62	cLCB62	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			-0.3000	-1.0000	0.3000	0.3000
63	cLCB63	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			-0.3000	-1.0000	-0.3000	-0.3000
64	cLCB64	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			0.3000	-1.0000	-0.3000	-0.3000
65	cLCB65	Strength/Stre	Add	1.0000	1.0000	0.3000	0.3000		1.0000			0.3000	-1.0000	0.3000	0.3000
66	cLCB66	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	1.0000	0.7000		1.0000						
67	cLCB67	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	1.0000		1.0000						
68	cLCB68	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	1.0000	0.7000	0.5000	1.0000						
69	cLCB69	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	1.0000	0.5000	1.0000						
70	cLCB70	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000	1.0000	1.0000						
71	cLCB71	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	1.0000	0.7000		1.0000	0.6000					
72	cLCB72	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	1.0000	0.7000		1.0000		0.6000				
73	cLCB73	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	1.0000		1.0000	0.6000					
74	cLCB74	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	1.0000		1.0000		0.6000				
75	cLCB75	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	1.0000	0.7000		1.0000	-0.6000					
76	cLCB76	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	1.0000	0.7000		1.0000		-0.6000				
77	cLCB77	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	1.0000		1.0000	-0.6000					
78	cLCB78	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	1.0000		1.0000		-0.6000				
79	cLCB79	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000		1.0000	1.0000					
80	cLCB80	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000		1.0000		1.0000				
81	cLCB81	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000		1.0000	-1.0000					
82	cLCB82	Serviceability	Add	1.0000	1.0000	0.7000	0.7000		1.0000		-1.0000				

Copy Import... Auto Generation... Normal Form

File Name: C:\Users\anton\Desktop\TIROCINIO\Edificio multipiano C Browse Make Load Combination Sheet Close

Load combinations

NOTA1:

In "General" si definiscono le combinazioni di carico relative allo spettro SLD settando in **Auto generation of load combinations/set load case of orthogonal effect** lo spettro SLD. In "Concrete" si definiscono le combinazioni di carico relative allo spettro SLV.

TIPOLOGIA DI COMBINAZIONI:

Add: Linear combination of analysis results

$L1 + L2 + \dots + M1 + M2 + \dots + S1 + S2 + \dots + (R1 + R2 + \dots) + T + LCB1 + LCB2 + \dots + ENV1 + ENV2 + \dots$

Envelope: Maximum, minimum and maximum of absolute values for individual analysis results

CBmax: $\text{Max}(L1, L2, \dots, M1, M2, \dots, S1, S2, \dots, R1, R2, \dots, T, LCB1, LCB2, \dots, ENV1, ENV2, \dots)$

CBmin: $\text{Min}(L1, L2, \dots, M1, M2, \dots, S1, S2, \dots, R1, R2, \dots, T, LCB1, LCB2, \dots, ENV1, ENV2, \dots)$

CBall: $\text{Max}(|L1|, |L2|, \dots, |M1|, |M2|, \dots, |S1|, |S2|, \dots, |R1|, |R2|, \dots, |T|, |LCB1|, |LCB2|, \dots, |ENV1|, |ENV2|, \dots)$

Load	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
Gk1	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	-7.511e+00	-7.511e+00
Gk2	0.000e+00	0.000e+00	-1.066e+00	0.000e+00	0.000e+00	-1.066e+00
Qk1	0.000e+00	0.000e+00	-2.470e+00	0.000e+00	0.000e+00	-2.470e+00
Qk2	0.000e+00	0.000e+00	-5.808e+00	0.000e+00	0.000e+00	-5.808e+00
Qkn	0.000e+00	0.000e+00	-3.438e+00	0.000e+00	0.000e+00	-3.438e+00
Tamp	0.000e+00	-2.047e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	-2.047e+00
SUMMATION OF TOTAL LOAD PRINTOUT						
	Concent (kN)	Beam (kN)	Floor (kN)	Pressure (kN)	Self Weight (kN)	Sum (kN)
	0.000e+00	-2.047e+00	-1.405e+00	0.000e+00	-7.511e+00	-2.361e+00

Records Activation Dialog

Static Load Cases

- ☒ Gk1(ST)
- ☒ Gk2(ST)
- ☒ Qk1(ST)
- ☒ Qk2(ST)
- ☒ Qkn(ST)
- ☐ Tamp(ST)
- ☐ sisma stat x(ST)
- ☐ sisma stat y(ST)
- ☐ Vento x(ST)
- ☐ Vento y(ST)

OK Cancel

Controllo dei carichi:
Query => Load Summary

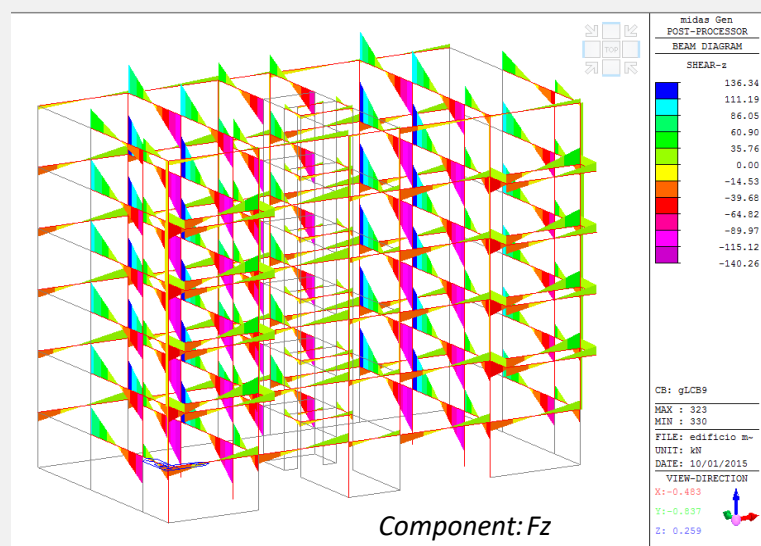
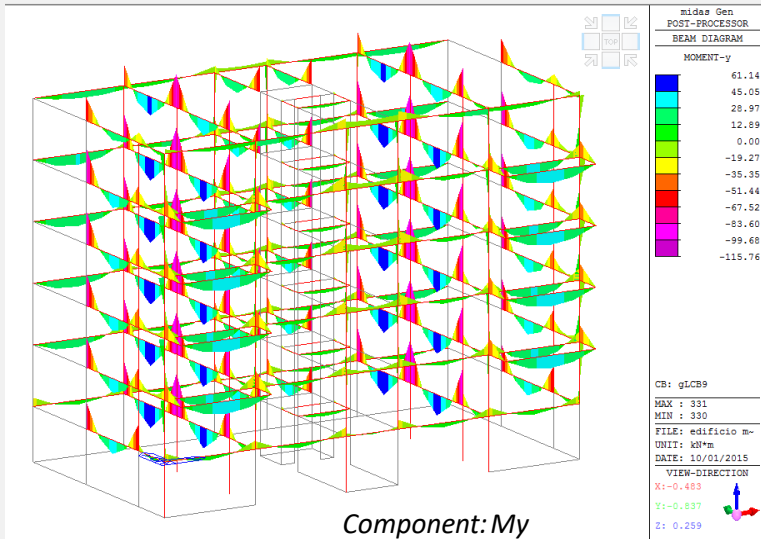
5-2 Analisi dei risultati: Beam diagrams

RESULTS

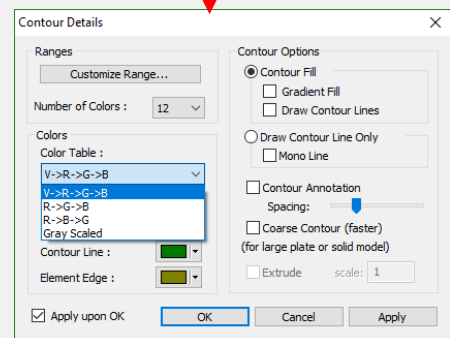
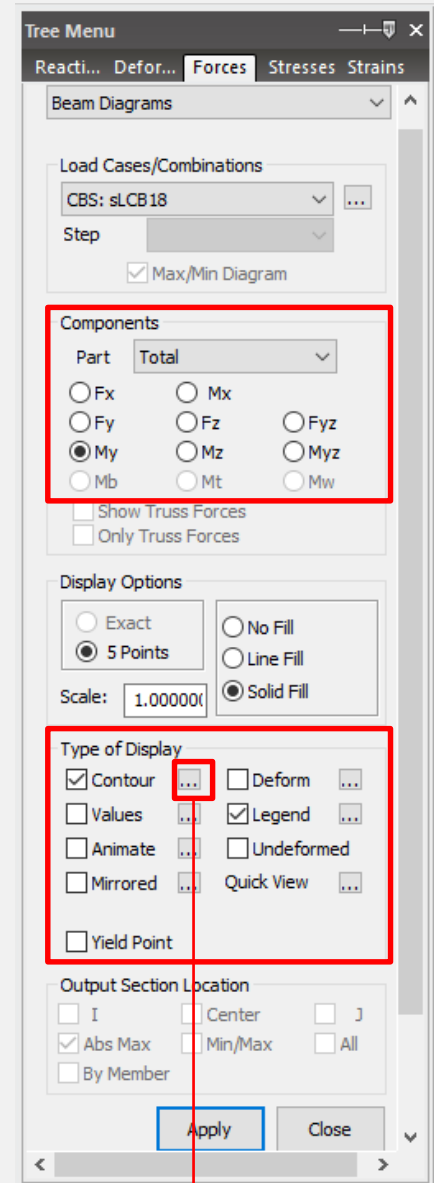
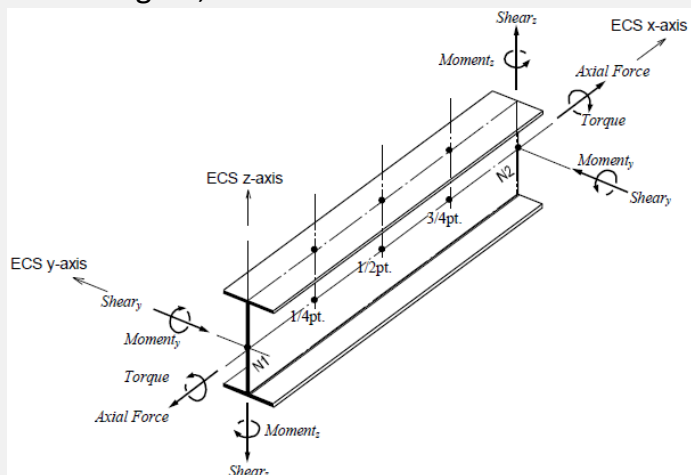
FORCES

BEAM DIAGRAM

Visualizzazione delle sollecitazioni rispetto agli assi locali degli elementi.



