



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

***INFLUENZA DEI PARAMETRI GEOMETRICI E MECCANICI
SUL COMPORTAMENTO DINAMICO FUORI PIANO DI
TAMPONATURE IN STRUTTURE A TELAIO***

*INFLUENCE OF GEOMETRIC AND MECHANICAL PARAMETERS ON THE
OUT-OF-PLANE DYNAMIC BEHAVIOUR OF INFILLS IN FRAME
STRUCTURES*

Relatore:

Dott. Ing. Nicoletti Vanni

Tesi di Laurea di:

Mastrolorenzi Cecilia

Correlatore:

Prof. Ing. Gara Fabrizio

Anno Accademico 2020/2021

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	1
2. OBIETTIVI DELLA TESI E DESCRIZIONE LAVORO SVOLTO	2
3. CASO DI STUDIO.....	3
3.1 Modello di studio.....	3
3.2 Sintesi modello di studio	7
3.3 Codice di modellazione.....	8
3.4 Modi ricercati.....	15
4. ALGORITMI DI INDIVIDUAZIONE	17
4.1 Processo di individuazione	19
4.1 Modo 1.1.....	20
4.1.1 Algoritmo modo “globale”	20
4.1.2 Algoritmo modo “parete”.....	22
4.2 Modo 2.1.....	24
4.2.1 Algoritmo “generico” del modo 2.1 “globale”	25
4.2.2 Algoritmo “K” del modo 2.1 “globale”	27
4.2.3 Algoritmo “generico” del modo 2.1 “parete”	29
4.2.4 Algoritmo “K” del modo 2.1 “parete”	31
4.3 Modo 2.2.....	33
4.3.1 Algoritmo modo “globale”	34
4.3.2 Algoritmo modo “parete”.....	36
5. INFLUENZA DEI PARAMETRI GEOMETRICI E MECCANICI SUL COMPORTAMENTO DINAMICO FUORI PIANO DELLE TAMPONATURE.....	38
5.1 Definizione dei parametri indagati.....	38
5.2 Variazione dimensioni PILASTRI in X.....	39
5.2.1 Ciclo iterativo del parametro.....	39
5.2.2 Esempi di forme modali individuate	40
5.2.3 Risultati ottenuti.....	41
5.3 Variazione dimensioni PILASTRI in Y	47
5.3.1 Ciclo iterativo del parametro.....	47
5.3.2 Esempi di forme modali individuate	47
5.3.3 Risultati ottenuti.....	48
5.4 Variazione dimensioni TRAVI CALATE	54
5.4.1 Ciclo iterativo del parametro.....	55
5.4.2 Esempi di forme modali individuate	55

5.4.3 Risultati ottenuti.....	56
5.5 Variazione dimensioni TRAVI A SPESSORE.....	60
5.5.1 Ciclo iterativo del parametro.....	61
5.5.2 Esempi di forme modali individuate	61
5.5.3 Risultati ottenuti.....	62
5.6 Variazione RIGIDEZZA K del telaio trasversale.....	67
5.6.1 Ciclo iterativo del parametro.....	67
5.6.2 Esempi di forme modali individuate	68
5.6.3 Risultati ottenuti.....	71
5.7 Variazione MODULO ELASTICO tamponatura.....	75
5.7.1 Ciclo iterativo del parametro.....	75
5.7.2 Esempi di forme modali individuate	76
5.7.3 Risultati ottenuti.....	81
5.8 Variazione COEFFICIENTE DI POISSON	86
5.8.1 Ciclo iterativo del parametro.....	86
5.8.2 Esempi di forme modali individuate	87
5.8.3 Risultati ottenuti.....	88
5.9 Variazione MASSA tamponatura.....	90
5.9.1 Ciclo iterativo del parametro.....	90
5.9.2 Esempi di forme modali individuate	91
5.9.3 Risultati ottenuti.....	93
5.10 Variazione SNELLEZZA tamponatura	98
5.10.1 Ciclo iterativo del parametro.....	98
5.10.2 Esempi di forme modali individuate	98
5.10.3 Risultati ottenuti.....	104
5.11 Variazione ASPECT RATIO tamponatura	107
5.11.1 Ciclo iterativo del parametro.....	108
5.11.2 Esempi di forme modali individuate	108
5.11.3 Risultati ottenuti.....	112
6. SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI.....	115
7. CONCLUSIONI	120
Bibliografia.....	123

1. INTRODUZIONE

Le tamponature in laterizio sono uno degli elementi non strutturali più comunemente utilizzati per la separazione degli ambienti, sia per partizioni interne, che per quelle tra ambiente esterno ed interno degli edifici. La loro elevata diffusione è dovuta alla facilità costruttiva, all'elevata durabilità e versatilità dell'elemento, infatti, le tamponature in laterizio possono essere utilizzate su qualsiasi tipo di telaio, per qualsiasi tipo di forma ed apertura. Ulteriore vantaggio nell'utilizzo di questo elemento non strutturale è quello che possono essere opportunamente modificate durante la vita dell'edificio senza la necessità di adeguare o modificare gli elementi strutturali, quindi, solitamente, senza la necessità di una valutazione di sicurezza strutturale per l'edificio o di nuova progettazione strutturale.

Inoltre, con opportune stratigrafie costruttive e tramite l'utilizzo di particolari strati (isolanti e fono-isolanti, pannelli multistrato, spazi vuoti o blocchi cavi a bassa conducibilità termica) è possibile ottenere dall'elemento un buon isolamento termico ed acustico.

Parlando delle tamponature all'interno della progettazione di nuovi edifici a telaio e nella valutazione di quelli esistenti, l'approccio più comunemente utilizzato è quello di trascurarne la presenza e di considerarle solo in termini di masse e carichi aggiunti (prassi consentita dalla NTC2018 e dalle Norme in generale). Tale considerazione alleggerisce notevolmente l'onere delle procedure di calcolo in quanto vengono progettati e verificati solamente gli elementi strutturali del telaio. Da un punto di vista di rigidezza e resistenza, le Norme ci consentono di trascurare l'influenza delle tamponature sulla risposta strutturale del telaio. Le ipotesi alla base di tale approccio sono quelle degli Stati Limite Ultimi e degli Stati Limite di Danno dove, nel primo caso le tamponature vengono solitamente trascurate in quanto assunte come totalmente danneggiate, e quindi prive di contributo; nel secondo caso, trascurando le tamponature si ritiene di ottenere una valutazione a favore di sicurezza per gli spostamenti di interpiano, sui quali si basano le verifiche strutturali. Tuttavia, è noto come l'interazione tra elementi strutturali e non strutturali, specialmente nelle aree sismiche e quindi sotto azioni sismiche, può influenzare il comportamento globale della costruzione ed in particolare può portare ad un collasso prematuro della struttura tramite l'attivazione di meccanismi fragili (esempio piano soffic) ed impedire la corretta evoluzione dei meccanismi dissipativi. Inoltre, nel caso di costruzioni strategiche (scuole, ospedali, caserme di vigili del fuoco o delle forze dell'ordine) è solitamente un requisito necessario quello di limitare il danno delle tamponature anche per

terremoti severi, al fine di garantire l'operatività dell'edificio durante la gestione dell'emergenza. È altrettanto noto come un malfunzionamento degli elementi non strutturali (o un danno non previsto nello Stato Limite considerato) può portare ad elevati costi di riparazione, o in casi peggiori, il loro collasso, alla perdita di vite umane.

Per questa ragione, uno dei vari scopi di studio per molti ricercatori è stato quello di ottenere informazioni sul comportamento dinamico delle tamponature sottoposte a carichi sismici. In particolare, le analisi eccitazioni IP (In Plane) ed OOP (Out Of Plane) [1-2] sono quelle che simulano di solito le condizioni di carico e spostamento sotto azioni sismiche, responsabili rispettivamente della fessurazione e del crollo delle tamponature per ribaltamento [3-4].

Il comportamento dinamico fuori piano della tamponatura identificato tramite algoritmi basati sulla misura delle vibrazioni è stato oggetto di studio quindi per varie sperimentazioni, sia su strutture di laboratorio, che in situ ([1-2], [6-7]), ([8],[9],[10],[11],[12],[13],[14],[16]).

2. OBIETTIVI DELLA TESI E DESCRIZIONE LAVORO SVOLTO

Lo studio svolto all'interno di questa tesi, è stato quello di valutare il comportamento dinamico fuori piano della tamponatura nella sua fase elastica, in funzione della variazione di parametri geometrici, propri ed al contorno, ed in funzione di alcuni parametri meccanici propri della tamponatura. Il modello analizzato è un telaio piano.

Si è posta attenzione come risultati ai parametri modali che caratterizzano i modi di vibrare fuori piano della tamponatura, in termini di frequenza e forme modali.

L'indagine è stata effettuata facendo variare uno alla volta i parametri successivamente esposti (capitolo 5. **INFLUENZA DEI PARAMETRI GEOMETRICI E MECCANICI SUL COMPORTAMENTO DINAMICO FUORI PIANO DELLE TAMPONATURE**), ed eseguendo un'analisi modale ([5]) dell'intera struttura per ogni valore di parametro considerato, fino ad ottenere 50 modi per ogni analisi. I modi ogni volta ricercati per il confronto sono stati il modo 1.1, 2.1, 2.2 come esposti al capitolo 3.

La tesi ha al suo interno quindi un duplice obiettivo:

- il **primo**, è quello dello studio dell'influenza dei parametri geometrici e meccanici sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura nel telaio in esame;
- il **secondo**, è quello di creare uno strumento in grado di eseguire in maniera automatica l'intero procedimento di modellazione (con interfaccia sul programma SAP2000), di

analisi, e soprattutto di individuazione dei modi ricercati, con successiva graficizzazione dei risultati ottenuti.

3. CASO DI STUDIO

Il modello numerico sul quale è stato effettuato l'intero processo di studio, è un modello strutturale realizzato nel programma di progettazione ed analisi SAP2000. A partire dal software di programmazione MATLAB è stato possibile ottenere, tramite la scrittura di codici specifici ed apposito linguaggio (Toolbox SAP+MATLAB), un sistema automatico in grado di creare un'interfaccia tra i due programmi.

All'interno di questo capitolo vengono esposti:

- il **modello numerico** del caso studio, rappresentato tramite conformazione, metodi di schematizzazione degli elementi strutturali (travi e pilastri) e non strutturali (tamponatura), materiali assegnati agli elementi del telaio e loro proprietà, vincoli e sistemi di riferimento utilizzati;
- il **codice**, scritto all'interno del software Matlab per la creazione del modello strutturale in SAP2000;
- **le forme modali** indagate che caratterizzano il comportamento dinamico fuori piano della tamponatura.

3.1 Modello di studio

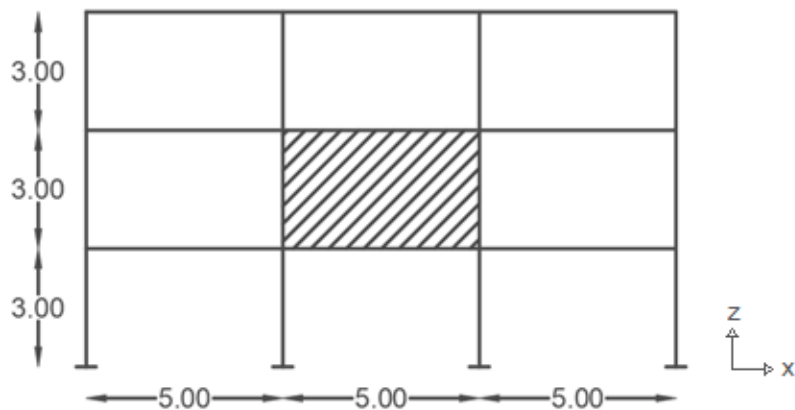


Figura 1 telaio quotato

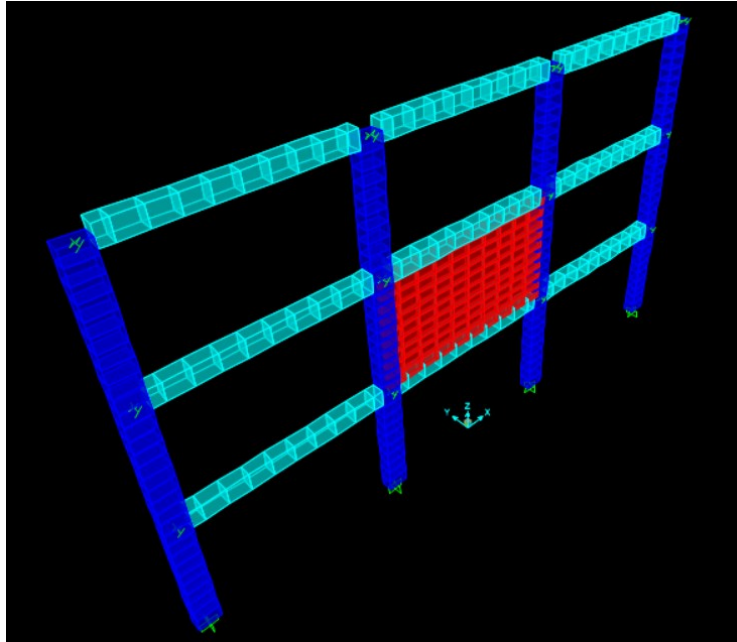


Figura 2 telaio in vista 3D

GOMETRIA DEL TELAIO:

- **Tipo di modello numerico:** telaio 2D;
- **Numero di piani:** 3;
- **Altezza di interpiano:** 3 m;
- **Numero di campate:** 3;
- **Luce delle campate:** 5 m;
- **Pilastri:** sezione 0.5 x 0.3 m con asse forte in direzione X;
- **Travi:** calate, con sezione 0.3 x 0.4 m;
- **Posizione tamponatura:** primo piano, campata centrale;
- **Spessore tamponatura:** 0.1m.

SISTEMI DI RIFERIMENTO:

- **sistema di riferimento globale:**

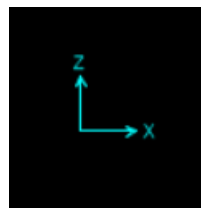


Figura 3 a sinistra: sistema globale 3D; a destra: sistema di riferimento piano X-Z

- **Sistema di riferimento locale:**

per gli elementi modellati come elementi “frame”, oltre al sistema di riferimento globale, esiste anche il sistema di riferimento “locale” proprio dell’elemento, composto da 3 assi perpendicolari tra loro.

Di default, l’asse 1 è sempre quello in direzione dello sviluppo dell’elemento, l’asse due e l’asse 3 sono perpendicolari tra loro e rispetto all’asse 1, l’asse 3 è uscente o entrante dal piano X-Z.

- local 1 axis: red
- local 2 axis: green
- local 3 axis: blue

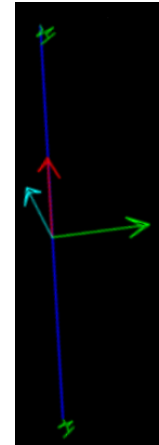
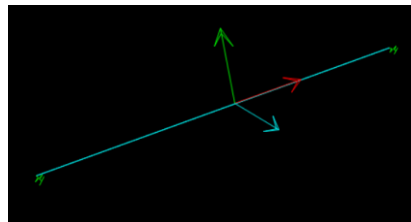


Figura 4 da sinistra verso destra: assi locali, assi elemento frame trave, assi elemento frame pilastro

- **Unità di misura utilizzate:** [kN,m];

CONDIZIONI DI VINCOLO ASSEGNATE:

- Incastro perfetto alla base;
- Molle infinitamente rigide ($K=10^8$ kN/m) disposte con asse in direzione Y per tutti i nodi di piano (simula la presenza di un telaio trasversale rigido);
- Zona rigida intersezione trave-pilastro = 0.85;

CRITERI DI MODELLAZIONE:

- **Pilastri:** elemento frame (elemento lineare);
- **Travi:** elemento frame;
- **Tamponatura:** elemento shell-thin (elemento area).

Entrambe le tipologie di elementi sono state divise in mesh costituite da 10 elementi per travi e pilastri, e da una maglia di 10 x 10 elementi per l’area shell della tamponatura.

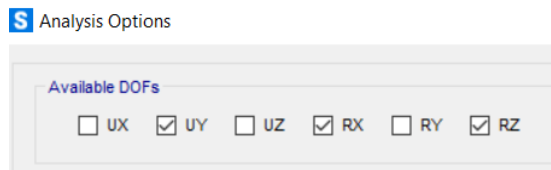
IMPOSTAZIONE ANALISI ED IPOTESI DI BASE:

- **Ipotesi di base:** solaio infinitamente rigido nel piano → I22 travi = ∞
→ As3 travi = ∞

Dove con I22 si identifica l'inerzia flessionale dell'elemento attorno all'asse 2, con As3 si identifica l'area di taglio dell'elemento rispetto al suo asse 3.

- Impostazione analisi:

Analisi modale eseguita su un sistema a 3 gradi di libertà, rispettivamente lo spostamento in direzione Y, le rotazioni attorno all'asse X e Z. Analisi ogni volta effettuata fino ad ottenere 50 forme modali per il telaio e quindi per la tamponatura.



MATERIALI ASSEGNATI:

- Travi e pilastri:

calcestruzzo C30/37

- Peso specifico = 24.9926 kN/m³
- Modulo elastico $E_c = 33000 \cdot 10^3$ kN/m²

Per tener conto della fessurazione per travi e pilastri:

$$E_{C_{travi}} = 0.5 \cdot E_c;$$

$$E_{C_{pilastri}} = 0.7 \cdot E_c$$

- Coefficiente di Poisson = 0.2

- Tamponatura:

Blocchi forati in laterizio

- Peso specifico = 10.00 kN/m³
- Modulo elastico $E_t = 3000 \cdot 10^3$ kN/m²
- Coefficiente di Poisson = 0.25

3.2 Sintesi modello di studio

TELAIO DI STUDIO (2D)			
Hp:	soffitto infinitamente rigido nel piano		
Parametri geometrici			
N° DI PIANI	-	3	
N° DI CAMPATE	-	3	
L campate	L	5	[m]
H di interpiano	H	3	[m]
Dim pilastri in X	L2	0.5	[m]
Dim pilastri in Y	L3	0.3	[m]
b travi	b	0.3	[m]
h travi	h	0.4	[m]
Spessore tamponatura	Sm	0.1	[m]
Materiali e loro proprietà			
Travi e Pilastri			
Materiale	Calcestruzzo C30/37		
Peso specifico	GammaC	24.9926	[kN/m ³]
Modulo Elastico	Ec	33000*10 ³	[kN/m ²]
Coefficiente di Poisson	NiC	0.2	
Tamponatura			
Materiale	Blocchi forati in laterizio		
Peso specifico	Gammatt	10.00	[kN/m ³]
Modulo Elastico	Et	3000*10 ³	[kN/m ²]
Coefficiente di Poisson	Nitt	0.25	
Tipologia di vincoli			
vincoli alla base	incastro perfetto		
vincoli di piano	molle in Y con rigidità infinita (K=10 ⁸ [kN/m])		

Tabella 1 Tabella descrittiva modello di studio

3.3 Codice di modellazione

Il codice così definito è quello utilizzato per la creazione del modello numerico del telaio in esame. I codici per le procedure iterative sui vari parametri analizzati, invece, saranno esposti al capitolo 5. **INFLUENZA DEI PARAMETRI GEOMETRICI E MECCANICI SUL COMPORTAMENTO DINAMICO FUORI PIANO DELLE TAMPONATURE** all'interno del paragrafo di ogni parametro.

```
%% DATI INPUT
% telaio
H=3; %altezza telaio
L=5; %larghezza telaio
NgZ=3; %num griglia z
NgX=3; %num griglia x
%%*****%%
% calcestruzzo
%materiale
Ec=33000*10^3; %modulo elastco calcestruzzo C30/37;
NiC= 0.2; % coefficiente di Poisson cls;
GammaC=24.9926; %peso per unità di volume cls;

%sezioni
%pilastrri
L3=0.5; %"altezza" pilaastro_ asse3;
L2=0.3; %"larghezza" pilaastro_ asse2;
%travi
h=0.4; %altezza_ asse3;
b=0.3; % base_ asse2;
%%*****%%
% tamponatura
%materiale
Et=3000*10^3; %modulo elastco tamponatura;
Nit= 0.25; % coefficiente di Poisson tamponatura;
Gammat=10; %peso per unità di volume tamponatura;

%sezione
TT= 1; %tipo di shell (1=Shell-thin, 2=Shell-thick, 3=Plate-thin, 4=Plate-thick, 5=Membrane, 6=Shell layered/nonlinear)
Sm= 0.1; %spessore membrane;
Sb=0.1; %spessore bending;
%%*****%%
% rigidezza molle
%assign spring to a point
k=zeros(6,1); % k(1)=U1_U2_U3_R1_R2_R3;
k(2) = 100000000;

%analisi modale
Nmodes=50; %numero modi
%%*****%%
% NUOVO MODELLO
%determine the type of application and its version
SM.App( 'sap' );
SM.Ver( '23' );
%create Sap2000 object
APIDLLPath = 'C:\Program Files\Computers and Structures\SAP2000 23\SAP2000v1.dll';
ProgramPath = 'C:\Program Files\Computers and Structures\SAP2000 23\SAP2000.exe';
[ Sobj ] = SM.Helper.CreateObject( ProgramPath,APIDLLPath );
%create SapModel object
[ Smdl ]=SM.SapModel();
%start Sap2000 application
SM.ApplicationStart;
%initialize model
ret = SM.InitializeNewModel('Units',SM.eUnits.kN_m_C); %unita di misura;
%create model from template
ret = SM.File.New2DFrame(SM.e2DFrameType.PortalFrame, NgZ, H, NgX, L);
%set concrete design code
ret = SM.DesignConcrete.SetCode('Italian NTC 2008');
%%*****%%
%DEFINIZIONE MODELLO
%IMPOSTAZIONE ANALISI
%set model degrees of freedom
DOF=[false,true,false,true,false,true]; %DOF: UX,UY,UZ,RX,RY,RZ;
ret = SM.Analyze.SetActiveDOF(DOF);
%set load case run flag
ret = SM.Analyze.SetRunCaseFlag('MODAL',true);
%set number of modes
ret = SM.LoadCases.ModalEigen.SetNumberModes('MODAL', Nmodes, 1);
%%*****%%
```

```

%CREO NUOVO MATERIALE ASSEGNANDO PROPRIETA
% PILASTRO
%initialize new material property
ret = SM.PropMaterial.SetMaterial('C30/37 pil',SM.eMatType.Concrete);
%assign isotropic mechanical properties
ret = SM.PropMaterial.SetMPIsotropic('C30/37 pil',Ec*0.7,NiC,1.000E-05);
%assign material property weight per unit volume
ret = SM.PropMaterial.SetWeightAndMass('C30/37 pil',1,GammaC); %(1=Weight per unit volume_2=Mass per unit volume
%assign other properties
[ret]=SM.PropMaterial.SetConcrete_1('C30/37 pil',30000,false,false,false,false,false,false,false);

% TRAVE
%initialize new material property
ret = SM.PropMaterial.SetMaterial('C30/37 tr',SM.eMatType.Concrete);
%assign isotropic mechanical properties
ret = SM.PropMaterial.SetMPIsotropic('C30/37 tr',Ec*0.5,NiC,1.000E-05);
%assign material property weight per unit volume
ret = SM.PropMaterial.SetWeightAndMass('C30/37 tr',1,GammaC); %(1=Weight per unit volume_2=Mass per unit volume
%assign other properties
[ret]=SM.PropMaterial.SetConcrete_1('C30/37 tr',30000,false,false,false,false,false,false,false);

%TAMP TIPO
%initialize new material property
ret = SM.PropMaterial.SetMaterial('TAMP TIPO',SM.eMatType.NoDesign);
%assign isotropic mechanical properties
ret = SM.PropMaterial.SetMPIsotropic('TAMP TIPO',Et,Nit,1.170E-05);
%assign material property weight per unit volume
ret = SM.PropMaterial.SetWeightAndMass('TAMP TIPO',1,GammaT); %(1=Weight per unit volume_2=Mass per unit volume
%*****%
% DEFINIZIONE PROPRIETA SEZIONI FRAME e AREA SHELL
%pilastro
%create new concrete frame section property
ret = SM.PropFrame.SetRectangle('pil 50x30', 'C30/37 pil', L3, L2);

%trave
%create new concrete frame section property
ret = SM.PropFrame.SetRectangle('tr 30x40', 'C30/37 tr', h, b);
%assegnazione HP (M2 e V3 travi infinito,solaio infinitamente rigido nel piano)
%assign modifiers
Value=[1,1,100000,1,100000,1,1,1]; %cross_V2_V3_torsional_M2_M3_Mass_Weight;
ret = SM.PropFrame.SetModifiers('tr 30x40', Value);

% definizione shell tamponatura
%set new area property
ret = SM.PropArea.SetShell('tamp tipo', TT, 'TAMP TIPO', 0, Sm, Sb); %0 is the material angle;
%*****%
% CREAZIONE GRUPPI
% pilastri PIANO TERRA
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('pilastri PT');
%add frame objects to group
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('1', 'pilastri PT');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('4', 'pilastri PT');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('7', 'pilastri PT');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('10', 'pilastri PT');

% pilastri PIANO PRIMO
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('pilastri P1');
%add frame objects to group
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('2', 'pilastri P1');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('5', 'pilastri P1');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('8', 'pilastri P1');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('11', 'pilastri P1');

```

```

%pilastri PIANO SECONDO
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('pilastri P2');
%add frame objects to group
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('3', 'pilastri P2');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('6', 'pilastri P2');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('9', 'pilastri P2');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('12', 'pilastri P2');

%travi PIANO TERRA
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('travi PT');
%add frame objects to group
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('13', 'travi PT');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('16', 'travi PT');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('19', 'travi PT');

%travi PIANO PRIMO
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('travi P1');
%add frame objects to group
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('14', 'travi P1');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('17', 'travi P1');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('20', 'travi P1');

% travi PIANO SECONDO
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('travi P2');
%add frame objects to group
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('15', 'travi P2');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('18', 'travi P2');
ret = SM.FrameObj.SetGroupAssign('21', 'travi P2');

% NODI DI PIANO
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('nodi di piano');
%add point objects to group
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('2', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('6', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('10', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('14', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('3', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('7', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('11', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('15', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('4', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('8', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('12', 'nodi di piano');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('16', 'nodi di piano');

% VINCOLI ALLA BASE
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('vincoli base');
%add point objects to group
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('1', 'vincoli base');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('5', 'vincoli base');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('9', 'vincoli base');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('13', 'vincoli base');

```

```

%ASSEGNAZIONE SEZIONI ELEMENTI FRAME
%pilastri
%PT
[ret]=SM.FrameObj.SetSection('pilastri PT', 'pil 50x30','ItemType', SM.eItemType.Group);
%set design procedure
ret = SM.FrameObj.SetDesignProcedure('pilastri PT', 1, 'ItemType', SM.eItemType.Group); %%ItemType=1=Default from material_2=No design;

%P1
[ret]=SM.FrameObj.SetSection('pilastri P1', 'pil 50x30','ItemType', SM.eItemType.Group);
%set design procedure
ret = SM.FrameObj.SetDesignProcedure('pilastri P1', 1, 'ItemType', SM.eItemType.Group);

%P2
[ret]=SM.FrameObj.SetSection('pilastri P2', 'pil 50x30','ItemType', SM.eItemType.Group);
%set design procedure
ret = SM.FrameObj.SetDesignProcedure('pilastri P2', 1, 'ItemType', SM.eItemType.Group);

%travi
%PT
[ret]=SM.FrameObj.SetSection('travi PT', 'tr 30x40','ItemType', SM.eItemType.Group);
%set design procedure
ret = SM.FrameObj.SetDesignProcedure('travi PT', 1, 'ItemType', SM.eItemType.Group);

%P1
[ret]=SM.FrameObj.SetSection('travi P1', 'tr 30x40','ItemType', SM.eItemType.Group);
%set design procedure
ret = SM.FrameObj.SetDesignProcedure('travi P1', 1, 'ItemType', SM.eItemType.Group);

%P2
[ret]=SM.FrameObj.SetSection('travi P2', 'tr 30x40','ItemType', SM.eItemType.Group);
%set design procedure
ret = SM.FrameObj.SetDesignProcedure('travi P2', 1, 'ItemType', SM.eItemType.Group);
%%*****%%

%ASSEGNAZIONE RESTRAINT BASE
%assign point object restraints
Value=[true,true,true,true,true,true];
ret = SM.PointObj.SetRestraint('vincoli base', Value, 'ItemType',SM.eItemType.Group);
%%*****%%

%ASSEGNAZIONE MOLLE AI NODI DI PIANO
%assign spring to a point
ret = SM.PointObj.SetSpring('nodi di piano',k,'ItemType', SM.eItemType.Group,'IsLocalCSys', false);
%%*****%%

%BRACCETTI RIGIDI
%assign offsets
ret = SM.FrameObj.SetEndLengthOffset('travi PT', false, 0.25, 0.25, 0.85, 'ItemType', SM.eItemType.Group);
ret = SM.FrameObj.SetEndLengthOffset('travi P1', false, 0.25, 0.25, 0.85, 'ItemType', SM.eItemType.Group);
ret = SM.FrameObj.SetEndLengthOffset('travi P2', false, 0.25, 0.25, 0.85, 'ItemType', SM.eItemType.Group);
ret = SM.FrameObj.SetEndLengthOffset('pilastri PT', false, 0.25, 0.25, 0.85, 'ItemType', SM.eItemType.Group);
ret = SM.FrameObj.SetEndLengthOffset('pilastri P1', false, 0.25, 0.25, 0.85, 'ItemType', SM.eItemType.Group);
ret = SM.FrameObj.SetEndLengthOffset('pilastri P2', false, 0.25, 0.25, 0.85, 'ItemType', SM.eItemType.Group);
%%*****%%

%CREO TAMPONATURA
%add area object by points
Point{1} = '6';
Point{2} = '10';
Point{3} = '11';
Point{4} = '7';
[ret,Name]=SM.AreaObj.AddByPoint(4,Point,'tamp tipo');
%refresh all windows
ret = SM.View.RefreshWindow;
%%*****%%

%CREARE MESH
%MESH TAMPONATURA
%divide area object
[ret,NumberAreas,AreaName]= SM.EditArea.Divide('1', 1, 'n1', 10,'n2', 10);
%refresh all windows
ret = SM.View.RefreshWindow;

%MESH FRAME
%travi
%divide frame object by ratio
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('15', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('18', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('21', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('14', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('20', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('13', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('19', 10, 1);

%pilastri
%divide frame object by ratio
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('1', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('2', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('3', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('4', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('6', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('7', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('9', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('10', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('11', 10, 1);
[ret,NewName]= SM.EditFrame.DivideByRatio('12', 10, 1);

```

```

%MESH FRAME_TAMP
%set point selected
ret = SM.PointObj.SetSelected('7', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('36', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('47', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('58', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('69', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('80', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('91', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('102', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('113', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('124', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('11', true);
%divide frame object at intersections
[ret,Num,NewName]= SM.EditFrame.DivideAtIntersections('17');

%set point selected
ret = SM.PointObj.SetSelected('7', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('35', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('33', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('31', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('29', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('27', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('25', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('23', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('21', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('19', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('6', true);
%divide frame object at intersections
[ret,Num,NewName]= SM.EditFrame.DivideAtIntersections('5');

%set point selected
ret = SM.PointObj.SetSelected('6', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('17', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('37', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('48', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('59', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('70', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('81', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('92', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('103', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('114', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('10', true);
%divide frame object at intersections
[ret,Num,NewName]= SM.EditFrame.DivideAtIntersections('16');

%set point selected
ret = SM.PointObj.SetSelected('10', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('125', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('126', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('127', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('128', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('129', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('130', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('131', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('132', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('133', true);
ret = SM.PointObj.SetSelected('11', true);
%divide frame object at intersections
[ret,Num,NewName]= SM.EditFrame.DivideAtIntersections('8');
%%*****

```

```

% NODI STUDIO DISPL
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('JOINT DISPL');
%add point objects to group
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('7', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('36', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('58', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('80', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('102', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('124', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('11', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('35', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('34', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('57', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('79', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('101', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('123', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('133', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('31', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('30', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('55', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('77', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('99', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('121', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('131', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('27', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('26', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('53', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('75', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('97', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('119', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('129', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('23', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('22', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('51', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('73', 'JOINT DISPL');

ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('95', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('117', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('127', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('19', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('18', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('49', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('71', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('93', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('115', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('125', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('6', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('17', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('48', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('70', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('92', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('114', 'JOINT DISPL');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('10', 'JOINT DISPL');
%%*****
% VETTORE ELEMENTI JOINT DISP _ ( vettore testo)
[ret,NumberItems,ObjectType,ObjectName]=SM.GroupDef.GetAssignments('JOINT DISPL');
JP = ObjectName;
clear ObjectName;
% VETTORI INDEFORMATE X_Y_Z JOINT DISP (coord globali dei punti JOINT DISP)
Ind_X = [];
for i = 1:49;
    [ret,x] = SM.PointObj.GetCoordCartesian(JP{i});
    Ind_X = cat(1,Ind_X,x);
end;
Ind_X = Ind_X';
Ind_X = [Ind_X(1:7);Ind_X(8:14);Ind_X(15:21);Ind_X(22:28);Ind_X(29:35);Ind_X(36:42);Ind_X(43:49)];

end;
Ind_Y = Ind_Y';
Ind_Y = [Ind_Y(1:7);Ind_Y(8:14);Ind_Y(15:21);Ind_Y(22:28);Ind_Y(29:35);Ind_Y(36:42);Ind_Y(43:49)];

Ind_Z = [];
for i = 1:49;
    [ret,x,y,z] = SM.PointObj.GetCoordCartesian(JP{i});
    Ind_Z = cat(1,Ind_Z,z);
end;
Ind_Z = Ind_Z';
Ind_Z = [Ind_Z(1:7);Ind_Z(8:14);Ind_Z(15:21);Ind_Z(22:28);Ind_Z(29:35);Ind_Z(36:42);Ind_Z(43:49)];
%%*****
%SALVARE MODELLO
%save model
ret = SM.File.Save('FileName','C:\Users\utente\Desktop\PROVA_MATLAB\SapAPI\VARPILX_TUTTIMODI.sdb');
%%*****

```



```

% NUOVO GRUPPO PUNTI DI STUDIO PER MODO 2_2
%define new group
ret = SM.GroupDef.SetGroup('JOINT DISPL 2_2');
%add point objects to group
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('7', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('36', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('58', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('69', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('80', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('102', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('124', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('11', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('35', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('34', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('57', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('68', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('79', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('101', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('123', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('133', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('31', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('30', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('55', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('66', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('77', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('99', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('121', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('131', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('27', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('26', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('53', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('64', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('75', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('97', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('119', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('129', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('23', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('22', 'JOINT DISPL 2_2');

ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('51', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('62', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('73', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('95', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('117', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('127', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('19', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('18', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('49', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('60', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('71', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('93', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('115', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('125', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('6', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('17', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('48', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('59', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('70', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('92', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('114', 'JOINT DISPL 2_2');
ret = SM.PointObj.SetGroupAssign('10', 'JOINT DISPL 2_2');

% VETTORE ELEMENTI JOINT DISP 2_2 ( vettore testo)
[ret,NumberItems,ObjectType,ObjectName]=SM.GroupDef.GetAssignments('JOINT DISPL 2_2');
JP = ObjectName;
clear ObjectName;
% VETTORI INDEFORMATE X_Y_Z JOINT DISP (coord globali dei punti JOINT DISP 2_2)
Ind_X = [];
for i = 1:56;
    [ret,x] = SM.PointObj.GetCoordCartesian(JP{i});
    Ind_X = cat(1,Ind_X,x);
end;
Ind_X = Ind_X';
Ind_X = [Ind_X(1:8);Ind_X(9:16);Ind_X(17:24);Ind_X(25:32);Ind_X(33:40);Ind_X(41:48);Ind_X(49:56)];

Ind_Y = [];
for i = 1:56;
    [ret,x,y] = SM.PointObj.GetCoordCartesian(JP{i});
    Ind_Y = cat(1,Ind_Y,y);
end;
Ind_Y = Ind_Y';
Ind_Y = [Ind_Y(1:8);Ind_Y(9:16);Ind_Y(17:24);Ind_Y(25:32);Ind_Y(33:40);Ind_Y(41:48);Ind_Y(49:56)];

Ind_Z = [];
for i = 1:56;
    [ret,x,y,z] = SM.PointObj.GetCoordCartesian(JP{i});
    Ind_Z = cat(1,Ind_Z,z);
end;
Ind_Z = Ind_Z';
Ind_Z = [Ind_Z(1:8);Ind_Z(9:16);Ind_Z(17:24);Ind_Z(25:32);Ind_Z(33:40);Ind_Z(41:48);Ind_Z(49:56)];

```

3.4 Modi ricercati

L'influenza dei vari parametri analizzati sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura è stata definita tramite l'individuazione degli stessi modi per ogni variazione di parametro, sui quali sono stati valutati gli effetti in termini di variazione di frequenza e di forma modale e poi confrontati tra loro. A partire dalla classificazione dei modi [15] sono stati quindi ricercati rispettivamente il modo 1.1, 2.1 e 2.2, rappresentati nella figura sottostante.