La convenzione dei segni per gli elementi Beam è quella rappresentata in figura, dove le frecce indicano la direzione positiva.



Per modificare i settaggi del contour.

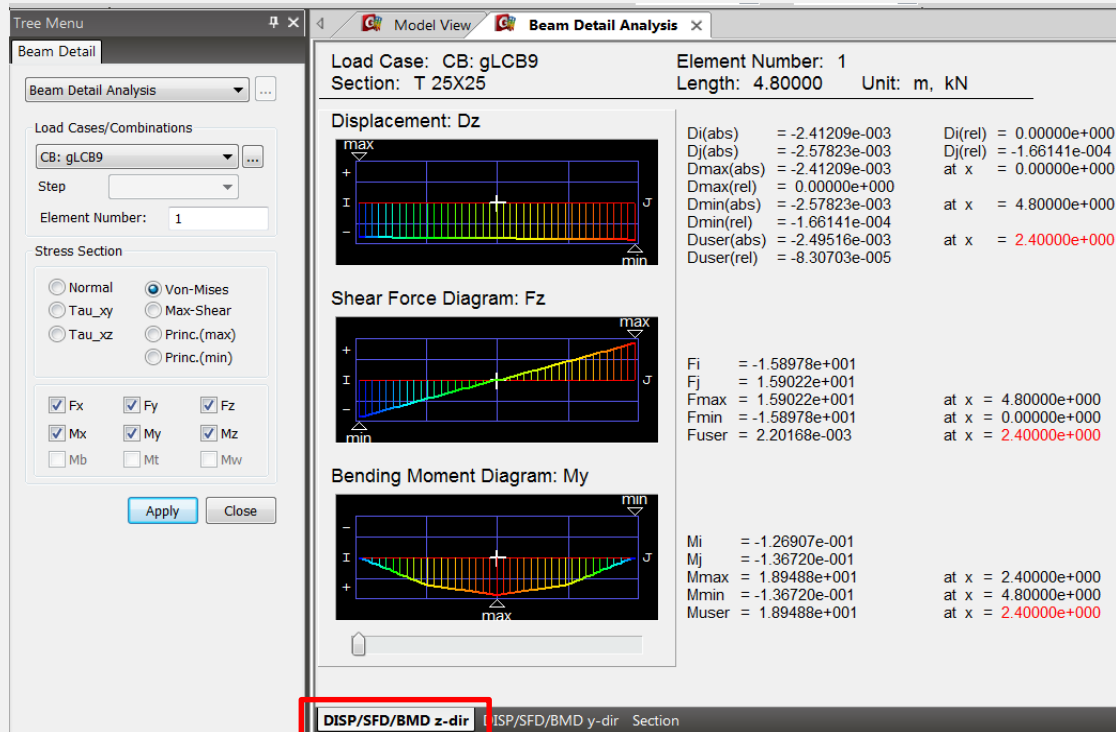
5-3 Analisi dei risultati: Controllo di dettaglio di un elemento

RESULTS

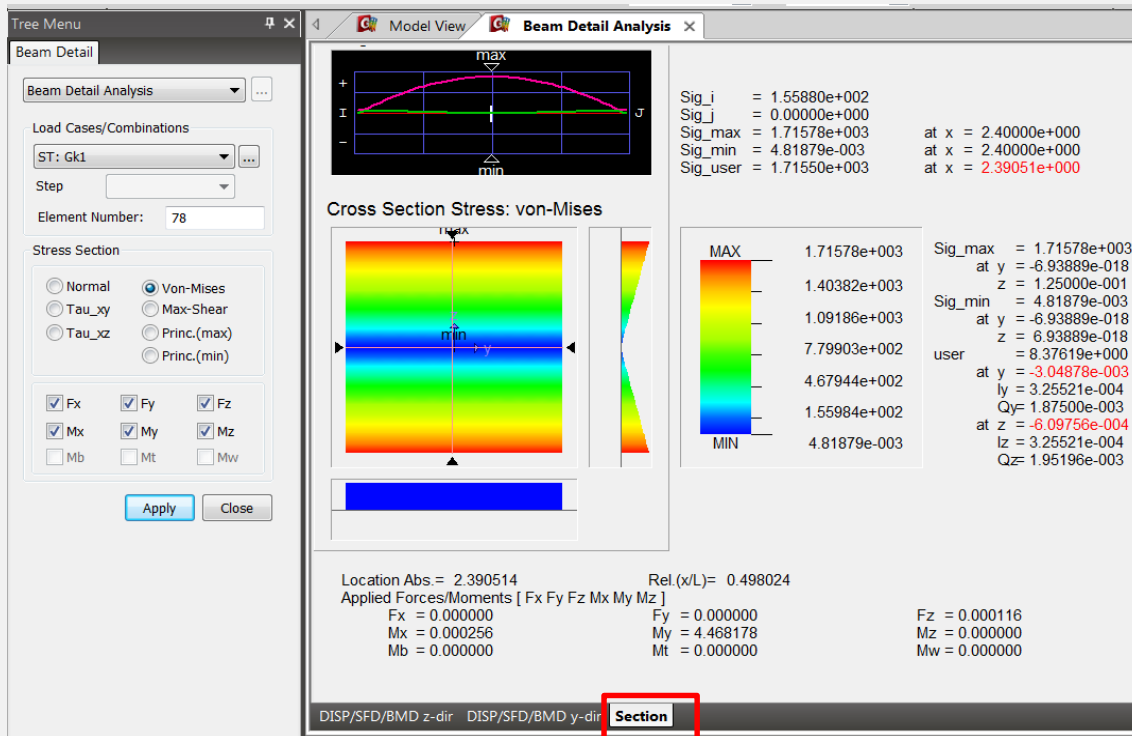
DETAIL

BEAM DETAIL
ANALYSIS

E' necessario scegliere elemento e combinazione.



Diagrammi delle sollecitazioni y-y ; z-z



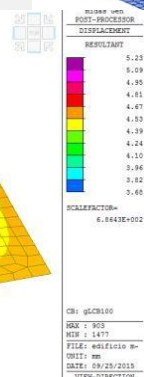
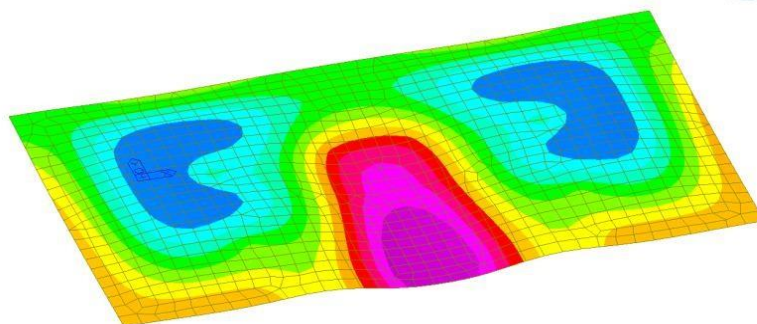
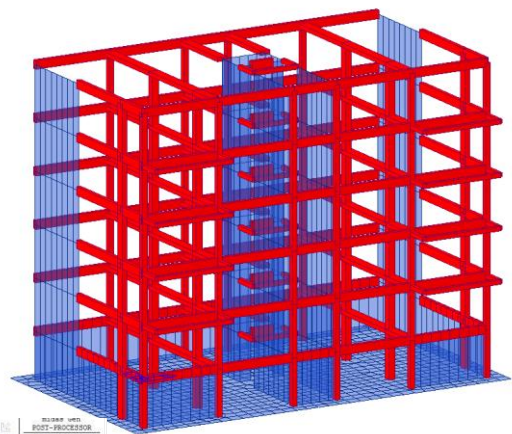
Mapa delle tensioni nella sezione

5-4 Analisi dei risultati: Modello con platea di fondazione

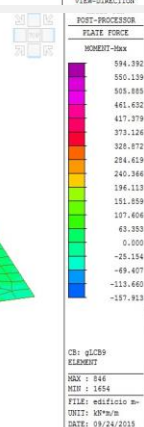
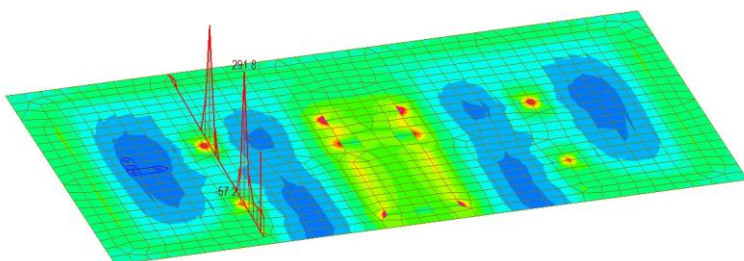
Modellazione platea di fondazione tramite meshatore automatico:

$$\text{Winkler} = 1 \text{ Kg/cm}^3$$

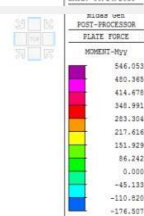
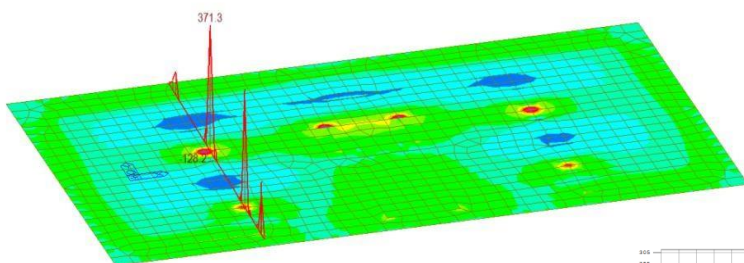
Per approfondimenti su progetto e verifica di platee si rimanda al documento: *Slab wall design*.