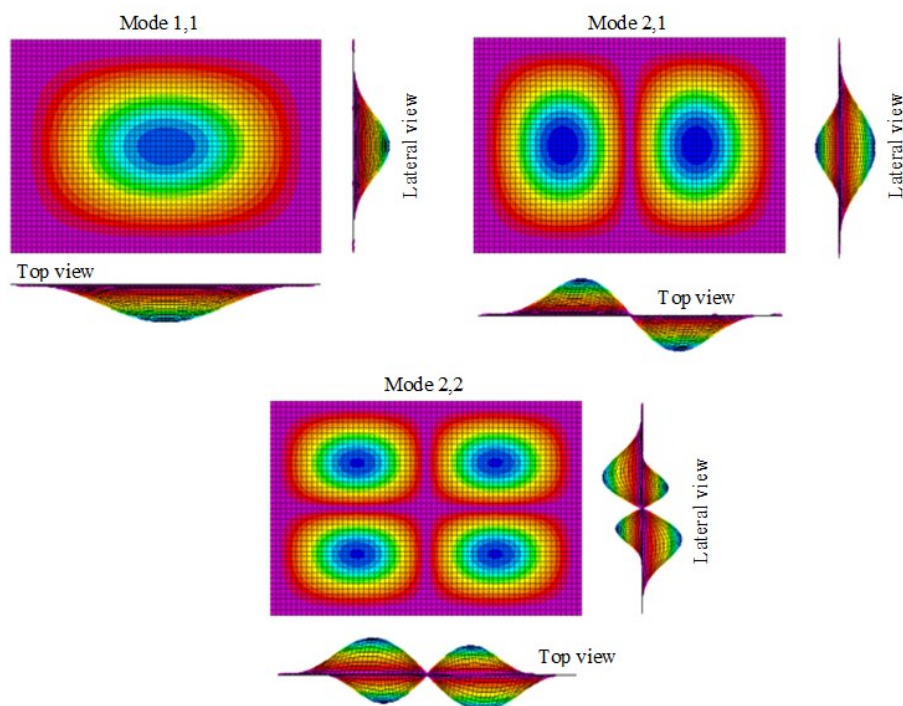


Figura 5 modi di studio 1.1, 2.1, 2.2

Da una pre-analisi su un telaio di prova all'interno del software SAP2000, andando a variare manualmente uno dei parametri di studio e cioè le dimensioni dei pilastri con dimensione forte lungo l'asse X, dato il riscontro visivo si è potuto notare che:

- Le forme modali come rappresentate in *Figura 5*, al variare del parametro ed in particolare diminuendo la sezione dei pilastri, non assumevano più quella deformata, ma diventavano via via sempre più "cilindriche", assecondando la deformazione assunta dal telaio circostante (*Figura 6*);
- Le forme modali come definite in *Figura 5*, non risultavano più individuabili come tali, o se individuate, avevano un numero di modo superiore e frequenze più elevate.

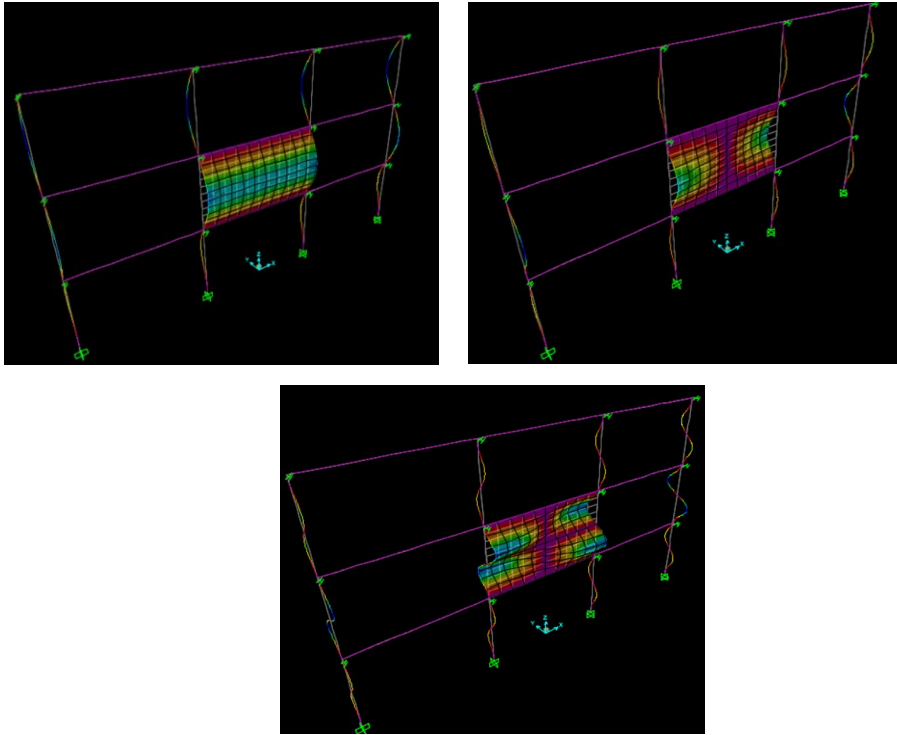


Figura 6 forme modali "globali" del modo 1.1, 2.1, 2.2

Per lo stesso modo quindi, e per tutti e tre i modi, è stato possibile individuare una forma modale associata alla deformazione globale del sistema telaio-parete, denominata appunto “globale”, ed una forma modale definita della “parete”, nella quale gli spostamenti modali prevalenti sono quelli della tamponatura rispetto al telaio circostante.

A partire da questa osservazione, sono stati costruiti ed utilizzati due diversi algoritmi di individuazione per il modo 1.1, per il modo 2.1 e per il modo 2.2, uno definito “globale” e l’altro “parete”.

Le forme modali ricercate ogni volta quindi sono state rispettivamente:

- Forma modale “globale” e forma modale “parete” del modo 1.1;
- Forma modale “globale” e forma modale “parete” del modo 2.1;
- Forma modale “globale” e forma modale “parete” del modo 2.2;

4. ALGORITMI DI INDIVIDUAZIONE

In questo capitolo è stato trattato uno dei due obiettivi proposti per la tesi, e cioè la creazione di algoritmi che individuino in maniera automatica all'interno del nostro modello numerico le forme modali fuori piano della parete definite in precedenza. Scopo di questa prima parte di studio, quindi, è stato quello di ottenere codici di individuazione per le forme "globale" e "parete" dei modi 1.1, 2.1 e 2.2 indipendentemente dal parametro analizzato.

Il lavoro svolto è stato eseguito a partire dalla mesh della tamponatura del telaio in esame, che consiste in una griglia di 10 x10 elementi di area (Figura 7). All'interno di tale mesh sono stati selezionati specifici punti a distanze ben definite ($L/10$ dai lati esterni della tamponatura, $H/10$ dalla parte superiore e inferiore della tamponatura, $L/5$ ed $H/5$ per i punti interni), atti a creare una "griglia" di studio semplificata composta da 7 righe ordinate di punti e 7 colonne ordinate di punti per un totale di 49 punti. La griglia è stata così definita al fine di individuare e descrivere quante più forme modali possibili tramite lo studio degli spostamenti modali dei punti da cui è composta. (Figura 8).

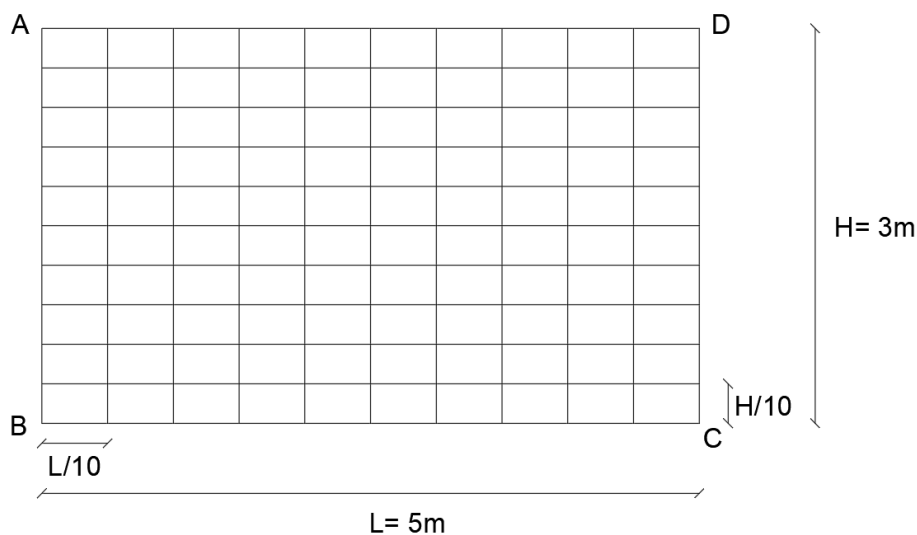


Figura 7 mesh tamponatura

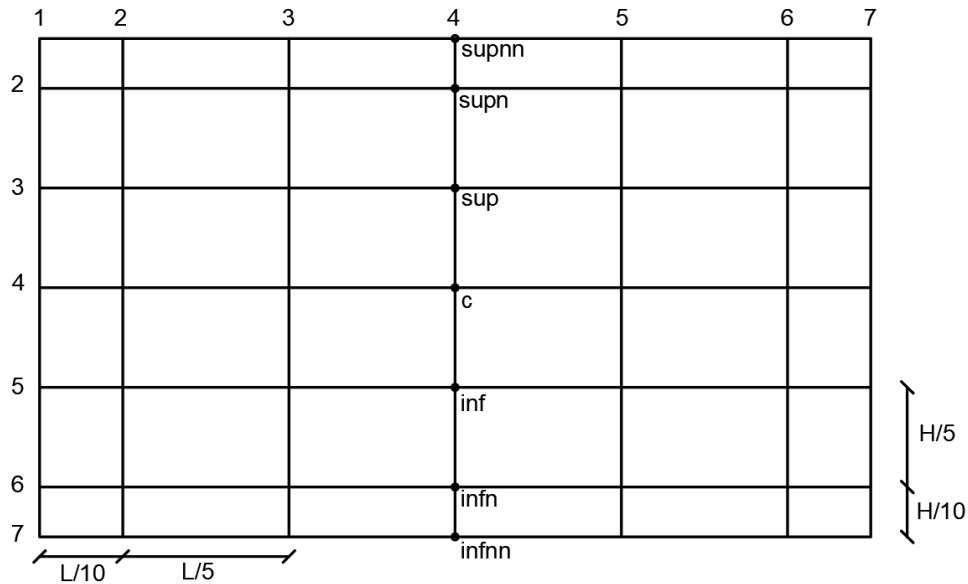


Figura 8 griglia di studio

A partire dalla griglia di studio è stato stabilito un sistema di individuazione e di nomenclatura dei punti utilizzato per tutti gli algoritmi e definito secondo il seguente modo: **V a b**.

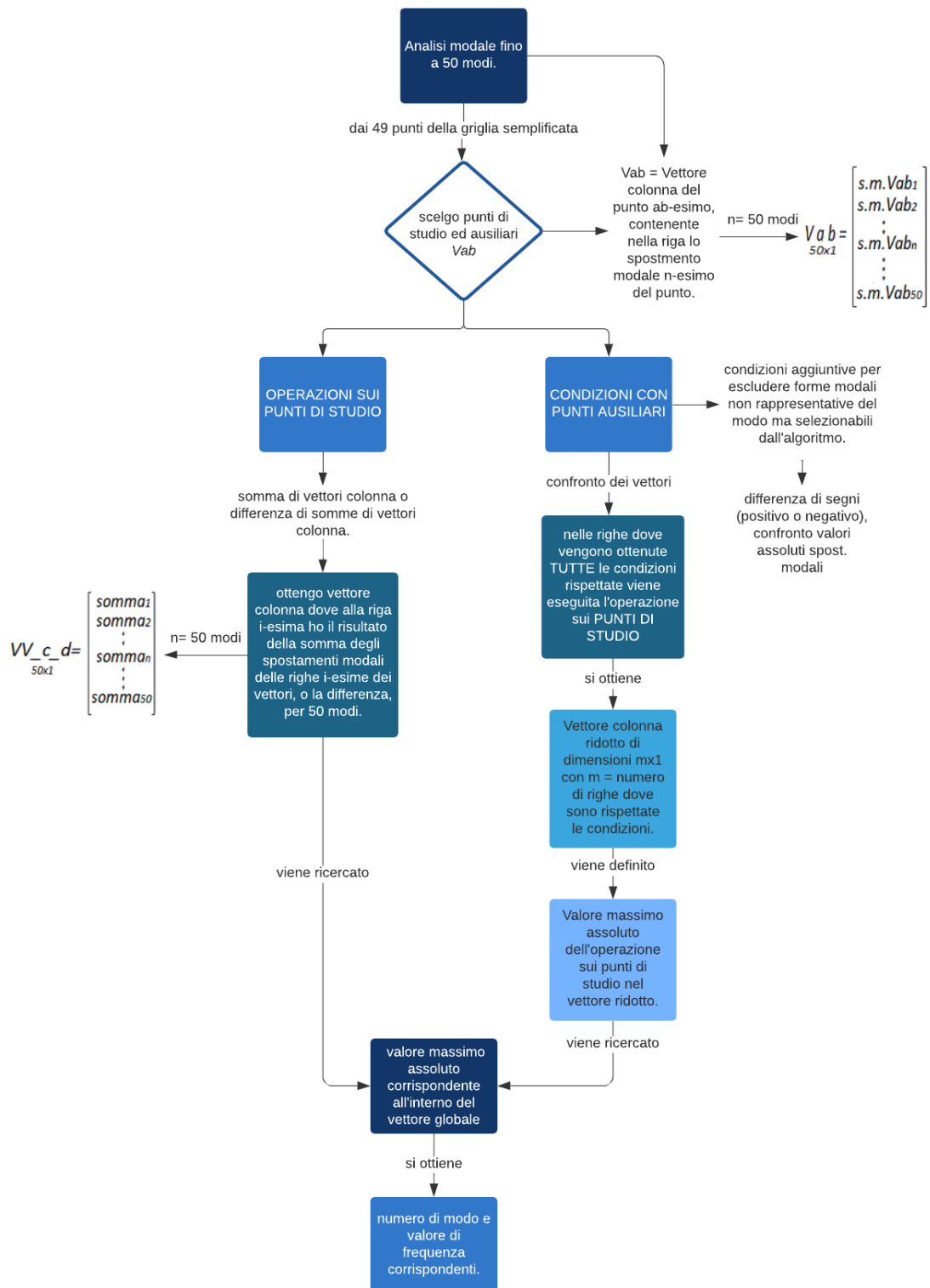
- **V** è un acronimo invariato;
- **a** definisce la **riga**, dove a partire da quella centrale, denominata “c”, al di sopra si aggiunge il termine “sup” mentre al di sotto il termine “inf”; per le righe successive, oltre ai termini “sup” ed “inf” vengono aggiunte tante “n” quante sono le righe per cui si sale o si scende;
- **b** definisce la **colonna**, ed è il numero associato alla colonna stessa ordinato a partire da sinistra verso destra.

Per indicare ad esempio il punto centrale della griglia è stato utilizzato il termine Vc4, che sta ad indicare il punto V, alla riga centrale “c” ed alla colonna 4.

La strategia adottata per l’individuazione dei modi è stata quella di selezionare punti ritenuti maggiormente significativi per la forma modale desiderata (“punti di studio”, colorati in rosso nelle figure successive), cioè quei punti dove si suppone avvenga lo spostamento modale maggiore per la forma modale considerata. È stato poi definito un algoritmo che: massimizza in valore assoluto la somma/differenza degli spostamenti modali dei suddetti punti, individua il rispettivo numero di modo e la relativa frequenza. Essendo state analizzate 50 forme modali, sono state definite ulteriori condizioni aggiuntive considerando dei punti denominati “ausiliari” (colorati in ciano nelle figure seguenti), al fine di scartare quei modi che avrebbero verificato la condizione richiesta dall’algoritmo, ma che non avrebbero individuato il modo ricercato. Queste

condizioni aggiuntive si sono basate sul confronto dei segni (positivo e negativo) e/o sull'entità in valore assoluto degli spostamenti modali dei punti ausiliari e di studio.

4.1 Processo di individuazione



4.1 Modo 1.1

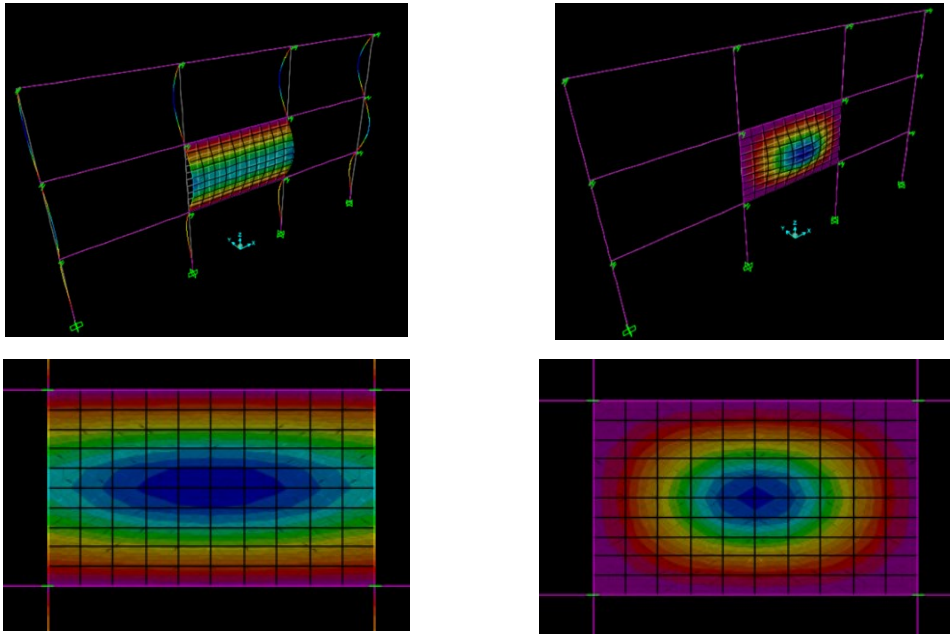


Figura 9 a sinistra: modo "globale"; a destra: modo "parete"

4.1.1 Algoritmo modo "globale"

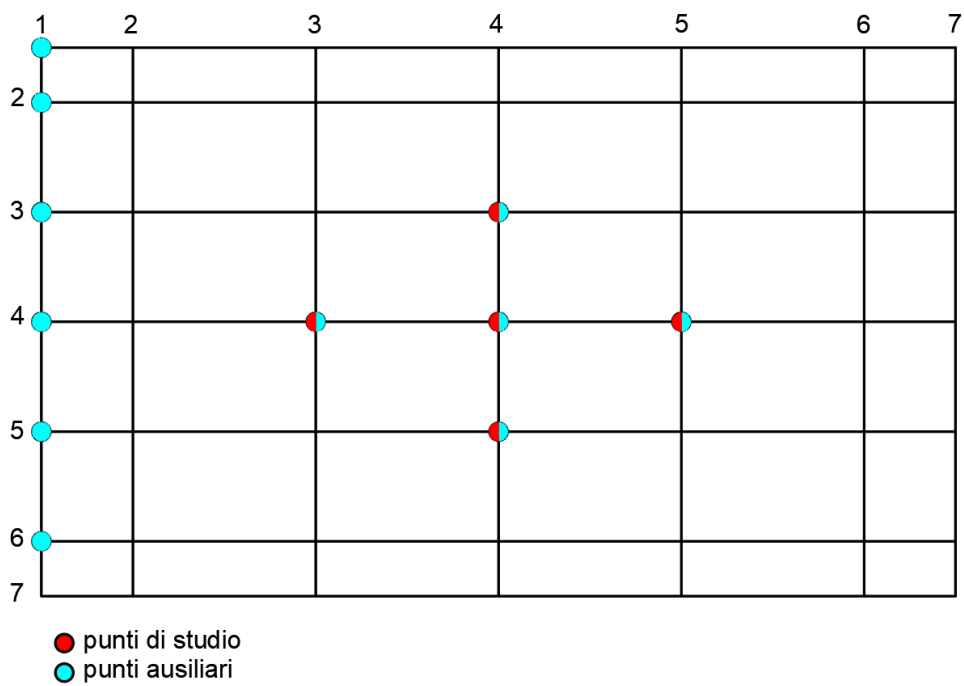


Figura 10 punti utili modo 1.1 "globale"

Algoritmo MATLAB

```
VV_1_a = Vc4+Vc3+Vc5; %somma spostamenti dei punti di studio modo globale
row_1_a = find(sign(Vc4) == sign(Vsup4) & sign(Vc4) == sign(Vinf4) & sign(Vc3) == sign(Vc5) & ...
    sign(Vc3) == sign(Vc4) & abs(Vsupnn1) < abs(Vc1) & sign(Vc1) == sign(Vc3) & sign(Vc3) == sign(Vsupn1) & ...
    sign(Vc3) == sign(Vsup1) & sign(Vc3) == sign(Vinf1) & sign(Vc3) == sign(Vinf1)); %righe cond

jjj=1;
for ii = row_1_a
    VV_1_G = VV_1_a(ii); % vettore spostamenti dove soddisfo condizioni
jjj = jjj+1;
end;
row_1_G = find(abs(VV_1_a) == max(abs(VV_1_G))); %cerco max spostamento
N_1_G(aa,1) = row_1_G; % numero di modo (G=globale)
F_1_G(aa,1) = Frequency(N_1_G(aa)); % frequenza del modo (G=globale)
```

Figura 11 algoritmo di individuazione modo 1.1 "globale"

LETTURA CODICE:

Punti di studio: Vc3, Vc4, Vc5;

Operazione sui punti di studio: VV_1_a = Vc4+Vc3+Vc5;

Punti ausiliari: Vc3, Vc4, Vc5, Vsup4, Vinf4, Vc1, Vsup1, Vsupnn1, Vsupn1, Vinf1, Vinf1;

Condizioni aggiuntive:

- sign(Vc4) = sign(Vsup4)
- sign(Vc4) = sign(Vinf4)
- sign(Vc3) = sign(Vc5)
- sign(Vc3) = sign(Vc4)
- abs(Vsupnn1) < abs(Vc1)
- sign(Vc1) = sign(Vc3)
- sign(Vc3) = sign(Vsupn1)
- sign(Vc3) = sign(Vsup1)
- sign(Vc3) = sign(Vinf1)
- sign(Vc3) = sign(Vinf1)

vettore con condizioni rispettate: VV_1_G;

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: somma massima assoluta all'interno di VV_1_G;

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: (abs) VV_1_a = max (abs) VV_1_G, ovvero il valore assoluto all'interno del vettore VV_1_a che coincide con il valore assoluto della soluzione ricercata all'interno di VV_1_G;

LETTURA CODICE:

Punti di studio:

Punti di studio interni: $Vc4, Vc3, Vc5, Vsup4, Vinf4$;

Punti di studio esterni: $Vc1, Vc7, Vsupnn4, Vinfnn4, Vc2, Vc6$;

Operazione sui punti di studio:

- $VVi = Vc4 + Vc3 + Vc5 + Vsup4 + Vinf4$;
- $VVe = Vc1 + Vc7 + Vsupnn4 + Vinfnn4 + Vc2 + Vc6$;
- $VV_{1_b} = VVi - VVe$;

Punti ausiliari: per questo algoritmo i punti ausiliari sono gli stessi punti di studio;

Condizioni aggiuntive:

- $\text{sign}(Vc4) = \text{sign}(Vsup4)$
- $\text{sign}(Vc4) = \text{sign}(Vinf4)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vc4)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vc5)$
- $\text{sign}(Vc2) = \text{sign}(Vc4)$

vettore con condizioni rispettate: VV_{1_P} ;

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: differenza massima assoluta all'interno di VV_{1_P} ;

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: $(\text{abs}) VV_{1_b} = \max (\text{abs}) VV_{1_P}$, ovvero il valore assoluto all'interno del vettore VV_{1_b} che coincide con il valore assoluto della soluzione ricercata all'interno di VV_{1_P} ;

Numero del modo dove si ha la soluzione: N_{1_P} ;

Frequenza: F_{1_P} .

4.2 Modo 2.1

Per il modo 2.1, ed in particolare per l'individuazione delle forme "globale" e "parete" all'interno dello studio della variazione di rigidità del telaio trasversale, si ha avuto la necessità, a partire da un algoritmo definito "generico" e valido per tutti i parametri, di aggiungere o togliere punti ausiliari e di studio, e condizioni aggiuntive. Per il modo "globale", la modifica si è resa necessaria a causa di un cambiamento sostanziale della deformata del modo ottenuta dalla variazione del suddetto parametro (*Figura 15 a sinistra*) rispetto alle deformate del modo ottenute per tutti gli altri parametri (*Figura 14 a sinistra*); per il modo "parete", l'aggiunta di una successiva condizione ausiliaria è stata effettuata al fine di ottenerne un'individuazione più precisa, a causa della compresenza di più forme modali simili e rispettanti l'algoritmo "generico". Per questo motivo, nel seguente paragrafo avremo una divisione in:

- algoritmo "generico" del modo 2.1 "globale"
- algoritmo "K" del modo 2.1 "globale"
- algoritmo "generico" del modo 2.1 "parete"
- algoritmo "K" del modo 2.1 "parete".

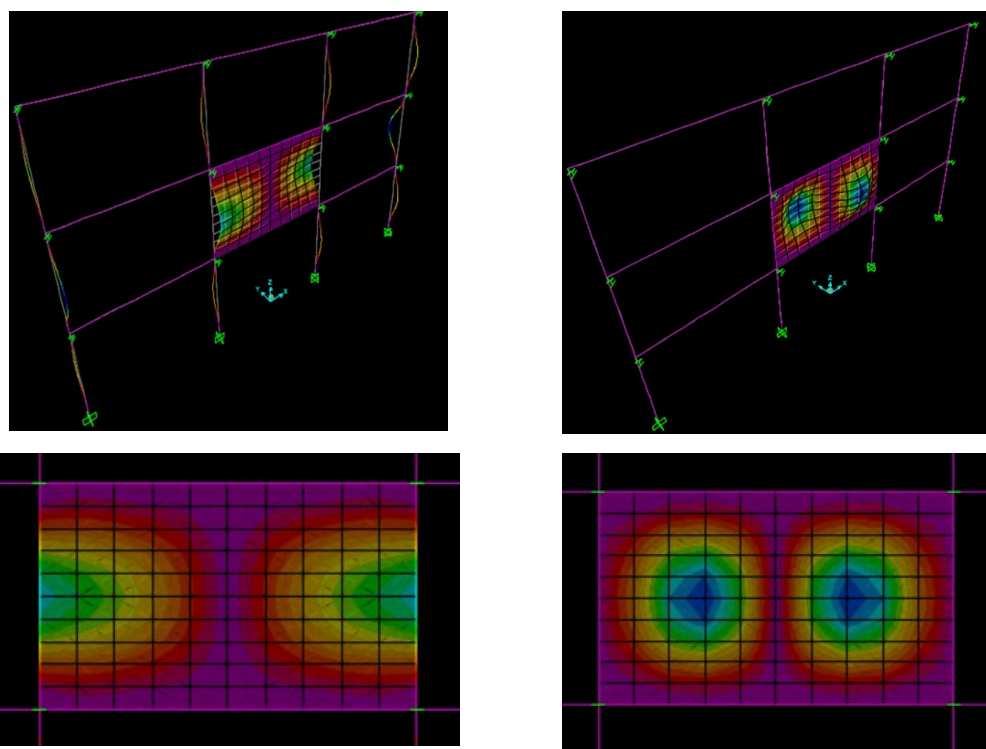


Figura 14 a sinistra: forma modale "globale" generica del modo 2.1; a destra: forma modale "parete" generica del modo 2.1

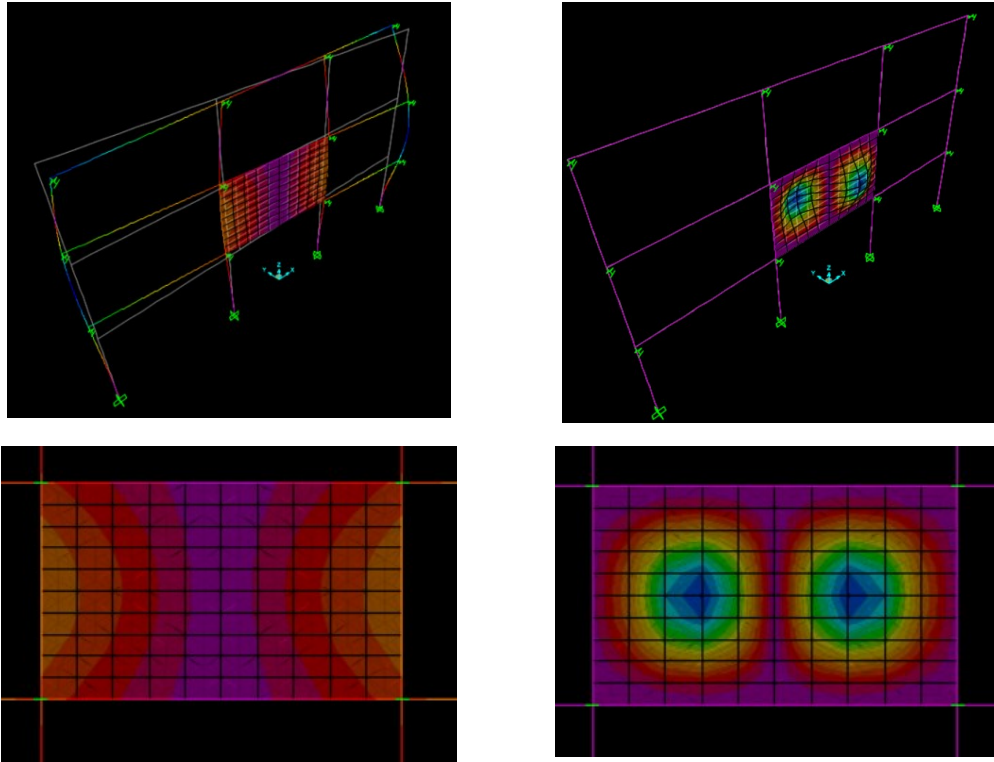


Figura 15 a sinistra: forma modale "globale" del modo 2.1 per variazione rigidezza del telaio trasversale; a destra: forma modale "parete" del modo 2.1 per variazione rigidezza del telaio trasversale

4.2.1 Algoritmo "generico" del modo 2.1 "globale"

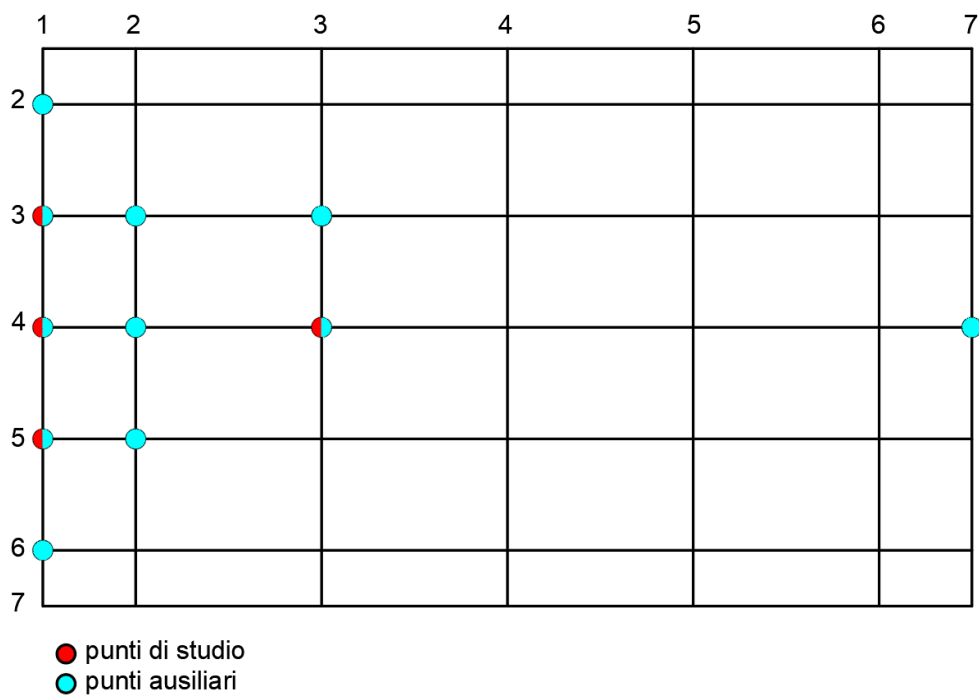


Figura 16 punti utili "generici" per il modo 2.1 "globale"

Algoritmo MATLAB

```
VV_2_a = Vc1+Vsup1+Vinf1+Vc3; %somma spostamenti dei punti di studio modo globale
row_2_a = find(sign(Vc2) == sign(Vinf2) & sign(Vc1) == sign(Vc2) & sign(Vc2) == sign(Vc3) & sign(Vc1) ~= sign(Vc7) & ...
    sign(Vsup1) == sign(Vinf1) & sign(Vinf2) == sign(Vsup2) & sign(Vc1) == sign(Vsupn1) & ...
    sign(Vc1) == sign(Vsup1) & sign(Vc1) == sign(Vinf1) & sign(Vc1) == sign(Vinfn1) & sign(Vsup3) == sign(Vc3)); %righe cond

jjj=1;
for ii = row_2_a
    WV_2_G = WV_2_a(ii); % vettore spostamenti dove soddisfo condizioni
jjj = jjj+1;
end;
row_2_G = find(abs(WV_2_a) == max(abs(WV_2_G))); %trovo la riga in WV_2_a dove soddisfa cond e somma max abs
N_2_G(aa,1) = row_2_G; % numero di modo (G=globale)
F_2_G(aa,1) = Frequency(N_2_G(aa)); % frequenza del modo (G=globale)
```

Figura 17 algoritmo "generico" di individuazione del modo 2.1 "globale"

LETTURA CODICE:

Punti di studio: Vc1, Vsup1, Vinf1, Vc3;

Operazione sui punti di studio: VV_2_a = Vc1+Vsup1+Vinf1+Vc3;

Punti ausiliari: Vc1, Vsup1, Vinf1, Vc3, Vsupn1, Vinfn1, Vc2, Vsup2, Vinf2, Vsup3, Vc7;

Condizioni aggiuntive:

- sign(Vc2) = sign(Vinf2)
- sign(Vc1) = sign(Vc2)
- sign(Vc2) = sign(Vc3)
- sign(Vc1) ≠ sign(Vc7)
- sign(Vsup1) = sign(Vinf1)
- sign(Vinf2) = sign(Vsup2)
- sign(Vc1) = sign(Vsupn1)
- sign(Vc1) = sign(Vsup1)
- sign(Vc1) = sign(Vinf1)
- sign(Vc1) = sign(Vinfn1)
- sign(Vsup3) = sign(Vc3)

vettore con condizioni rispettate: VV_2_G;

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: somma massima assoluta all'interno di VV_2_G;

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: $(\text{abs}) VV_2_a = \max (\text{abs}) VV_2_G$, ovvero il valore assoluto all'interno del vettore VV_2_a che coincide con il valore assoluto della soluzione ricercata all'interno di VV_2_G ;

Numero del modo dove si ha la soluzione: N_2_G ;

Frequenza: F_1_G .

4.2.2 Algoritmo "K" del modo 2.1 "globale"

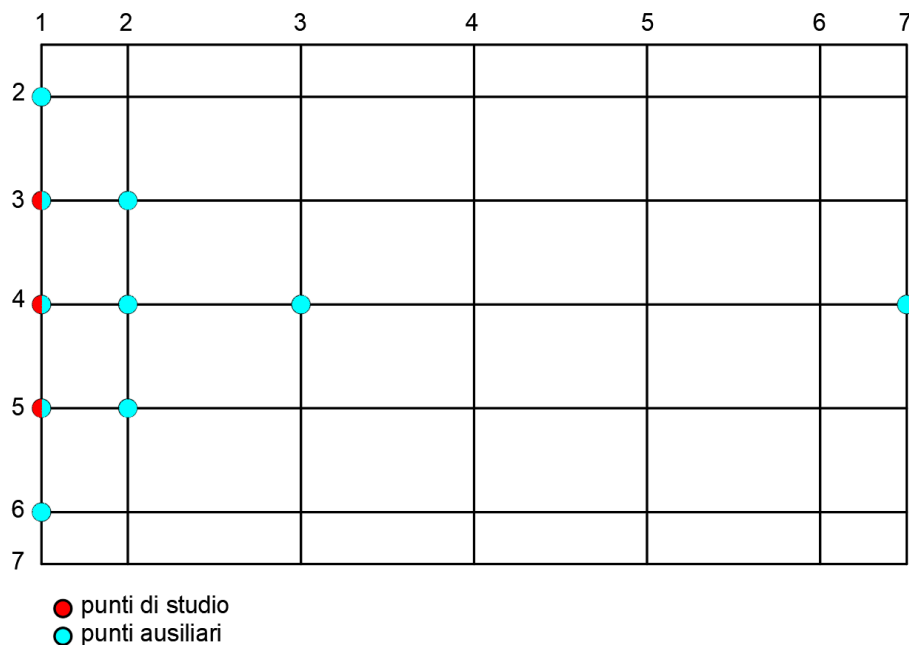


Figura 18 punti utili dell'algoritmo "K" per il modo 2.1 "globale"

Come possiamo notare dalla Figura 18 e dall'algoritmo sottostante, per il codice "K", il punto $Vc3$ è solo "ausiliario", il punto ausiliario $Vsup3$ è stato eliminato.

Algoritmo MATLAB

```

VV_2_a = Vc1 + Vsup1 + Vinf1; %somma spostamenti dei punti di studio modo globale
row_2_a = find(sign(Vc2) == sign(Vinf2) & sign(Vc1) == sign(Vc2) & sign(Vc2) == sign(Vc3) & sign(Vc1) ~= sign(Vc7) & ...
    sign(Vsup1) == sign(Vinf1) & sign(Vinf2) == sign(Vsup2) & sign(Vc1) == sign(Vsupn1) & ...
    sign(Vc1) == sign(Vsup1) & sign(Vc1) == sign(Vinf1) & sign(Vc1) == sign(Vinf1)); %righe cond

jjj=1;
for ii = row_2_a
    W_2_G = W_2_a(ii); % vettore spostamenti dove soddisfo condizioni
    jjj = jjj+1;
end;
row_2_G = find(abs(W_2_a) == max(abs(W_2_G))); %trovo la riga in W_2_a dove soddisfa cond e somma max abs
N_2_G(aa,1) = row_2_G; % numero di modo (G=globale)
F_2_G(aa,1) = Frequency(N_2_G(aa)); % frequenza del modo (G=globale)

```

Figura 19 algoritmo "K" di individuazione del modo 2.1 "globale"

LETTURA CODICE:

Punti di studio: $Vc1, Vsup1, Vinf1$;

Operazione sui punti di studio: $VV_2_a = Vc1 + Vsup1 + Vinf1$;

Punti ausiliari: $Vc1, Vsup1, Vinf1, Vsupn1, Vinfn1, Vc2, Vsup2, Vinf2, Vc7$;

Condizioni aggiuntive:

- $\text{sign}(Vc2) = \text{sign}(Vinf2)$
- $\text{sign}(Vc1) = \text{sign}(Vc2)$
- $\text{sign}(Vc2) = \text{sign}(Vc3)$
- $\text{sign}(Vc1) \neq \text{sign}(Vc7)$
- $\text{sign}(Vsup1) = \text{sign}(Vinf1)$
- $\text{sign}(Vinf2) = \text{sign}(Vsup2)$
- $\text{sign}(Vc1) = \text{sign}(Vsupn1)$
- $\text{sign}(Vc1) = \text{sign}(Vsup1)$
- $\text{sign}(Vc1) = \text{sign}(Vinf1)$
- $\text{sign}(Vc1) = \text{sign}(Vinfn1)$

vettore con condizioni rispettate: VV_2_G ;

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: somma massima assoluta all'interno di VV_2_G ;

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: $(\text{abs}) VV_2_a = \max (\text{abs}) VV_2_G$, ovvero il valore assoluto all'interno del vettore VV_2_a che coincide con il valore assoluto della soluzione ricercata all'interno di VV_2_G ;

Numero del modo dove si ha la soluzione: N_2_G ;

Frequenza: F_1_G .

4.2.3 Algoritmo "generico" del modo 2.1 "parete"

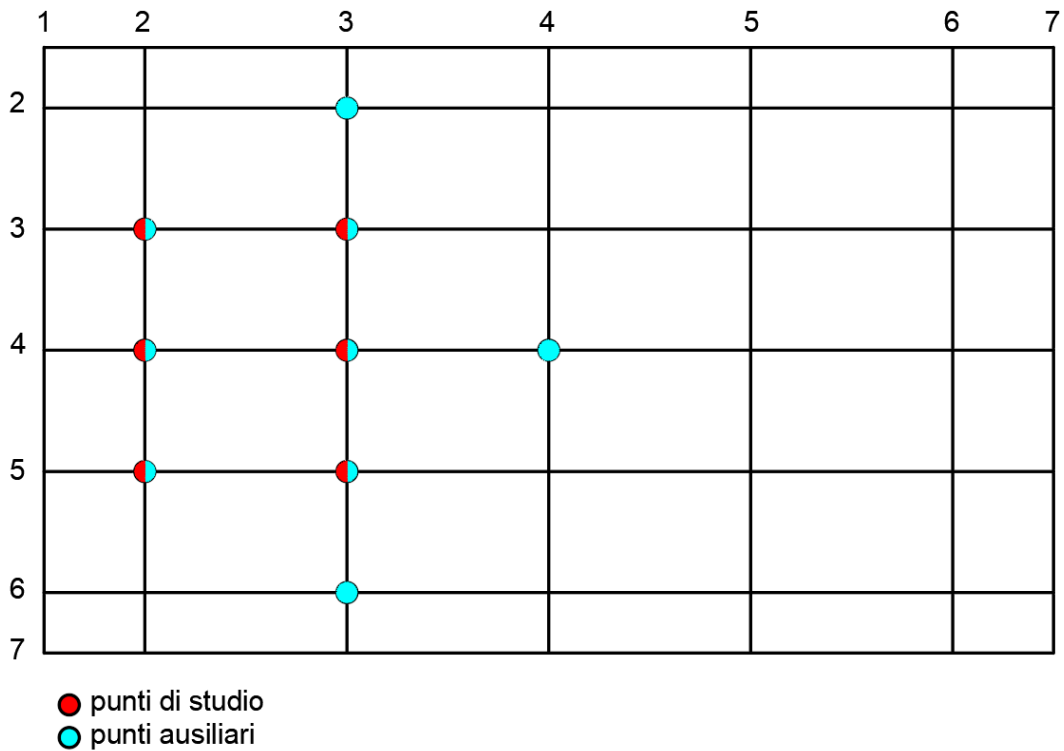


Figura 20 punti utili "generici" per il modo 2.1 "parete"

Algoritmo MATLAB

```

WV_2_1_i = Vc3+Vinf3+Vsup3; %punti interni
WV_2_1_e = Vc2+Vsup2+Vinf2; %punti esterni
WV_2_b = WV_2_1_i-WV_2_1_e; %diff spostamenti dei punti di studio modo parete
sign(Vc3) == sign(Vsup3) & sign(Vc3) == sign(Vinf3) & sign(Vc3) == sign(Vc2) & abs(Vc4) < abs(Vc3) & ...
abs(Vc3) > abs(Vc2) & sign(Vc3) == sign(Vsupn3) & sign(Vc3) == sign(Vinf3) & abs(Vsup3) > abs(Vc4) & ...
abs(Vc3) > abs(Vinf2) & abs(Vc3) > abs(Vsup2)

C = double(cell2mat({ans}));
if any(C)
    row_2_b = find(sign(Vc3) == sign(Vsup3) & sign(Vc3) == sign(Vinf3) & sign(Vc3) == sign(Vc2) & abs(Vc4) < abs(Vc3) & ...
        abs(Vc3) > abs(Vc2) & sign(Vc3) == sign(Vsupn3) & sign(Vc3) == sign(Vinf3) & abs(Vsup3) > abs(Vc4) & ...
        abs(Vc3) > abs(Vinf2) & abs(Vc3) > abs(Vsup2)); %righe dei vettori che soddisf condizioni

    jjj=1;
    for ii = row_2_b
        WV_2_P = WV_2_b(ii); % vettore spostamenti dove soddisfo condizioni
    end;
    row_2_P = find(abs(WV_2_b) == max(abs(WV_2_P))); %trovo riga in WV_2_b dove ho diff max abs
    N_2_P(aa,1) = row_2_P ; % numero di modo (P=parete)
    F_2_P(aa,1) = Frequency(N_2_P(aa)); % frequenza del modo (P=parete)
else
    F_2_P(aa,1) = NaN;
end;

```

Figura 21 algoritmo "generico" di individuazione del modo 2.1 "parete"

LETTURA CODICE:

Punti di studio:

Punti di studio interni: $Vc3, Vinf3, Vsup3$;

Punti di studio esterni: $Vc2, Vsup2, Vinf2$;

Operazione sui punti di studio:

- $VV_{2_1_i} = Vc3 + Vinf3 + Vsup3$;
- $VV_{2_1_e} = Vc2 + Vsup2 + Vinf2$;
- $VV_{2_b} = VV_{2_1_i} - VV_{2_1_e}$;

Punti ausiliari: $Vc3, Vinf3, Vsup3, Vc2, Vsup2, Vinf2, Vsupn3, Vinfn3, Vc4$;

Condizioni aggiuntive:

- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vsup3)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vinf3)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vc2)$
- $(\text{abs})Vc4 < (\text{abs})Vc3$
- $(\text{abs})Vc3 > (\text{abs})Vc2$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vsupn3)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vinfn3)$
- $(\text{abs})Vsup3 > (\text{abs})Vc4$
- $(\text{abs})Vc3 > (\text{abs})Vinf2$
- $(\text{abs})Vc3 > (\text{abs})Vsup2$

vettore con condizioni rispettate: VV_{2_P} ;

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: differenza massima assoluta all'interno di VV_{2_P} ;

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: $(\text{abs}) VV_{2_b} = \max (\text{abs}) VV_{2_P}$, ovvero il valore assoluto all'interno del vettore VV_{2_b} che coincide con il valore assoluto della soluzione ricercata all'interno di VV_{2_P} ;

Numero del modo dove si ha la soluzione: N_{2_P} ;

Frequenza: F_{2_P} .

4.2.4 Algoritmo "K" del modo 2.1 "parete"

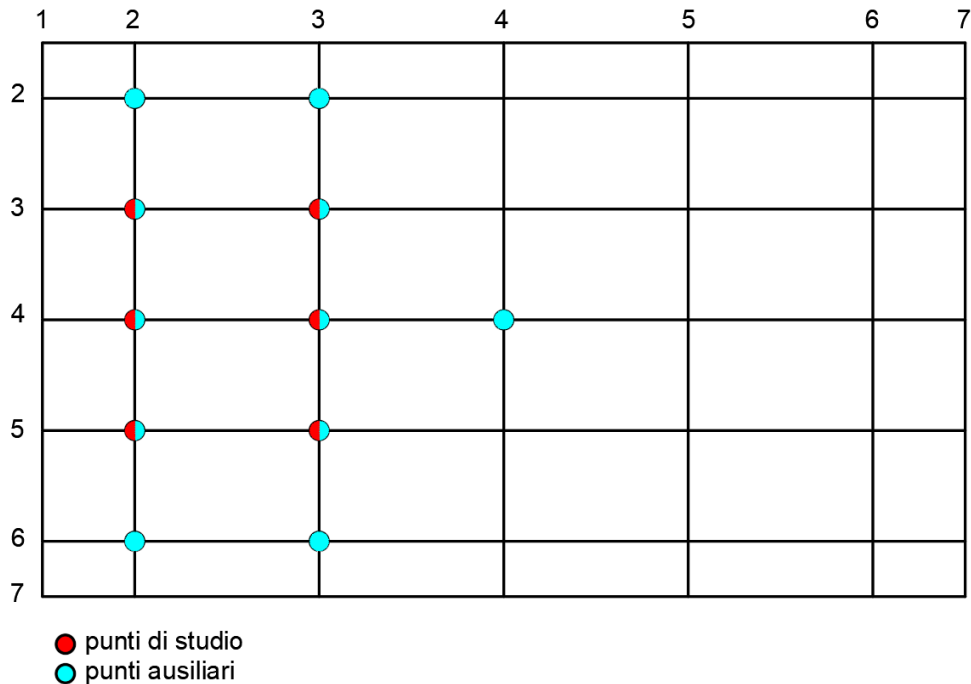


Figura 22 punti utili dell'algoritmo "K" per il modo 2.1 "parete"

Come possiamo notare dalla *Figura 22* e dall'algoritmo sottostante, per il codice "K" sono stati aggiunti i due punti ausiliari V_{supn2} e V_{infn2} .

Algoritmo MATLAB

```

W_2_1_i = Vc3+Vinf3+Vsup3; %punti interni
W_2_1_e = Vc2+Vsup2+Vinf2; %punti esterni
W_2_b = W_2_1_i-W_2_1_e; %diff spostamenti dei punti di studio modo parete
%condizioni generali per selezione modo 2_1 PARETE
row_2_b = find(sign(Vc3) == sign(Vsup3) & sign(Vc3) == sign(Vinf3) & sign(Vc3) == sign(Vc2) & abs(Vc4) < abs(Vc3) & ...
abs(Vc3) > abs(Vc2) & sign(Vc3) == sign(Vsupn3) & sign(Vc3) == sign(Vinfn3) & abs(Vsup3) > abs(Vc4) &...
abs(Vc3) > abs(Vinf2) & abs(Vc3) > abs(Vsup2) & ...
sign(Vc3) == sign(Vsupn2) & sign(Vc3) == sign(Vinfn2)); %questa riga CONDIZ PARTICOLARE (precisione scelta modi)

jjj=1;
for ii = row_2_b
    W_2_P = W_2_b(ii); % vettore spostamenti dove soddisfo condizioni
    jjj = jjj+1;
end;
row_2_P = find(abs(W_2_b) == max(abs(W_2_P))); %trovo riga in W_2_b dove ho diff max abs
N_2_P(aa,1) = row_2_P; % numero di modo (P=parete)
F_2_P(aa,1) = Frequency(N_2_P(aa)); % frequenza del modo (P=parete)

```

Figura 23 algoritmo "K" di individuazione del modo 2.1 "parete"

LETTURA CODICE:

Punti di studio:

Punti di studio interni: $Vc3, Vinf3, Vsup3$;

Punti di studio esterni: $Vc2, Vsup2, Vinf2$;

Operazione sui punti di studio:

- $VV_{2_1_i} = Vc3 + Vinf3 + Vsup3$;
- $VV_{2_1_e} = Vc2 + Vsup2 + Vinf2$;
- $VV_{2_b} = VV_{2_1_i} - VV_{2_1_e}$;

Punti ausiliari: $Vsupn3, Vinfn3, Vc4$;

Condizioni aggiuntive:

- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vsup3)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vinf3)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vc2)$
- $(\text{abs})Vc4 < (\text{abs})Vc3$
- $(\text{abs})Vc3 > (\text{abs})Vc2$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vsupn3)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vinfn3)$
- $(\text{abs})Vsup3 > (\text{abs})Vc4$
- $(\text{abs})Vc3 > (\text{abs})Vinf2$
- $(\text{abs})Vc3 > (\text{abs})Vsup2$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vsupn2)$
- $\text{sign}(Vc3) = \text{sign}(Vinfn2)$

vettore con condizioni rispettate: VV_{2_P} ;

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: differenza massima assoluta all'interno di VV_{2_P} ;

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: $(\text{abs}) VV_{2_b} = \max (\text{abs}) VV_{2_P}$, ovvero il valore assoluto all'interno del vettore VV_{2_b} che coincide con il valore assoluto della soluzione ricercata all'interno di VV_{2_P} ;

Numero del modo dove si ha la soluzione: N_{2_P} ;

Frequenza: F_{2_P} .

4.3 Modo 2.2

Per il modo 2.2, si è reso necessario selezionare un'ulteriore "colonna" di punti già presenti nella mesh della tamponatura (*Figura 7*) da aggiungere alla griglia di studio semplificata, al fine di eliminare alcuni modi con particolari spostamenti modali che non ricadevano all'interno della griglia precedente.

La nuova colonna di punti è stata denominata Vc3alf ed è stata selezionata tra le colonne 3 e 4 della griglia già esistente, rispettivamente ad una distanza di $L/10$ dalla colonna di punti 3 e dalla colonna di punti 4. È stata quindi creata, solo per il modo 2.2, una nuova griglia di studio sulla tamponatura composta da 56 punti totali, disposti secondo 7 righe ed 8 colonne come rappresentato nella figura sottostante. La logica seguita per la nomenclatura è rimasta invariata.

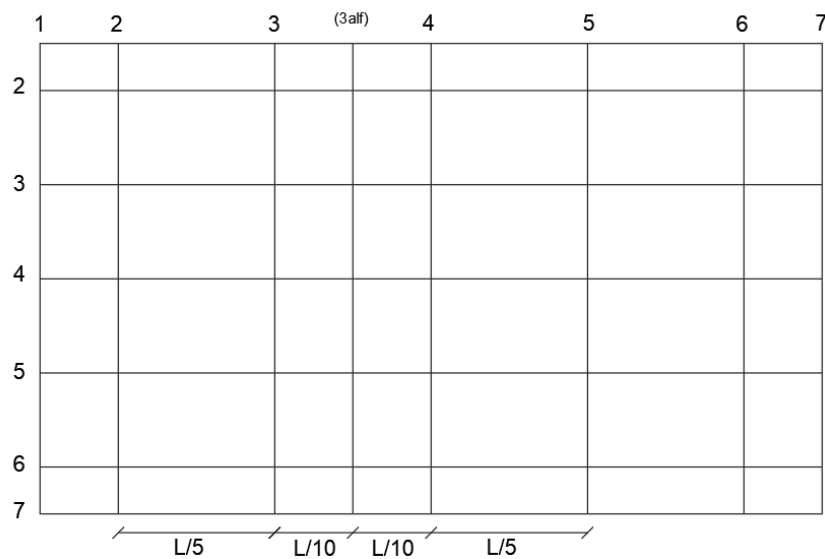


Figura 24 griglia di studio per il modo 2.2

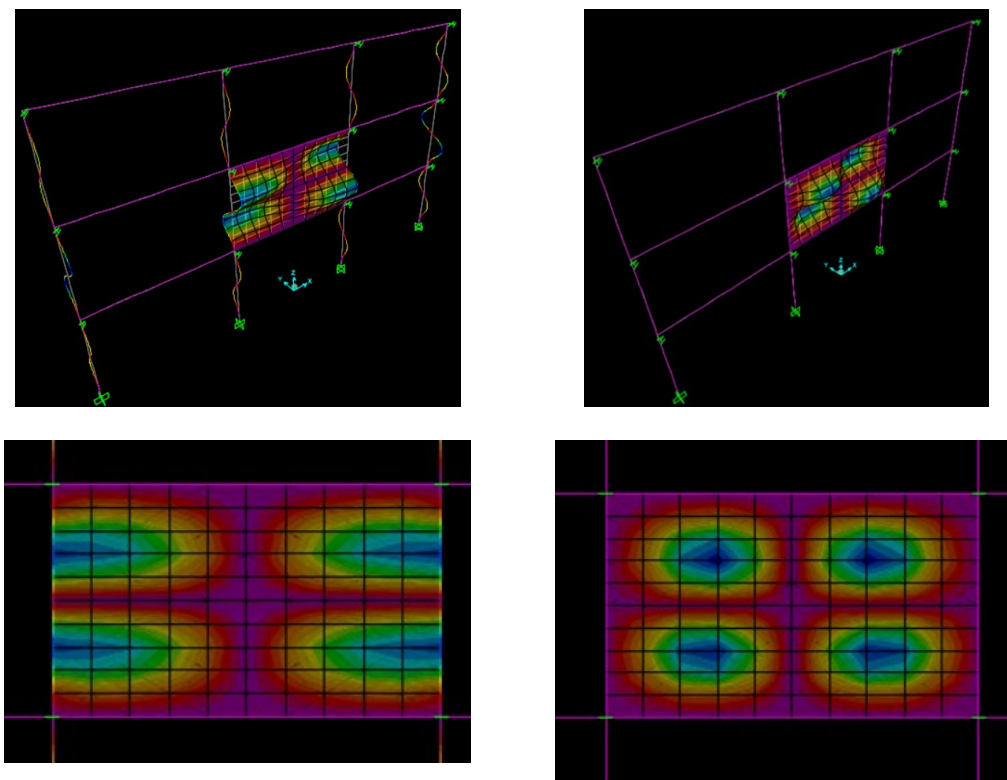


Figura 25 a sinistra: modo "globale"; a destra: modo "parete"

4.3.1 Algoritmo modo "globale"

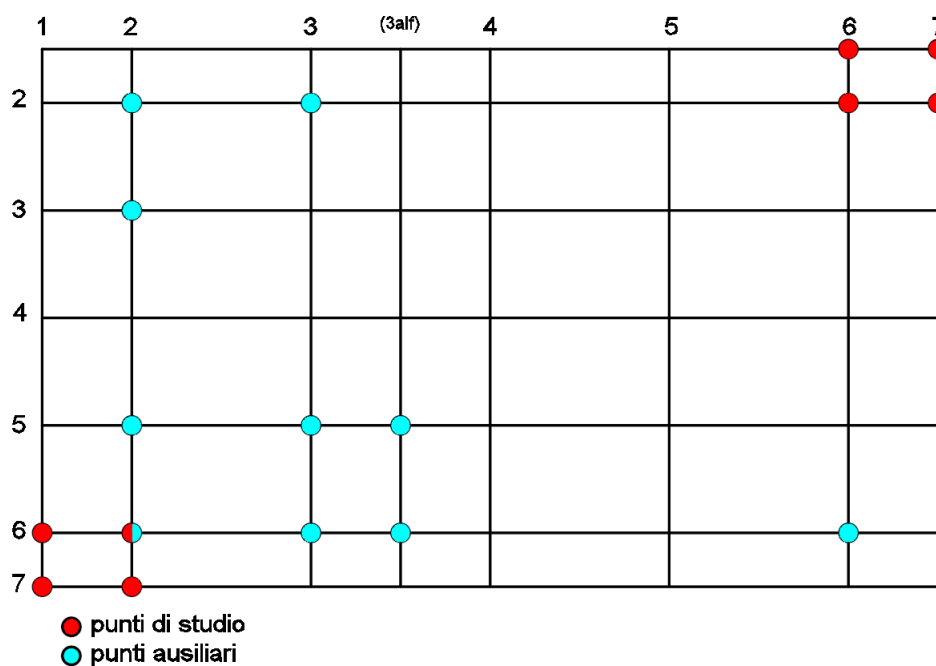


Figura 26 punti utili modo 2.2 "globale"

Algoritmo MATLAB

```
VV_2_2_a = Vinfnn1+Vinf1+Vinf2+Vinfnn2+Vsupnn7+Vsupn7+Vsupnn6+Vsupn6;
sign(Vinf2) ~= sign(Vinf6) & sign(Vsupn2) ~= sign(Vinf2) & sign(Vinf2) == sign(Vinf3) & ...
    sign(Vinf2) == sign(Vinf2) & sign(Vinf3) ~= sign(Vsupn3) & sign(Vinf3) == sign(Vc3infalf) & ...
    abs(Vinf3+Vinf3) > abs(Vc3infalf+Vc3infalf)

C = double(cell2mat({ans}));
if any(C)
    row_2_2_a = find(sign(Vinf2) ~= sign(Vinf6) & sign(Vsupn2) ~= sign(Vinf2) & sign(Vinf2) == sign(Vinf3) & ...
        sign(Vinf2) == sign(Vinf2) & sign(Vinf3) ~= sign(Vsupn3) & sign(Vinf3) == sign(Vc3infalf) & ...
        abs(Vinf3+Vinf3) > abs(Vc3infalf+Vc3infalf)); %righe dei vettori che soddisf condizioni

    jjj=1;
    for ii = row_2_2_a
        VV_2_2_G = VV_2_2_a(ii); %vettore spostamenti dove soddisfo cond
        jjj = jjj+1;
    end;
    row_2_2_G = find(abs(VV_2_2_a) == max(abs(VV_2_2_G))); %trovo la riga dove ho somma max
    N_2_2_G(aa,1) = row_2_2_G; % numero di modo (G=globale);
    F_2_2_G(aa,1) = Frequency(N_2_2_G(aa)); % frequenza del modo (G=globale);
else
    F_2_2_G(aa,1) = NaN;
end;
```

Figura 27 algoritmo di individuazione modo 2.2 "globale"

LETTURA CODICE:

Punti di studio: Vinfnn1, Vinf1, Vinf2, Vinfnn2, Vsupnn7, Vsupnn6, Vsupn6;

Operazione sui punti di studio:

$VV_{2_2_a} = Vinfnn1 + Vinf1 + Vinf2 + Vinfnn2 + Vsupnn7 + Vsupnn6 + Vsupn6;$

Punti ausiliari:

Vinf2, Vinf1, Vsup2, Vsupn2, Vinf3, Vinfnn3, Vsupn3, Vc3infalf, Vc3infalf, Vinf6;

Condizioni aggiuntive:

- $\text{sign}(Vinf2) \neq \text{sign}(Vinf6)$
- $\text{sign}(Vsupn2) \neq \text{sign}(Vinf2)$
- $\text{sign}(Vinf2) = \text{sign}(Vinf3)$
- $\text{sign}(Vinf2) = \text{sign}(Vinf1)$
- $\text{sign}(Vinf3) \neq \text{sign}(Vsupn3)$
- $\text{sign}(Vinf3) = \text{sign}(Vc3infalf)$
- $\text{abs}(Vinf3+Vinf3) > \text{abs}(Vc3infalf+Vc3infalf)$

vettore con condizioni rispettate: $VV_{2_2_G};$

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: somma massima assoluta all'interno di $VV_{2_2_G};$

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: $(\text{abs}) VV_{2,2,a} = \max(\text{abs}) VV_{2,2,G}$,
 ovvero il valore assoluto all'interno del vettore $VV_{2,2,a}$ che coincide con il valore assoluto
 della soluzione ricercata all'interno di $VV_{2,2,G}$;

Numero del modo dove si ha la soluzione: $N_{2,2,G}$;

Frequenza: $F_{2,2,G}$.

4.3.2 Algoritmo modo "parete"

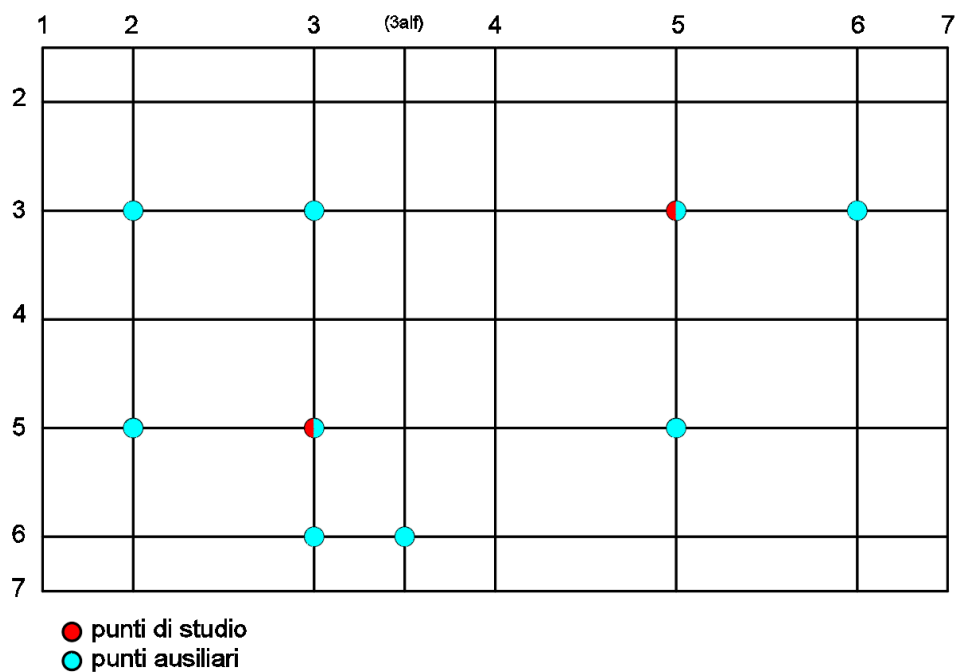


Figura 28 punti utili modo 2.2 "parete"

Algoritmo MATLAB

```

VV_2_2_b = Vsup5+Vinf3;
sign(Vsup5) ~= sign(Vinf5) & sign(Vsup3) ~= sign(Vsup5) & sign(Vinf3) == sign(Vsup5) & sign(Vsup3) == sign(Vsup2) &...
    sign(Vinf3) == sign(Vinf3) & sign(Vinf3) == sign(Vinf2) & abs(Vsup6) < abs(Vsup5) & sign(Vinf3) == sign(Vc3infalf)

C = double(cell2mat({ans}));
if any(C)
row_2_2_b = find(sign(Vsup5) ~= sign(Vinf5) & sign(Vsup3) ~= sign(Vsup5) & sign(Vinf3) == sign(Vsup5) & sign(Vsup3) == sign(Vsup2) &...
    sign(Vinf3) == sign(Vinf3) & sign(Vinf3) == sign(Vinf2) & abs(Vsup6) < abs(Vsup5) & sign(Vinf3) == sign(Vc3infalf)); %righe cond

jjj=1;
for ii = row_2_2_b
    VV_2_2_P = VV_2_2_b(ii); %vettore spostamenti dove soddisfo cond
    jjj = jjj+1;
end;
row_2_2_P = find(abs(VV_2_2_b) == max(abs(VV_2_2_P))); %trovo la riga in VV_2_2_b dove soddisfa cond e somma max abs
N_2_2_P(aa,1) = row_2_2_P; % numero di modo (P=parete);
F_2_2_P(aa,1) = Frequency(N_2_2_P(aa)); % frequenza del modo (P=parete);
else
    F_2_2_P(aa,1) = NaN;
end;
    
```

Figura 29 algoritmo di individuazione modo 2.2 "parete"

LETTURA CODICE:

Punti di studio: V_{sup5} , V_{inf3} ;

Operazione sui punti di studio: $VV_{2_2_b} = V_{sup5} + V_{inf3}$;

Punti ausiliari: V_{sup5} , V_{inf3} , V_{inf2} , V_{sup2} , V_{inf3} , V_{sup3} , $V_{c3infalf}$, V_{inf5} , V_{sup6}

Condizioni aggiuntive:

- $\text{sign}(V_{sup5}) \neq \text{sign}(V_{inf5})$
- $\text{sign}(V_{sup3}) \neq \text{sign}(V_{sup5})$
- $\text{sign}(V_{inf3}) = \text{sign}(V_{sup5})$
- $\text{sign}(V_{sup3}) = \text{sign}(V_{sup2})$
- $\text{sign}(V_{inf3}) = \text{sign}(V_{inf3})$
- $\text{sign}(V_{inf3}) = \text{sign}(V_{inf2})$
- $\text{abs}(V_{sup6}) < \text{abs}(V_{sup5})$
- $\text{sign}(V_{inf3}) = \text{sign}(V_{c3infalf})$

vettore con condizioni rispettate: $VV_{2_2_P}$;

Soluzione ricercata nel vettore con condizioni rispettate: differenza massima assoluta all'interno di $VV_{2_2_P}$;

Soluzione ricercata nel vettore dei punti di studio: $(\text{abs}) VV_{2_2_b} = \max (\text{abs}) VV_{2_2_P}$, ovvero il valore assoluto all'interno del vettore $VV_{2_2_b}$ che coincide con il valore assoluto della soluzione ricercata all'interno di $VV_{2_2_P}$;

Numero del modo dove si ha la soluzione: $N_{2_2_P}$;

Frequenza: $F_{2_2_P}$.

5. INFLUENZA DEI PARAMETRI GEOMETRICI E MECCANICI SUL COMPORTAMENTO DINAMICO FUORI PIANO DELLE TAMPONATURE

5.1 Definizione dei parametri indagati

In questo capitolo viene indagata l'influenza sul comportamento dinamico fuori piano della parete di diversi parametri, sia geometrici che meccanici, che caratterizzano il telaio e la tamponatura stessa. I parametri presi in considerazione sono:

- VARIAZIONE DIMENSIONI PILASTRI
 - Dimensione forte lungo l'asse X,
 - Dimensione forte lungo l'asse Y;
- VARIAZIONE DIMENSIONI TRAVI
 - Travi calate,
 - Travi a spessore;
- VARIAZIONE RIGIDEZZA TELAIO IN DIREZIONE TRASVERSALE
- VARIAZIONE MODULO ELASTICO DELLA TAMPONATURA
- VARIAZIONE COEFFICIENTE DI POISSON DELLA TAMPONATURA
- VARIAZIONE MASSA DELLA TAMPONATURA
- VARIAZIONE SNELLEZZA DELLA TAMPONATURA
- ASPECT RATIO DELLA TAMPONATURA.

L'influenza di ogni parametro è stata valutata facendone variare il valore all'interno di un range ritenuto significativo per il parametro considerato, comprensivo di casistiche classificabili come "estreme" e non associate a situazioni "comuni", al fine di rappresentarne nella maniera più esaustiva possibile l'influenza sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura.

L'intero procedimento è stato svolto in maniera automatica eseguendo l'analisi modale all'intero telaio per ogni valore di parametro analizzato, fino ad ottenere 50 forme modali. I modi ogni volta ricercati sono stati rispettivamente l'1.1, il 2.1 ed il 2.2 secondo le modalità definite nel paragrafo 3.4 **Modi ricercati** e tramite gli algoritmi definiti al capitolo 4.

I risultati ottenuti sono stati diagrammati tramite grafici Parametro-Frequenza, ordinati secondo il valore del parametro crescente e mettendo in evidenza al loro interno il range di casistica più frequente per le costruzioni ordinarie di strutture a telaio, denominata "casistica comune". Sono

state infine estratte delle tabelle riassuntive contenenti tutti i valori del parametro o dei parametri oggetto di analisi e le rispettive frequenze ad ogni step e per ogni modo analizzato.

Infine, per ogni parametro esaminato sono state redatte specifiche osservazioni atte a descrivere in maniera sintetica la loro influenza sul comportamento della tamponatura per i modi studiati.

5.2 Variazione dimensioni PILASTRI in X

Le dimensioni dei pilastri sia in una direzione che nell'altra sono state fatte variare a partire da una sezione quadrata di 5 cm per lato, con incremento ad ogni step di 5 cm fino ad un rapporto massimo tra le due dimensioni pari a 2 e fino ad una dimensione massima secondo la direzione non forte pari a 80cm.

È stata posta attenzione alla rappresentazione di situazioni comuni per costruzioni ordinarie, determinando come limiti minimi per le dimensioni, quelli prescritti da normativa (*NTC2018*) pari a 25x25 cm.

L'influenza della variazione delle dimensioni dei pilastri sulla variazione delle frequenze e delle forme modali poste in esame è stata rappresentata graficamente tramite l'influenza della variazione dell'inerzia flessionale fuori piano (I_{22}) dei pilastri, e della variazione dell'inerzia torsionale dei pilastri, entrambe funzione della sezione, sulla frequenza dei suddetti modi.

Nelle tabelle sono state riportate rispettivamente le dimensioni dei pilastri (t_2 , t_3), l'inerzia a flessione secondo l'asse 2 dell'elemento (I_{22_MODE}), l'area di taglio secondo l'asse 3 dell'elemento ($As3_MODE$), l'inerzia torsionale dell'elemento ($Tors_MODE$), le frequenze di tutti e tre i modi analizzati della tamponatura suddivise in frequenze globali (F_{x_G}) e della parete (F_{x_P}).