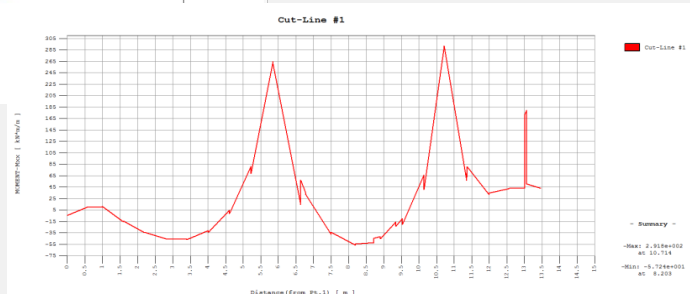
Deformata



Contour: Mxx



Contour: Myy



6-1 Verifiche SLD: Controllo spostamenti interpiano

RESULTS RESULTS TABLES STORY STORY DRIFT

Si esegue la verifica di rigidezza degli elementi strutturali secondo NTC18 - 7.3.6.1 – che si ritiene soddisfatta qualora la deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$q d_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$q d_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

Story Drift Parameters

☐ Response Modification Coefficient

1

Deflection Amplification Factor(Cd)

1

Importance Factor(Ie)

1

Scale Factor

1

Allowable Ratio

0.005

Vertical Load Combination

Gk1 ... Scale Factor 1.0

Load Case S.F. Add Modify Delete

Define Beta(Beta)

☒ Fixed (1.0) ☐ User Define

Story Beta Add... Delete

OK Cancel

Records Activation Dialog

Loadcase/Combination

☐ Gk1(ST)

☐ Gk2(ST)

☐ Qk1(ST)

☐ Qk2(ST)

☐ Qkn(ST)

☐ Tamp(ST)

☐ sisma stat x(ST)

☐ sisma stat y(ST)

☐ Vento x(ST)

☐ Vento y(ST)

☒ Sisma SLV dir. X(RS)

☒ Sisma SLV dir. Y(RS)

☒ Sisma SLD dir. X(RS)

☒ Sisma SLD dir. Y(RS)

☒ Sisma SLV dir. X(ES)

OK Cancel

Selezione delle combinazioni

Load Case	Story	Story Height (mm)	P-Delta Incremental Factor (ad)	Allowable Story Drift Ratio	Maximum Drift of All Vertical Elements					Drift at the Center of Mass				
					Node	Story Drift (mm)	Modified Drift (mm)	Story Drift Ratio	Remark	Story Drift (mm)	Modified Drift (mm)	Drift Factor (Maximum/Current)	Story Drift Ratio	Remark
RMC Not Used, Cd=1, Ie=1.5, Scale Factor=1, Allowable Ratio=0.005 Press right mouse button and click 'Set Story Drift Parameters...' menu to change RMC or Cd/Ie/Scale Factor/Allowable Ratio/Beta!														
Sisma	6F	3100.00	1.00	0.0050	133	2.3712	1.5800	0.0005	OK	2.0517	1.3678	1.1557	0.0004	OK
Sisma	5F	3100.00	1.00	0.0050	101	2.4104	1.6070	0.0005	OK	2.2063	1.4708	1.0925	0.0005	OK
Sisma	4F	3100.00	1.00	0.0050	69	2.3293	1.5520	0.0005	OK	2.1329	1.4219	1.0921	0.0005	OK
Sisma	3F	3100.00	1.00	0.0050	37	2.1056	1.4030	0.0005	OK	1.9289	1.2859	1.0917	0.0004	OK
Sisma	2F	3100.00	1.00	0.0050	5	1.5502	1.0330	0.0003	OK	1.4211	0.9474	1.0909	0.0003	OK
Sisma	1F	2800.00	1.00	0.0050	196	0.3604	0.2400	0.0001	OK	0.3042	0.2028	1.1847	0.0001	OK
Sisma	6F	3100.00	1.00	0.0050	155	0.0001	0.0000	0.0000	OK	0.0001	0.0001	1.1212	0.0000	OK
Sisma	5F	3100.00	1.00	0.0050	123	0.0001	0.0000	0.0000	OK	0.0001	0.0001	1.2824	0.0000	OK
Sisma	4F	3100.00	1.00	0.0050	91	0.0001	0.0000	0.0000	OK	0.0001	0.0001	1.2858	0.0000	OK
Sisma	3F	3100.00	1.00	0.0050	59	0.0001	0.0000	0.0000	OK	0.0001	0.0000	1.2974	0.0000	OK
Sisma	2F	3100.00	1.00	0.0050	27	0.0000	0.0000	0.0000	OK	0.0000	0.0000	1.2545	0.0000	OK
Sisma	1F	2800.00	1.00	0.0050	269	0.0716	0.0470	0.0000	OK	0.0000	0.0000	3175.9213	0.0000	OK
Sisma	6F	3100.00	1.00	0.0050	133	2.3160	1.5440	0.0005	OK	2.0049	1.3366	1.1552	0.0004	OK
Sisma	5F	3100.00	1.00	0.0050	101	2.3517	1.5670	0.0005	OK	2.1524	1.4349	1.0926	0.0005	OK
Sisma	4F	3100.00	1.00	0.0050	69	2.2679	1.5120	0.0005	OK	2.0767	1.3844	1.0921	0.0004	OK
Sisma	3F	3100.00	1.00	0.0050	37	2.0496	1.3660	0.0004	OK	1.8777	1.2518	1.0916	0.0004	OK
Sisma	2F	3100.00	1.00	0.0050	5	1.5128	1.0080	0.0003	OK	1.3871	0.9247	1.0907	0.0003	OK
Sisma	1F	2800.00	1.00	0.0050	196	0.3527	0.2350	0.0001	OK	0.2977	0.1985	1.1848	0.0001	OK
Sisma	6F	3100.00	1.00	0.0050	155	0.0001	0.0000	0.0000	OK	0.0001	0.0001	1.1358	0.0000	OK

Storydrift

6-2 Verifiche SLD: Controllo della non linearità geometrica

RESULTS RESULTS TABLES STORY STABILITY COEFFICIENT

Effetti delle non linearità geometriche

Le non linearità geometriche sono prese in conto attraverso il fattore θ che, in assenza di più accurate determinazioni, può essere definito come:

$$\theta = \frac{P \cdot d_{er}}{V \cdot h} \quad [7.3.3]$$

dove:

P è il carico verticale totale dovuto all'orizzontamento in esame e alla struttura ad esso sovrastante;

d_{er} è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano allo SLV, ottenuto come differenza tra lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento considerato e lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento immediatamente sottostante, entrambi valutati come indicato al § 7.3.3.3;

V è la forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame, derivante dall'analisi lineare con fattore di comportamento q ;

h è la distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.

Gli effetti delle non linearità geometriche:

- possono essere trascurati, quando θ è minore di 0,1;
- possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a $1/(1-\theta)$, quando θ è compreso tra 0,1 e 0,2;
- devono essere valutati attraverso un'analisi non lineare, quando θ è compreso tra 0,2 e 0,3.

Il fattore θ non può comunque superare il valore 0,3.

Stability Coefficient Parameters

Deflection Amplification Factor (Cd)

Importance Factor (Ie)

Scale Factor

Vertical Load Combination

Gk1 Scale Factor

Load Case S.F.

Gk2

Qk1

Define Beta(Beta)

☒ Fixed (1.0) ☐ User Define

Story Beta

Story Drift Method

☒ Drift on the Center of Mass

☐ Max. Drift of Outer Extreme Points

☐ Max. Drift of All Vertical Elements

OK Cancel

La forza totale V è intesa quella elastica, è quindi necessario moltiplicare i casi di carico per i relativi coeff. di comb. e per il fattore di struttura q .

Records Activation Dialog

Loadcase/Combination

☐ Gk1(ST)

☐ Gk2(ST)

☐ Qk1(ST)

☐ Qk2(ST)

☐ Qkn(ST)

☐ Tamp(ST)

☐ sisma stat x(ST)

☐ sisma stat y(ST)

☐ Vento x(ST)

☐ Vento y(ST)

☒ Sisma SLV dir. X(RS)

☒ Sisma SLV dir. Y(RS)

☐ Sisma SLD dir. X(RS)

☐ Sisma SLD dir. Y(RS)

☐ Sisma SLV dir. X(ES)

OK Cancel

Selezione delle combinazioni

Load	Story Shear Force (kN)	Modified Story Drift (m)	Beta (Beta)	Stability Coefficient (Theta)	Allowable Limit	Remark	P-Delta Incremental Factor
Stability Coefficient Parameters...							
8.8944	241.0716	0.0014	1.0000	0.0129	0.2500	OK	1.0000
Sisma S 5F	16330.9030	437.4773	0.0015	1.0000	0.0177	OK	1.0000
Sisma S 4F	25627.9116	570.4643	0.0014	1.0000	0.0206	OK	1.0000
Sisma S 3F	34924.9202	679.7204	0.0013	1.0000	0.0213	OK	1.0000
Sisma S 2F	44221.9288	763.4545	0.0009	1.0000	0.0177	OK	1.0000
Sisma S 1F	55658.0459	813.6091	0.0002	1.0000	0.0050	OK	1.0000
Sisma S 6F	7033.8944	0.0138	0.0000	1.0000	0.0100	OK	1.0000
Sisma S 5F	16330.9030	0.0231	0.0000	1.0000	0.0125	OK	1.0000
Sisma S 4F	25627.9116	0.0311	0.0000	1.0000	0.0136	OK	1.0000
Sisma S 3F	34924.9202	0.0353	0.0000	1.0000	0.0152	OK	1.0000
Sisma S 2F	44221.9288	0.0338	0.0000	1.0000	0.0105	OK	1.0000
Sisma S 1F	55658.0459	0.0336	0.0000	1.0000	0.0089	OK	1.0000

Stability coefficient

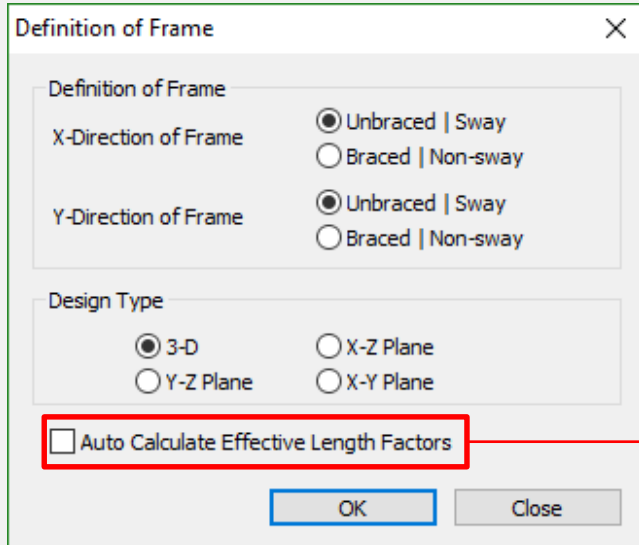
7-1 General Design: Definition of frame – Effective Length Factor

DESIGN

GENERAL DESIGN
PARAMETER

DEFINITION OF
FRAME

Essendo la struttura 3D, ogni elemento può essere sottoposto a instabilità nelle due direzioni x-y.



The 'Definition of Frame' dialog box contains the following settings:

- Definition of Frame:**
 - X-Direction of Frame: ☒ Unbraced | Sway, ☐ Braced | Non-sway
 - Y-Direction of Frame: ☒ Unbraced | Sway, ☐ Braced | Non-sway
- Design Type:**
 - ☒ 3-D, ☐ X-Z Plane
 - ☐ Y-Z Plane, ☐ X-Y Plane
- Auto Calculate Effective Length Factors:** ☐ (highlighted with a red box)
- Buttons:** OK, Close

Definition of frame

Unbraced / Sway: (nodi liberi di ruotare e traslare) la struttura si comporta come non controventata nei confronti dell'instabilità

Braced / Non-Sway: (nodi liberi di ruotare) la struttura si comporta come controventata nei confronti dell'instabilità

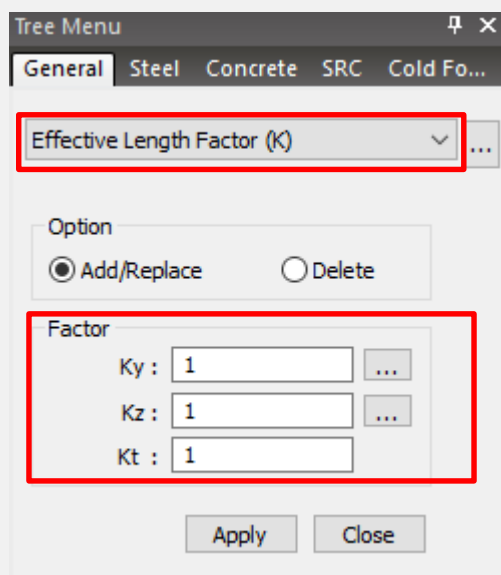
Spuntando calcola automaticamente la lunghezza libera di inflessione dei singoli elementi in base alla rigidezza degli elementi a cui è collegato. Altrimenti è possibile definirla manualmente tramite il comando:

design/ general design parameters/ unbraced lenght

DESIGN

GENERAL DESIGN
PARAMETER

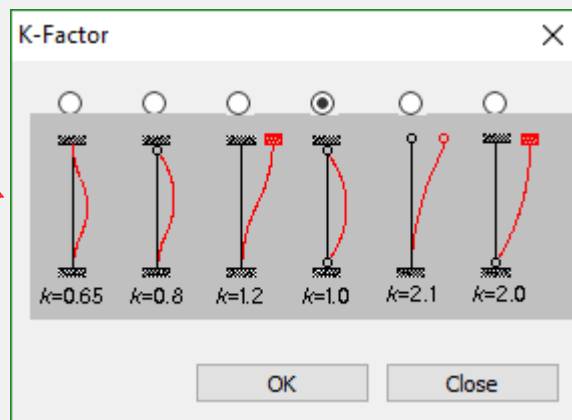
EFFECTIVE
LENGTH FACTOR



The 'Effective Length Factor (K)' dialog box contains the following settings:

- Tree Menu:** General, Steel, Concrete, SRC, Cold Fo... (Effective Length Factor (K) is selected and highlighted with a red box)
- Option:** ☒ Add/Replace, ☐ Delete
- Factor:**
 - Ky : 1
 - Kz : 1
 - Kt : 1(The factor input fields are highlighted with a red box)
- Buttons:** Apply, Close

Il software definisce in automatico lo schema statico per il calcolo del coefficiente k. E' possibile inserire manualmente un coefficiente k per il calcolo della lunghezza libera d'inflessione L_0 .



The 'K-Factor' dialog box displays six static diagrams for different boundary conditions, each with a corresponding k value:

- Diagram 1: $k=0.65$
- Diagram 2: $k=0.8$
- Diagram 3: $k=1.2$
- Diagram 4: $k=1.0$ (highlighted with a red circle)
- Diagram 5: $k=2.1$
- Diagram 6: $k=2.0$

Buttons: OK, Close

Altri casi più comuni

7-2 General Design: Live Load Reduction Factor – Limiting Slenderness Ratio



Live Load Reduction Factor

Calculation Rule
☒ by General Design Code ☐ by Chinese Standard

Applied Components
☐ All Forces ☒ Axial Force ☐ Moments ☐ Shear Forces

Live Load Case Name :

Factor Range : Max(Rmax) 1.00 - Min(Rmin) 0.50

Story	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax	Range
▼	0.00	0.00	0.00	0.00	1 0.5

Picking Node Number :

Add Modify Delete

OK Close

Possibilità di ridurre le sollecitazioni sulla quale fare il Design, distinguendo i tre tipi di sollecitazione (N,M,T), o casi di carico.



Tree Menu

General Steel Concrete SRC

Limiting Slenderness Ratio

Option
☒ Add/Replace ☐ Delete

Limiting Slenderness Ratio
 Compression : 200
 Tension : 300
☐ Do not Check

Apply Close

Limiting SlendernessRatio

E' il parametro limite di snellezza *lambda* per la verifica come definito da NTC 18 cap. 4.1.2.3.9

In via approssimata gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza λ non supera il valore limite

$$\lambda_{lim} = \frac{25}{\sqrt{v}} \quad [4.1.41]$$

dove

$v = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$ è l'azione assiale adimensionalizzata.

La snellezza è calcolata come rapporto tra la lunghezza libera di inflessione, l_0 , ed il raggio d'inerzia, i , della sezione di calcestruzzo non fessurato:

$$\lambda = l_0 / i \quad [4.1.42]$$

dove in particolare l_0 va definita in base ai vincoli d'estremità ed all'interazione con eventuali elementi contigui.

Per le pareti il calcolo di l_0 deve tenere conto delle condizioni di vincolo sui quattro lati e del rapporto tra le dimensioni principali nel piano.

Se non spuntato il software esegue la verifica a snellezza dell'elemento considerato.

7-3 General Design: Member assignment

DESIGN
GENERAL DESIGN
PARAMETER
MEMBER
ASSIGNMENT

Tree Menu

General Steel Concrete SRC Cold Fo...

Member Assignment

Option
☒ Add/Replace ☐ Delete

Member
☐ Allow Single Element Member

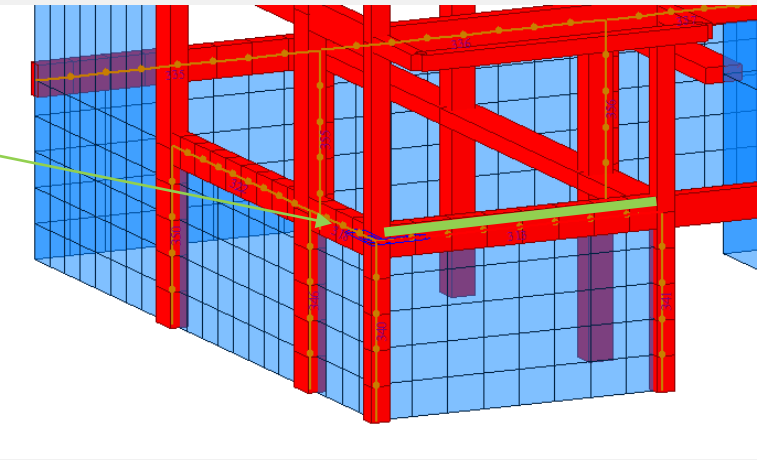
Assign Type
☒ Manual ☐ Automatic

Selection Type
☐ All ☒ By Selection

Index	Element List
313	313, 919, 918, 917, 916,
317	317, 930, 929, 928, 927,
318	318, 906, 907, 908
321	321, 941, 940, 939
322	322, 894, 895, 896, 897,
325	325, 953, 952, 951, 950,
335	335, 1007, 1008, 1009, 1
336	336, 1000, 1001, 1002, 1
337	337, 992, 993, 994, 995
338	338, 981, 982, 983, 984,
339	339, 970, 971, 972, 973,
340	340, 902, 903, 904, 905
341	341, 909, 910, 911, 912
344	344, 934, 933, 932, 931
345	345, 920, 921, 922, 923
346	346, 890, 891, 892, 893
349	349, 935, 936, 937, 938
350	350, 874, 875, 876, 877
353	353, 942, 943, 944, 945

Tree Menu
Task Pane

Il programma distingue gli elementi per il design sulla base della loro geometria. Considera di default tutti gli elementi finiti che vanno da nodo a nodo. E' possibile raggruppare elementi beam assegnando loro un unico 'Member' al fine di considerarli come un'unica entità per il progetto e la verifica. Il nuovo member sarà rinominato con l'ID dell'elemento più basso del gruppo.



Il comando si rende necessario quando viene meshato un elemento wall/plate adiacente ad un elemento beam, in quanto anche l'elemento beam verrà suddiviso in più elementi per congruenza, ma al fine della verifica dovrà essere considerato come un unico elemento continuo.