5.2.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for L2 = 0.05 : 0.05 : 0.8
  for L3 = L2 : 0.05 : 2*L2

    t2(aa,1) = L2;
    t3(aa,1) = L3;
```



Figura 30 ciclo variazione valori del parametro

5.2.2 Esempi di forme modali individuate

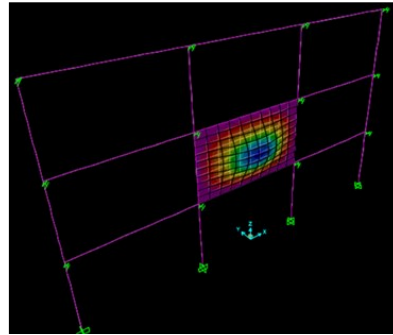
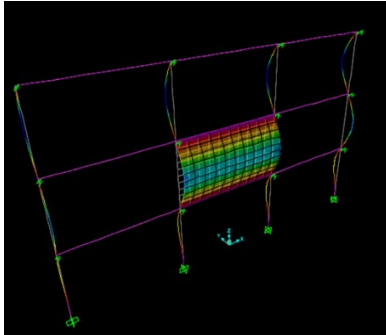


Figura 31 deformazione tipica del modo 2.1 "globale" e deformazione tipica del modo 2.1 "parete"

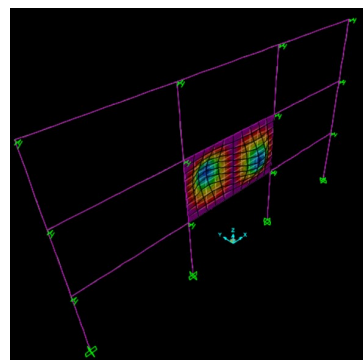
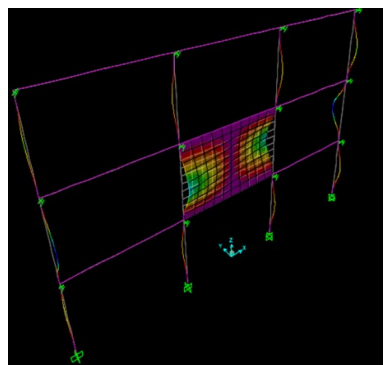


Figura 32 deformazione tipica del modo 2.1 "globale" e deformazione tipica del modo 2.1 "parete"

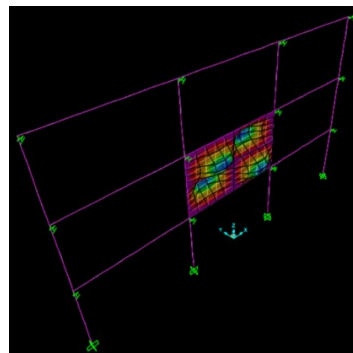
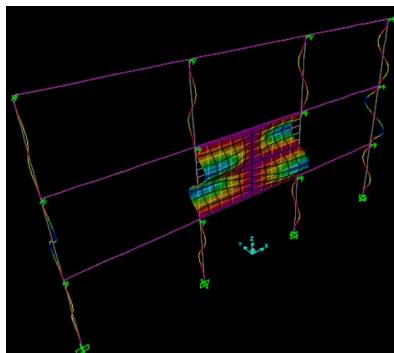


Figura 33 deformazione tipica del modo 2.2 "globale" e deformazione tipica del modo 2.2 "parete"

5.2.3 Risultati ottenuti

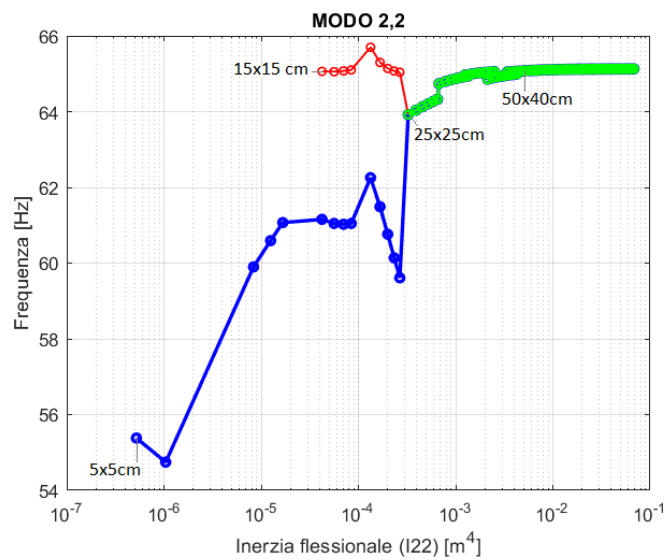
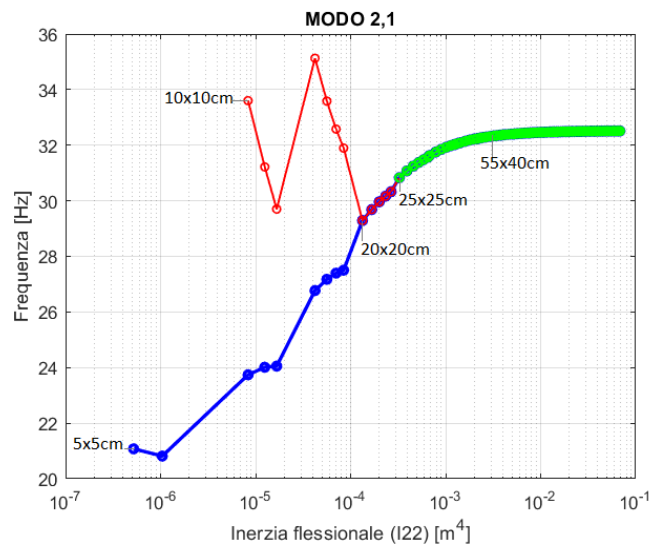
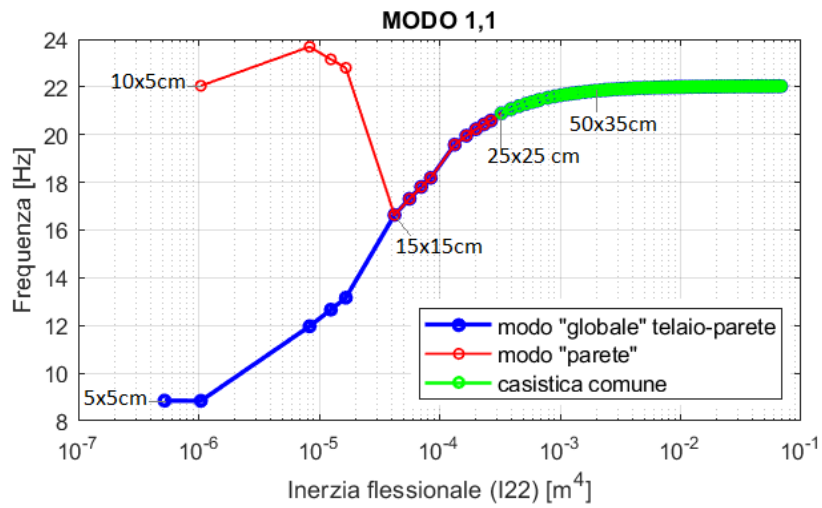


Figura 34 Diagrammi Inerzia flessionale (I22) – Frequenza

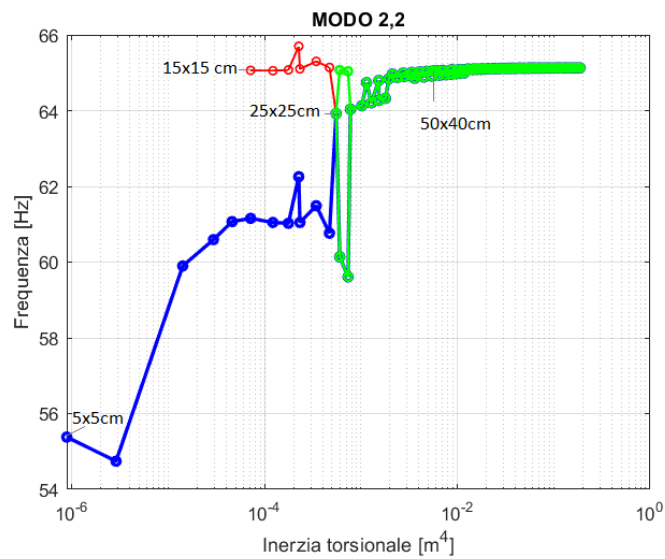
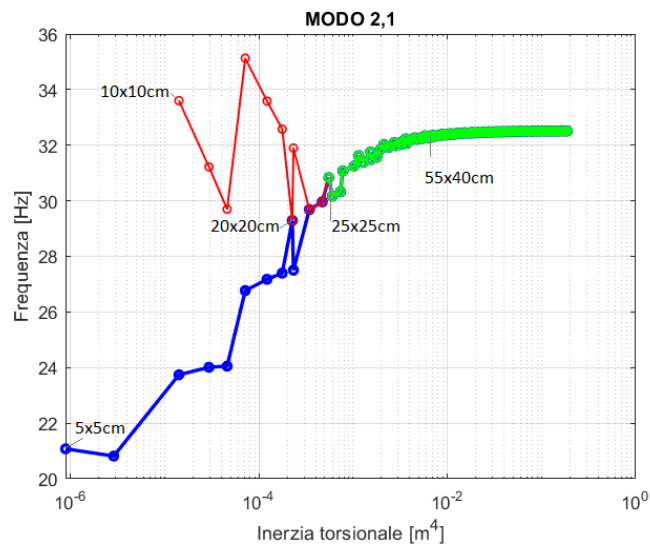
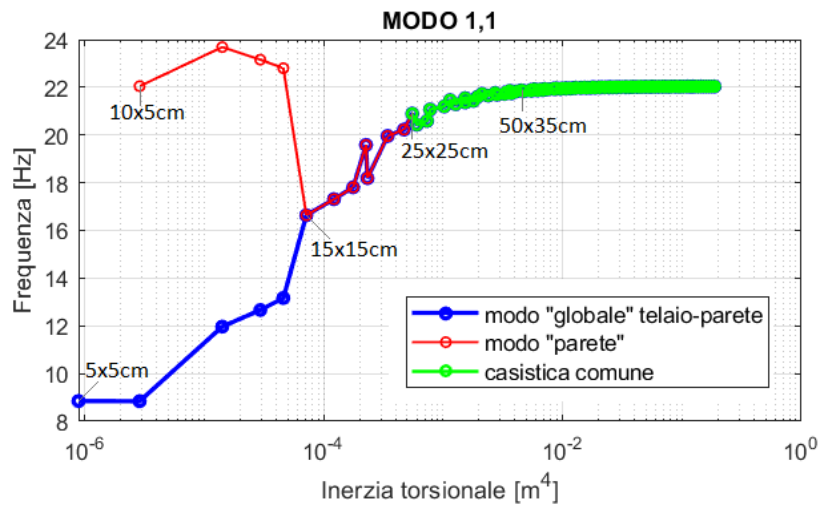


Figura 35 Diagrammi Inerzia torsionale - Frequenza

t2	t3	I22 MODE	As3 MODE	Tors MODE	MODO 2 1 F 2 G	F 2 P
0.05	0.05	5.2083E-07	0.0020833	8.8021E-07	21.07707	NaN
0.05	0.1	1.0417E-06	0.0041667	2.861E-06	20.81627	NaN
0.1	0.1	8.3333E-06	0.0083333	1.4083E-05	23.74103	33.60248
0.1	0.15	0.0000125	0.0125	2.9346E-05	24.01151	31.21789
0.1	0.2	1.6667E-05	0.0166667	4.5776E-05	24.05108	29.70058
0.15	0.15	4.2188E-05	0.01875	7.1297E-05	26.77042	35.12775
0.15	0.2	0.00005625	0.025	0.00012149	27.1741	33.58456
0.15	0.25	7.0313E-05	0.03125	0.00017609	27.39715	32.58047
0.15	0.3	8.4375E-05	0.0375	0.00023174	27.50234	31.89685
0.2	0.2	0.00013333	0.0333333	0.00022533	29.28953	29.28953
0.2	0.25	0.00016667	0.0416667	0.00034214	29.68436	29.68436
0.2	0.3	0.0002	0.05	0.00046953	29.96165	29.96165
0.2	0.35	0.00023333	0.0583333	0.00060032	30.16711	30.16711
0.2	0.4	0.00026667	0.0666667	0.00073242	30.3274	30.3274
0.25	0.25	0.00032552	0.0520833	0.00055013	30.83158	30.83158
0.25	0.3	0.00039063	0.0625	0.00077515	31.07302	31.07302
0.25	0.35	0.00045573	0.0729167	0.0010204	31.247	31.247
0.25	0.4	0.00052083	0.0833333	0.00127345	31.37812	31.37812
0.25	0.45	0.00058594	0.09375	0.00152995	31.48131	31.48131
0.25	0.5	0.00065104	0.1041667	0.00178813	31.56523	31.56523
0.3	0.3	0.000675	0.075	0.00114075	31.62498	31.62498
0.3	0.35	0.0007875	0.0875	0.00152551	31.75449	31.75449
0.3	0.4	0.0009	0.1	0.00194385	31.84995	31.84995
0.3	0.45	0.0010125	0.1125	0.002377	31.92279	31.92279
0.3	0.5	0.001125	0.125	0.00281737	31.98039	31.98039
0.3	0.55	0.0012375	0.1375	0.00326155	32.02726	32.02726
0.3	0.6	0.00135	0.15	0.00370786	32.02135	32.02135
0.35	0.35	0.00125052	0.1020833	0.00211338	32.06626	32.06626
0.35	0.4	0.00142917	0.1166667	0.00271929	32.09024	32.09024
0.35	0.45	0.00160781	0.13125	0.00337604	32.14226	32.14226
0.35	0.5	0.00178646	0.1458333	0.00405757	32.18261	32.18261
0.35	0.55	0.0019651	0.1604167	0.00475217	32.21483	32.21483
0.35	0.6	0.00214375	0.175	0.00545409	32.22523	32.22523
0.35	0.65	0.0023224	0.1895833	0.00616035	32.24121	32.24121
0.35	0.7	0.00250104	0.2041667	0.00686927	32.26326	32.26326
0.4	0.4	0.00213333	0.1333333	0.00360533	32.26321	32.26321
0.4	0.45	0.0024	0.15	0.00450368	32.28198	32.28198
0.4	0.5	0.00266667	0.1666667	0.00547417	32.2926	32.2926
0.4	0.55	0.00293333	0.1833333	0.00648267	32.3158	32.3158
0.4	0.6	0.0032	0.2	0.00751249	32.33458	32.33458
0.4	0.65	0.00346667	0.2166667	0.00855492	32.33582	32.33582
0.4	0.7	0.00373333	0.2333333	0.0096051	32.3501	32.3501
0.4	0.75	0.004	0.25	0.01066025	32.36316	32.36316
0.4	0.8	0.00426667	0.2666667	0.01171867	32.35781	32.35781
0.45	0.45	0.00341719	0.16875	0.00577505	32.37431	32.37431
0.45	0.5	0.00379688	0.1875	0.00704701	32.37521	32.37521
0.45	0.55	0.00417656	0.20625	0.00841652	32.38396	32.38396
0.45	0.6	0.00455625	0.225	0.00984074	32.38919	32.38919
0.45	0.65	0.00493594	0.24375	0.01129729	32.40066	32.40066
0.45	0.7	0.00531563	0.2625	0.01277375	32.39932	32.39932
0.45	0.75	0.00569531	0.28125	0.01426294	32.41024	32.41024
0.45	0.8	0.006075	0.3	0.01576053	32.41837	32.41837
0.45	0.85	0.00645469	0.31875	0.01726381	32.41268	32.41268
0.45	0.9	0.00683438	0.3375	0.01877104	32.42536	32.42536
0.5	0.5	0.00520833	0.2083333	0.00880208	32.42346	32.42346
0.5	0.55	0.00572917	0.2291667	0.01053871	32.43144	32.43144
0.5	0.6	0.00625	0.25	0.01240246	32.43227	32.43227
0.5	0.65	0.00677083	0.2708333	0.01434129	32.43678	32.43678
0.5	0.7	0.00729167	0.2916667	0.01632638	32.4396	32.4396
0.5	0.75	0.0078125	0.3125	0.01834105	32.43772	32.43772
0.5	0.8	0.00833333	0.3333333	0.02037523	32.44577	32.44577
0.5	0.85	0.00885417	0.3541667	0.02242262	32.4462	32.4462

Tabella 3 Tabella modo 2.1

2. La forma modale della tamponatura classificata come “globale” all’interno del caso di studio, andando ad aumentare le dimensioni dei pilastri e quindi l’inerzia a flessione fuori dal piano, passa da una deformata definibile come cilindrica ad una deformata tipica della parete per tutti i modi posti in esame;
3. La separazione dei modi tra “globale” e “parete” per le diverse forme modali avviene:
 - Per dimensioni minori di 15x15 cm nel modo 1.1;
 - Per dimensioni minori di 20x20 cm nel modo 2.1;
 - Per dimensioni minori di 25x25 cm nel modo 2.2;
4. Per le seguenti dimensioni dei pilastri con asse forte lungo X possiamo notare che andando ad aumentarne i valori lungo il suddetto asse, l’incremento della frequenza delle forme modali ad ogni step è pari circa a 0.02 Hz, motivo per il quale possiamo definire la frequenza pressoché costante. Le sezioni sono:
 - 50x35 cm per il modo 1.1;
 - 55x40 cm per il modo 2.1;
 - 50x40 cm per il modo 2.2;
5. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all’interno del modo “globale” considerato, espressa in percentuale e pari a $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$, per ogni modo è uguale a :
 - 59.83% per il modo 1.1;
 - 35.17% per il modo 2.1;
 - 14.97% per il modo 2.2;
6. Ponendo attenzione alla casistica comune per le costruzioni ordinarie a telaio in CA, assumendo come dimensioni minime dei pilastri quelle definite secondo la normativa *NTC2018* (25cm x 25cm), siamo già in una situazione di forma modale univoca per tutti i modi considerati.
7. La variazione di frequenza espressa in percentuale tra la massima e la minima riferita al range di casistica comune su 140 sezioni di studio, viene valutata tramite la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$ e per ogni modo è pari a:
 - 5.16% per il modo 1.1;
 - 5.17% per il modo 2.1;
 - 1.85% per il modo 2.2;

percentuali non molto rilevanti rispetto a quelle delle relative forme modali “globale” dei modi posti in esame.

8. Il diagramma Inerzia torsionale - Frequenze dovuto alla variazione delle sezioni, essendo graficizzato ponendo l'inerzia torsionale in ordine crescente non risulta regolare ma frastagliato. Questo fenomeno è dovuto al fatto che, mentre per l'inerzia flessionale in generale ad un aumento di dimensioni corrisponde un aumento di inerzia, di rigidezza e quindi di frequenza per le forme modali, per la torsione non è così ma dipende dalla geometria delle sezioni e dal rapporto tra le due dimensioni. Una sezione quadrata di dimensioni 40 cm x 40 cm ha un'inerzia torsionale più bassa rispetto ad una sezione di 50 cm x 35 cm. Andando ad ordinare perciò le frequenze dei modi secondo l'inerzia torsionale delle sezioni otterremo l'alternarsi di frequenze più alte e più basse delle forme modali a seconda della geometria delle sezioni.

5.3 Variazione dimensioni PILASTRI in Y

Il procedimento di analisi di influenza delle dimensioni con asse forte in Y è stato il medesimo utilizzato per l'analisi di influenza delle dimensioni con asse forte in X; a variare è stato solo il codice di iterazione del parametro come rappresentato nella figura sottostante.

5.3.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for L3 = 0.05 : 0.05 : 0.8
  for L2 = L3 : 0.05 : 2*L3

    t2(aa,1) = L2;
    t3(aa,1) = L3;
```

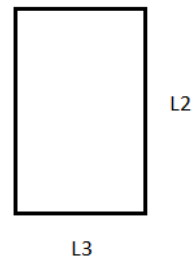


Figura 36 ciclo variazione valori del parametro

5.3.2 Esempi di forme modali individuate

Anche le forme modali individuate all'interno delle analisi secondo la direzione forte lungo l'asse Y sono le medesime di quelle individuate nella variazione secondo l'asse forte in X. Le forme modali per i modi 1.1, 2.1 e 2.2 nelle loro forme "globale" e "parete" sono rappresentate rispettivamente nella *Figura 31*, *Figura 32* e *Figura 33* del capitolo 5.2.2 **Esempi di forme modali individuate.**

5.3.3 Risultati ottenuti

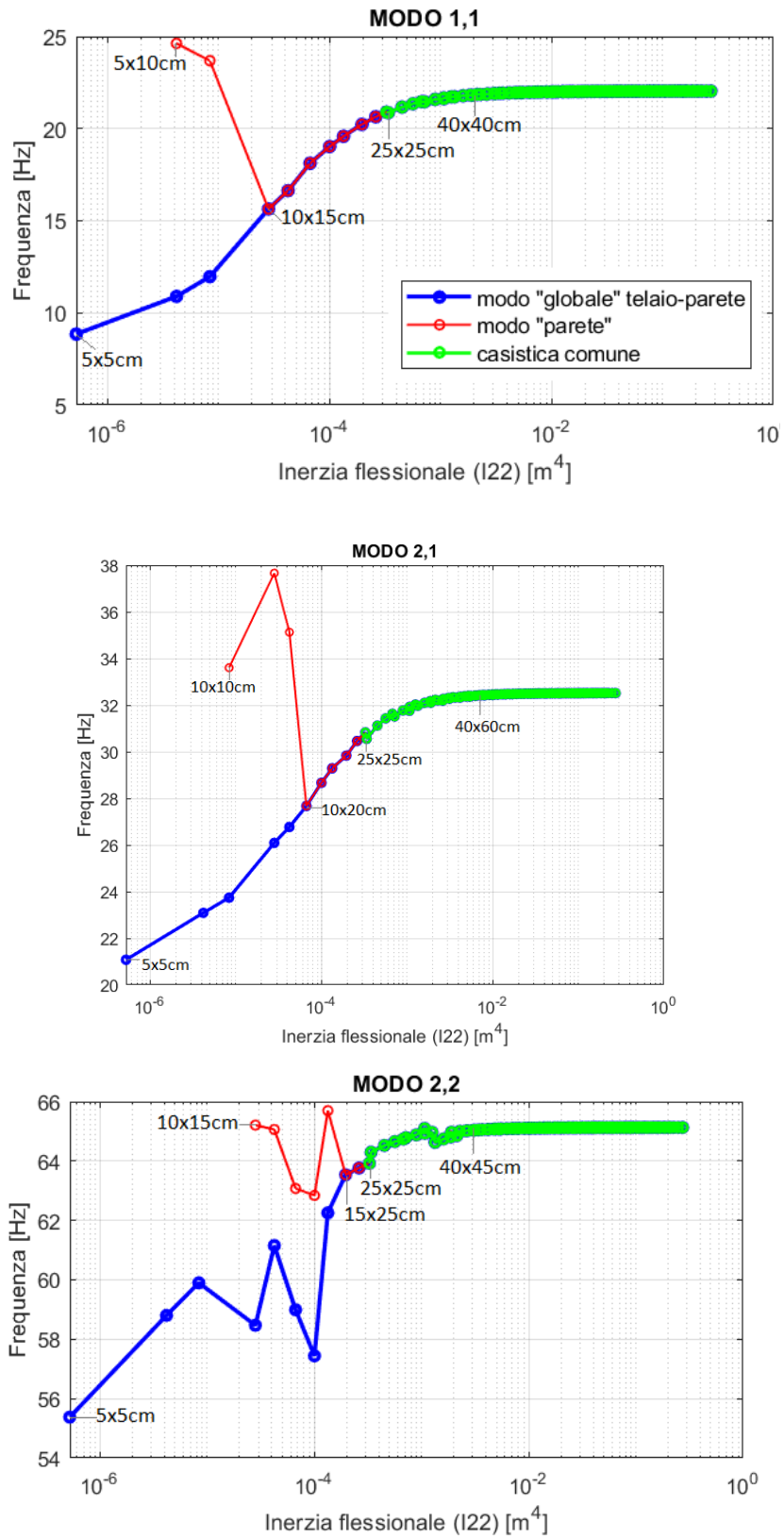


Figura 37 Diagrammi Inerzia flessionale (I22) – Frequenza

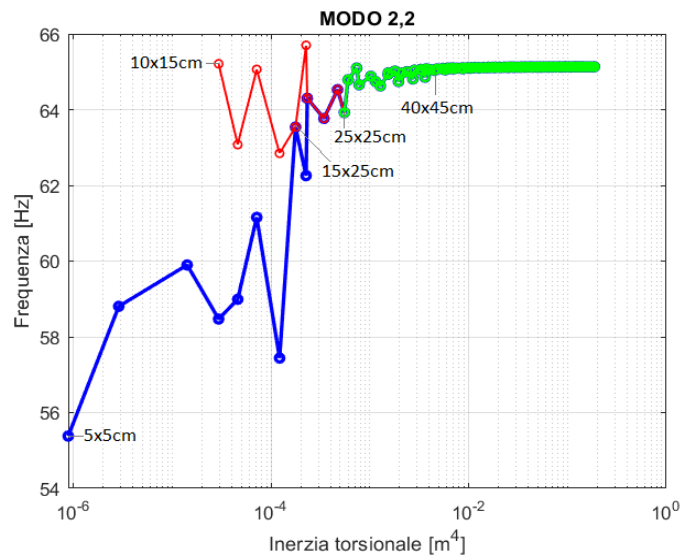
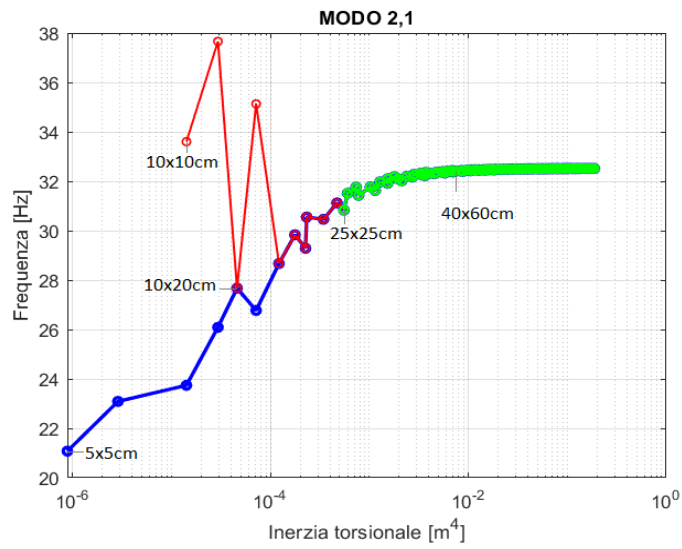
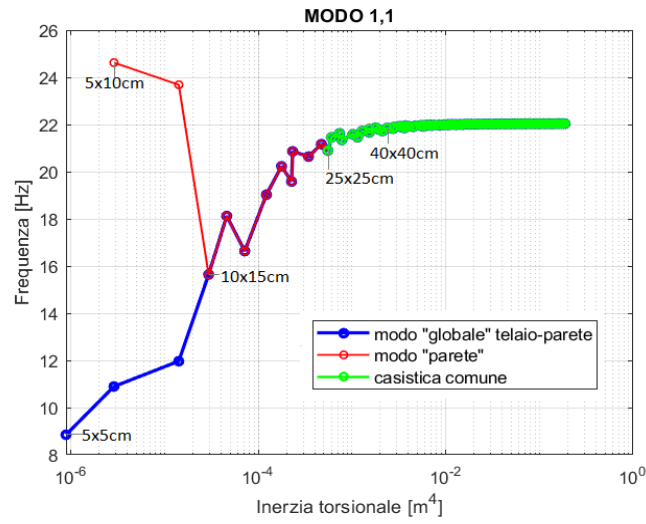


Figura 38 Diagrammi Inerzia torsionale – Frequenza

2. La forma modale della tamponatura classificata come “globale” all’interno del caso di studio, andando ad aumentare le dimensioni dei pilastri e quindi l’inerzia a flessione fuori dal piano, passa da una deformata definibile come cilindrica ad una deformata tipica della parete per tutti i modi posti in esame;
3. La separazione dei modi tra “globale” e “parete” per le diverse forme modali avviene:
- Per dimensioni minori di 10x15 cm nel modo 1.1;
 - Per dimensioni minori di 10x20 cm nel modo 2.1;
 - Per dimensioni minori di 15x25 cm nel modo 2.2;
4. Per le seguenti dimensioni dei pilastri con asse forte lungo Y possiamo notare che andando ad aumentarne i valori lungo il suddetto asse, l’incremento della frequenza delle forme modali ad ogni step è pari circa a 0.01 Hz, motivo per il quale possiamo definire la frequenza pressoché costante. Le sezioni sono:
9. 40x40 cm per il modo 1.1;
 10. 40x60 cm per il modo 2.1;
 11. 40x45 cm per il modo 2.2;
5. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all’interno del modo “globale” considerato, espressa in percentuale e pari a $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$, per ogni modo è uguale a :
- 59.84% per il modo 1.1;
 - 35.18% per il modo 2.1;
 - 14.97% per il modo 2.2;
6. Ponendo attenzione alla casistica comune per le costruzioni ordinarie a telaio in calcestruzzo, assumendo come dimensioni minime dei pilastri quelle definite secondo la normativa *NTC2018* (25cm x 25cm), siamo già in una situazione di forma modale univoca per tutti i modi considerati.
7. La variazione di frequenza espressa in percentuale tra la massima e la minima riferita al range di casistica comune su 140 sezioni di studio, viene valutata tramite la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$ e per ogni modo è pari a:
- 5.17% per il modo 1.1;
 - 5.18% per il modo 2.1;
 - 1.86% per il modo 2.2;
- percentuali non molto rilevanti rispetto alle rispettive casistiche del modo “globale”.

8. Per le osservazioni riguardanti il diagramma Inerzia torsionale – Frequenze, valgono le stesse osservazioni fatte per i pilastri con asse forte in direzione X.

5.4 Variazione dimensioni TRAVI CALATE

Per lo studio dell'influenza delle travi calate sul comportamento dinamico della tamponatura le dimensioni sono state fatte variare in concomitanza tra di loro lasciandone predominante una sull'altra, nello specifico l'altezza H_t per le travi calate.

Il procedimento di analisi è stato il medesimo degli altri parametri ed è stato effettuato a partire da una sezione quadrata di 5 cm per lato, con incremento ad ogni step di 5cm secondo la dimensione predominante, fino ad ottenere un rapporto tra le due dimensioni della sezione pari a 2 e con dimensione massima del lato minore pari a 80cm.

Per quanto riguarda la valutazione e la rappresentazione dei risultati ottenuti, l'influenza delle travi sulle frequenze e sulle forme modali in esame è stata analizzata solo in funzione dell'inerzia torsionale dell'elemento, in quanto per ipotesi di solaio infinitamente rigido nel piano definita ad inizio indagine, la flessione fuori piano dell'elemento e quindi intorno al proprio asse di inerzia (I22) non risulta possibile. I diagrammi sono stati quindi graficizzati solamente secondo il rapporto Inerzia torsionale - Frequenza.

È stata inoltre posta attenzione alla rappresentazione di situazioni comuni per costruzioni ordinarie, determinando come limiti minimi per le dimensioni quelli prescritti da normativa (NTC2018) pari a 20x20 cm e come limiti massimi la sezione di dimensioni pari a 60x120 cm.

Sono state infine stilate osservazioni atte a sintetizzare al meglio i risultati ottenuti e delle tabelle riassuntive per ogni modo contenenti rispettivamente le dimensioni delle travi (B_t , H_t), l'inerzia a flessione secondo l'asse 2 dell'elemento (I22_MODE), l'area di taglio secondo l'asse 3 dell'elemento (As3_MODE) pur non essendo state considerate, l'inerzia torsionale dell'elemento (Tors_MODE) e le frequenze di tutti e tre i modi analizzati della tamponatura suddivise in frequenze globali (F_{x_G}) e della parete (F_{x_P}).

5.4.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for b = 0.05 : 0.05 : 0.8;  
  for h = b : 0.05 : 2*b;  
  