MemberAssignment

Display

Node

Element

Property

Boundary

Misc

Load

View

Design

☒ Member
☐ Member Direction
☒ Member Number
☐ Unbraced Length Ly
☐ Unbraced Length Lz
☐ Lb
☐ Effective Length Factor Ky(User)
☐ Effective Length Factor Kz(User)

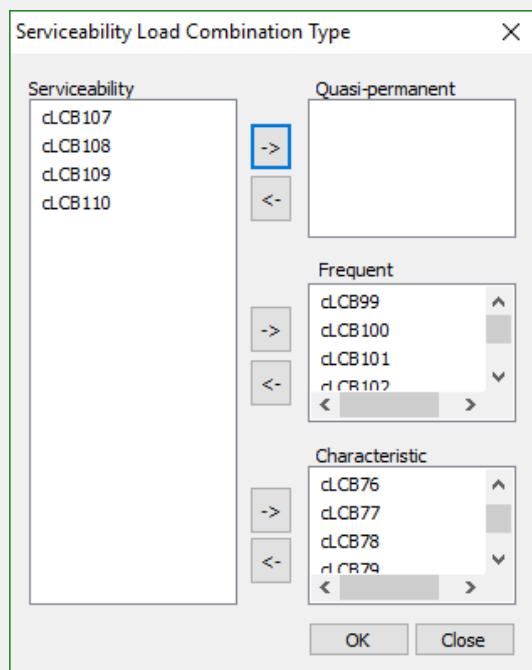
7-4 General Design: Serviceability Load Combination Type

DESIGN

GENERAL DESIGN
PARAMETER

SERVICEABILITY LOAD
COMBINATION TYPE

Assegnazione delle relative combinazioni per le verifiche di esercizio.



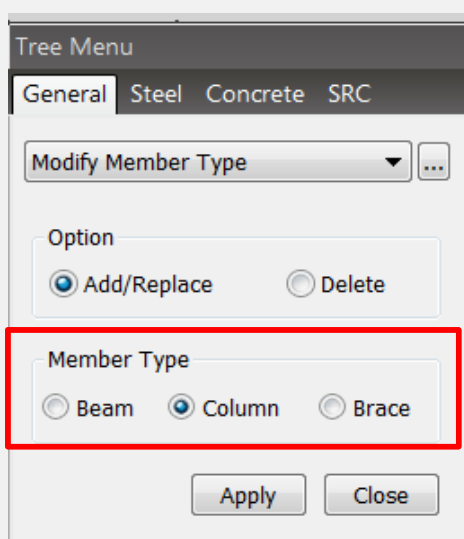
Serviceability Load combinationtype

Nel caso in cui vengano inserite combinazioni manualmente e non tramite generazione automatica, queste dovranno essere inserite nella apposita categoria.

DESIGN

GENERAL DESIGN
PARAMETER

MODIFY MEMBER
TYPE



Modify MemberType

Di default il programma considera elementi **“column”** tutti quelli con orientamento verticale ed elementi **“beam”** quelli orizzontali. Il comando si rende necessario qualora vi fosse la presenza di elementi obliqui per i quali il programma non sa dare una tipologia automatica.

Scelta della normativa di riferimento

Concrete Design Code

Design Code : Eurocode2:04

National Annex : Italy

☒ Apply NTC NTC2018

☒ Apply Special Provisions for Seismic Design

Strut Angle for Shear Resistance : 45 Deg

Effective Creep Ratio (Phi_ef) : 2.14

Slenderness Limit

$\Lambda_{lim} = 25/\sqrt{n}$

Where, $n = N_{Ed}/(A_c \cdot f_{cd})$

☐ Beam-Column Joint Design Gamma_rd 1.1

Strong Column Weak Beam

SUM(M_Rc) > 1.3 * SUM(M_Rb)

☐ Consider strong column-weak beam on last floor

Select Ductility Class

☐ CD'A' (High Ductility)

☒ CD'B' (Medium Ductility)

Shear Force for Design (Gamma_rd)

Beam 1.1 Column 1.1 Wall 1.2

Secondary Seismic Element None

Friction Coefficient for Wall Sliding : 0.6

☐ Torsion Design

Moment Redistribution Factor for Beam : 1

Consider Shear Strength of Concrete for Checking

☒ Wall ☒ Column/Brace ☒ Beam

OK Close

Attivando questa spunta il software esegue il predimensionamento seguendo la Gerarchia delle resistenze e applica i minimi di armatura secondo il cap 7 delle NTC 2018.

EC8:04 Capacity Design

Structure Information

Structure Type : Frame System

Behavior Factor (q)

☒ Calculate by Program

Alpha_u / Alpha_1 : 1.1

☐ User Input 1.5

Elastic Response Spectrum

Default By Function None

Spectrum Parameters

Soil Factor (S)	Tb	Tc	Td
1.2	0.15	0.5	2

Ref. Reak Ground Acc. (AgR) : 0.08 g

Importance Factor(I) : 1

Viscous Damping Ratio (xi) : 5 %

OK Cancel

Frame System

Frame System

Dual System

Coupled Wall System

Uncoupled Wall System

Tramite questa finestra è possibile definire la tipologia strutturale e di conseguenza il fattore di struttura q_0 .

E' necessario compilare correttamente tutti questi parametri in quanto necessari per determinare i dettagli costruttivi per la duttilità, il cui utilizzo permette di evitare le verifiche di duttilità descritte al capitolo 7.4 delle NTC2018.

Scelta della normativa di riferimento

Attivando questa spunta il software esegue il dimensionamento della staffatura del nodo in modo che quest'ultimo venga verificato secondo il paragrafo 7.4.4.3.1 NTC18.

Possibilità di modificare il fattore di sovrarresistenza per la gerarchia Colonna – Trave debole, e tramite la spunta considerarla anche in copertura dove non è strettamente necessaria.

Classe di duttilità della struttura.

Fattore di sovrarresistenza per la verifica a taglio.

Si può definire un gruppo di elementi come secondari per i quali non viene applicata la regola di gerarchia delle resistenze.

Attivando questa spunta il software inserisce delle barre longitudinali laterali aggiuntive che si prenderanno tutto il contributo della torsione al fine del calcolo del momento torcente resistente.

Calcola il taglio resistente della sezione senza armatura a taglio secondo la formula NTC18 [4.1.23]

Togliendo le spunte il taglio viene calcolato con il contributo dell'armatura a taglio come descritto al paragrafo 4.1.2.3.5.2

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.22]$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

8-2 RC Design: Modify Concrete Materials – Limiting Rebar Ratio

DESIGN

RC DESIGN

MODIFY CONCRETE MATERIALS

Modify Concrete Materials

ID	Name	fc fck R	Chk	Lambda	Main-bar	Sub-bar
1	C25/30	25000	X	1	B450C	B450C
2	C30/37	30000	X	1	B450C	B450C

Concrete Material Selection

Code : NTC18(RC) Grade : C25/30

Specified Compressive Strength (fc|fck) : 25000 kN/m²

Rebar Selection

Code : NTC18(RC)

Grade of Main Rebar : Fy : 0 kN/m²

Grade of Sub-Rebar : Fys : 0 kN/m²

Modify Close

Abbinamento acciaio al CIs utilizzato

Short/Long Term Elasticity Ratio

Ratio of Modulus of Elasticity

n (Short Term) : 6.35408664882224

n (Long Term) : 12.7081732976445

OK Close

Fluage, Coeff di omogeneizzazione n a lungo e breve termine

DESIGN

RC DESIGN

PARTIAL SAFETY FACTORS FOR MATERIAL PROPERTIES

Partial Safety Factors for Material Properties

Design Code : Eurocode2:04, Italy Update By Code

Partial Safety Factors for Material Properties

Concrete (Gamma_c)

- Fundamental : 1.5

- Accidental (except Earthquakes) : 1.2

Steel (Gamma_s)

- Fundamental : 1.15

- Accidental (except Earthquakes) : 1

Coefficient for Long Term Effects

Alpha_cc : 0.85

OK Close

Definizione dei coefficienti parziali di sicurezza secondo NTC 18.

NTC 18 (4.1.2.1.1.1)

NTC 18 (4.1.2.1.1.3)

NTC 18 (4.1.2.1.1.1)

DESIGN

RC DESIGN

LIMITING REBAR RATIO

Limiting Rebar Ratio

Design Code : Eurocode2:04, Italy

Maximum Rebar Ratio

Shear Wall Design (Rhow) : 0.04

Column Design (Rhoc) : 0.04

Brace Design (Rhor) : 0.03

Consider Minimum Rebar Ratio

☒ Beam ☒ Column ☒ Brace

☒ Wall ☒ Slab ☒ Mat Foundation

☒ Shell

Horizontal : 0.001

Vertical : 0.002

OK Cancel

Definizione percentuali di armatura: I massimi sono definibili manualmente mentre i minimi vengono calcolati automaticamente secondo la normativa precedentemente scelta.

Limiting Rebar Ratio

8-3 RC Design: Design Criteria For Rebars

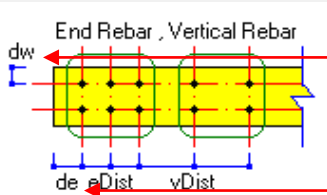
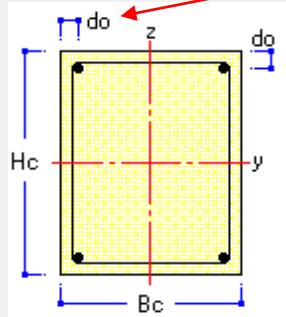
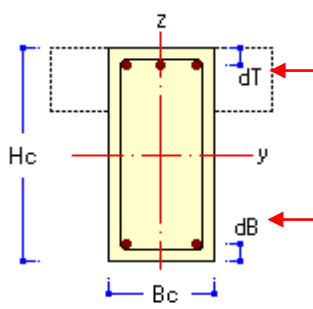
DESIGN

RC DESIGN

DESIGN CRITERIA
FOR REBARS

Criteri di design per le barre longitudinali e staffe

Scelta diametri staffe



Design Criteria for Rebars

For Beam Design

Main Rebar : P16,P20 Rebar...

Stirrups : P10 Arrangement : 4

Side Bar : P12

dT : 5 cm dB : 5 cm

☒ Consider Spacing Limit for Main Rebar

Spliced Bars : ☐ None ☒ 50% ☐ 100%

For Column Design

Main Rebar : P20 Rebar...