    Ht(aa,1) = h;  
    Bt(aa,1) = b;
```

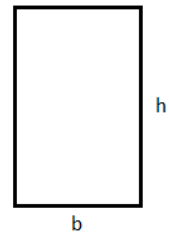


Figura 39 ciclo variazione valori del parametro

5.4.2 Esempi di forme modali individuate

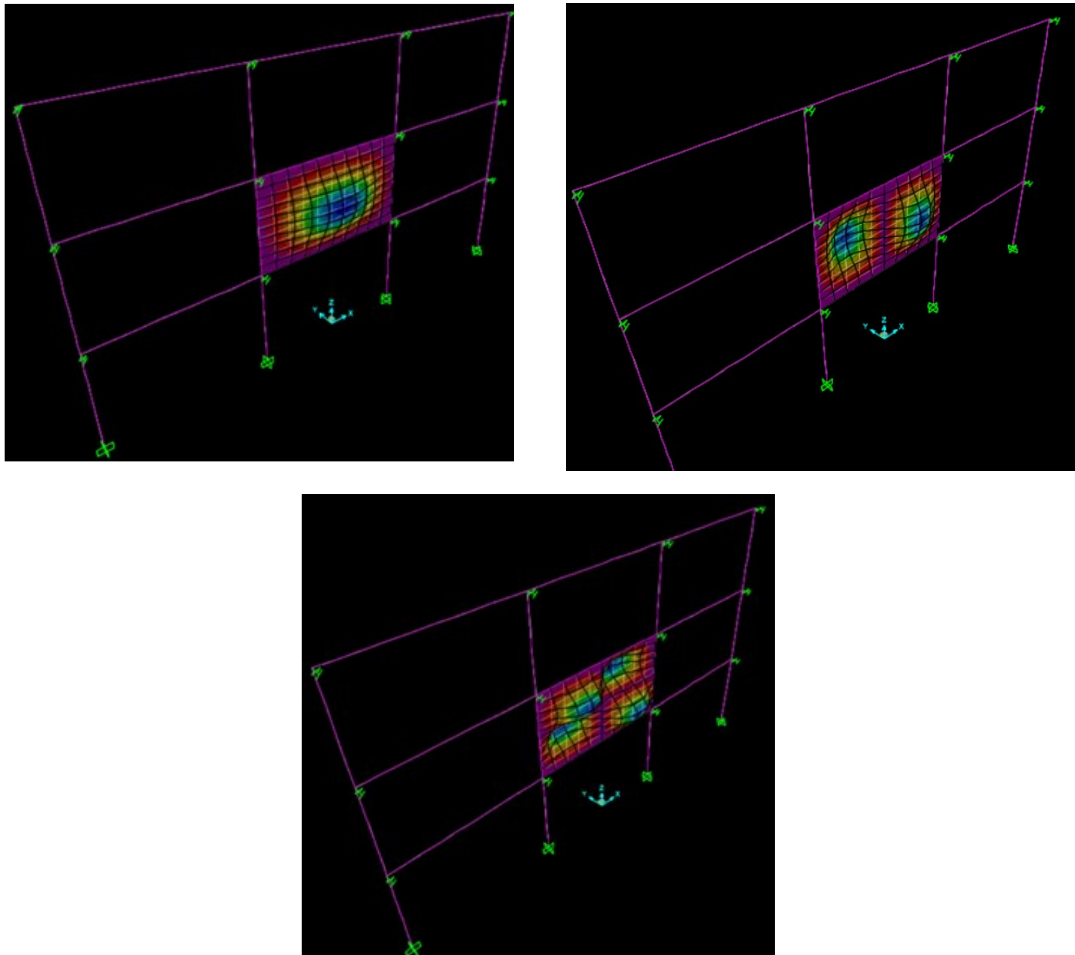


Figura 40 Deformazione tipica del modo 1.1 "parete", del modo 2.1 "parete" e del modo 2.2 "parete"

5.4.3 Risultati ottenuti

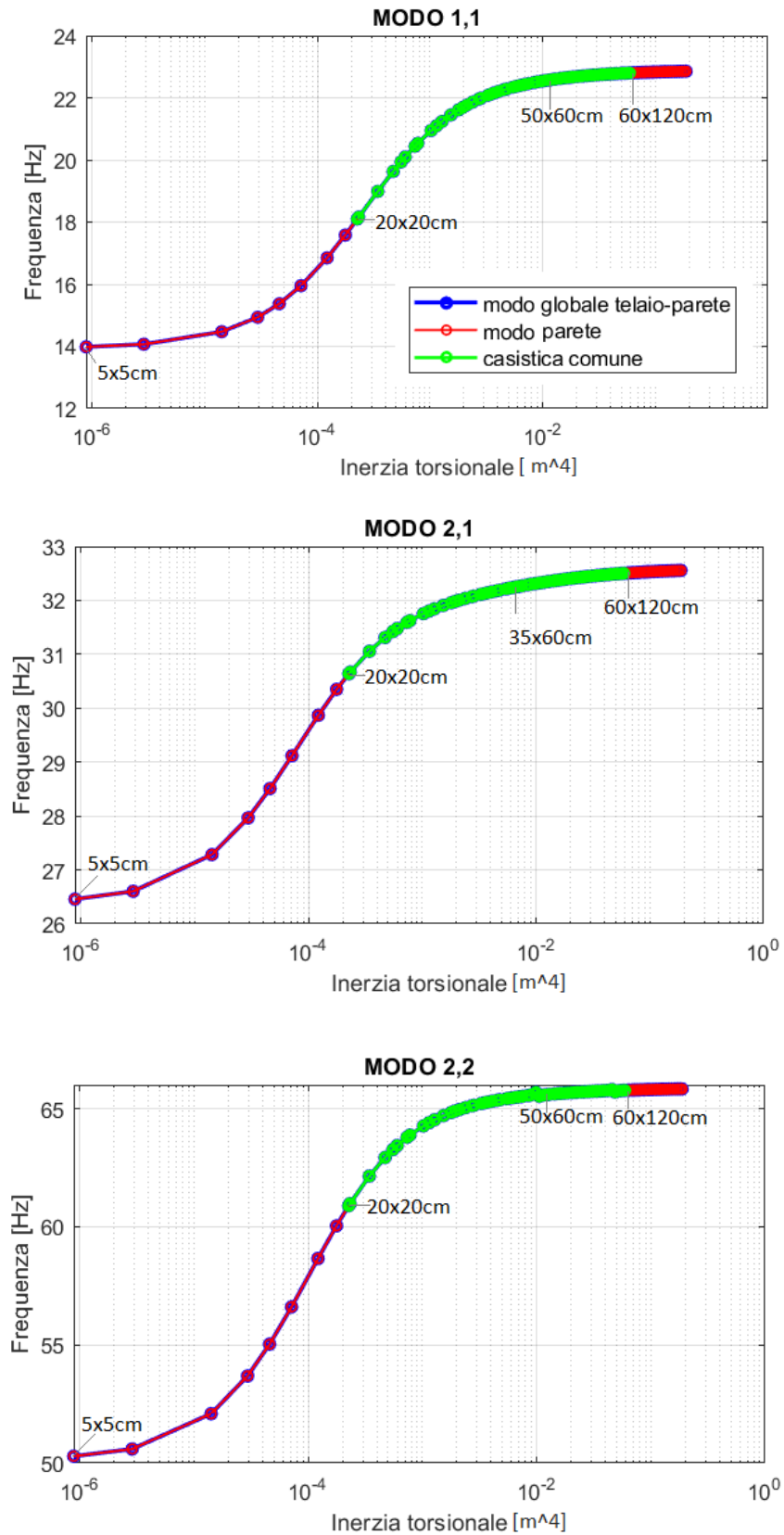


Figura 41 Diagrammi Inerzia torsionale – Frequenza

Bt	Ht	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MOD0_1_1	
					F_1_G	F_1_P
0.05	0.05	5.20833E-07	0.002083333	8.80208E-07	13.983001	13.983001
0.05	0.1	1.04167E-06	0.004166667	2.861E-06	14.067403	14.0674
0.1	0.1	8.33333E-06	0.008333333	1.40833E-05	14.46966	14.46966
0.1	0.15	0.0000125	0.0125	2.93457E-05	14.935851	14.93585
0.1	0.2	1.66667E-05	0.016666667	4.5776E-05	15.372336	15.37234
0.15	0.15	4.21875E-05	0.01875	7.12969E-05	15.952214	15.95221
0.15	0.2	0.00005625	0.025	0.000121491	16.849125	16.84913
0.15	0.25	7.03125E-05	0.03125	0.000176086	17.582143	17.58214
0.2	0.2	0.000133333	0.033333333	0.000225333	18.099821	18.09982
0.15	0.3	0.000084375	0.0375	0.000231741	18.159376	18.15938
0.2	0.25	0.000166667	0.041666667	0.000342135	18.987434	18.98743
0.2	0.3	0.0002	0.05	0.000469531	19.631981	19.63198
0.25	0.25	0.000325521	0.052083333	0.00055013	19.935632	19.93563
0.2	0.35	0.000233333	0.058333333	0.000600319	20.09607	20.09607
0.2	0.4	0.000266667	0.066666667	0.000732417	20.441469	20.44147
0.25	0.3	0.000390625	0.0625	0.000775154	20.534539	20.53454
0.25	0.35	0.000455729	0.072916667	0.001020399	20.949295	20.9493
0.3	0.3	0.000675	0.075	0.00114075	21.10026	21.10026
0.25	0.4	0.000520833	0.083333333	0.001273452	21.239487	21.23949
0.3	0.35	0.0007875	0.0875	0.001525513	21.447753	21.44775
0.25	0.45	0.000585938	0.09375	0.001529949	21.450864	21.45086
0.25	0.5	0.000651042	0.104166667	0.001788127	21.610917	21.61092
0.3	0.4	0.0009	0.1	0.001943851	21.689669	21.68967
0.35	0.35	0.001250521	0.102083333	0.00211338	21.763888	21.76389
0.3	0.45	0.0010125	0.1125	0.002377	21.860666	21.86067
0.35	0.4	0.001429167	0.116666667	0.002719291	21.961449	21.96145
0.3	0.5	0.001125	0.125	0.002817371	21.986268	21.98627
0.3	0.55	0.0012375	0.1375	0.003261548	22.082018	22.08202
0.4	0.4	0.002133333	0.133333333	0.003605333	22.141592	22.14159
0.3	0.6	0.00135	0.15	0.003707859	22.157358	22.15736
0.35	0.5	0.001786458	0.145833333	0.004057573	22.205966	22.20597
0.4	0.45	0.0024	0.15	0.004503684	22.258072	22.25807
0.35	0.55	0.001965104	0.160416667	0.00475217	22.283226	22.28323
0.35	0.6	0.00214375	0.175	0.005454095	22.343163	22.34316
0.4	0.5	0.002666667	0.166666667	0.005474167	22.344703	22.3447
0.45	0.45	0.003417188	0.16875	0.005775047	22.366254	22.36625
0.35	0.65	0.002322396	0.189583333	0.006160347	22.391004	22.39100
0.4	0.55	0.002933333	0.183333333	0.006482667	22.409756	22.40976
0.35	0.7	0.002501042	0.204166667	0.006869267	22.430117	22.43012
0.45	0.5	0.003796875	0.1875	0.007047011	22.438875	22.43888
0.4	0.6	0.0032	0.2	0.007512494	22.459906	22.45991
0.45	0.55	0.004176563	0.20625	0.008416516	22.494886	22.49489
0.4	0.65	0.003466667	0.216666667	0.008554915	22.499634	22.49963
0.5	0.5	0.005208333	0.208333333	0.008802083	22.507879	22.50788
0.4	0.7	0.003733333	0.233333333	0.0096051	22.531885	22.53188
0.45	0.6	0.00455625	0.225	0.009840744	22.53831	22.53831
0.5	0.55	0.005729167	0.229166667	0.010538713	22.55582	22.55582
0.4	0.75	0.004	0.25	0.010660247	22.558616	22.55862
0.5	0.75	0.0078125	0.3125	0.018341049	22.66922	22.66922
0.45	0.9	0.006834375	0.3375	0.018771038	22.673037	22.67304
0.55	0.7	0.009705208	0.320833333	0.020214827	22.684906	22.68491
0.5	0.8	0.008333333	0.333333333	0.020375226	22.686119	22.68612
0.6	0.65	0.0117	0.325	0.021230625	22.69242	22.69242
0.5	0.85	0.008854167	0.354166667	0.022422622	22.700453	22.70045
0.55	0.75	0.010398438	0.34375	0.022840559	22.70312	22.70312
0.6	0.7	0.0126	0.35	0.02440821	22.712397	22.7124
0.5	0.9	0.009375	0.375	0.02447919	22.712769	22.71277
0.65	0.65	0.014875521	0.352083333	0.02513963	22.716391	22.71639
0.55	0.8	0.011091667	0.366666667	0.025508104	22.718303	22.7183
0.5	0.95	0.009895833	0.395833333	0.026542261	22.723473	22.72347
0.6	0.75	0.0135	0.375	0.027712973	22.728959	22.72896
0.55	0.85	0.011784896	0.389583333	0.028203985	22.731126	22.73113

Tabella 8 Tabella modo 1.1

Bt	Ht	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MOD0_2_1	
					F_2_G	F_2_P
0.05	0.05	5.208E-07	0.002083333	8.8021E-07	26.45745	26.45745
0.05	0.1	1.042E-06	0.004166667	2.861E-06	26.60328	26.60328
0.1	0.1	8.333E-06	0.008333333	1.4083E-05	27.28313	27.28313
0.1	0.15	0.0000125	0.0125	2.9346E-05	27.96543	27.96543
0.1	0.2	1.667E-05	0.016666667	4.5776E-05	28.5099	28.5099
0.15	0.15	4.219E-05	0.01875	7.1297E-05	29.11932	29.11932
0.15	0.2	5.625E-05	0.025	0.00012149	29.86747	29.86747
0.15	0.25	7.031E-05	0.03125	0.00017609	30.34975	30.34975
0.2	0.2	0.0001333	0.033333333	0.00022533	30.63807	30.63807
0.15	0.3	8.438E-05	0.0375	0.00023174	30.66887	30.66887
0.2	0.25	0.0001667	0.041666667	0.00034214	31.05562	31.05562
0.2	0.3	0.0002	0.05	0.00046953	31.31187	31.31187
0.25	0.25	0.0003255	0.052083333	0.00055013	31.42195	31.42195
0.2	0.35	0.0002333	0.058333333	0.00060032	31.4777	31.4777
0.2	0.4	0.0002667	0.066666667	0.00073242	31.59307	31.59307
0.25	0.3	0.0003906	0.0625	0.00077515	31.62323	31.62323
0.25	0.35	0.0004557	0.072916667	0.0010204	31.75352	31.75352
0.3	0.3	0.000675	0.075	0.00114075	31.79984	31.79984
0.25	0.4	0.0005208	0.083333333	0.00127345	31.8422	31.8422
0.3	0.35	0.0007875	0.0875	0.00152551	31.90563	31.90563
0.25	0.45	0.0005859	0.09375	0.00152995	31.90655	31.90655
0.25	0.5	0.000651	0.104166667	0.00178813	31.95578	31.95578
0.3	0.4	0.0009	0.1	0.00194385	31.98039	31.98039
0.35	0.35	0.0012505	0.102083333	0.00211338	32.0039	32.0039
0.3	0.45	0.0010125	0.1125	0.002377	32.03513	32.03513
0.35	0.4	0.0014292	0.116666667	0.00271929	32.06873	32.06873
0.3	0.5	0.001125	0.125	0.00281737	32.07718	32.07718
0.3	0.55	0.0012375	0.1375	0.00326155	32.1108	32.1108
0.35	0.45	0.0016078	0.13125	0.00337604	32.11844	32.11844
0.4	0.4	0.0021333	0.133333333	0.00360533	32.13265	32.13265
0.3	0.6	0.00135	0.15	0.00370786	32.13855	32.13855
0.35	0.5	0.0017865	0.145833333	0.00405757	32.15722	32.15722
0.4	0.45	0.0024	0.15	0.00450368	32.17801	32.17801
0.35	0.55	0.0019651	0.160416667	0.00475217	32.18838	32.18838
0.35	0.6	0.0021438	0.175	0.00545409	32.21411	32.21411
0.4	0.5	0.0026667	0.166666667	0.00547417	32.2148	32.2148
0.45	0.45	0.0034172	0.16875	0.00577505	32.22446	32.22446
0.35	0.65	0.0023224	0.189583333	0.00616035	32.23585	32.23585
0.4	0.55	0.0029333	0.183333333	0.00648267	32.24469	32.24469
0.35	0.7	0.002501	0.204166667	0.00686927	32.25453	32.25453
0.45	0.5	0.0037969	0.1875	0.00704701	32.25884	32.25884
0.4	0.6	0.0032	0.2	0.00751249	32.2694	32.2694
0.45	0.55	0.0041766	0.20625	0.00841652	32.28763	32.28763
0.4	0.65	0.0034667	0.216666667	0.00855492	32.29018	32.29018
0.5	0.5	0.0052083	0.208333333	0.00880208	32.29463	32.29463
0.4	0.7	0.0037333	0.233333333	0.0096051	32.30795	32.30795
0.45	0.6	0.0045563	0.225	0.00984074	32.31159	32.31159
0.5	0.55	0.0057292	0.229166667	0.01053871	32.3217	32.3217
0.4	0.75	0.004	0.25	0.01066025	32.32336	32.32336
0.45	0.65	0.0049359	0.24375	0.01129729	32.33171	32.33171
0.4	0.8	0.0042667	0.266666667	0.01171867	32.33688	32.33688
0.5	0.6	0.00625	0.25	0.01240246	32.34478	32.34478
0.45	0.7	0.0053156	0.2625	0.01277375	32.34881	32.34881
0.55	0.55	0.0076255	0.252083333	0.01288713	32.35003	32.35003
0.45	0.75	0.0056953	0.28125	0.01426294	32.36354	32.36354
0.5	0.65	0.0067708	0.270833333	0.01434129	32.36426	32.36426
0.55	0.6	0.0083188	0.275	0.01518935	32.37168	32.37168
0.45	0.8	0.006075	0.3	0.01576053	32.37635	32.37635
0.5	0.7	0.0072917	0.291666667	0.01632638	32.38077	32.38077
0.45	0.85	0.0064547	0.31875	0.01726381	32.38762	32.38762
0.55	0.65	0.009012	0.297916667	0.0176525	32.39032	32.39032
0.6	0.6	0.0108	0.3	0.018252	32.39432	32.39432

Bt	Ht	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MOD0_2_1	
					F_2_G	F_2_P
0.5	1	0.0104167	0.416666667	0.02861003	32.44288	32.44288
0.65	0.7	0.0160198	0.379166667	0.02891534	32.44392	32.44392
0.55	0.9	0.0124781	0.4125	0.03091953	32.45031	32.45031
0.6	0.8	0.0144	0.4	0.03110161	32.45086	32.45086
0.65	0.75	0.0171641	0.40625	0.03293232	32.45613	32.45613
0.55	0.95	0.0131714	0.43541667	0.03364901	32.45808	32.45808
0.7	0.7	0.0200083	0.408333333	0.03381408	32.45852	32.45852
0.6	0.85	0.0153	0.425	0.03454708	32.46043	32.46043
0.55	1	0.0138646	0.458333333	0.03638856	32.46497	32.46497
0.65	0.8	0.0183083	0.433333333	0.03710842	32.46666	32.46666
0.6	0.9	0.0162	0.45	0.038032	32.46875	32.46875
0.7	0.75	0.0214375	0.4375	0.03851743	32.46982	32.46982
0.55	1.05	0.0145578	0.48125	0.03913549	32.47114	32.47114
0.65	0.85	0.0194526	0.46041667	0.04139235	32.47573	32.47573
0.6	0.95	0.0171	0.475	0.04154487	32.47603	32.47603
0.55	1.1	0.015251	0.504166667	0.04188794	32.47669	32.47669
0.7	0.8	0.0228667	0.466666667	0.04350866	32.4797	32.4797
0.75	0.75	0.0263672	0.46875	0.04456055	32.48156	32.48156
0.6	1	0.018	0.5	0.04507793	32.48245	32.48245
0.65	0.9	0.0205969	0.4875	0.0457511	32.48359	32.48359
0.6	1.05	0.0189	0.525	0.04862582	32.48816	32.48816
0.7	0.85	0.0242958	0.495833333	0.04869495	32.48827	32.48827
0.65	0.95	0.0217411	0.514583333	0.05016289	32.49043	32.49043
0.75	0.8	0.028125	0.5	0.05033197	32.49068	32.49068
0.6	1.1	0.0198	0.55	0.05218476	32.49326	32.49326
0.7	0.9	0.025725	0.525	0.05401663	32.49568	32.49568
0.65	1	0.0228854	0.541666667	0.05461298	32.49644	32.49644
0.6	1.15	0.0207	0.575	0.05575206	32.49785	32.49785
0.75	0.85	0.0298828	0.53125	0.05644217	32.49869	32.49869
0.8	0.8	0.0341333	0.533333333	0.05768533	32.50015	32.50015
0.65	1.05	0.0240297	0.56875	0.0590912	32.50175	32.50175
0.6	1.2	0.0216	0.6	0.05932575	32.50201	32.50201
0.7	0.95	0.0271542	0.554166667	0.05943426	32.50213	32.50213
0.75	0.9	0.0316406	0.5625	0.06278748	32.50566	32.50566
0.65	1.1	0.025174	0.595833333	0.06359039	32.50647	32.50647
0.8	0.85	0.0362667	0.566666667	0.06467514	32.50752	32.50752
0.7	1	0.0285833	0.583333333	0.06492117	32.50776	32.50776
0.65	1.15	0.0263182	0.62291667	0.06810543	32.51069	32.51069
0.75	0.95	0.0333984	0.59375	0.0692994	32.51173	32.51173
0.7	1.05	0.0300125	0.6125	0.07045898	32.51271	32.51271
0.8	0.9	0.0384	0.6	0.07205895	32.51403	32.51403
0.65	1.2	0.0274625	0.65	0.07263261	32.51449	32.51449
0.75	1	0.0351563	0.625	0.07593166	32.51702	32.51702
0.7	1.1	0.0314417	0.641666667	0.07603472	32.5171	32.5171
0.65	1.25	0.0286068	0.677083333	0.07716918	32.51793	32.51793
0.8	0.95	0.0405333	0.633333333	0.07972199	32.51972	32.51972
0.7	1.15	0.0328708	0.670833333	0.08163914	32.521	32.521
0.65	1.3	0.029751	0.704166667	0.0817131	32.52105	32.52105
0.75	1.05	0.0369141	0.65625	0.08265229	32.52166	32.52166
0.7	1.2	0.0343	0.7	0.08276552	32.5245	32.5245
0.75	1.45	0.0509766	0.90625	0.13785727	32.54465	32.54465
0.75	1.5	0.0527344	0.9375	0.14483826	32.54647	32.54647
0.8	1.35	0.0576	0.9	0.14526794	32.54657	32.54657
0.8	1.4	0.0597333	0.933333333	0.1536816	32.54855	32.54855
0.8	1.45	0.0618667	0.966666667	0.16211485	32.55035	32.55035
0.8	1.5	0.064	1	0.17056395	32.552	32.552
0.8	1.55	0.0661333	1.033333333	0.179026	32.55352	32.55352
0.8	1.6	0.0682667	1.066666667	0.18749867	32.55491	32.55491

Tabella 9 Tabella modo 2.1

3. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all'interno del modo considerato, espressa in percentuale in riferimento alla massima e pari a $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$, per ogni modo è uguale a :
 - 38.82% per il modo 1.1;
 - 18.73% per il modo 2.1;
 - 23.61% per il modo 2.2;
4. A partire da una dimensione della sezione della trave calata pari a:
 - 50x60cm per il modo 1.1;
 - 35x60 cm per il modo 2.1;
 - 50x60 cm per il modo 2.2;

si ha un aumento del valore di frequenza per ogni modo e ad ogni step pari circa a 0.01 Hz, motivo per il quale possiamo assumere le frequenze come costanti.

5. Ponendo attenzione alla casistica comune per le costruzioni ordinarie a telaio in calcestruzzo, assumendo come dimensioni minime delle travi calate quelle secondo normativa *NTC2018* e pari a 20x20 cm possiamo notare che non si ha ancora una situazione di frequenza costante ma si ha un ΔF , calcolato secondo la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$ all'interno del modo considerato e per il range considerato, su 102 sezioni di studio, ed è pari a:
 - 20.62% per il modo 1.1;
 - 5.73% per il modo 2.1;
 - 7.43% per il modo 2.2;

percentuale più rilevante per il modo 1.1 rispetto agli altri due, a paragone ognuna con la variazione in percentuale del rispettivo modo "globale".

5.5 Variazione dimensioni TRAVI A SPESSORE

Per le travi a spessore vale lo stesso procedimento di analisi tenuto per le travi calate, ponendo come dimensione prevalente la base B_t e come rapporto massimo tra le due dimensioni il valore di 4.

5.5.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for h = 0.05 : 0.05 : 0.8
  for b = h : 0.05 : 4*h
    Ht(aa,1) = h;
    Bt(aa,1) = b;
```

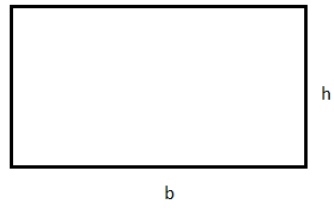


Figura 42 ciclo variazione valori del parametro

5.5.2 Esempi di forme modali individuate

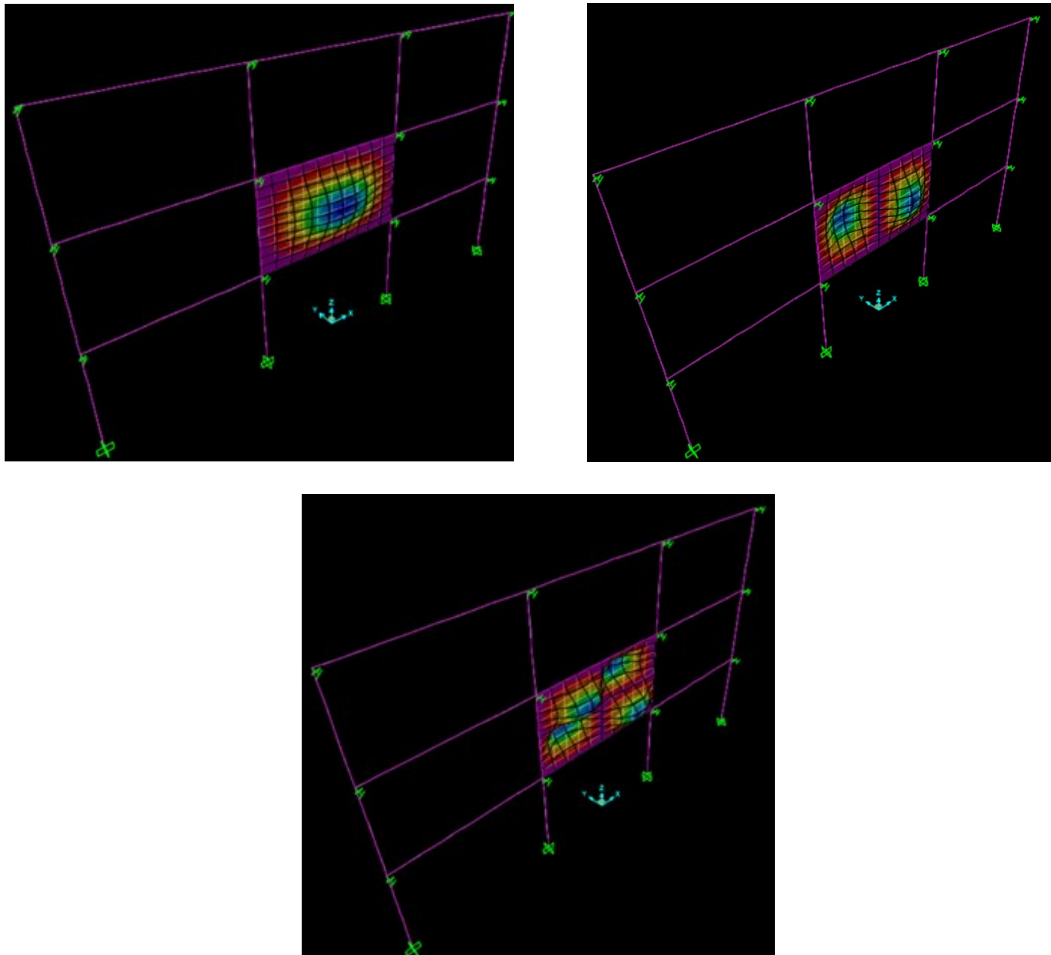


Figura 43 Deformazione tipica del modo 1.1 "parete", del modo 2.1 "parete" e del modo 2.2 "parete"

5.5.3 Risultati ottenuti

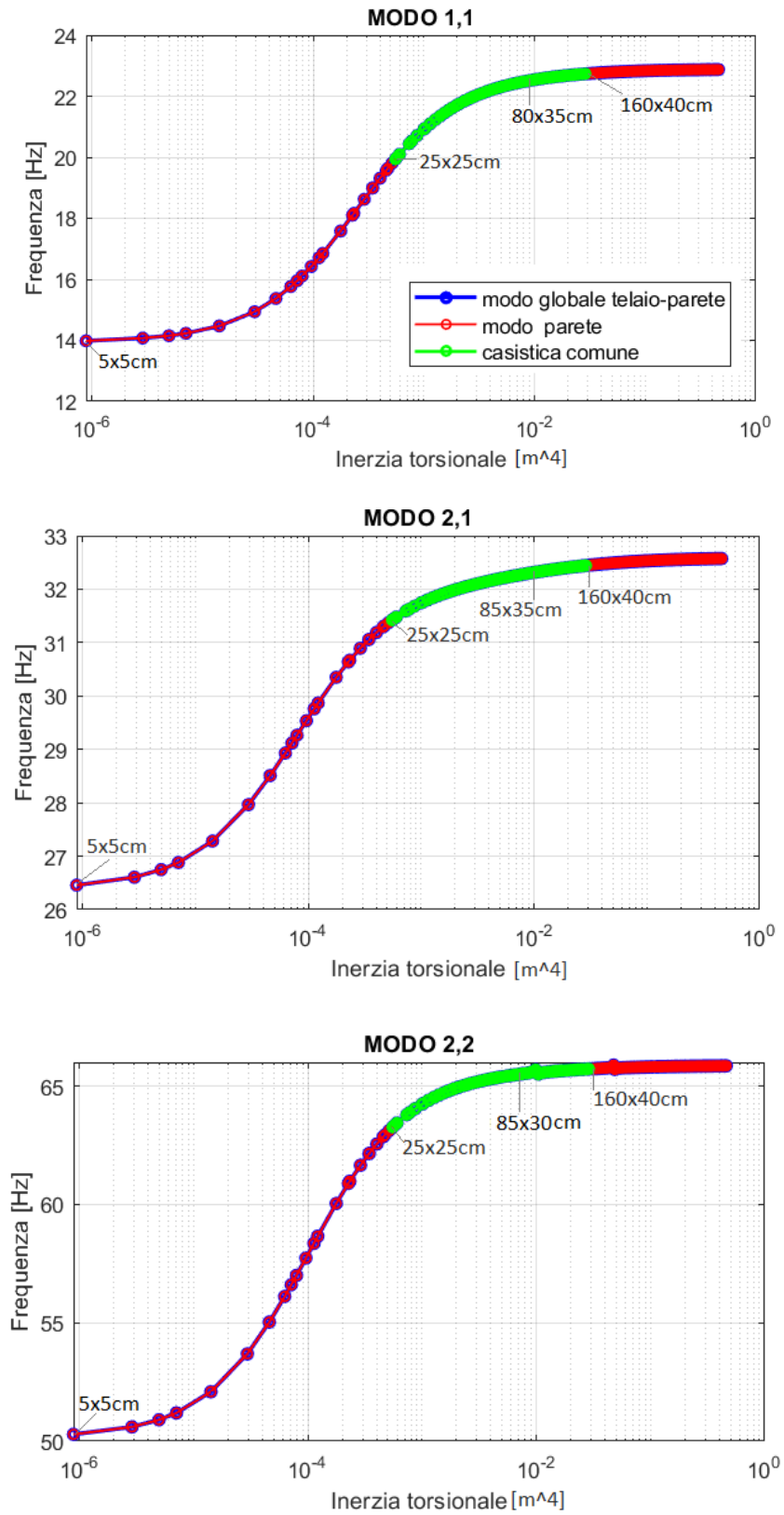


Figura 44 Diagrammi Inerzia torsionale – Frequenza;

Di seguito vengono riportati alcuni valori di sezioni studiate.

Ht	Bt	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MOD0_1_1	
					F_1_G	F_1_P
0.05	0.05	5.20833E-07	0.00208333	8.80208E-07	13.9830	13.9830
0.05	0.1	4.16667E-06	0.00416667	2.861E-06	14.0742	14.0742
0.05	0.15	1.40625E-05	0.00625	4.93885E-06	14.1530	14.1530
0.05	0.2	3.33333E-05	0.00833333	7.02126E-06	14.2288	14.2288
0.1	0.1	8.33333E-06	0.00833333	1.40833E-05	14.4697	14.4697
0.1	0.15	0.000028125	0.0125	2.93457E-05	14.9364	14.9364
0.1	0.2	6.66667E-05	0.01666667	4.5776E-05	15.3729	15.3729
0.1	0.25	0.000130208	0.02083333	6.23781E-05	15.7616	15.7616
0.15	0.15	4.21875E-05	0.01875	7.12969E-05	15.9522	15.9522
0.1	0.3	0.000225	0.025	7.90216E-05	16.1090	16.1090
0.1	0.35	0.000357292	0.02916667	9.56783E-05	16.4216	16.4216
0.1	0.4	0.000533333	0.03333333	0.00011234	16.7049	16.7049
0.15	0.2	0.0001	0.025	0.000121491	16.8493	16.8493
0.15	0.25	0.000195313	0.03125	0.000176086	17.5823	17.5823
0.2	0.2	0.000133333	0.03333333	0.000225333	18.0998	18.0998
0.15	0.3	0.0003375	0.0375	0.000231741	18.1596	18.1596
0.15	0.35	0.000535938	0.04375	0.000287736	18.6213	18.6213
0.2	0.25	0.000260417	0.04166667	0.000342135	18.9875	18.9875
0.15	0.4	0.0008	0.05	0.000343863	18.9982	18.9982
0.15	0.45	0.001139063	0.05625	0.000400047	19.3113	19.3113
0.15	0.5	0.0015625	0.0625	0.000456259	19.5757	19.5757
0.2	0.3	0.00045	0.05	0.000469531	19.6321	19.6321
0.15	0.55	0.002079688	0.06875	0.000512487	19.8019	19.8019
0.25	0.25	0.000325521	0.05208333	0.00055013	19.9356	19.9356
0.15	0.6	0.0027	0.075	0.000568722	19.9976	19.9976
0.2	0.35	0.000714583	0.05833333	0.000600319	20.0962	20.0962
0.2	0.4	0.001066667	0.06666667	0.000732417	20.4416	20.4416
0.25	0.3	0.0005625	0.0625	0.000775154	20.5346	20.5346
0.2	0.45	0.00151875	0.075	0.000865093	20.7076	20.7076
0.2	0.5	0.002083333	0.08333333	0.00099805	20.9183	20.9183
0.25	0.35	0.000893229	0.07291667	0.001020399	20.9494	20.9494
0.2	0.55	0.002772917	0.09166667	0.001131156	21.0893	21.0893
0.3	0.3	0.000675	0.075	0.00114075	21.1003	21.1003
0.2	0.6	0.0036	0.1	0.001264346	21.2309	21.2309
0.25	0.4	0.001333333	0.08333333	0.001273452	21.2396	21.2396
0.2	0.65	0.004577083	0.10833333	0.001397584	21.3501	21.3501
0.3	0.35	0.001071875	0.0875	0.001525513	21.4478	21.4478
0.25	0.45	0.001898438	0.09375	0.001529949	21.4510	21.4510
0.2	0.7	0.005716667	0.11666667	0.001530853	21.4518	21.4518
0.2	0.75	0.00703125	0.125	0.001664142	21.5396	21.5396
0.25	0.5	0.002604167	0.10416667	0.001788127	21.6111	21.6111
0.2	0.8	0.008533333	0.13333333	0.001797443	21.6163	21.6163
0.3	0.4	0.0016	0.1	0.001943851	21.6897	21.6897
0.25	0.55	0.003466146	0.11458333	0.002047189	21.7363	21.7363
0.35	0.35	0.001250521	0.10208333	0.00211338	21.7639	21.7639
0.25	0.6	0.0045	0.125	0.002306748	21.8370	21.8370
0.3	0.45	0.002278125	0.1125	0.002377	21.8608	21.8608
0.25	0.65	0.005721354	0.13541667	0.0025666	21.9196	21.9196
0.35	0.4	0.001866667	0.11666667	0.002719291	21.9615	21.9615
0.3	0.5	0.003125	0.125	0.002817371	21.9864	21.9864
0.25	0.7	0.007145833	0.14583333	0.002826633	21.9888	21.9888
0.25	0.75	0.008789063	0.15625	0.003086781	22.0475	22.0475
0.3	0.55	0.004159375	0.1375	0.003261548	22.0822	22.0822
0.25	0.8	0.010666667	0.16666667	0.003347006	22.0981	22.0981
0.35	0.45	0.002657813	0.13125	0.003376039	22.1031	22.1031
0.4	0.4	0.002133333	0.13333333	0.003605333	22.1416	22.1416
0.25	0.85	0.012794271	0.17708333	0.003607282	22.1421	22.1421
0.3	0.6	0.0054	0.15	0.003707859	22.1575	22.1575
0.25	0.9	0.0151875	0.1875	0.003867594	22.1808	22.1808
0.35	0.5	0.003645833	0.14583333	0.004057573	22.2061	22.2061
0.25	0.95	0.017861979	0.19791667	0.004127932	22.2151	22.2151
0.3	0.65	0.006865625	0.1625	0.004155432	22.2184	22.2184

Ht	Bt	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MOD0_1_1	
					F_1_G	F_1_P
0.4	0.9	0.0243	0.3	0.01384148	22.61737	22.61737
0.35	1.2	0.0504	0.35	0.014000588	22.61971	22.61971
0.45	0.75	0.01582031	0.28125	0.01426294	22.62339	22.62339
0.5	0.65	0.01144271	0.27083333	0.014341286	22.62446	22.62446
0.35	1.25	0.05696615	0.36458333	0.014714885	22.62959	22.62959
0.4	0.95	0.02857917	0.31666667	0.014904747	22.63206	22.63206
0.55	0.6	0.0099	0.275	0.015189354	22.63562	22.63562
0.35	1.3	0.06407917	0.37916667	0.015429234	22.63868	22.63868
0.45	0.8	0.0192	0.3	0.015760529	22.64261	22.64261
0.4	1	0.03333333	0.33333333	0.015968802	22.64506	22.64506
0.35	1.35	0.07176094	0.39375	0.016143624	22.64707	22.64707
0.5	0.7	0.01429167	0.29166667	0.016326379	22.64906	22.64906
0.35	1.4	0.08003333	0.40833333	0.016858047	22.65485	22.65485
0.4	1.05	0.0385875	0.35	0.017033435	22.65666	22.65666
0.45	0.85	0.02302969	0.31875	0.017263809	22.65899	22.65899
0.55	0.65	0.01258698	0.29791667	0.017652496	22.6628	22.6628
0.4	1.1	0.04436667	0.36666667	0.0180985	22.66709	22.66709
0.6	0.6	0.0108	0.3	0.018252	22.66844	22.66844
0.5	0.75	0.01757813	0.3125	0.018341049	22.66928	22.66928
0.45	0.9	0.0273375	0.3375	0.018771038	22.67313	22.67313
0.4	1.15	0.05069583	0.38333333	0.019163891	22.67652	22.67652
0.55	0.7	0.01572083	0.32083333	0.020214827	22.68494	22.68494
0.4	1.2	0.0576	0.4	0.020229531	22.6851	22.6851
0.45	0.95	0.03215156	0.35625	0.020281065	22.68548	22.68548
0.5	0.8	0.02133333	0.33333333	0.020375226	22.68618	22.68618
0.6	0.65	0.01373125	0.325	0.021230625	22.69243	22.69243
0.4	1.25	0.06510417	0.41666667	0.021295364	22.69295	22.69295
0.45	1	0.0375	0.375	0.021793114	22.69637	22.69637
0.4	1.3	0.07323333	0.43333333	0.022361349	22.70015	22.70015
0.5	0.85	0.02558854	0.35416667	0.022422622	22.70052	22.70052
0.55	0.75	0.01933594	0.34375	0.022840559	22.70316	22.70316
0.45	1.05	0.04341094	0.39375	0.023306647	22.70606	22.70606
0.4	1.35	0.0820125	0.45	0.023427453	22.7068	22.7068
0.6	0.7	0.01715	0.35	0.02440821	22.71242	22.71242
0.5	0.9	0.030375	0.375	0.02447919	22.71284	22.71284
0.4	1.4	0.09146667	0.46666667	0.024493652	22.71294	22.71294
0.45	1.1	0.0499125	0.4125	0.024821286	22.71473	22.71473
0.65	0.65	0.01487552	0.35208333	0.02513963	22.71639	22.71639
0.55	0.8	0.02346667	0.36666667	0.025508104	22.71835	22.71835
0.4	1.45	0.10162083	0.48333333	0.025559928	22.71865	22.71865
0.45	1.15	0.05703281	0.43125	0.026336762	22.72255	22.72255
0.5	0.95	0.03572396	0.39583333	0.026542261	22.72354	22.72354
0.4	1.5	0.1125	0.5	0.026626265	22.72397	22.72397
0.4	1.55	0.12412917	0.51666667	0.027692654	22.72894	22.72894
0.6	0.75	0.02109375	0.375	0.027712973	22.72899	22.72899
0.45	1.2	0.0648	0.45	0.027852879	22.72965	22.72965
0.55	0.85	0.0281474	0.38958333	0.028203985	22.73117	22.73117
0.5	1	0.04166667	0.41666667	0.028610026	22.73294	22.73294
0.4	1.6	0.13653333	0.53333333	0.028759083	22.73359	22.73359
0.65	0.7	0.01857917	0.37916667	0.028915338	22.7342	22.7342
0.45	1.25	0.07324219	0.46875	0.029369491	22.73611	22.73611
0.5	1.05	0.04823438	0.4375	0.030681239	22.74126	22.74126
0.45	1.3	0.0823875	0.4875	0.030886491	22.74204	22.74204
0.55	0.9	0.0334125	0.4125	0.030919529	22.74214	22.74214
0.6	0.8	0.0256	0.4	0.031110609	22.74281	22.74281
0.45	1.35	0.09226406	0.50625	0.032403797	22.74748	22.74748
0.5	1.1	0.05545833	0.45833333	0.032755024	22.74868	22.74868
0.65	0.75	0.02285156	0.40625	0.032932319	22.74924	22.74924
0.55	0.95	0.03929635	0.43541667	0.03364901	22.75162	22.75162
0.7	0.7	0.02000833	0.40833333	0.033814083	22.75213	22.75213
0.45	1.4	0.1029	0.525	0.033921347	22.75251	22.75251
0.6	0.85	0.03070625	0.425	0.034547083	22.75445	22.75445

Tabella 11 Tabella modo 1.1

Ht	Bt	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MOD0_2_1	
					F_2_G	F_2_P
0.05	0.05	5.208E-07	0.00208333	8.8021E-07	26.45745	26.45745
0.05	0.1	4.167E-06	0.00416667	2.861E-06	26.60631	26.60631
0.05	0.15	1.406E-05	0.00625	4.9389E-06	26.74757	26.74757
0.05	0.2	3.333E-05	0.00833333	7.0213E-06	26.88085	26.88085
0.1	0.1	8.333E-06	0.00833333	1.4083E-05	27.28313	27.28313
0.1	0.15	2.813E-05	0.0125	2.9346E-05	27.96568	27.96568
0.1	0.2	6.667E-05	0.01666667	4.5776E-05	28.51021	28.51021
0.1	0.25	0.0001302	0.02083333	6.2378E-05	28.93151	28.93151
0.15	0.15	4.219E-05	0.01875	7.1297E-05	29.11932	29.11932
0.1	0.3	0.000225	0.025	7.9022E-05	29.26537	29.26537
0.1	0.35	0.0003573	0.02916667	9.5678E-05	29.53625	29.53625
0.1	0.4	0.0005333	0.03333333	0.00011234	29.76044	29.76044
0.15	0.2	0.0001	0.025	0.00012149	29.86757	29.86757
0.15	0.25	0.0001953	0.03125	0.00017609	30.34993	30.34993
0.2	0.2	0.0001333	0.03333333	0.00022533	30.63807	30.63807
0.15	0.3	0.0003375	0.0375	0.00023174	30.66912	30.66912
0.15	0.35	0.0005359	0.04375	0.00028774	30.89383	30.89383
0.2	0.25	0.0002604	0.04166667	0.00034214	31.0557	31.0557
0.15	0.4	0.0008	0.05	0.00034386	31.06036	31.06036
0.15	0.45	0.0011391	0.05625	0.00040005	31.18881	31.18881
0.15	0.5	0.0015625	0.0625	0.00045626	31.29102	31.29102
0.2	0.3	0.00045	0.05	0.00046953	31.31202	31.31202
0.15	0.55	0.0020797	0.06875	0.00051249	31.37442	31.37442
0.25	0.25	0.0003255	0.05208333	0.00055013	31.42195	31.42195
0.15	0.6	0.0027	0.075	0.00056872	31.44386	31.44386
0.2	0.35	0.0007146	0.05833333	0.00060032	31.47789	31.47789
0.2	0.4	0.0010667	0.06666667	0.00073242	31.59329	31.59329
0.25	0.3	0.0005625	0.0625	0.00077515	31.6233	31.6233
0.2	0.45	0.0015188	0.075	0.00086509	31.67842	31.67842
0.2	0.5	0.0020833	0.08333333	0.00099805	31.74411	31.74411
0.25	0.35	0.0008932	0.07291667	0.0010204	31.75363	31.75363
0.2	0.55	0.0027729	0.09166667	0.00113116	31.7966	31.7966
0.3	0.3	0.000675	0.075	0.00114075	31.79984	31.79984
0.2	0.6	0.0036	0.1	0.00126435	31.83973	31.83973
0.25	0.4	0.0013333	0.08333333	0.00127345	31.84233	31.84233
0.2	0.65	0.0045771	0.10833333	0.00139758	31.87596	31.87596
0.3	0.35	0.0010719	0.0875	0.00152551	31.90567	31.90567
0.25	0.45	0.0018984	0.09375	0.00152995	31.90669	31.90669
0.2	0.7	0.0057167	0.11666667	0.00153085	31.90695	31.90695
0.2	0.75	0.0070313	0.125	0.00166414	31.93386	31.93386
0.25	0.5	0.0026042	0.10416667	0.00178813	31.95593	31.95593
0.2	0.8	0.0085333	0.13333333	0.00179744	31.95754	31.95754
0.3	0.4	0.0016	0.1	0.00194385	31.98045	31.98045
0.25	0.55	0.0034661	0.11458333	0.00204719	31.99517	31.99517
0.35	0.35	0.0012505	0.10208333	0.00211338	32.0039	32.0039
0.25	0.6	0.0045	0.125	0.00230675	32.02745	32.02745
0.3	0.45	0.0022781	0.1125	0.002377	32.03521	32.03521
0.25	0.65	0.0057214	0.13541667	0.0025666	32.05467	32.05467
0.35	0.4	0.0018667	0.11666667	0.00271929	32.06875	32.06875
0.3	0.5	0.003125	0.125	0.00281737	32.07726	32.07726
0.25	0.7	0.0071458	0.14583333	0.00282663	32.07808	32.07808
0.25	0.75	0.0087891	0.15625	0.00308678	32.09853	32.09853
0.3	0.55	0.0041594	0.1375	0.00326155	32.11089	32.11089
0.25	0.8	0.0106667	0.16666667	0.00334701	32.11663	32.11663
0.35	0.45	0.0026578	0.13125	0.00337604	32.11848	32.11848
0.4	0.4	0.0021333	0.13333333	0.00360533	32.13265	32.13265
0.25	0.85	0.0127943	0.17708333	0.00360728	32.13284	32.13284
0.3	0.6	0.0054	0.15	0.00370786	32.13864	32.13864
0.25	0.9	0.0151875	0.1875	0.00386759	32.14747	32.14747
0.35	0.5	0.0036458	0.14583333	0.00405757	32.15726	32.15726
0.25	0.95	0.017862	0.19791667	0.00412793	32.16078	32.16078
0.3	0.65	0.0068656	0.1625	0.00415543	32.16211	32.16211