Ties/Spirals : P10 Arrangement : Y: 2

do : 5 cm Z: 2

☒ Consider Spacing Limit for Main Rebar

Spliced Bars : ☒ None ☐ 50% ☐ 100%

For Brace Design

Main Rebar : P20 Rebar...

Ties/Spirals : P10 Arrangement : Y: 2

do : 5 cm Z: 2

☒ Consider Spacing Limit for Main Rebar

Spliced Bars : ☒ None ☐ 50% ☐ 100%

For Shear Wall Design

Vertical Rebar : P12 Rebar...

Horizontal Rebar : P10 End Rebar From : P10

Boundary Element Rebar : P10

Boundary Element Rebar Space : 20 cm

de : 5 cm dw : 5 cm

Input Additional Wall Data...

OK Close

Scelta diametri barre longitudinali

N° Bracci

Senza spunta non verrà considerata la spaziatura tra le barre di armatura. Altrimenti la spaziatura sarà pari allo 0%, 50% o 100% del diametro delle barre, a seconda dell'opzione selezionata.

Modify Concrete Material

Input Additional Wall Data

☐ Design of Out-of-plane Bending

Spacing of Wall Rebars

Spacing of Vertical Rebars : @100,@150,@200,@300,@400 Space...

Spacing of Horizontal Rebars : From 5 cm

End Rebar Design Method

Not Used : ☐ Method-1

Auto Calculation : ☒ Method-2 ☐ Method-3 ☐ Method-4

Spacing of End Rebar

End Rebar Q'ty = 4

End Rebar Q'ty = 6

End Rebar Q'ty >= 8

Dist1 : 30 cm Dist2 : 15 cm Dist3 : 10 cm

OK Cancel

Tipi di raffittimento

DESIGN

RC DESIGN

DESIGN
CRITERIA FOR
REBARS

INPUT
ADDITIONAL
WALL DATA

Criteri di design per le barre longitudinali e staffe

Input Additional Wall Data

☐ Design of Out-of-plane Bending

Spacing of Wall Rebars

Spacing of Vertical Rebars : @100,@150,@200,@300,@400 Space...

Spacing of Horizontal Rebars : From 5 cm

End Rebar Design Method

Not Used : ☐ Method-1

Auto Calculation : ☒ Method-2 ☐ Method-3 ☐ Method-4

Spacing of End Rebar

End Rebar Q'ty = 4 End Rebar Q'ty = 6 End Rebar Q'ty >= 8

Dist1: 30 cm Dist2: 15 cm Dist3: 10 cm

OK Cancel

Spaziatura:

Se le barre sono 4 assumi Dist 1

Se le barre sono 6 assumi Dist 2

Se le barre sono ≥ 8 assumi Dist 3

Calcolo dell'armatura:

Metodo 1 : Dispone le barre a intervalli regolari lungo tutta la lunghezza del Wall senza alcun raffittimento.

Metodo 2 : Si assume che il Wall sia armato uniformemente lungo tutta la sua lunghezza rendendo necessaria l'aggiunta di barre aggiuntive che verranno disposte alle estremità e nella parte centrale.

Metodo 3 : Si assume che le barre verticali ad entrambe le estremità del Wall resistano alla totalità dello sforzo assiale e del momento flettente, e che le barre nella parte centrale resistano allo sforzo di taglio.

In fase di verifica tutte le barre presenti verranno considerate reagenti sia a taglio che a momento, indipendentemente dal metodo utilizzato in fase di design.

DESIGN

RC DESIGN

SERVICEABILITY
PARAMETER

E' necessario aver settato le opportune combinazioni (**design/general design parameter/Serviceability Load Combination Type**)

- 1) Verifica a deformabilità NTC 18 cap 4.1.2.2.2
- 2) Verifica a fessurazione NTC 18 cap 4.1.2.2.4.5
- 3) Verifica a tensioni in esercizio NTC 18 cap 4.1.2.2.5

Tree Menu

General Steel Concrete SRC

Serviceability Parameters

Option

☒ Add/Replace ☐ Delete

Selection Type

☐ All ☒ By Selection

Exposure Class

Class : XC2

Stress Parameters

k1 : 0.6 k2 : 0.45

k3 : 0.8 k4 : 0.9

Crack Control

☐ Characteristic

Limit : 0 cm

☒ Frequent

Limit : 0.04 cm

☒ Quasi-permanent

Limit : 0.03 cm

Quasi-permanent Deflection Ctrl

☐ L / 500

☒ L / 250

☐ User : L / 250

Characteristic Deflection Control

Limit : L / 250

Deflection Amplification Factor

1

Apply Close

Serviceability Parameters

Classe di esposizione
(Tab. 4.1.III NTC18)

Verifica tensioni di
esercizio

Verifica a fessurazione
(Tab.A.1.IV)

Verifica deformazione

Stress Parameters:

K1 = 0.6 Combinazione caratteristica (rara)

K2 = 0.45 Combinazione quasi permanente

K3 = 0.8 Combinazione caratteristica (rara)

Serviceability Load Combination Type

Serviceability

d.LCB99
d.LCB100
d.LCB101
d.LCB102
s.LCB106
s.LCB107
s.LCB108
s.LCB109

Quasi-permanent

d.LCB110
s.LCB110

Frequent

d.LCB103
d.LCB104
d.LCB105
d.LCB106

Characteristic

d.LCB66
d.LCB67
d.LCB68
d.LCB69

OK Close

8-6 RC Design: Concrete Code Design

DESIGN

RC DESIGN

CONCRETE
CODE
DESIGN

BEAM
DESIGN

Progetto delle armature secondo NTC 18.

Eurocode2:04 RC-Beam Design Result Dialog

Code : Eurocode2:04,NTC2018 Unit : kN , m Primary Sorting Option

Sorted by ☐ Member ☒ Property

MEMB	SECT	Section		fck	PO S	N(-) M_Ed	LC B	x/d	AsTop	Rebar	P(+) M_Ed	LC B	x/d	AsBot	Rebar	V_Ed	LC B	Asw	Stirrup
		Bc	Hc																
0				25000.0	I	73.8152	55	0.53	0.0014	3-2-P20	70.2742	39	0.53	0.0014	3-2-P20	32.9543	17	0.0069	4-P10 @40
4		0.250	0.250	450000	M	36.3655	39	0.28	0.0005	3-P16	37.4315	39	0.28	0.0006	3-P16	32.4159	52	0.0020	4-P10 @160
4.8000		0.000	0.000	450000	J	77.3199	39	0.53	0.0014	3-2-P20	59.1575	63	0.53	0.0013	3-2-P20	35.6969	23	0.0070	4-P10 @40
0		T 25X25		25000.0	I	186.348	50	0.22	0.0013	3-2-P20	183.595	34	0.22	0.0013	3-2-P20	292.432	65	0.0029	4-P10 @100
5		0.250	0.500	450000	M	92.4833	44	0.13	0.0006	3-P16	92.7461	60	0.13	0.0006	3-P16	372.150	65	0.0023	4-P10 @130
4.8000		0.000	0.000	450000	J	186.348	44	0.22	0.0013	3-2-P20	183.595	60	0.22	0.0013	3-2-P20	292.432	65	0.0029	4-P10 @100
0		T 60X25		25000.0	I	130.587	13	0.51	0.0023	11-1-P16	64.9200	6	0.27	0.0011	6-P16	153.031	13	0.0064	4-P10 @40
6		0.600	0.250	450000	M	32.5954	13	0.21	0.0005	3-P16	65.6767	19	0.24	0.0009	3-P20	75.3312	17	0.0020	4-P10 @160
4.8500		0.000	0.000	450000	J	121.028	7	0.46	0.0020	7-P20	60.1476	12	0.25	0.0009	3-P20	73.6879	5	0.0063	4-P10 @50

Armatura long.
superiore

Armatura long.
inferiore

Armatura
trasversale

☐ Connect Model View

Select All Unselect All Re-calculation

Graphic... Detail... Summary... <<

☒ End I. ☐ Mid. ☐ End J.

Result View Option ☒ All ☐ OK ☐ NG

Memorizza l'armatura proposta dal software

Modify Beam Rebar Data

☐ Create Sub Section

SECT Name Bar

4	T 25X25	In
5	T 25X50	In
6	T 60X25	In

Element List : 1to6 20 21 72to78 92to272by60 9

☒ Beam Property

☐ All Section ☐ Both End & Center ☒ Each End & Center

	Rebar	End(I)	Center	End(J)
m a	Top	1 3 P20	3 P16	3 P20
		2 2 P20	0 P16	2 P20
i n	Bot	2 2 P20	0 P16	2 P20
		1 4 P20	4 P16	4 P20
	Stirrup	P12 4 @ 40	4 @ 160	4 @ 40
	Skin	0	0	0

Concrete Face to Center of Rebar(dT, dB): 0.05 , 0.05 m

☐ Detail Figure

End(I) Center End(J)

☒ Same Main Rebar Size at Top and Bottom

☐ Same Main Rebar Size at I, M and J

☒ Same Main Rebar Size at Each Layer

Armatura superiore

Armatura inferiore

Staffe

Armatura laterale

Copriferro

Possibilità di modificare l'armatura per tipologia di sezione.
La stessa procedura vale per il design dei column e wall.

8-7 RC Design: Concrete Code Check (strength)

DESIGN
RC DESIGN
CONCRETE CODE CHECK
BEAM CHECKING

Verifiche di resistenza sezionali (SLU) secondo NTC 18.

Check results
Tipologia di verifiche
Verifica a flessione negativa
Verifica a flessione positiva
Verifica a taglio

The screenshot shows the 'Eurocode2:04 RC-Beam Checking Result Dialog' window. It contains a table with columns for beam properties and checking results. Red arrows point to specific parts of the interface: 'Check results' points to the 'Strength' radio button; 'Tipologia di verifiche' points to the 'CHK' column; 'Verifica a flessione negativa' points to the 'AsTop' column; 'Verifica a flessione positiva' points to the 'AsBot' column; 'Verifica a taglio' points to the 'V_Ed' column; 'Lunghezza elemento' points to the 'Span' column; 'Armatura long. superiore' points to the 'AsTop' column; and 'Armatura long. inferiore' points to the 'AsBot' column. The table shows results for various beam sections and spans, with status codes like 'OK', 'OK#', and 'N**'.

MEMB	SECT	SE L	Section	fck	fyk	PO S	CHK	AsTop	AsBot	N(-) M_Ed	LC B	x/d	N(-) M_Rd	Rat-N	P(+) M_Ed	LC B	x/d	P(+) M_Rd	Rat-P	V_Ed	LC B	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs	Rat-V
0			T 25X25	25000.0		I	OK#	0.0016	0.0016	73.8152	55	0.53	79.4979	0.93	70.2742	39	0.53	79.4979	0.88	40.1579	45	40.2296	170.625	1.00	0.24	1.00
4			0.250 0.250	450000		M	OK	0.0006	0.0006	36.3655	39	0.28	40.3183	0.90	37.4315	39	0.28	40.3183	0.93	36.7092	61	37.3525	138.299	0.98	0.27	0.98
4.8000			0.000 0.000	450000		J	OK#	0.0016	0.0016	77.3199	39	0.53	79.4979	0.97	66.3614	55	0.53	79.4979	0.83	40.1355	46	40.2296	170.625	1.00	0.24	1.00
0			T 25X50	25000.0		I	OK	0.0016	0.0016	186.348	50	0.22	232.188	0.80	183.595	34	0.22	232.188	0.79	69.0362	43	72.1496	405.000	0.96	0.17	0.96
5			0.250 0.500	450000		M	OK	0.0006	0.0006	92.4833	44	0.13	98.9218	0.93	92.7461	60	0.13	98.9218	0.94	372.150	65	53.4475	382.981	0.97	0.17	0.97
4.8000			0.000 0.000	450000		J	OK	0.0016	0.0016	186.348	44	0.22	232.188	0.80	183.595	60	0.22	232.188	0.79	69.0362	59	72.1496	405.000	0.96	0.17	0.96
0			T 60X25	25000.0		I	OK	0.0024	0.0012	130.587	13	0.41	149.302	0.87	65.1907	13	0.27	82.5717	0.79	102.430	17	104.288	442.312	0.98	0.23	0.98
6			0.600 0.250	450000		M	OK	0.0006	0.0009	32.5954	13	0.21	46.6483	0.70	65.6767	19	0.24	66.9132	0.98	75.3312	17	77.6967	138.299	0.97	0.54	0.97
4.8500			0.000 0.000	450000		J	OK	0.0022	0.0009	121.028	7	0.39	140.223	0.86	60.1476	12	0.25	66.7410	0.90	103.046	15	103.053	442.556	1.00	0.23	1.00

Beam Checking Result Dialog

Check Legend:

"OK": Strength verification results satisfy the design strength for the factored negative moment, positive moment and shear force.

"OK#": Strength verification results satisfy the design strength for the factored negative moment, positive moment and shear force, but does not satisfy the x/d demand as specified in NTC 18 cap 4.1.1.1.

"N":** Strength verification results do not satisfy the design strength for the factored negative moment.

"*P*": Strength verification results do not satisfy the design strength for the factored positive moment.

"V":** Strength verification results do not satisfy the design strength for the factored shear Force.

"NP*": Strength verification results do not satisfy the design strength for the factored negative and positive moments.

"*PV": Strength verification results do not satisfy the design strength for the factored positive moment and shear force.

"N*V": Strength verification results do not satisfy the design strength for the factored negative moment and shear force.

"NPV": Strength verification results do not satisfy the design strength for the factored negative moment, positive moment and shear force.

8-8 RC Design: Concrete Code Check (Graphic - Detail)

DESIGN

RC DESIGN

CONCRETE
CODE CHECK

GRAPHIC/DETAIL

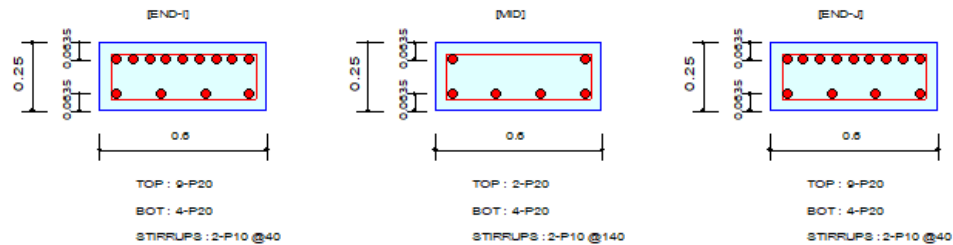
Si riporta qui di seguito la schermata esplicativa delle verifiche svolte per ogni elemento:

1. Design Information

Caratteristiche sezione

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 Unit System : kN, m
Material Data : $f_{ck} = 25000$, $f_{yk} = 400000$, $f_{yw} = 400000$ KPa
Section Property : T 60X25 (No : 6) Beam Span : 4.85 m

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

Verifica flessione

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	13	13	7
Moment (M _{Ed})	125.87	31.47	119.55
Factored Strength (M _{Rd})	139.51	44.49	138.86
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.9022	0.7073	0.8610
Neutral Axis (x/d)	0.4883	0.2781	0.5508
(+) Load Combination No.	13	19	7
Moment (M _{Ed})	62.84	65.16	58.88
Factored Strength (M _{Rd})	72.52	72.02	72.52
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8666	0.9048	0.8120
Neutral Axis (x/d)	0.3306	0.3145	0.3306
Required Rebar Top (A _{s_top})	0.0028	0.0005	0.0026
Required Rebar Bot (A _{s_bot})	0.0012	0.0011	0.0012

[[[*]]] ANALYZE POSITIVE BENDING MOMENT CAPACITY.

```
( ). Compute design parameters.
-. lambda = 0.8000 ( fck <= 50 MPa.)
-. eta = 1.0000 ( fck <= 50 MPa.)
-. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
-. Alpha_cc = 0.85 (Default or User Defined).
-. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 14166.667 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fyd = fyk / Gamma_s = 391304.348 KPa.

( ). Check area of tensile reinforcement (Rectangular-beam).
-. fyk = 450000.0000 KPa.
-. fctm = 0.30 * fck^(2/3) = 2564.9639 KPa.
-. As_min = MAX[ 0.26*(fctm/fyk)*bt*d, 0.0013*bt*d ] = 0.0002 m^2.
-. As_max = 0.04 * (Bc*Hc) = 0.0060 m^2.
-. As_prov = 0.0004 m^2.
-. As_min < As_prov < As_max ---> O.K !

( ). Compute design parameters.
-. lambda = 0.8000 ( fck <= 50 MPa.)
-. eta = 1.0000 ( fck <= 50 MPa.)
-. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
-. Alpha_cc = 1.00 (Default or User Defined).
-. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 16666.667 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fyd = fyk / Gamma_s = 347826.087 KPa.

( ). Check area of tensile reinforcement (Rectangular-beam).
-. As_max1 = 0.0025 m^2.
-. As_max2 = 3.5/fyk * (Bc*Hc) = 0.0013 m^2.
-. As_max = As_max1 + As_max2 = 0.0038 m^2.
-. As_min = 1.4/fyk * (Bc*Hc) = 0.0005 m^2.
-. As_prov = 0.0013 m^2.
-. As_min < As_prov < As_max ---> O.K !
```

Procedura di calcolo:

1° Assume armatura sulla base dei valori minimi da norma

2° Calcola posizione asse neutro

$F_s = F_c$ con x incognito

3° Calcolo M_{rd} lato cls

NTC 18 cap 4.1.2.3

```
( ). Compute ultimate moment of resistance.
-. a = lambda * X = 0.0492 m.
-. Cc = eta*fcd*Bc*a = 492.477 kN.
-. Cs = fsc * Asc = -55.455 kN.
-. M_Rd = Cc*(d-a/2) + Cs*(d-dc) = 72.899 kN-m.

( ). Check ratio of positive moment resistance.
-. Rat_P = M_Ed/M_Rd = 0.781 < 1.000 ---> O.K.

( ). Check ratio of neutral axis depth to effective depth.
-. x/d = 0.330
-. Limit(x/d) = 0.450 ( fck <= 50 MPa.)
-. x/d < 0.450 ---> O.K
```

DESIGN

RC DESIGN

RC CODE CHECK

GRAPHIC/DETAIL

Si riporta qui di seguito la schermata esplicativa delle verifiche svolte per ogni elemento:

4. Shear Capacity

Verifica a taglio

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	23	13	28
Factored Shear Force (V_Ed)	64.58	78.69	64.76
Shear Strength by Conc.(V_Rdc)	64.78	81.62	64.78
Shear Strength by Rebar.(V_Rds)	229.27	65.51	229.27
Shear Strength by Rebar.(V_Rdmax)	419.62	419.62	419.62
Required Shear Reinf. (Asw)	0.0034	0.0011	0.0034
Required Stirrups Spacing	2-P10 @40	2-P10 @140	2-P10 @40
Shear Ratio by Conc	0.9968	0.9640	0.9996
Shear Ratio by (V_Rds ; V_Rdmax)	0.2817	1.2012	0.2825
Check Ratio	0.9968	0.9640	0.9996

```
[[[*]]] ANALYZE SHEAR CAPACITY.
```

```
( ). Compute design parameters.
-. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
-. Alpha_cc = 0.85 (Default or User Defined).
-. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 14166.667 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fywd = fyw / Gamma_s = 391304.348 KPa.

( ). Calculate shear strength of concrete.
-. V_Ed = 145.487 kN.
-. bw = 0.600 m.
-. k = MIN[ 1.0+sqrt(200/d), 2.0 ] = 2.0000 (by d unit is mm).
-. Asl = 0.00251 m^2. (Area of tensile reinforcement).
-. Rho1 = Asl/(bw*d) = 0.02000
-. C_Rdc = 0.18/Gamma_c = 0.1200
-. V_Rdc1 = [ C_Rdc*k*(100*Rho1*fck)^(1/3) ]*bw*d = 106.100 kN.
-. V_Rdc2 = [ 0.035*k^(3/2)*sqrt(fck) ]*bw*d = 59.397 kN.
-. V_Rdc = MAX[ V_Rdc1, V_Rdc2 ] = 106.100 kN.
-. Vwd = V_Ed (V_Rdc < V_Ed) ---> Shear reinforcement is required.

( ). Check crushing of concrete.
-. Nu = 0.5000 (fck <= 70MPa)
-. Nul = Nu = 0.5000
-. Theta = 45.0000 (deg)
-. V_RdMax = 1.0*Nul*fcd/{cot(Theta)+tan(Theta)}*bw*0.9*d = 419.625 kN.
-. V_Ed / V_RdMax = 0.3438 <= 1.0 ---> Acceptable !!!

( ). Calculate required shear reinforcement. ( Asw1 = 0.00008 m^2. )
-. Asw/s1 = Vwd / (0.9*fywd*d) = 0.00247 m^2/m.
-. Calculate spacing s1 = 0.06357 m.
-. Rhow = 0.00100 (by concrete and steel classes).
-. Smax1 = Asw / (bw*Rhow) = 0.26180 m.
-. Smax2 = MIN[ d/4, 24*Sbar, 8*Dbar, 225 mm ] = 0.04663 m.
-. Applied spacing s = MIN[ s1, Smax1, Smax2 ] = 0.04663 m.
-. N_leg = 2
-. Asw/s = N_leg*Asw1 / s = 0.00337 m^2/m.
-. Nu = 0.5000 (fck <= 70MPa)
-. Nul = Nu = 0.5000
-. Aswmax/s = 0.5*1.0*Nul*fcd*bw/fywd = 0.00719 m^2/m.

( ). Check ratio of shear capacity.
-. V_Ed / V_Rdc = 1.458
-. V_Ed / V_Rds = 0.629
-. V_Ed / V_RdMax = 0.344
-. Rat_V = 0.629
```