Ht	Bt	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MOD0_2_1	
					F_2_G	F_2_P
0.4	0.9	0.0243	0.3	0.0138415	32.35961	32.35961
0.35	1.2	0.0504	0.35	0.0140006	32.36113	32.36113
0.45	0.75	0.01582031	0.28125	0.0142629	32.36355	32.36355
0.5	0.65	0.01144271	0.2708333	0.0143413	32.36427	32.36427
0.35	1.25	0.05696615	0.3645833	0.0147149	32.36762	32.36762
0.4	0.95	0.02857917	0.3166667	0.0149047	32.36927	32.36927
0.55	0.6	0.0099	0.275	0.0151894	32.37168	32.37168
0.35	1.3	0.06407917	0.3791667	0.0154292	32.37369	32.37369
0.45	0.8	0.0192	0.3	0.0157605	32.37637	32.37637
0.4	1	0.03333333	0.3333333	0.0159688	32.37802	32.37802
0.35	1.35	0.07176094	0.39375	0.0161436	32.37939	32.37939
0.5	0.7	0.01429167	0.2916667	0.0163264	32.38078	32.38078
0.35	1.4	0.08003333	0.4083333	0.016858	32.38474	32.38474
0.4	1.05	0.0385875	0.35	0.0170334	32.38601	32.38601
0.45	0.85	0.02302969	0.31875	0.0172638	32.38764	32.38764
0.55	0.65	0.01258698	0.2979167	0.0176525	32.39033	32.39033
0.4	1.1	0.04436667	0.3666667	0.0180985	32.39333	32.39333
0.6	0.6	0.0108	0.3	0.018252	32.39432	32.39432
0.5	0.75	0.01757813	0.3125	0.018341	32.39491	32.39491
0.45	0.9	0.02733375	0.3375	0.018771	32.39764	32.39764
0.4	1.15	0.05069583	0.3833333	0.0191639	32.40007	32.40007
0.55	0.7	0.01572083	0.3208333	0.0202148	32.40621	32.40621
0.4	1.2	0.0576	0.4	0.0202295	32.4063	32.4063
0.45	0.95	0.03215156	0.35625	0.0202811	32.40659	32.40659
0.5	0.8	0.02133333	0.3333333	0.0203752	32.40711	32.40711
0.6	0.65	0.01373125	0.325	0.0212306	32.41173	32.41173
0.4	1.25	0.06510417	0.4166667	0.0212954	32.41208	32.41208
0.45	1	0.0375	0.375	0.0217931	32.41464	32.41464
0.4	1.3	0.07323333	0.4333333	0.0223613	32.41747	32.41747
0.5	0.85	0.02558854	0.3541667	0.0224226	32.41776	32.41776
0.55	0.75	0.01933594	0.34375	0.0228406	32.41976	32.41976
0.45	1.05	0.04341094	0.39375	0.0233066	32.42194	32.42194
0.4	1.35	0.0820125	0.45	0.0234275	32.42249	32.42249
0.6	0.7	0.01715	0.35	0.0244082	32.42683	32.42683
0.5	0.9	0.030375	0.375	0.0244792	32.42713	32.42713
0.4	1.4	0.09146667	0.4666667	0.0244937	32.4272	32.4272
0.45	1.1	0.0499125	0.4125	0.0248213	32.42859	32.42859
0.65	0.65	0.01487552	0.3520833	0.0251396	32.4299	32.4299
0.55	0.8	0.02346667	0.3666667	0.0255081	32.43141	32.43141
0.4	1.45	0.10162083	0.4833333	0.0255599	32.43162	32.43162
0.45	1.15	0.05703281	0.43125	0.0263368	32.43467	32.43467
0.5	0.95	0.03572396	0.3958333	0.0265423	32.43545	32.43545
0.4	1.5	0.1125	0.5	0.0266263	32.43578	32.43578
0.4	1.55	0.12412917	0.5166667	0.0276927	32.4397	32.4397
0.6	0.75	0.02109375	0.375	0.027713	32.43976	32.43976
0.45	1.2	0.0648	0.45	0.0278529	32.44027	32.44027
0.55	0.85	0.0281474	0.3895833	0.028204	32.44149	32.44149
0.5	1	0.04166667	0.4166667	0.02861	32.44289	32.44289
0.4	1.6	0.13653333	0.5333333	0.0287591	32.4434	32.4434
0.65	0.7	0.01857917	0.3791667	0.0289153	32.44392	32.44392
0.45	1.25	0.07324219	0.46875	0.0293695	32.44543	32.44543
0.5	1.05	0.04823438	0.4375	0.0306812	32.44959	32.44959
0.45	1.3	0.0823875	0.4875	0.0308865	32.45022	32.45022
0.55	0.9	0.0334125	0.4125	0.0309195	32.45031	32.45031
0.6	0.8	0.0256	0.4	0.0311016	32.45086	32.45086
0.45	1.35	0.09226406	0.50625	0.0324038	32.45466	32.45466
0.5	1.1	0.05545833	0.4583333	0.032755	32.45565	32.45565
0.65	0.75	0.02285156	0.40625	0.0329323	32.45613	32.45613
0.55	0.95	0.03929635	0.4354167	0.033649	32.45808	32.45808
0.7	0.7	0.02000833	0.4083333	0.0338141	32.45852	32.45852
0.45	1.4	0.1029	0.525	0.0339213	32.45881	32.45881
0.6	0.85	0.03070625	0.425	0.0345471	32.46043	32.46043

Tabella 12 Tabella modo 2.1

Ht	Bt	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MODO_2_2	
					F_2_2_G	F_2_2_P
0.05	0.05	5.208E-07	0.00208333	8.80208E-07	50.28808	50.28808
0.05	0.1	4.167E-06	0.00416667	2.861E-06	50.60059	50.60059
0.05	0.15	1.406E-05	0.00625	4.93885E-06	50.90163	50.90163
0.05	0.2	3.333E-05	0.00833333	7.02126E-06	51.19041	51.19041
0.1	0.1	8.333E-06	0.00833333	1.40833E-05	52.08669	52.08669
0.1	0.15	2.813E-05	0.0125	2.93457E-05	53.68614	53.68614
0.1	0.2	6.667E-05	0.01666667	4.5776E-05	55.03069	55.03069
0.1	0.25	0.0001302	0.02083333	6.23781E-05	56.11324	56.11324
0.15	0.15	4.219E-05	0.01875	7.12969E-05	56.60798	56.60798
0.1	0.3	0.000225	0.025	7.90216E-05	56.99775	56.99775
0.1	0.35	0.0003573	0.02916667	9.56783E-05	57.73298	57.73298
0.1	0.4	0.0005333	0.03333333	0.00011234	58.35348	58.35348
0.15	0.2	0.0001	0.025	0.000121491	58.65416	58.65416
0.15	0.25	0.0001953	0.03125	0.000176086	60.03712	60.03712
0.2	0.2	0.0001333	0.03333333	0.000225333	60.88651	60.88651
0.15	0.3	0.0003375	0.0375	0.000231741	60.97878	60.97878
0.15	0.35	0.0005359	0.04375	0.000287736	61.65328	61.65328
0.2	0.25	0.0002604	0.04166667	0.000342135	62.14455	62.14455
0.15	0.4	0.0008	0.05	0.00034863	62.15844	62.15844
0.15	0.45	0.0011391	0.05625	0.000400047	62.55045	62.55045
0.15	0.5	0.0015625	0.0625	0.000456259	62.86335	62.86335
0.2	0.3	0.00045	0.05	0.000469531	62.92797	62.92797
0.15	0.55	0.0020797	0.06875	0.000512487	63.11887	63.11887
0.25	0.25	0.0003255	0.05208333	0.00055013	63.26489	63.26489
0.15	0.6	0.0027	0.075	0.000568722	63.33147	63.33147
0.2	0.35	0.0007146	0.05833333	0.000600319	63.43577	63.43577
0.2	0.4	0.0010667	0.06666667	0.000732417	63.78695	63.78695
0.25	0.3	0.0005625	0.0625	0.000775154	63.8778	63.8778
0.2	0.45	0.0015188	0.075	0.000865093	64.04326	64.04326
0.2	0.5	0.0020833	0.08333333	0.00099805	64.23837	64.23837
0.25	0.35	0.0008932	0.07291667	0.001020399	64.26653	64.26653
0.2	0.55	0.0027729	0.09166667	0.001131156	64.39186	64.39186
0.3	0.3	0.000675	0.075	0.00114075	64.40147	64.40147
0.2	0.6	0.0036	0.1	0.001264346	64.51583	64.51583
0.25	0.4	0.0013333	0.08333333	0.001273452	64.52334	64.52334
0.2	0.65	0.0045771	0.10833333	0.001397584	64.6181	64.6181
0.3	0.35	0.0010719	0.0875	0.001525513	64.70065	64.70065
0.25	0.45	0.0018984	0.09375	0.001529949	64.70337	64.70337
0.2	0.7	0.0057167	0.11666667	0.001530853	64.70399	64.70399
0.2	0.75	0.0070313	0.125	0.001664142	64.77718	64.77718
0.25	0.5	0.0026042	0.10416667	0.001788127	64.83615	64.83615
0.2	0.8	0.0085333	0.13333333	0.001797443	64.84035	64.84035
0.3	0.4	0.0016	0.1	0.001943851	64.90037	64.90037
0.25	0.55	0.0034661	0.11458333	0.002047189	64.93811	64.93811
0.35	0.35	0.0012505	0.10208333	0.00211338	64.96034	64.96034
0.25	0.6	0.0045	0.125	0.002306748	65.01895	65.01895
0.3	0.45	0.0022781	0.1125	0.002377	65.03798	65.03798
0.25	0.65	0.0057214	0.13541667	0.002566	65.08473	65.08473
0.35	0.4	0.0018667	0.11666667	0.002719291	65.11789	65.11789
0.3	0.5	0.003125	0.125	0.002817371	65.13755	65.13755
0.25	0.7	0.0071458	0.14583333	0.002826633	65.13939	65.13939
0.25	0.75	0.0087891	0.15625	0.003086781	65.1856	65.1856
0.3	0.55	0.0041594	0.1375	0.003261548	65.21283	65.21283
0.25	0.8	0.0106667	0.16666667	0.003347006	65.22527	65.22527
0.35	0.45	0.0026578	0.13125	0.003376039	65.22927	65.22927
0.4	0.4	0.0021333	0.13333333	0.003605333	65.25939	65.25939
0.25	0.85	0.0127943	0.17708333	0.003607282	65.25973	65.25973
0.3	0.6	0.0054	0.15	0.003707859	65.27185	65.27185
0.25	0.9	0.0151875	0.1875	0.003867594	65.29001	65.29001
0.35	0.5	0.0036458	0.14583333	0.004057573	65.30985	65.30985
0.25	0.95	0.017862	0.19791667	0.004127932	65.31687	65.31687
0.3	0.65	0.0068656	0.1625	0.004155432	65.31951	65.31951

Ht	Bt	I22_MODE	As3_MODE	Tors_MODE	MODO_2_2	
					F_2_2_G	F_2_2_P
0.4	0.9	0.0243	0.3	0.01384148	65.61564	65.61564
0.35	1.2	0.0504	0.35	0.014000588	65.61792	65.61792
0.45	0.75	0.01582031	0.28125	0.01426294	65.62151	65.62151
0.5	0.65	0.01144271	0.27083333	0.014341286	65.62254	65.62254
0.35	1.25	0.05696615	0.364583333	0.014714885	65.62737	65.62737
0.4	0.95	0.02857917	0.316666667	0.014904747	65.6297	65.6297
0.55	0.6	0.0099	0.275	0.015189354	65.63306	65.63306
0.35	1.3	0.06407917	0.379166667	0.015429234	65.63584	65.63584
0.45	0.8	0.0192	0.3	0.015760529	65.63948	65.63948
0.4	1	0.03333333	0.33333333	0.015968802	65.6417	65.6417
0.35	1.35	0.07176094	0.39375	0.016143624	65.64352	65.64352
0.5	0.7	0.01429167	0.291666667	0.016326379	65.64537	65.64537
0.35	1.4	0.08003333	0.40833333	0.016858047	65.65057	65.65057
0.4	1.05	0.0385875	0.35	0.017033454	65.65221	65.65221
0.45	0.85	0.02302969	0.31875	0.017263809	65.65432	65.65432
0.55	0.65	0.01258698	0.297916667	0.017652496	65.65775	65.65775
0.4	1.1	0.04436667	0.366666667	0.0180985	65.66156	65.66156
0.6	0.6	0.0108	0.3	0.018252	65.6628	65.6628
0.5	0.75	0.01757813	0.3125	0.018341049	65.66354	65.66354
0.45	0.9	0.0273375	0.3375	0.018771038	65.66697	65.66697
0.4	1.15	0.05069583	0.38333333	0.019163891	65.66998	65.66998
0.55	0.7	0.01572083	0.32083333	0.020214827	65.67775	65.67775
0.4	1.2	0.0576	0.4	0.020229531	65.67761	65.67761
0.45	0.95	0.03215156	0.35625	0.020281065	65.67796	65.67796
0.5	0.8	0.02133333	0.33333333	0.020375226	65.6786	65.6786
0.6	0.65	0.01373125	0.325	0.021230625	65.68417	65.68417
0.4	1.25	0.06510417	0.416666667	0.021295364	65.6846	65.6846
0.45	1	0.0375	0.375	0.021793114	65.68766	65.68766
0.4	1.3	0.07323333	0.43333333	0.022361349	65.69103	65.69103
0.5	0.85	0.02558854	0.354166667	0.022426282	65.69138	65.69138
0.55	0.75	0.01933594	0.34375	0.022840559	65.69375	65.69375
0.45	1.05	0.04341094	0.39375	0.023306647	65.69632	65.69632
0.6	0.4	0.135	0.0820125	0.023427453	65.69698	65.69698
0.4	1.35	0.01715	0.35	0.024408121	65.70207	65.70207
0.5	0.9	0.030375	0.375	0.02447919	65.70243	65.70243
0.4	1.4	0.09146667	0.466666667	0.024493652	65.70251	65.70251
0.45	1.1	0.0499125	0.4125	0.024821286	65.70413	65.70413
0.65	0.65	0.01487552	0.35208333	0.02513963	65.70567	65.70567
0.55	0.8	0.02346667	0.366666667	0.025508104	65.70743	65.70743
0.4	1.45	0.10162083	0.48333333	0.025559928	65.70768	65.70768
0.45	1.15	0.05703281	0.43125	0.026336762	65.71124	65.71124
0.5	0.95	0.03572396	0.39583333	0.026542261	65.71216	65.71216
0.4	1.5	0.1125	0.5	0.026626265	65.71253	65.71253
0.4	1.55	0.12412917	0.516666667	0.027692654	65.7171	65.7171
0.6	0.75	0.02109375	0.375	0.027712973	65.71718	65.71718
0.45	1.2	0.0648	0.45	0.027852879	65.71777	65.71777
0.55	0.85	0.0281474	0.38958333	0.028203985	65.7192	65.7192
0.5	1	0.04166667	0.416666667	0.028610026	65.72083	65.72083
0.4	1.6	0.13653333	0.53333333	0.028759083	65.72143	65.72143
0.65	0.7	0.01857917	0.379166667	0.028915338	65.72203	65.72203
0.45	1.25	0.07324219	0.46875	0.029369491	65.72381	65.72381
0.5	1.05	0.04823438	0.4375	0.030681239	65.7287	65.7287
0.45	1.3	0.0823875	0.4875	0.030886491	65.72944	65.72944
0.55	0.9	0.0334125	0.4125	0.030919529	65.72956	65.72956
0.6	0.8	0.0256	0.4	0.031101609	65.73021	65.73021
0.45	1.35	0.09226406	0.50625	0.032403797	65.73476	65.73476
0.5	1.1	0.05545833	0.45833333	0.032755024	65.73595	65.73595
0.65	0.75	0.02285156	0.40625	0.032932319	65.73654	65.73654
0.55	0.95	0.03929635	0.435416667	0.03364901	65.73893	65.73893
0.7	0.7	0.02000833	0.40833333	0.033814083	65.73946	65.73946
0.45	1.4	0.1029	0.525	0.033921347	65.73983	65.73983
0.6	0.85	0.03070625	0.425	0.034547083	65.74186	65.74186

Tabella 13 Tabella modo 2.2

In generale parlando dell'influenza delle dimensioni delle travi a spessore sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura, rappresentato in termini di variazione di frequenza al variare dell'inerzia torsionale dell'elemento, per i modi analizzati possiamo dire che:

1. Non esiste più distinzione tra modo "globale" e modo "parete" per le forme modali studiate, esiste soltanto una forma modale ed è associabile al modo proprio della parete (*Figura 43*);
2. L'andamento delle frequenze al variare della sezione delle travi risulta continuo e crescente all'aumentare delle dimensioni della sezione;

3. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all'interno del modo considerato, espressa in percentuale e pari a $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$, per ogni modo è uguale a :

- 38.87% per il modo 1.1;
- 18.78% per il modo 2.1;
- 23.63% per il modo 2.2;

4. A partire da una dimensione della sezione della trave calata pari a:

- 80x35 cm per il modo 1.1;
- 85x35 cm per il modo 2.1;
- 85x30 cm per il modo 2.2;

si ha un aumento del valore di frequenza per ogni modo e ad ogni step pari circa a 0.01 Hz, motivo per il quale possiamo assumere le frequenze come costanti.

5. Ponendo attenzione alla casistica comune per le costruzioni ordinarie a telaio in calcestruzzo, assumendo come dimensioni minime delle travi a spessore quelle secondo normativa *NTC2018* e pari a 25x25 cm possiamo notare che non si ha ancora una situazione di frequenza costante ma si ha un ΔF , calcolato secondo la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$, per il range considerato (su 134 sezioni di studio), ed è pari a:

- 12.31% per il modo 1.1;
- 3.15% per il modo 2.1;
- 3.74% per il modo 2.2;

percentuale più rilevante per il modo 1.1 rispetto agli altri due, a paragone ognuna con il rispettivo modo "globale".

5.6 Variazione RIGIDEZZA K del telaio trasversale

Come esposto nel capitolo 3 riguardante la descrizione del telaio di studio, la presenza e quindi la rigidità di un ipotetico telaio disposto in direzione ortogonale rispetto a quello in esame è stata rappresentata tramite l'inserimento ad ogni nodo di piano di molle orientate lungo l'asse Y e con $K =$ costante elastica variabile per questo paragrafo di indagine.

Lo studio è stato effettuato a partire da un valore di K (costante elastica o di rigidità) di ogni molla pari a $1 \cdot 10^{-5}$ kN/m rappresentante un telaio in direzione trasversale infinitamente flessibile, fino ad un valore di K pari a $1 \cdot 10^8$ kN/m rappresentante un telaio infinitamente rigido lungo l'asse Y e quindi con vincolo schematizzabile come carrello disposto lungo l'asse Y. Il telaio in direzione X è rimasto invariato.

L'incremento ad ogni step è stato posto pari ad 1 kN/m.

Per questo parametro, non è stato possibile definire un range di casistica comune in quanto non è stato possibile individuare degli estremi di rigidità minima e massima associabili al telaio nella direzione ortogonale.

Il procedimento di analisi seguito e le forme modali analizzate sono state sempre le medesime, rispettivamente i modi 1.1, 2.1 e 2.2 della tamponatura. In particolare, per questo specifico caso, ricordiamo che per il modo 2.1 sono stati utilizzati gli algoritmi di individuazione definiti "K" e non i "generici" utilizzati per tutti gli altri parametri. Le forme modali sono state ricercate quindi con l'algoritmo 4.2.2 Algoritmo "K" del modo 2.1 "globale" e 4.2.4 Algoritmo "K" del modo 2.1 "parete".

I risultati ottenuti sono stati schematizzati in apposite tabelle e graficizzati tramite diagrammi K-Frequenza, sono state infine stilate per ognuno dei modi di studio specifiche considerazioni.

5.6.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for jj = -5 : 8
    for iii = 1: 9

        % RIGIDEZZA MOLLE
        %replace spring to a point
        k(2) = iii*10^jj;
```

Figura 45 ciclo variazione valori del parametro

5.6.2 Esempi di forme modali individuate

Modo 1.1

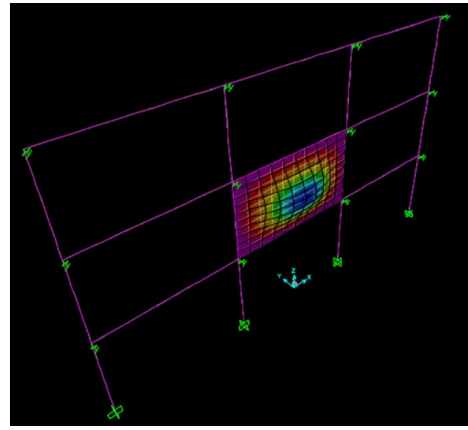
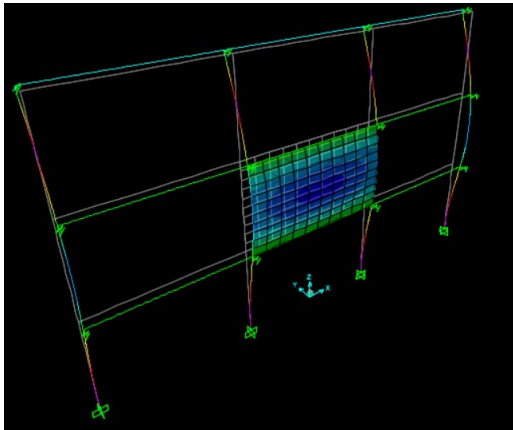


Figura 46 a sinistra: caso (a.1); a destra: caso (a.2)

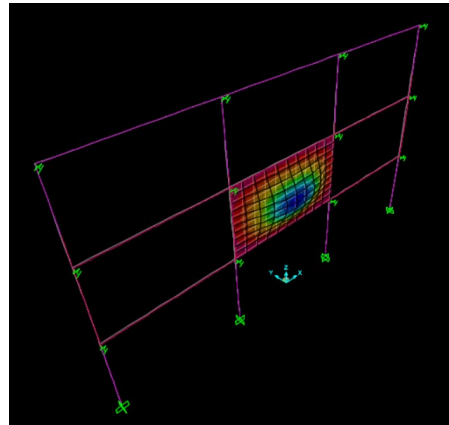
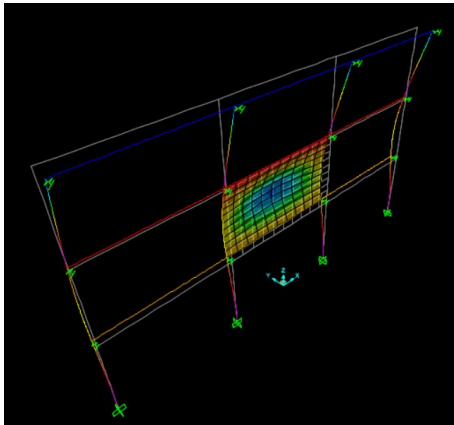


Figura 47 a sinistra: caso (b); a destra: caso (c)

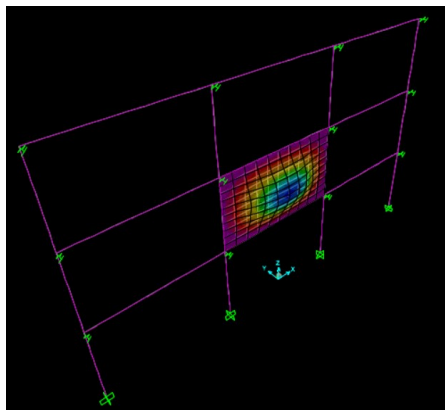


Figura 48 caso (d), caso (e)

Modo 2.1

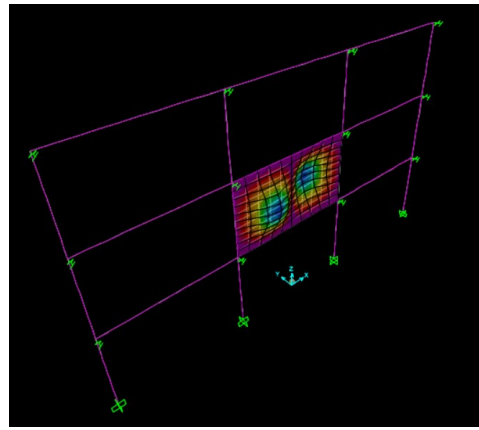
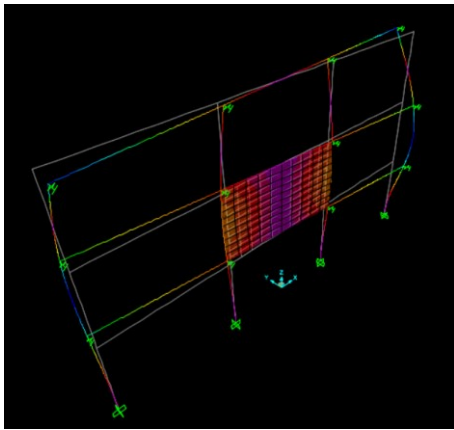


Figura 49 a sinistra: caso (a.1); a destra: caso (a.2)

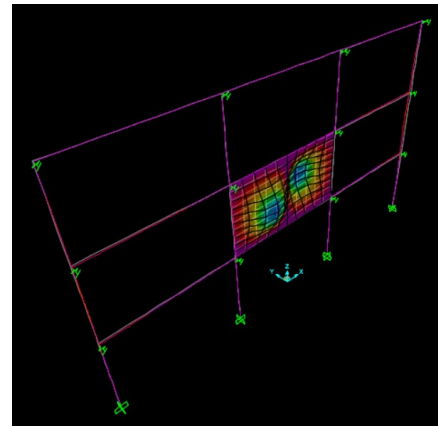
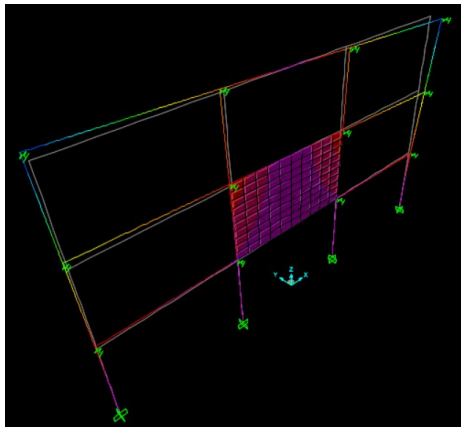


Figura 50 a sinistra: caso (b); a destra: caso (c)

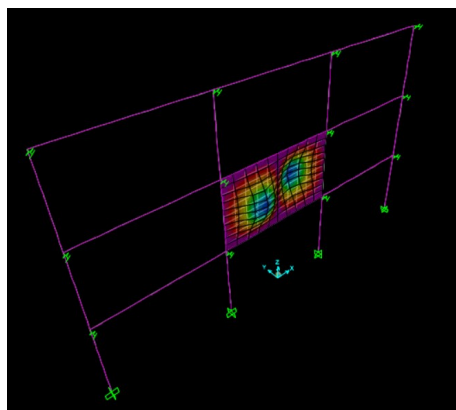


Figura 51 caso (d), caso (e)

Modo 2.2

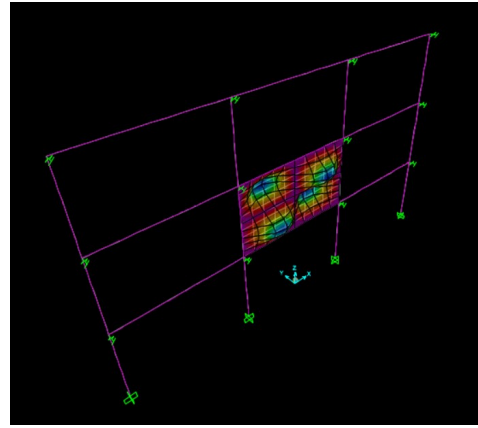
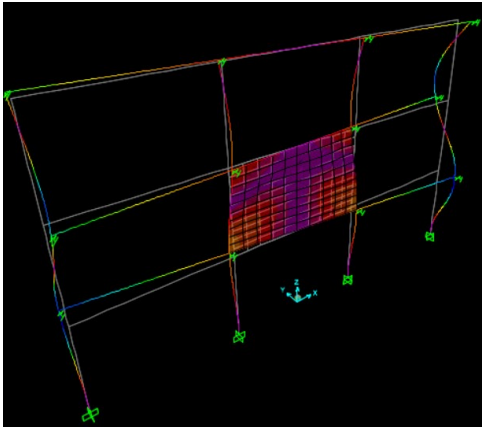


Figura 52 a sinistra: caso (a.1); a destra: caso (a.2)

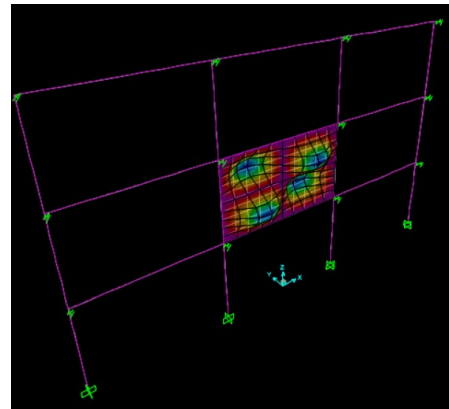
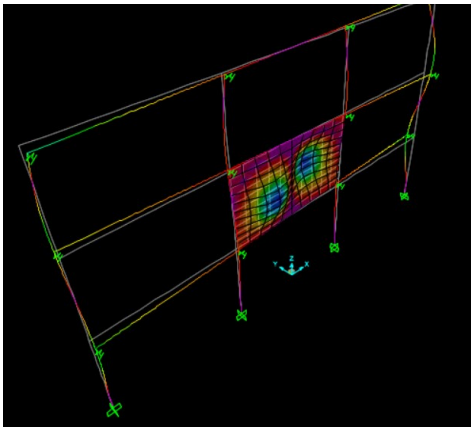


Figura 53 a sinistra: caso (b); a destra: caso (c)

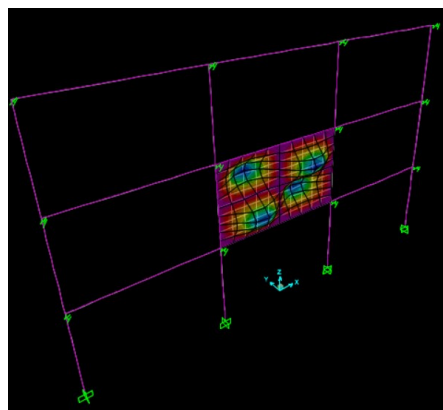


Figura 54 caso (d), caso (e)

5.6.3 Risultati ottenuti

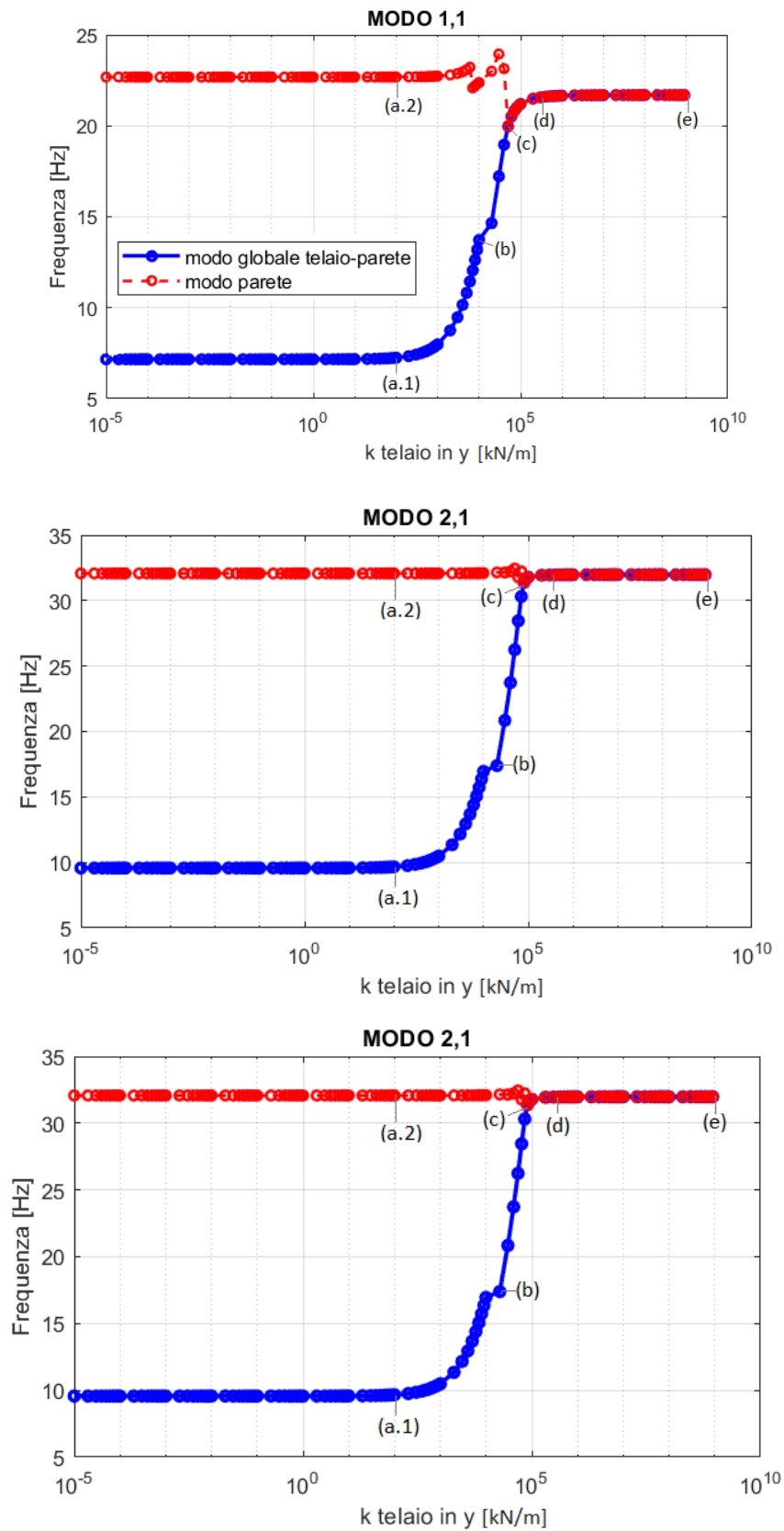


Figura 55 Diagrammi Rigidezza telaio ortogonale K- Frequenza;

K_TELAIQ_Y	MOD0_1_1		K_TELAIQ_Y	MOD0_1_1		K_TELAIQ_Y	MOD0_2_1		K_TELAIQ_Y	MOD0_2_1	
	F 1 G	F 1 P		F 1 G	F 1 P		F 2 G	F 2 P		F 2 G	F 2 P
0.00001	7.164396432	22.68104062	100	7.249527088	22.685994906	0.00001	9.571143745	32.07456336	100	9.665735	32.07472
0.00002	7.164396447	22.68104063	200	7.33907028	22.69093701	0.00002	9.571143783	32.07456336	200	9.759644	32.07487
0.00003	7.164396447	22.68104063	300	7.417563549	22.69600663	0.00003	9.571143783	32.07456336	300	9.852889	32.07503
0.00004	7.164396473	22.68104063	400	7.500522456	22.70116017	0.00004	9.571143786	32.07456336	400	9.945487	32.07519
0.00005	7.164396481	22.68104063	500	7.582808039	22.70639992	0.00005	9.571143811	32.07456336	500	10.03745	32.07535
0.00006	7.164396481	22.68104063	600	7.664443297	22.71172825	0.00006	9.571143811	32.07456336	600	10.12881	32.07551
0.00007	7.164396481	22.68104063	700	7.745449932	22.71714762	0.00007	9.571143811	32.07456336	700	10.21956	32.07566
0.00008	7.164396492	22.68104063	800	7.825848511	22.72266052	0.00008	9.571143825	32.07456336	800	10.30972	32.07582
0.00009	7.164396492	22.68104063	900	7.905658407	22.72826956	0.00009	9.571143825	32.07456336	900	10.39931	32.07598
0.0001	7.164396526	22.68104063	1000	7.984898046	22.73397739	0.0001	9.571143835	32.07456336	1000	10.48834	32.07615
0.0002	7.164396602	22.68104063	2000	8.749340886	22.79713044	0.0002	9.571143946	32.07456336	2000	11.3502	32.07779
0.0003	7.164396685	22.68104064	3000	9.471155198	22.87365933	0.0003	9.571144039	32.07456336	3000	12.16631	32.0795
0.0004	7.164396775	22.68104064	4000	10.15821556	22.96735758	0.0004	9.571144124	32.07456336	4000	12.94285	32.08128
0.0005	7.164396856	22.68104065	5000	10.81519505	23.08208447	0.0005	9.57114422	32.07456336	5000	13.68408	32.08314
0.0006	7.164396948	22.68104065	6000	11.44498304	23.22061454	0.0006	9.571144331	32.07456336	6000	14.39313	32.08509
0.0007	7.164397011	22.68104066	7000	12.04954565	22.08620528	0.0007	9.571144406	32.07456336	7000	15.07252	32.08713
0.0008	7.164397108	22.68104066	8000	12.63040835	22.20176544	0.0008	9.571144495	32.07456336	8000	15.72435	32.08928
0.0009	7.164397205	22.68104067	9000	13.18889452	22.29865801	0.0009	9.571144591	32.07456336	9000	16.35233	32.09154
0.001	7.164397277	22.68104067	10000	13.72622433	22.38146467	0.001	9.571144693	32.07456336	10000	16.94867	32.09394
0.002	7.164398146	22.68104072	20000	14.64862119	23.00270588	0.002	9.571145649	32.07456336	20000	17.39345	32.15184
0.003	7.164398991	22.68104077	30000	17.22371919	23.94740405	0.003	9.571146582	32.07456336	30000	20.84863	32.14559
0.004	7.164398961	22.68104082	40000	18.95767872	23.14070853	0.004	9.571147538	32.07456337	40000	23.73529	32.22785
0.005	7.164400699	22.68104087	50000	19.96620379	19.96620379	0.005	9.571148489	32.07456337	50000	26.24557	32.4509
0.006	7.164401592	22.68104092	60000	20.505507	20.505507	0.006	9.571149456	32.07456337	60000	28.45536	31.77464
0.007	7.164402416	22.68104096	70000	20.80740457	20.80740457	0.007	9.571150386	32.07456337	70000	30.31318	32.23287
0.008	7.164403265	22.68104101	80000	20.99227739	20.99227739	0.008	9.571151339	32.07456337	80000	31.38568	31.38568
0.009	7.164404113	22.68104106	90000	21.1149835	21.1149835	0.009	9.571152302	32.07456337	90000	31.68533	31.68533
0.01	7.164404984	22.68104111	100000	21.20169928	21.20169928	0.01	9.571153236	32.07456338	100000	31.78566	31.78566
0.02	7.164413532	22.6810416	200000	21.49657931	21.49657931	0.02	9.57116273	32.07456339	200000	31.93473	31.93473
0.03	7.164422091	22.68104209	300000	21.56931392	21.56931392	0.03	9.571172225	32.07456341	300000	31.95438	31.95438
0.04	7.164430619	22.68104257	400000	21.6021499	21.6021499	0.04	9.571181719	32.07456342	400000	31.9622	31.9622
0.05	7.164439174	22.68104306	5000000	21.62084493	21.62084493	0.05	9.571191199	32.07456344	5000000	31.9664	31.9664
0.06	7.164447728	22.68104354	6000000	21.63291493	21.63291493	0.06	9.571200709	32.07456345	6000000	31.96902	31.96902
0.07	7.164456298	22.68104403	7000000	21.6413517	21.6413517	0.07	9.571212102	32.07456347	7000000	31.97082	31.97082
0.08	7.16446484	22.68104452	8000000	21.64758143	21.64758143	0.08	9.571219679	32.07456348	8000000	31.97212	31.97212
0.09	7.164473401	22.68104501	9000000	21.65237027	21.65237027	0.09	9.57122918	32.0745635	9000000	31.97312	31.97312
0.1	7.164481937	22.68104549	10000000	21.65616655	21.65616655	0.1	9.571238684	32.07456351	10000000	31.97379	31.97379
0.2	7.164567465	22.68105036	20000000	21.6728905	21.6728905	0.2	9.57133363	32.07456367	20000000	31.97726	31.97726
0.3	7.164652956	22.68105523	30000000	21.67835557	21.67835557	0.3	9.571428547	32.07456383	30000000	31.97832	31.97832
0.4	7.164738494	22.6810601	40000000	21.6810809	21.6810809	0.4	9.571523496	32.07456398	40000000	31.97885	31.97885
0.5	7.164824007	22.68106497	50000000	21.6827211	21.6827211	0.5	9.571618432	32.07456414	50000000	31.97916	31.97916
0.6	7.164909496	22.68106984	60000000	21.68382116	21.68382116	0.6	9.571713366	32.07456429	60000000	31.97937	31.97937
0.7	7.164995023	22.68107471	70000000	21.6846131	21.6846131	0.7	9.5718083	32.07456445	70000000	31.97952	31.97952
0.8	7.165080506	22.68107958	80000000	21.68521247	21.68521247	0.8	9.5719032	32.0745646	80000000	31.97963	31.97963
0.9	7.165166044	22.68108445	90000000	21.68568331	21.68568331	0.9	9.571998152	32.07456476	90000000	31.97972	31.97972
1	7.16525154	22.68108932	100000000	21.68606397	21.68606397	1	9.572093082	32.07456491	100000000	31.97979	31.97979
2	7.166106585	22.68113803	200000000	21.68786455	21.68786455	2	9.573042381	32.07456646	200000000	31.9801	31.9801
3	7.166961538	22.68118674	300000000	21.68853625	21.68853625	3	9.57399158	32.07456802	300000000	31.98021	31.98021
4	7.167816437	22.68123546	400000000	21.68890358	21.68890358	4	9.574940742	32.07456957	400000000	31.98026	31.98026
5	7.168671213	22.68128419	500000000	21.68913995	21.68913995	5	9.575889775	32.07457112	500000000	31.9803	31.9803
6	7.169525959	22.68133293	600000000	21.68930649	21.68930649	6	9.576838798	32.07457267	600000000	31.98033	31.98033
7	7.170380607	22.68138167	700000000	21.68943087	21.68943087	7	9.577787731	32.07457423	700000000	31.98035	31.98035
8	7.171235177	22.68143042	800000000	21.68952762	21.68952762	8	9.578736577	32.07457578	800000000	31.98036	31.98036
9	7.172098665	22.68147918	900000000	21.68960519	21.68960519	9	9.579685378	32.07457733	900000000	31.98038	31.98038
10	7.172944086	22.68152795	1000000000	21.68966886	21.68966886	10	9.5806341	32.07457889	1000000000	31.98039	31.98039
20	7.18148399	22.68201605	2000000000	21.68997679	21.68997679	20	9.590117464	32.07459442	2000000000	31.98045	31.98045
30	7.190016152	22.68250493	3000000000	21.69008894	21.69008894	30	9.599593871	32.07460995	3000000000	31.98049	31.98049
40	7.198540589	22.68299459	4000000000	21.6901472	21.6901472	40	9.609063295	32.0746255	4000000000	31.98051	31.98051
50	7.207057372	22.68348504	5000000000	21.69018291	21.69018291	50	9.618525814	32.07464105	5000000000	31.98052	31.98052
60	7.215566495	22.68397626	6000000000	21.6902705	21.6902705	60	9.627981396	32.0746566	6000000000	31.98053	31.98053
70	7.224068001	22.68446828	7000000000	21.69022446	21.69022446	70	9.637430092	32.07467216	7000000000	31.98054	31.98054
80	7.232561916	22.68496108	8000000000	21.69023761	21.69023761	80	9.646871911	32.07468773	8000000000	31.98055	31.98055
90	7.241048271	22.68545467	9000000000	21.6902479	21.6902479	90	9.656306886	32.0747033	9000000000	31.98055	31.98055

Tabella 14 Tabella 1.1, tabella 2.1

K_TELAIO_Y	MODO_2_2		K_TELAIO_Y	MODO_2_2	
	F 2 2 G	F 2 2 P		F 2 2 G	F 2 2 P
0.00001	24.94120585	64.92632947	100	24.97637	64.92634
0.00002	24.94120586	64.92632947	200	25.0115	64.92636
0.00003	24.94120586	64.92632947	300	25.04661	64.92637
0.00004	24.94120586	64.92632947	400	25.08169	64.92638
0.00005	24.94120587	64.92632947	500	25.11675	64.92639
0.00006	24.94120587	64.92632947	600	25.15177	64.92641
0.00007	24.94120587	64.92632947	700	25.18678	64.92642
0.00008	24.94120588	64.92632947	800	25.22175	64.92643
0.00009	24.94120588	64.92632947	900	25.2567	64.92645
0.0001	24.94120588	64.92632947	1000	25.29162	64.92646
0.0002	24.94120592	64.92632947	2000	25.63947	64.92659
0.0003	24.94120596	64.92632947	3000	25.98492	64.92672
0.0004	24.94120599	64.92632947	4000	26.32816	64.92685
0.0005	24.94120602	64.92632947	5000	26.66933	64.92699
0.0006	24.94120607	64.92632947	6000	27.00858	64.92712
0.0007	24.94120609	64.92632947	7000	27.34604	64.92726
0.0008	24.94120613	64.92632947	8000	27.68183	64.9274
0.0009	24.94120616	64.92632947	9000	28.01605	64.92754
0.001	24.9412062	64.92632947	10000	28.3488	64.92768
0.002	24.94120656	64.92632947	20000	NaN	64.9292
0.003	24.9412069	64.92632947	30000	34.80405	64.93087
0.004	24.94120726	64.92632947	40000	37.85314	64.93277
0.005	24.94120761	64.92632947	50000	40.74914	64.93492
0.006	24.94120796	64.92632947	60000	43.46409	64.93741
0.007	24.94120831	64.92632947	70000	45.98478	64.94031
0.008	24.94120866	64.92632947	80000	48.30544	64.94378
0.009	24.94120902	64.92632947	90000	50.42352	64.94811
0.01	24.94120937	64.92632947	100000	52.33601	64.95419
0.02	24.94121288	64.92632947	200000	63.98583	65.40379
0.03	24.9412164	64.92632947	300000	64.84654	64.84654
0.04	24.94121992	64.92632947	400000	64.87568	64.87568
0.05	24.94122343	64.92632947	500000	64.88093	64.88093
0.06	24.94122695	64.92632948	600000	64.88643	64.88643
0.07	24.94123048	64.92632948	700000	64.88932	64.88932
0.08	24.94123399	64.92632948	800000	64.8912	64.8912
0.09	24.94123751	64.92632948	900000	64.89252	64.89252
0.1	24.94124103	64.92632948	1000000	64.8935	64.8935
0.2	24.94127621	64.92632949	2000000	64.89728	64.89728
0.3	24.94131137	64.92632951	3000000	64.89835	64.89835
0.4	24.94134656	64.92632952	4000000	64.89885	64.89885
0.5	24.94138173	64.92632953	5000000	64.89915	64.89915
0.6	24.94141691	64.92632954	6000000	64.89934	64.89934
0.7	24.94145208	64.92632956	7000000	64.89948	64.89948
0.8	24.94148725	64.92632957	8000000	64.89958	64.89958
0.9	24.94152243	64.92632958	9000000	64.89966	64.89966
1	24.94155761	64.9263296	10000000	64.89972	64.89972
2	24.94190937	64.92632972	20000000	64.90001	64.90001
3	24.94226113	64.92632985	30000000	64.90011	64.90011
4	24.94261289	64.92632998	40000000	64.90016	64.90016
5	24.94296463	64.92633011	50000000	64.90019	64.90019
6	24.94331639	64.92633024	60000000	64.90022	64.90022
7	24.94366813	64.92633037	70000000	64.90024	64.90024
8	24.94401987	64.9263305	80000000	64.90025	64.90025
9	24.94437162	64.92633062	90000000	64.90027	64.90027
10	24.94472336	64.92633075	100000000	64.90028	64.90028
20	24.94824059	64.92633204	200000000	64.90035	64.90035
30	24.95175755	64.92633332	300000000	64.90038	64.90038
40	24.95527422	64.92633461	400000000	64.90041	64.90041
50	24.95879063	64.9263359	500000000	64.90043	64.90043
60	24.96230675	64.92633718	600000000	64.90044	64.90044
70	24.96582261	64.92633847	700000000	64.90045	64.90045
80	24.96933818	64.92633976	800000000	64.90046	64.90046

Tabella 15 Tabella modo 2.2

In generale parlando dell'influenza della rigidezza del telaio in direzione trasversale rispetto a quello di studio sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura possiamo dire che:

- Entrambi i modi "parete" e "globale" sono stati individuati per tutta la variazione di valori del parametro in tutti e tre i modi esaminati;
- La forma modale della tamponatura classificata come "globale" all'interno dei casi di studio andando ad aumentare i valori di K passa da una deformata definibile come cilindrica ad una deformata tipica della parete per tutti i modi posti in esame;
- La separazione dei modi tra "globale" e "parete" per le diverse forme modali avviene per valori di rigidezza K del telaio trasversale:
 - minori a $5 \cdot 10^4$ kN/m nel modo 1.1;

- minori a $8 \cdot 10^4$ kN/m nel modo 2.1;
- minori a $3 \cdot 10^5$ kN/m nel modo 2.2;

4. Per tutti i modi e per tutti i valori di K al di sotto dei punti $a.1$ - $a.2$ ed al di sopra del punto d le frequenze risultano pressoché costanti. I valori di $a.1$ ed $a.2$ valgono rispettivamente:

- 100 kN/m per il modo 1.1;
- 100 kN/m per il modo 2.1;
- 100 kN/m per il modo 2.2;

i valori d sono invece:

- $4 \cdot 10^5$ kN/m per il modo 1.1;
- $4 \cdot 10^5$ kN/m per il modo 2.1;
- $4 \cdot 10^5$ kN/m per il modo 2.2;

5. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all'interno di ogni modo "globale", espressa in percentuale rispetto alla massima del modo e valutata tramite la formula $\Delta F = (F_{\max} - F_{\min}) / F_{\max}$ è pari a:

- 67% per il modo 1.1;
- 70.07% per il modo 2.1;
- 61.57% per il modo 2.2;

6. Per tutte le forme modali studiate, possiamo definire il range compreso tra i valori di $a.1$ - $a.2$ ed il valore di d come "zona di transizione" dei modi; infatti, a seguito della separazione di questi nella loro forma "globale" e "parete" (che avviene sempre all'interno del range), le forme modali vanno via via definendo la propria deformata come "globale" o "parete" del modo considerato.

7. Per il modo 2.2 all'interno del range di transizione si ha l'assenza del valore di frequenza per il modo "globale" e per il valore di $K = 2 \cdot 10^4$ kN/m. Questo fenomeno è dovuto al fatto che all'interno della fase di transizione l'algoritmo nel caso specifico non individua nessun modo associabile ad un modo "globale" (Figura 53 a sinistra).

5.7 Variazione MODULO ELASTICO tamponatura

Nel presente paragrafo si sono voluti valutare gli effetti della variazione del modulo elastico della tamponatura (E_t) sul comportamento dinamico fuori piano della stessa.

Il modulo elastico (E_t) è rimasto invariato per tutti i casi di studio presenti all'interno della sperimentazione e posto pari a $3000 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ (l'unità di misura scelta è quella conforme al programma di analisi SAP2000). In questo specifico studio il parametro è stato fatto variare a partire da un valore di $100 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ fino ad un valore di $60000 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$, con un incremento ad ogni step pari a $100 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$.

Il procedimento di analisi seguito e le forme modali considerate sono le medesime dei restanti parametri.

I risultati ottenuti sono stati schematizzati in apposite tabelle e graficizzati tramite diagrammi modulo elastico (E_t) - Frequenza, mettendo in evidenza al loro interno il range ritenuto significativo per le costruzioni ordinarie a telaio in cemento armato, denominato "casistica comune", con valori minimi e massimi secondo Tabella C 8.5.1 della Circolare 7 del 2019 per le NTC2018 (500 kN/m^2 - 6000 kN/m^2).

Per i modi analizzati sono infine state redatte specifiche osservazioni.

5.7.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for Et = 100*10^3 : 100*10^3 : 60000*10^3;  
    Etamp(aa,1)= Et;  
    %assign isotropic mechanical properties  
    Ret=SM.PropMaterial.SetMPIsotropic('TAMPTIPO',Et,Nit,);
```

Figura 56 ciclo variazione valori del parametro

5.7.2 Esempi di forme modali individuate

Modo 1.1

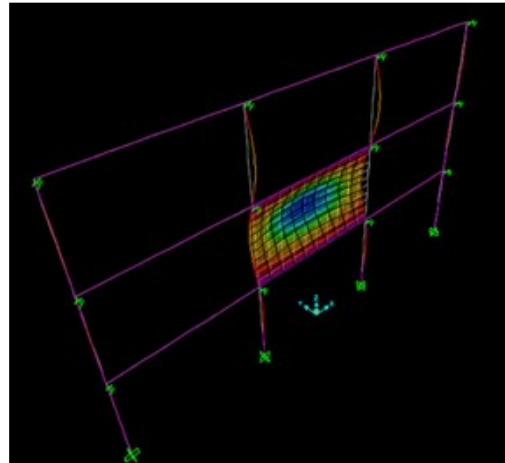
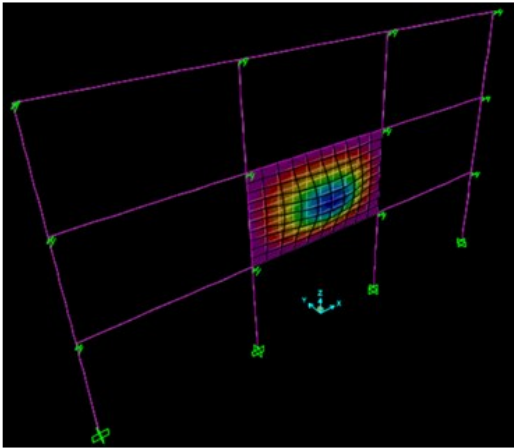


Figura 57 a sinistra: caso (a), caso (b), caso (c); a destra: caso (d1)

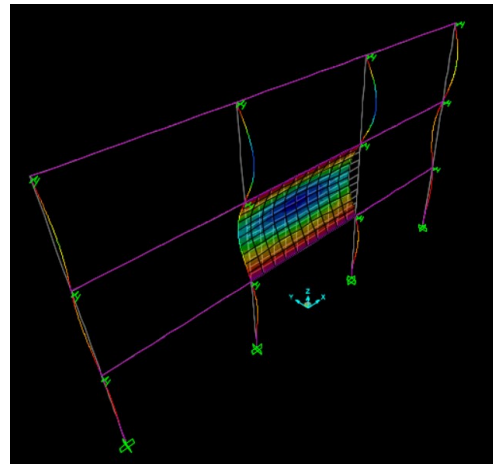
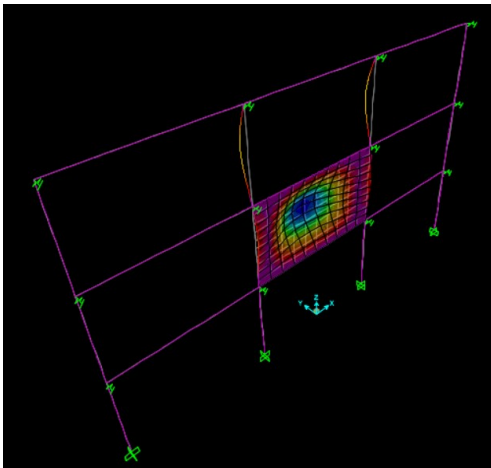


Figura 58 a sinistra: caso (d.2); a destra: caso (e.1)

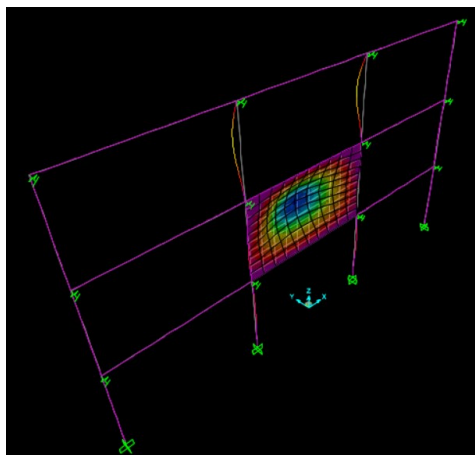


Figura 59 caso (e.2)

Modo 2.1

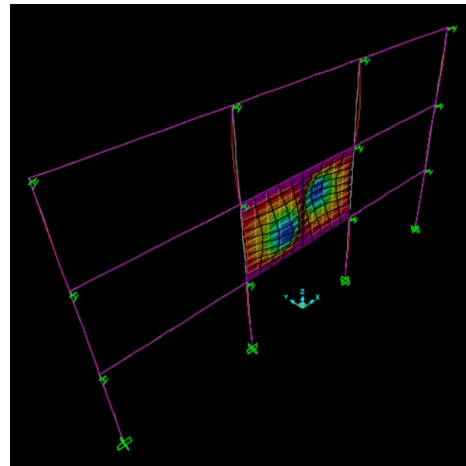
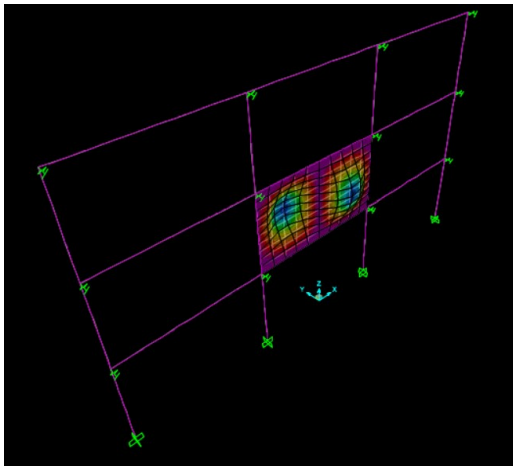


Figura 60 a sinistra: caso (a), caso (b), caso (c); a destra: caso (d1)

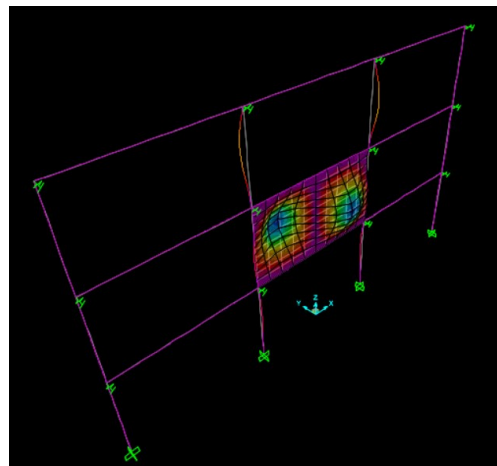
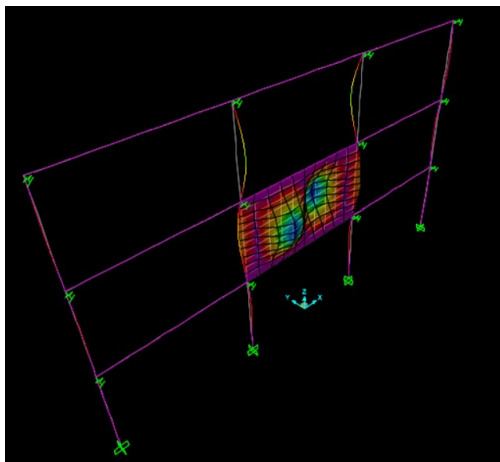


Figura 61 a sinistra: caso (d.2); a destra: caso (e.1)

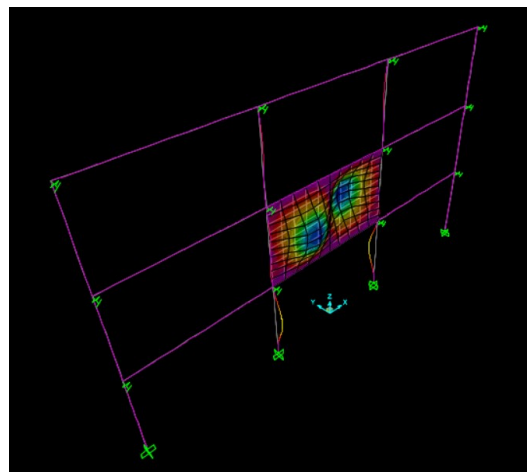
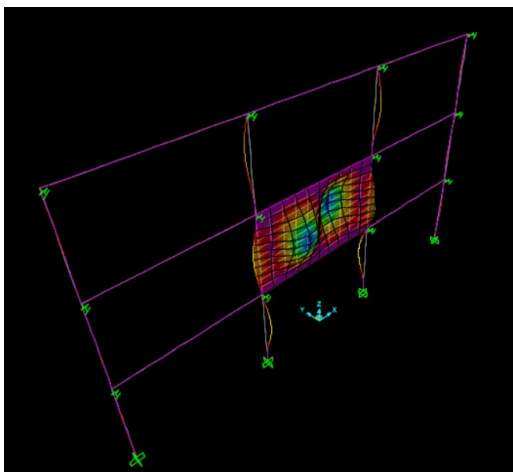


Figura 62 a sinistra: caso (e.2); a destra: caso (f.1)

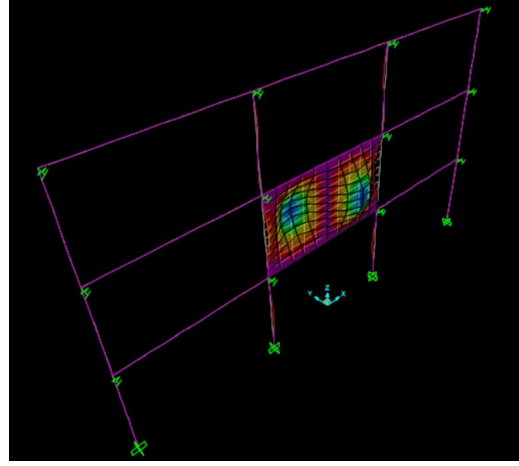
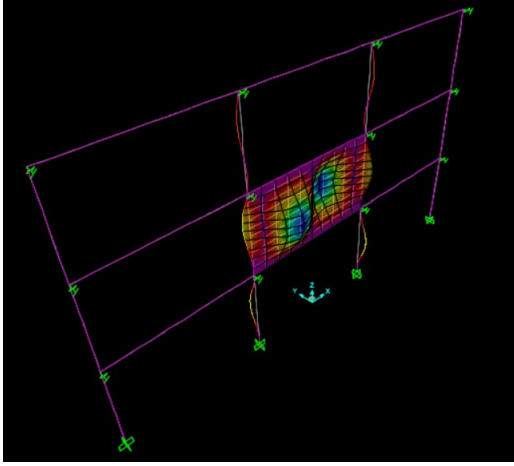


Figura 63 a sinistra: caso (f.2); a destra: caso (h.2)

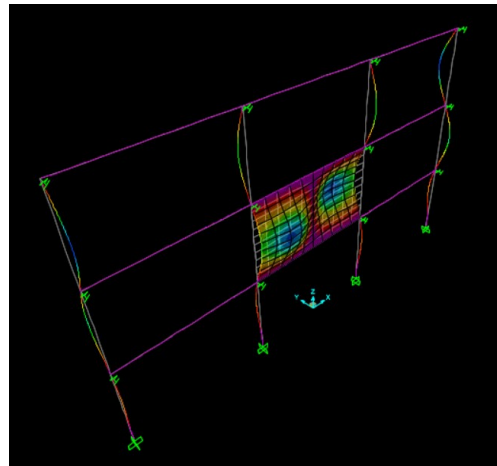
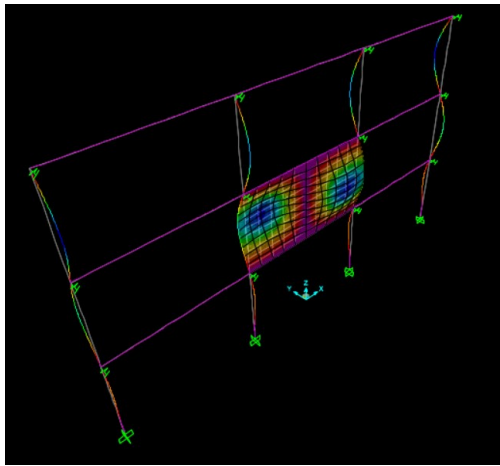


Figura 64 a sinistra: caso (g.1); a destra: caso (g.2)

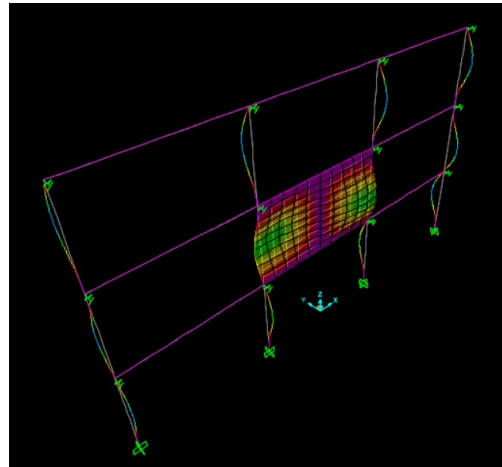
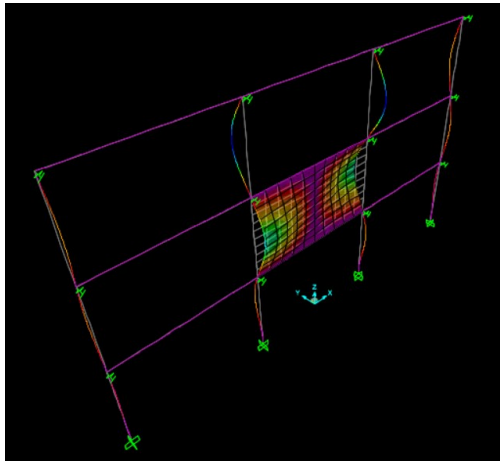


Figura 65 a sinistra: caso (h.1); a destra: modo 6 ad $E_t=42600 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$

Modo 2.2

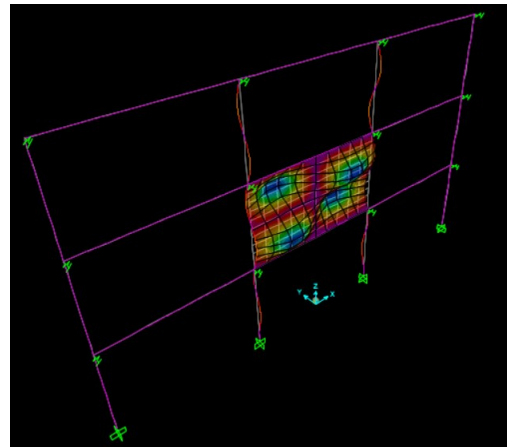
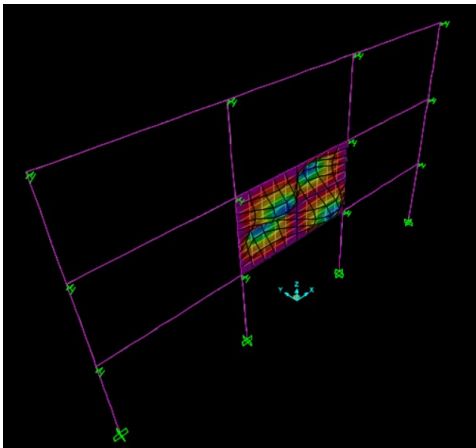


Figura 66 a sinistra: caso (a), caso (b), caso (c); a destra: caso (f.1)

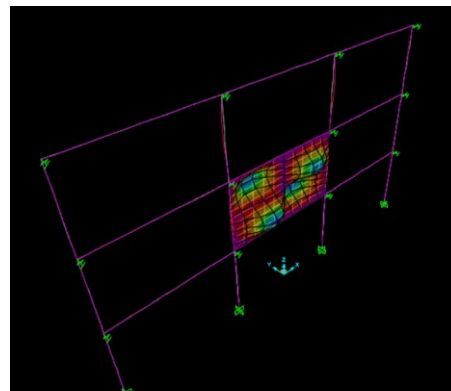
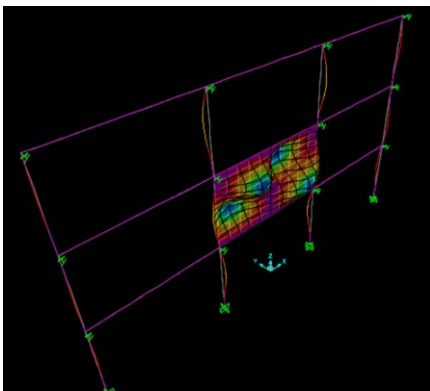


Figura 67 a sinistra: caso (d.1), caso (e.1); a destra: caso (d.2), caso (e.2)

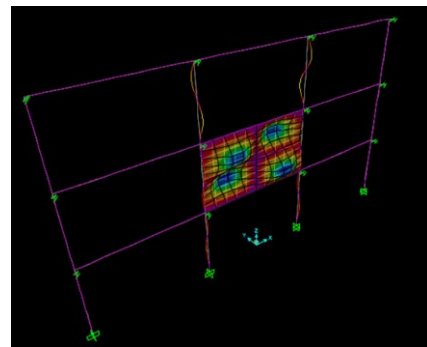
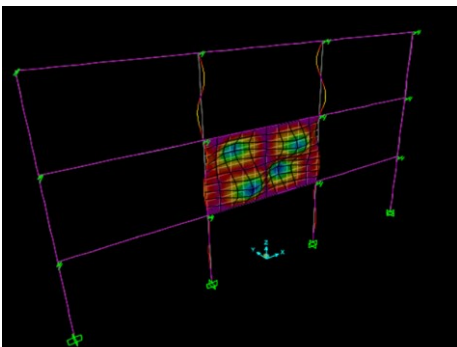


Figura 68 a sinistra: caso (f.2); a destra: caso (g.1)

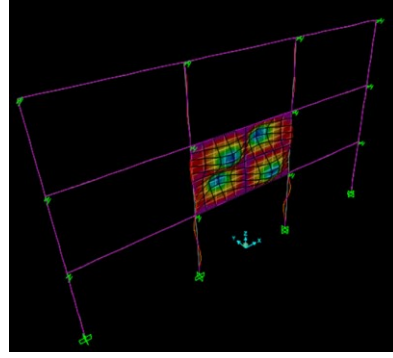
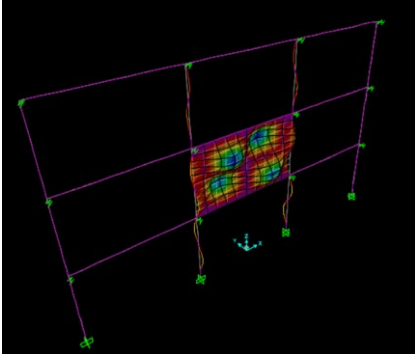


Figura 69 a sinistra: caso (g.2); a destra: caso (h.2)

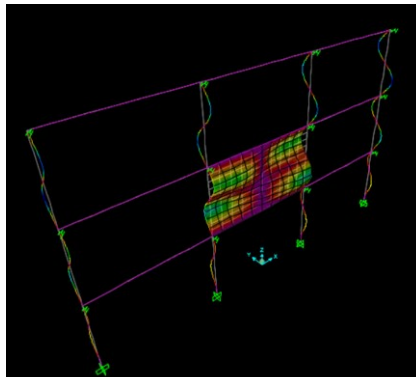


Figura 70 caso (i) e caso (h.1)