NTC 18 4.1.2.3.5.1
Check resistenza
sezione non
armata a taglio

Controllo rottura
lato cls

NTC 18 4.1.6.1.1
Calcolo del passo
delle staffe

MIDAS/TextEditor

8-9 RC Design: Concrete Code Check (serviceability)

DESIGN

RC DESIGN

CONCRETE
CODE
CHECK

BEAM
CHECKING

Verifiche agli stati limite di esercizio secondo NTC 18.

```
( ). Compute ultimate moment of resistance.
-. a      = lambda * X      = 59.0914 mm.
-. Cc     = eta*fcd*Bc*a    = 209.282 kN.
-. Cs     = fsc * Asc       = 103.732 kN.
-. M_Rd   = Cc*(d-a/2) + Cs*(d-dc) = 125214.784 kN-mm.
```

Risultante lato cls

Risultante lato acciaio

Calcolo momento resistente

```
( ). Check ratio of negative moment resistance.
-. Rat_N = M_Ed/M_Rd = 0.191 < 1.000 ---> O.K.
```

```
( ). Check ratio of neutral axis depth to effective depth.
-. x/d    = 0.168
```

```
( ). Calculate stress of top.
-. LCB    = 113 (Characteristic)
-. k1     = 0.60000
-. k3     = 0.80000
```

*Combinazione di verifica secondo
NTC 18 (4.1.2.2.5)*

(Assumed Uncracked Section)

```
-. Mu     = 11321.24 kN-mm.
-. n      = 12.70817 ( Long Term ).
-. fctm   = 0.30 * fck^(2/3) = 0.00256 kN/mm^2.
-. fr1    = (1.6 - H/1000) * fctm = 0.00282 kN/mm^2.
-. fr     = MAX[ fctm, fr1 ] = 0.00282 kN/mm^2.
-. z_bar  = 250.00000 mm.
-. Iyy    = 3.28202e+009 mm^4.

-. Ss_con (Tens.) = Mu*(H-z_bar)/Iyy = 0.00086 kN/mm^2.
-. Ss_con (Tens.) < fr ---> UnCracked Section !

-. Ss_con (Comp.) = Mu*(z_bar)/Iyy = 0.00086 kN/mm^2.
-. Ss_con (Comp.) < k1*fck = 0.01500 kN/mm^2. ---> O.K !

-. Ss_stl = Mu*(d-z_bar)*n/Iyy = 0.00832 kN/mm^2.
-. Ss_stl < k3*fyk = 0.36000 kN/mm^2. ---> O.K !
```

*Nell'ipotesi di sezione non
fessurata, la tensione nel cls
dovuta dal M non supera
quella resistente*

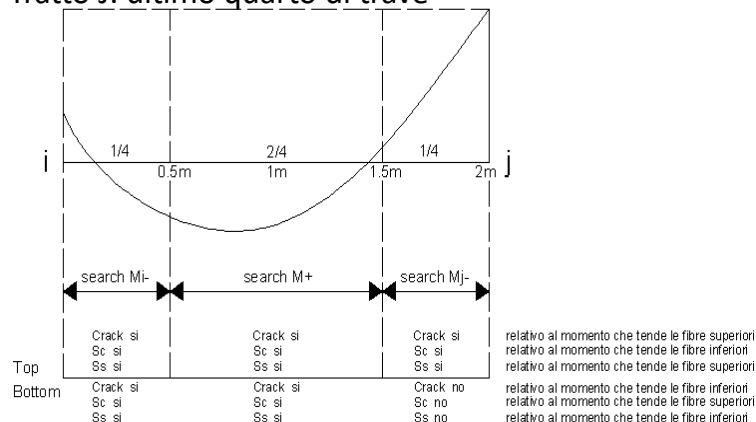
Convenzione di verifica

Le tre sezioni di controllo i-m-j vengono scelte dal programma secondo la seguente convenzione:

Tratto I : primo quarto di trave

Tratto M : da un quarto a tre quarti di trave

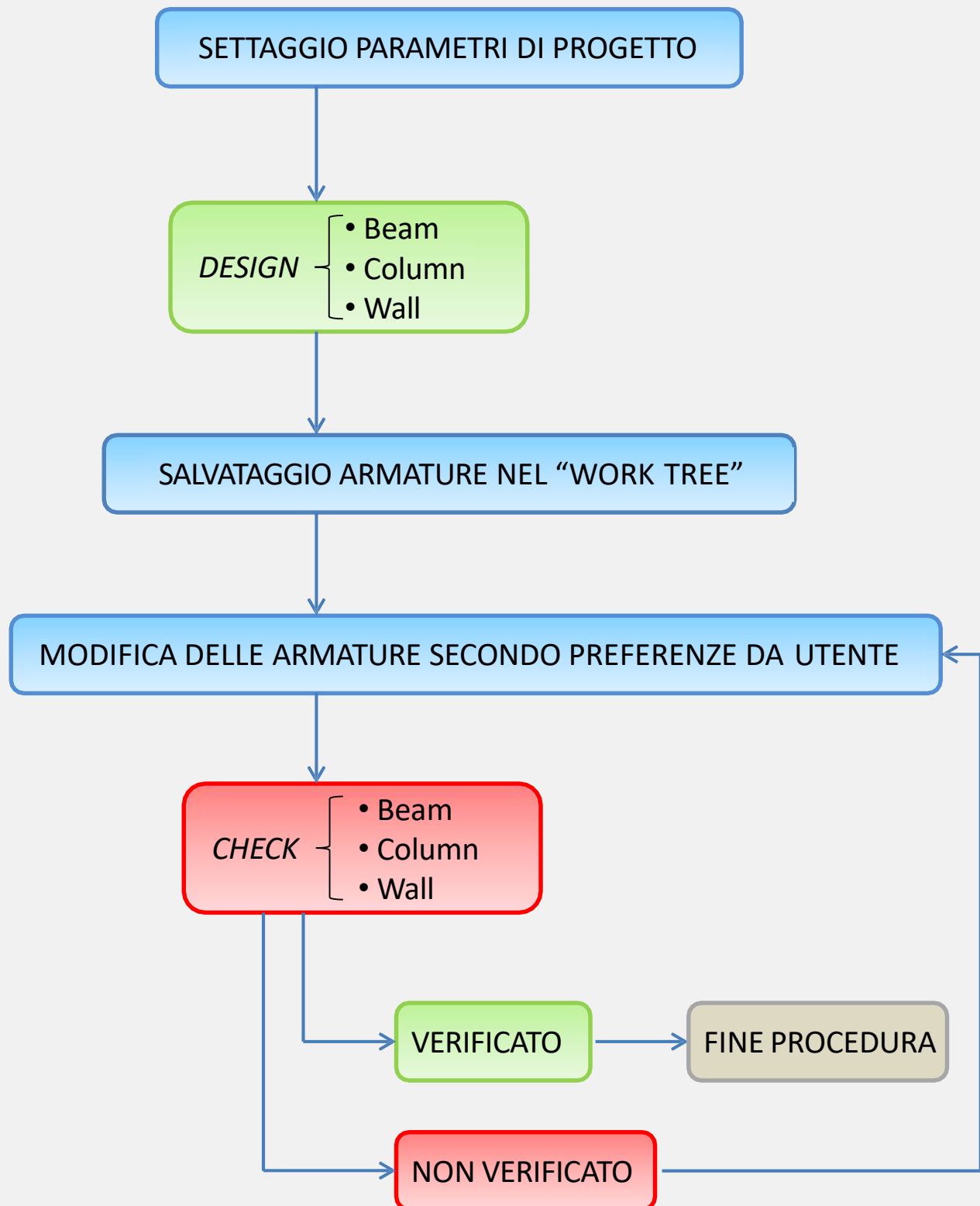
Tratto J: ultimo quarto di trave



Crack : verifica della fessurazione
in servizio

Sc : tensione relativa al cls

Ss : tensione relativa all'acciaio



Ordine logico di progetto e verifica degli elementistrutturali

- *NTC 18 – Nuove norme tecniche per le costruzioni.*
- *Circolare 21 Gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione delle "NTC 18"*
- *Eurocodice 2*
- *Eurocodice 8*
- *Analisi modale ragionata – Paolo Rugarli - EPC libri.*
- *Progetto antisismico di edifici in cemento armato – E. Cosenza, G. Maddaloni, G. Magliulo, M. Pecce, R. Ramasco – IUSS Press.*
- *Criteri Di progettazione antisismica degli edifici – L. Petrini, R. Pinho, G.M. Calvi – IUSS Press.*