5.7.3 Risultati ottenuti

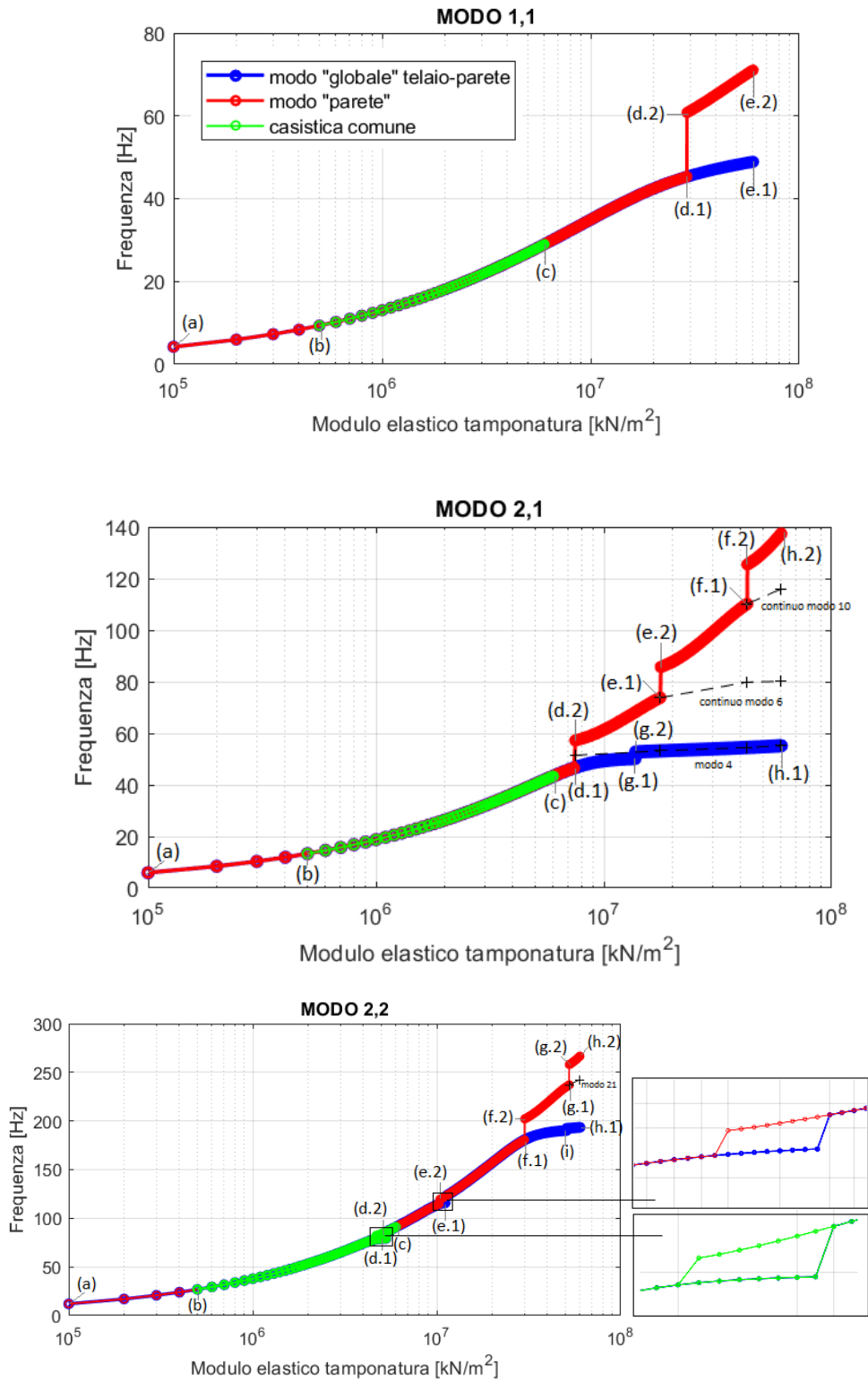


Figura 71 Diagrammi Modulo Elastico (Et) - frequenza

Etemp	MODO_1_1	
	F_1_G	F_1_P
100000	4.212081398	4.212081398
200000	5.943225742	5.943225742
300000	7.262457344	7.262457344
400000	8.367079468	8.367079468
500000	9.333723928	9.333723928
600000	10.20179692	10.20179692
700000	10.99476995	10.99476995
800000	11.72797705	11.72797705
900000	12.41209802	12.41209802
1000000	13.05492986	13.05492986
1100000	13.66237472	13.66237472
1200000	14.23903052	14.23903052
1300000	14.78856374	14.78856374
1400000	15.31395527	15.31395527
1500000	15.81766849	15.81766849
1600000	16.30176771	16.30176771
1700000	16.76800378	16.76800378
1800000	17.21787743	17.21787743
1900000	17.65268698	17.65268698
2000000	18.07356486	18.07356486
2100000	18.48150617	18.48150617
2200000	18.87739106	18.87739106
2300000	19.26200269	19.26200269
2400000	19.6360417	19.6360417
2500000	20.00013799	20.00013799
2600000	20.35486043	20.35486043
2700000	20.70072491	20.70072491
2800000	21.03820108	21.03820108
2900000	21.36771799	21.36771799
3000000	21.68968886	21.68968886
3100000	22.00441524	22.00441524
3200000	22.31229044	22.31229044
3300000	22.61360259	22.61360259
3400000	22.90863722	22.90863722
3500000	23.19765955	23.19765955
3600000	23.48091649	23.48091649
3700000	23.75863834	23.75863834
3800000	24.03104035	24.03104035
3900000	24.29832408	24.29832408
4000000	24.56067855	24.56067855
4100000	24.81828138	24.81828138
4200000	25.07129969	25.07129969
4300000	25.31989095	25.31989095
4400000	25.56420378	25.56420378
4500000	25.80437861	25.80437861
4600000	26.04054831	26.04054831
4700000	26.27283874	26.27283874
4800000	26.50136927	26.50136927
4900000	26.72625324	26.72625324
5000000	26.94759836	26.94759836
5100000	27.16550714	27.16550714
5200000	27.38007716	27.38007716
5300000	27.59140147	27.59140147
5400000	27.79956885	27.79956885
5500000	28.00466407	28.00466407
5600000	28.20676814	28.20676814
5700000	28.40595857	28.40595857
5800000	28.60230953	28.60230953
5900000	28.79589209	28.79589209
6000000	28.98677436	28.98677436
6100000	29.17502171	29.17502171
6200000	29.36069686	29.36069686

Etemp	MODO_1_1	
	F_1_G	F_1_P
28500000	45.211149	45.211149
28600000	45.23486	45.23486
28700000	45.25807	45.25807
28800000	45.28112	45.28112
28900000	45.30402	45.30402
29000000	45.32677	60.80177
29100000	45.34936	60.84402
29200000	45.37181	60.88623
29300000	45.39411	60.9284
29400000	45.41626	60.97053
29500000	45.43827	61.01263
29600000	45.46013	61.05469
29700000	45.48185	61.09671
29800000	45.50343	61.13869
29900000	45.52487	61.18063
30000000	45.54618	61.22254
30100000	45.56734	61.2644
30200000	45.58837	61.30622
39000000	47.0347	64.78002
39100000	47.04764	64.81681
39200000	47.06051	64.85354
39300000	47.07333	64.8902
39400000	47.08608	64.92679
39500000	47.09878	64.96332
42500000	47.45467	66.02846
53800000	48.47751	69.50296
53900000	48.4849	69.53
54000000	48.49228	69.55697
54100000	48.49962	69.58389
54200000	48.50695	69.61074
54300000	48.51425	69.63753
54400000	48.52153	69.66425
54500000	48.52879	69.69092
54600000	48.53602	69.71752
54700000	48.54323	69.74406
54800000	48.55042	69.77053
54900000	48.55759	69.79695
55000000	48.56473	69.8233
55100000	48.57186	69.84959
56800000	48.68965	70.28715
56900000	48.69639	70.31235
57000000	48.70311	70.33748
57100000	48.70981	70.36255
57200000	48.71649	70.38756
57300000	48.72315	70.41251
58000000	48.76922	70.58551
58100000	48.77572	70.60998
59000000	48.83339	70.82762
59100000	48.8397	70.8515
59200000	48.846	70.87534
59300000	48.85227	70.89911
59400000	48.85853	70.92282
59500000	48.86477	70.94648
59600000	48.87099	70.97008
59700000	48.8772	70.99362
59800000	48.88338	71.01711
59900000	48.88955	71.04054
60000000	48.8957	71.06391

Etemp	MODO_2_1	
	F_2_G	F_2_P
100000	5.976611332	5.976611332
200000	8.446406207	8.446406207
300000	10.33753463	10.33753463
400000	11.92842409	11.92842409
500000	13.32698938	13.32698938
600000	14.58860612	14.58860612
700000	15.74618561	15.74618561
800000	16.82117989	16.82117989
900000	17.8284942	17.8284942
1000000	18.77898319	18.77898319
1100000	19.68084204	19.68084204
1200000	20.54043734	20.54043734
1300000	21.36283117	21.36283117
1400000	22.15212639	22.15212639
1500000	22.91170249	22.91170249
1600000	23.64438165	23.64438165
1700000	24.35254865	24.35254865
1800000	25.03823948	25.03823948
1900000	25.70320801	25.70320801
2000000	26.34897708	26.34897708
2100000	26.97687815	26.97687815
2200000	27.58808258	27.58808258
2300000	28.1836266	28.1836266
2400000	28.76443132	28.76443132
2500000	29.33131912	29.33131912
2600000	29.88502705	29.88502705
2700000	30.42621792	30.42621792
2800000	30.95548959	30.95548959
2900000	31.47338265	31.47338265
3000000	31.98038709	31.98038709
3100000	32.47694774	32.47694774
3200000	32.96346911	32.96346911
3300000	33.44031941	33.44031941
3400000	33.90783409	33.90783409
3500000	34.36631882	34.36631882
3600000	34.81605217	34.81605217
3700000	35.25728787	35.25728787
3800000	35.6902568	35.6902568
3900000	36.11516879	36.11516879
4000000	36.53221412	36.53221412
4100000	36.9415649	36.9415649
4200000	37.34337627	37.34337627
4300000	37.7377875	37.7377875
4400000	38.12492291	38.12492291
4500000	38.5048928	38.5048928
4600000	38.87779419	38.87779419
4700000	39.24371158	39.24371158
4800000	39.60271759	39.60271759
4900000	39.95487366	39.95487366
5000000	40.30023057	40.30023057
5100000	40.63882913	40.63882913
5200000	40.97070069	40.97070069
5300000	41.29586777	41.29586777
5400000	41.61434467	41.61434467
5500000	41.92613808	41.92613808
5600000	42.23124778	42.23124778
5700000	42.52966729	42.52966729
5800000	42.82138471	42.82138471
5900000	43.10638343	43.10638343
6000000	43.38464309	43.38464309
7400000	46.56128648	46.56128648
7500000	46.73672951	57.22251474

Etemp	MODO_2_1	
	F_2_G	F_2_P
10000000	49.30871	61.32032
17000000	53.11214	72.98006
17100000	53.12131	73.09907
17200000	53.13038	73.21636
17300000	53.13936	73.33195
17400000	53.14826	73.44583
17500000	53.15708	73.558
17600000	53.16582	73.66847
17700000	53.17447	73.77722
17800000	53.18305	85.72714
17900000	53.19155	85.80628
18000000	53.19998	85.88651
18100000	53.20834	85.96783
18200000	53.21662	86.05023
18300000	53.22484	86.13371
18400000	53.23299	86.21827
18500000	53.24107	86.30388
18600000	53.24909	86.39055
18700000	53.25704	86.47826
18800000	53.26493	86.56701
18900000	53.27277	86.65678
19000000	53.28054	86.74756
19100000	53.28825	86.83934
19200000	53.29591	86.9321
19300000	53.30351	87.02584
19400000	53.31105	87.12053
19500000	53.31854	87.21616
19600000	53.32598	87.31271
19700000	53.33337	87.41017
19800000	53.34071	87.50852
19900000	53.348	87.60775
20000000	53.35524	87.70782
30000000	53.93456	99.18957
42400000	54.49113	110.0503
42500000	54.4953	110.1112
42600000	54.49946	110.1716
42700000	54.50362	125.4291
42800000	54.50777	125.483
59000000	55.14216	136.6287
59100000	55.14588	136.7043
59200000	55.1496	136.78
59300000	55.15332	136.8556
59400000	55.15703	136.9313
59500000	55.16074	137.0069
59600000	55.16445	137.0826
59700000	55.16816	137.1583
59800000	55.17187	137.234
59900000	55.17557	137.3097
60000000	55.17927	137.3853

Tabella 16 tabella modo 1.1 e tabella 2.1

Etamp	MODO_2_2		Etamp	MODO_2_2	
	F 2 2 G	F 2 2 P		F 2 2 G	F 2 2 P
100000	12.02582303	12.02582303	10000000	113.6367	113.6367
200000	16.99865907	16.99865907	10100000	113.9459	113.9459
300000	20.80869281	20.80869281	10200000	114.2286	114.2286
400000	24.01586484	24.01586484	10300000	114.4852	114.4852
500000	26.83717189	26.83717189	10400000	114.7169	119.4966
600000	29.38395105	29.38395105	10500000	114.9256	119.8418
700000	31.72236401	31.72236401	10600000	115.1132	120.2125
800000	33.8955266	33.8955266	10700000	115.2819	120.6004
900000	35.93338399	35.93338399	10800000	115.434	121.0016
1000000	37.85772468	37.85772468	10900000	115.5715	121.4135
1100000	39.68496777	39.68496777	11000000	115.6962	121.834
1200000	41.42781474	41.42781474	11100000	115.8099	122.2613
1300000	43.09626267	43.09626267	11200000	122.6942	122.6942
1400000	44.69819986	44.69819986	11300000	123.1314	123.1314
1500000	46.23958944	46.23958944	11400000	123.5719	123.5719
1600000	47.72364597	47.72364597	11500000	124.0149	124.0149
1700000	49.14270942	49.14270942	11600000	124.4597	124.4597
1800000	50.70121045	50.70121045	11700000	124.9058	124.9058
1900000	51.9398589	51.9398589	11800000	125.3526	125.3526
2000000	53.42497203	53.42497203	11900000	125.7997	125.7997
2100000	54.61149875	54.61149875	12000000	126.2469	126.2469
2200000	55.84891882	55.84891882	29500000	179.8502	179.8502
2300000	57.06587638	57.06587638	29600000	179.9997	179.9997
2400000	58.25738123	58.25738123	29700000	180.1474	180.1474
2500000	59.42331843	59.42331843	29800000	180.2932	180.2932
2600000	60.56447419	60.56447419	29900000	180.437	180.437
2700000	61.68182189	61.68182189	30000000	180.579	180.579
2800000	62.77632759	62.77632759	30100000	180.719	202.1434
2900000	63.8488832	63.8488832	30200000	180.8573	202.2842
3000000	64.90027827	64.90027827	30300000	180.9936	202.4261
3100000	65.93118316	65.93118316	30400000	181.1281	202.569
3200000	66.94213295	66.94213295	30500000	181.2608	202.7131
3300000	67.93350631	67.93350631	30600000	181.3917	202.8582
3400000	68.90549374	68.90549374	30700000	181.5208	203.0045
3500000	69.8580489	69.8580489	30800000	181.6481	203.1518
3600000	70.79081268	70.79081268	30900000	181.7736	203.3001
3700000	71.70299382	71.70299382	31000000	181.8974	203.4495
3800000	72.59317927	72.59317927	32000000	183.0427	204.9972
3900000	73.45902955	73.45902955	52200000	192.5625	236.8801
4000000	74.29678885	74.29678885	52300000	192.5729	236.9805
4100000	75.10051374	75.10051374	52400000	192.5834	237.08
4200000	75.86095269	75.86095269	52500000	192.5938	237.1787
4300000	76.564293	76.564293	52600000	192.6043	258.0043
4400000	77.19199104	77.19199104	52700000	192.6149	258.1029
4500000	77.72459314	77.72459314	52800000	192.6254	258.2022
4600000	78.15122697	78.15122697	52900000	192.636	258.3021
4700000	78.47769312	82.0880011	53000000	192.6466	258.4026
4800000	78.72297035	82.62149231	59000000	193.3115	265.3608
4900000	78.90867773	83.2373267	59100000	193.3228	265.4889
5000000	79.05240583	83.90216518	59200000	193.334	265.6173
5100000	79.16656836	84.59495286	59300000	193.3453	265.7459
5200000	79.25951606	85.30315513	59400000	193.3566	265.8748
5300000	79.33685324	86.01922839	59500000	193.3679	266.004
5400000	86.73850402	86.73850402	59600000	193.3791	266.1334
5500000	87.45800664	87.45800664	59700000	193.3904	266.263
5600000	88.17579003	88.17579003	59800000	193.4017	266.393
5700000	88.8905539	88.8905539	59900000	193.4129	266.5231
5800000	89.60141541	89.60141541	60000000	193.4242	266.6535
5900000	90.30776874	90.30776874			
6000000	91.00919604	91.00919604			
6100000	91.70540934	91.70540934			
6200000	92.39621185	92.39621185			

Tabella 17 Tabella 2.2

In generale parlando dell'influenza del modulo elastico della tamponatura sul comportamento dinamico fuori piano della stessa, per i vari modi possiamo dire che:

- Per tutti e tre i modi, a partire dal modulo elastico pari a $100 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ e con valori via via crescenti si ha un aumento ordinato delle frequenze ed un'unica forma modale individuata dagli algoritmi nel modo considerato (*Figura 57 a sinistra* per il modo 1.1, *Figura 60 a sinistra* per il modo 2.1, *Figura 66 a sinistra* per il modo 2.2), fino ai valori:
 - $E_t = 28900 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ per il modo 1.1 (*Figura 57 a destra*);
 - $E_t = 7400 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ per il modo 2.1 (*Figura 60 a destra*);
 - $E_t = 30000 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ per il modo 2.2 (*Figura 66 a destra*);

2. All'interno dei suddetti range troviamo anche la casistica comune per costruzioni ordinarie a telaio in cemento armato, considerata per valori che vanno da $500 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ fino a $6000 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ per tutti i casi (dal punto (b) al punto (c) dei diagrammi).

3. A partire dai valori subitamente successivi a quelli elencati al punto 1, e cioè per moduli elastici pari a:

- $E_t = 29000 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ per il modo 1.1;
- $E_t = 7500 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ per il modo 2.1;
- $E_t = 30100 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ per il modo 2.2;

si ha la divisione dei modi nelle rispettive forme "globali" (*Figura 58 a destra* per il modo 1.1, *Figura 64 a sinistra* per il modo 2.1, *Figura 70 a sinistra* per il modo 2.2), e forme della "parete" (*Figura 58 a sinistra* per il modo 1.1, *Figura 61 a sinistra* per il modo 2.1, *Figura 68 a sinistra* per il modo 2.2);

4. Andando ad aumentare il valore del modulo elastico, notiamo all'interno della casistica del modo 2.1 "parete" e 2.2 "parete" ulteriori salti di frequenza (*e.1 - e.2, f.1 - f.2* per il modo 2.1; *g.1 - g.2* per il modo 2.2). Questo fenomeno dipende dalla mutazione delle forme modali all'aumentare del modulo elastico. Infatti, le forme modali non risultano sempre ben definite e simmetriche per tutta la casistica studiata, ma alcuni modi tendono a modificare le "panche" a tal punto da "scompare" o diventare classificabile secondo un'altra forma modale. Queste mutazioni danno origine alla compresenza quindi di più forme modali potenzialmente selezionabili dall'algoritmo stesso. A partire dalla divisione delle forme modali in "globale" e "parete", all'interno di ogni "step" esistono più di due modi potenzialmente selezionabili. Prendendo ad esempio la forma modale 2.1, il modo 6 selezionato allo step *d.2* ($E_t = 7500 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$, *Figura 61 a sinistra*), viene sostituito dal modo 10 allo step *e.2* ($E_t = 17800 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$, *Figura 62 a sinistra*) pur restando ancora esistente; continuando ad aumentare il modulo elastico fino ad un valore di $42600 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ (*f.1*) possiamo vedere come il modo 6 abbia assunto le caratteristiche per essere individuato dall'algoritmo del modo "globale" (*Figura 65 a destra*), mentre invece il 10 è quello che più si avvicina al modo definibile della "parete" (*Figura 62 a destra*). Ciò sta a significare che il passaggio ed in generale i passaggi ai modi successivi avvengono comunque, ma il "dove", esistendo in contemporanea più modi selezionabili, viene determinato sulla base degli spostamenti modali dei punti di studio scelti che maggiormente rispettano i requisiti richiesti dall'algoritmo stesso.

Il medesimo fenomeno avviene anche nel modo “globale” 2.1 ai punti *g.1* e *g.2* del diagramma (*Figura 64 a destra ed a sinistra*) e nel modo “globale” 2.2 ai punti *i* e *h.1* del diagramma (*Figura 70*).

5. Per il modo 2.2 particolare attenzione va posta ai punti *d.1*, *d.2*, *e.1*, *e.2*. Il fenomeno descritto al punto 4 si verifica per valori di modulo elastico che vanno da $4700 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ a $5300 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ e da $10400 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ fino a $11100 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$. Per questi valori alcune forme modali mutando assumono via via spostamenti modali e caratteristiche idonee per essere selezionate in maniera separata dai due algoritmi di individuazione (*Figura 67 sinistra e destra*). Tra i due range le variazioni continuano a tal punto da rendere nuovamente individuabile un’unica forma modale per entrambi gli algoritmi fino ad una nuova individuazione separata successiva nel range che va da $10400 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ fino a $11100 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$. Oltre questi valori il fenomeno svanisce lentamente fino ad una separazione definitiva dei modi in “globale” e “parete” a partire dal valore scritto al punto 1.

6. In generale possiamo notare come per tutti i modi, la forma “globale” tende via via ad assumere un andamento costante, mentre quella della “parete” ha un comportamento all’incirca esponenziale.

7. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all’interno dei modi “globali” considerati, espressa in percentuale ed in riferimento alla massima del modo è pari a $\Delta F = (F_{\max} - F_{\min}) / F_{\max}$:

- 91.39% per il modo 1.1;
- 89.17% per il modo 2.1;
- 93.78% per il modo 2.2;

8. La variazione di frequenza espressa in percentuale tra la massima e la minima riferita invece al range di casistica comune di ogni modo e valutata tramite la formula $\Delta F = (F_{\max} - F_{\min}) / F_{\max}$ è pari a:

- 67.80% per il modo 1.1;
- 69.28% per il modo 2.1;
- 70.51% per il modo 2.2;

percentuali rilevanti in rapporto a quelle riferite all’intero caso di studio “globale” del parametro, per i vari modi.

5.8 Variazione COEFFICIENTE DI POISSON

Per tutti i casi precedentemente studiati, il coefficiente di Poisson per la tamponatura, indicato come Nit all'interno dei fogli di calcolo è rimasto invariato e posto pari a 0.25.

Nel presente paragrafo di studio si vogliono invece analizzare gli effetti della variazione del coefficiente ν (coefficiente di Poisson) sul comportamento dinamico della tamponatura all'interno del telaio.

Essendo il coefficiente scientificamente definito come un valore compreso tra $0 \leq \nu \leq 0.5$, i valori all'interno del nostro caso di studio sono stati fatti variare a partire da 0.01 con un incremento ad ogni step pari a 0.01 fino al valore di 0.5.

È stata posta come casistica comune per costruzioni ordinarie quella con valori di Poisson compresi tra 0.2 e 0.25.

Il procedimento di analisi e le forme modali analizzate sono state le medesime degli altri parametri di studio ed i risultati ottenuti sono stati schematizzati tramite tabella, diagrammati tramite grafici ν – Frequenza ed implementati con opportune osservazioni.

5.8.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for Nit = 0.01 : 0.01 : 0.5;
    Nitamp(aa,1)= Nit;

%assign isotropic mechanical properties
ret =
SM.PropMaterial.SetMPIsotropic('TAMPTIPO',Et,Nit);
```

Figura 72 ciclo variazione valori del parametro

5.8.2 Esempi di forme modali individuate

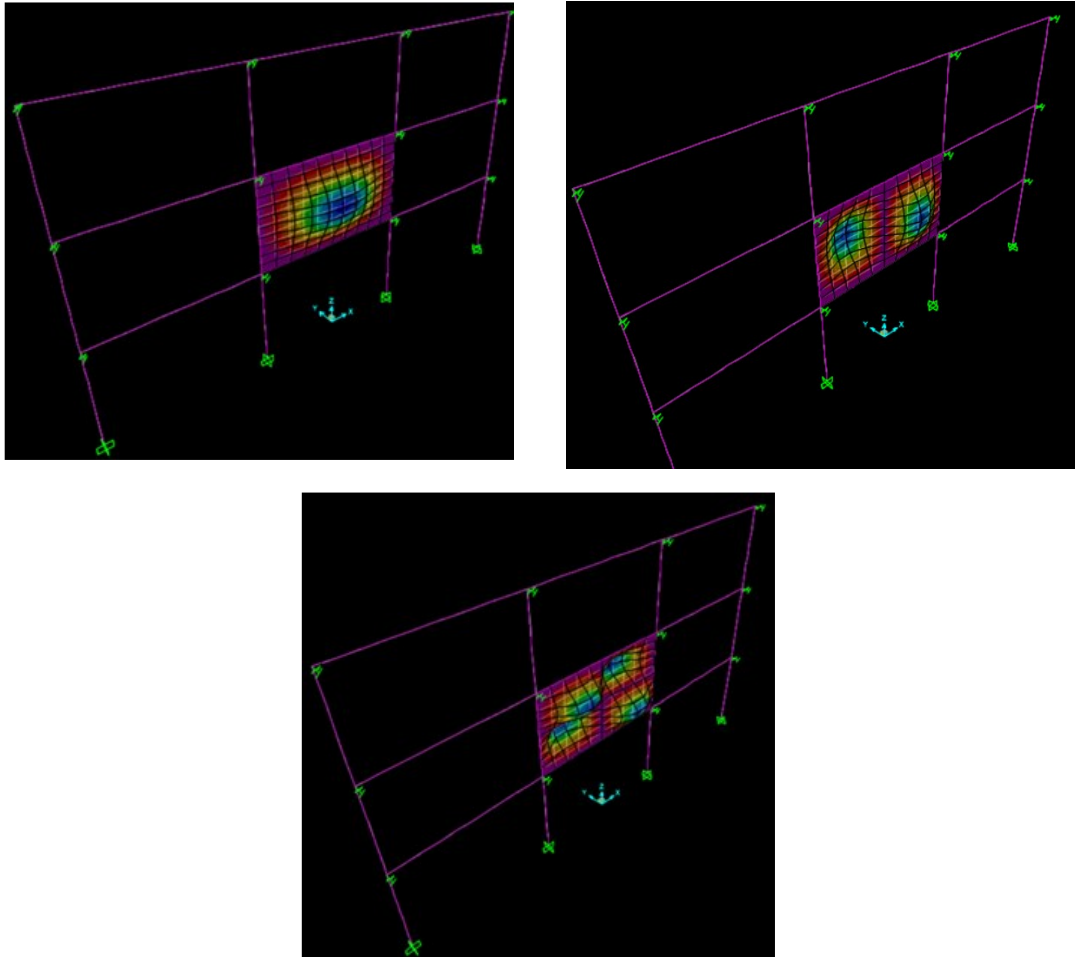


Figura 73 Deformazione tipica del modo 1.1 "parete", del modo 2.1 "parete" e del modo 2.2 "parete"

5.8.3 Risultati ottenuti

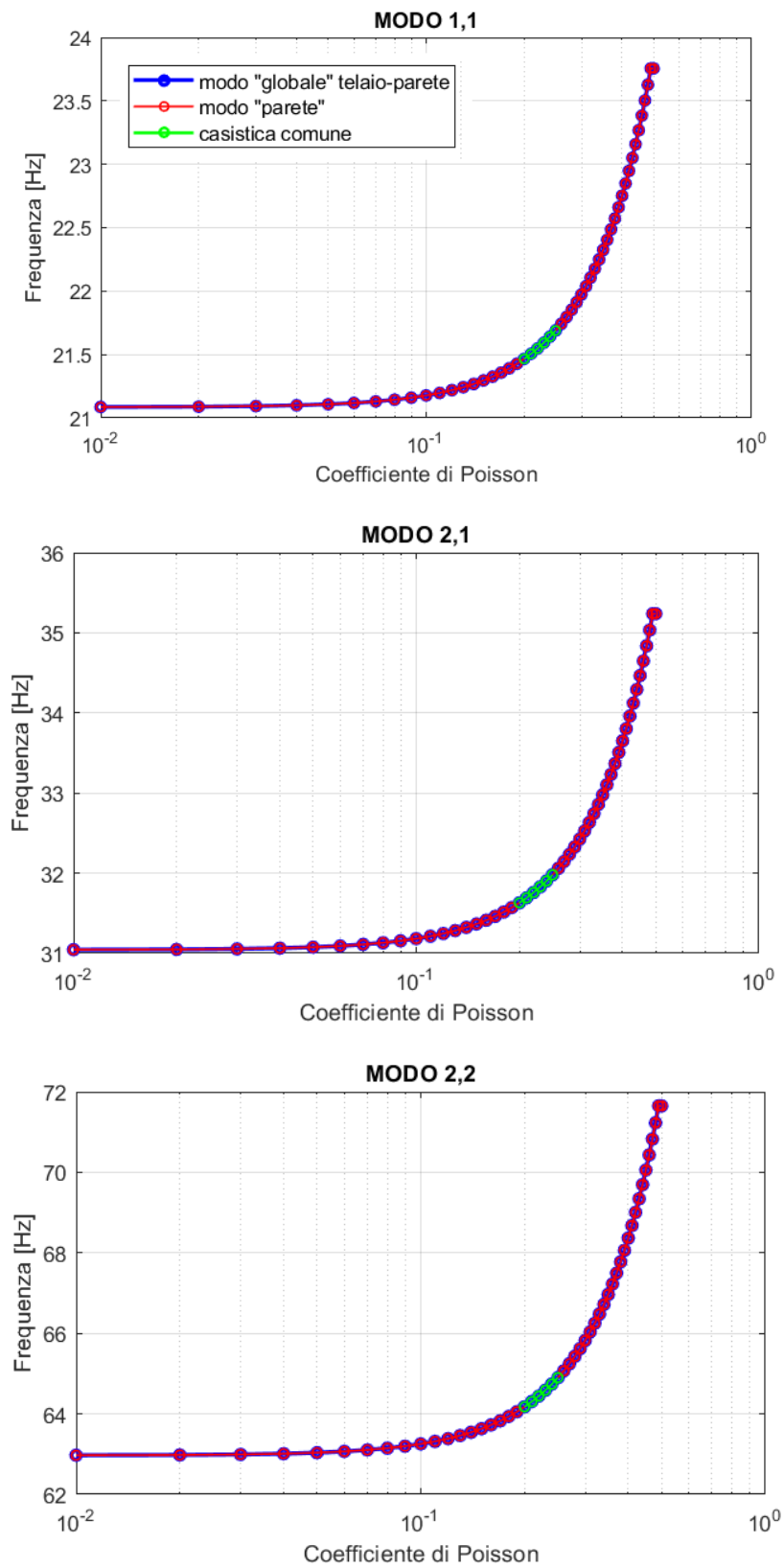


Figura 74 Coefficiente di Poisson ν – Frequenza;

Nitamp	MODO_1_1		Nitamp	MODO_2_1		Nitamp	MODO_2_2	
	F_1_G	F_1_P		F_2_G	F_2_P		F_2_2_G	F_2_2_P
0.01	21.08639455	21.08639455	0.01	31.04511223	31.04511223	0.01	62.97260483	62.97260483
0.02	21.08896594	21.08896594	0.02	31.04857177	31.04857177	0.02	62.97932111	62.97932111
0.03	21.09341061	21.09341061	0.03	31.05497411	31.05497411	0.03	62.99213042	62.99213042
0.04	21.09973228	21.09973228	0.04	31.06432521	31.06432521	0.04	63.01104525	63.01104525
0.05	21.10799616	21.10799616	0.05	31.07663353	31.07663353	0.05	63.03608338	63.03608338
0.06	21.11802899	21.11802899	0.06	31.09191	31.09191	0.06	63.06726788	63.06726788
0.07	21.13001904	21.13001904	0.07	31.11016808	31.11016808	0.07	63.10462721	63.10462721
0.08	21.14391614	21.14391614	0.08	31.13142378	31.13142378	0.08	63.14819525	63.14819525
0.09	21.1597317	21.1597317	0.09	31.15569571	31.15569571	0.09	63.19801142	63.19801142
0.1	21.17747871	21.17747871	0.1	31.1830051	31.1830051	0.1	63.25412071	63.25412071
0.11	21.19717182	21.19717182	0.11	31.21337584	31.21337584	0.11	63.31657384	63.31657384
0.12	21.21882733	21.21882733	0.12	31.2468346	31.2468346	0.12	63.38542735	63.38542735
0.13	21.24246326	21.24246326	0.13	31.28341081	31.28341081	0.13	63.46074371	63.46074371
0.14	21.26809935	21.26809935	0.14	31.32313679	31.32313679	0.14	63.54259154	63.54259154
0.15	21.29575715	21.29575715	0.15	31.36604778	31.36604778	0.15	63.63104567	63.63104567
0.16	21.32546005	21.32546005	0.16	31.41218207	31.41218207	0.16	63.72618739	63.72618739
0.17	21.35723335	21.35723335	0.17	31.46158105	31.46158105	0.17	63.82810461	63.82810461
0.18	21.39110428	21.39110428	0.18	31.51428934	31.51428934	0.18	63.93689209	63.93689209
0.19	21.42710213	21.42710213	0.19	31.5703549	31.5703549	0.19	64.05265163	64.05265163
0.2	21.46525826	21.46525826	0.2	31.6298291	31.6298291	0.2	64.17549234	64.17549234
0.21	21.50560624	21.50560624	0.21	31.69276693	31.69276693	0.21	64.30553089	64.30553089
0.22	21.54818188	21.54818188	0.22	31.75922707	31.75922707	0.22	64.44289183	64.44289183
0.23	21.59302335	21.59302335	0.23	31.82927206	31.82927206	0.23	64.58770781	64.58770781
0.24	21.64017128	21.64017128	0.24	31.90296848	31.90296848	0.24	64.74011997	64.74011997
0.25	21.68966886	21.68966886	0.25	31.98038709	31.98038709	0.25	64.90027827	64.90027827
0.26	21.74156196	21.74156196	0.26	32.06160305	32.06160305	0.26	65.06834183	65.06834183
0.27	21.79589924	21.79589924	0.27	32.14669611	32.14669611	0.27	65.24447932	65.24447932
0.28	21.85273232	21.85273232	0.28	32.23575082	32.23575082	0.28	65.42886937	65.42886937
0.29	21.91211591	21.91211591	0.29	32.32885677	32.32885677	0.29	65.62170098	65.62170098
0.3	21.97410793	21.97410793	0.3	32.42610883	32.42610883	0.3	65.82317399	65.82317399
0.31	22.03876976	22.03876976	0.31	32.52760742	32.52760742	0.31	66.03349948	66.03349948
0.32	22.10616634	22.10616634	0.32	32.6345884	32.6345884	0.32	66.25290028	66.25290028
0.33	22.17636642	22.17636642	0.33	32.7437755	32.7437755	0.33	66.48161139	66.48161139
0.34	22.24944278	22.24944278	0.34	32.85867632	32.85867632	0.34	66.71988051	66.71988051
0.35	22.3254724	22.3254724	0.35	32.97828706	32.97828706	0.35	66.96796842	66.96796842
0.36	22.40453681	22.40453681	0.36	33.1027407	33.1027407	0.36	67.22614943	67.22614943
0.37	22.48672225	22.48672225	0.37	33.23217785	33.23217785	0.37	67.49471171	67.49471171
0.38	22.57212007	22.57212007	0.38	33.36674722	33.36674722	0.38	67.77395761	67.77395761
0.39	22.66082697	22.66082697	0.39	33.50660602	33.50660602	0.39	68.06420372	68.06420372
0.4	22.75294539	22.75294539	0.4	33.65192055	33.65192055	0.4	68.36578091	68.36578091
0.41	22.84858386	22.84858386	0.41	33.80286667	33.80286667	0.41	68.67903391	68.67903391
0.42	22.94785743	22.94785743	0.42	33.95963041	33.95963041	0.42	69.00432064	69.00432064
0.43	23.05088812	23.05088812	0.43	34.12240858	34.12240858	0.43	69.34201091	69.34201091
0.44	23.15780538	23.15780538	0.44	34.29140942	34.29140942	0.44	69.69248432	69.69248432
0.45	23.26874662	23.26874662	0.45	34.46685331	34.46685331	0.45	70.05612699	70.05612699
0.46	23.38385782	23.38385782	0.46	34.6489735	34.6489735	0.46	70.43332674	70.43332674
0.47	23.50329413	23.50329413	0.47	34.83801687	34.83801687	0.47	70.82446577	70.82446577
0.48	23.62722058	23.62722058	0.48	35.03424482	35.03424482	0.48	71.22990993	71.22990993
0.49	23.75581282	23.75581282	0.49	35.23793408	35.23793408	0.49	71.64999285	71.64999285
0.5	23.75581282	23.75581282	0.5	35.23793408	35.23793408	0.5	71.64999285	71.64999285

Tabella 18 Tabella modo 1.1, 2.1, 2.2

In generale parlando dell'influenza del coefficiente di Poisson della tamponatura sul comportamento dinamico fuori piano della stessa, per i modi analizzati possiamo dire che:

1. La frequenza aumenta in maniera esponenziale all'aumentare del coefficiente di Poisson;
2. La forma modale è univoca per entrambi gli algoritmi "globale" e "parete" di tutti e tre i modi (Figura 73);
3. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all'interno dei modi considerati, espressa in percentuale e pari a $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$, per ogni modo è uguale a :

- 11.24% per il modo 1.1;

- 11.90% per il modo 2.1;
 - 12.11% per il modo 2.2;
4. In riferimento alla casistica comune all'interno di ogni modo la variazione tra la massima e la minima frequenza valutata con la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$, è pari a:
- 1.03% per il modo 1.1;
 - 1.10% per il modo 2.1;
 - 1.12% per il modo 2.2;

Percentuali non molto rilevanti rispetto ai corrispettivi valori riguardanti la variazione “globale” dei modi considerati.

5.9 Variazione MASSA tamponatura

Lo studio dell'influenza della massa della tamponatura sul comportamento dinamico fuori piano della stessa è stato analizzato facendo variare il peso specifico dell'elemento non strutturale e lasciandone costanti le dimensioni (altezza $H=3m$, larghezza $L=5m$, spessore $S_m=0.1m$). La massa è stata poi definita come il prodotto tra peso specifico e volume dell'elemento $\rightarrow m = \gamma \cdot V$.

Il peso specifico, (“Gammat” nel codice Matlab), è stato fatto variare a partire dal valore di 0.5 kN/m^3 fino al valore di 50 kN/m^3 , con incremento ad ogni step pari a 0.5 kN/m^3 .

È stato poi individuato il range di “casistica comune”, ovvero situazioni facilmente riscontrabili in strutture ordinarie a telaio in CA. Come valore massimo di peso specifico è stato definito 22 kN/m^3 (Tabella C 8.5.1 della Circolare 7 del 2019 per le NTC2018, peso specifico medio per murature esistenti), mentre per il valore minimo si è definito un peso specifico medio di 4 kN/m^3 in base ai materiali comunemente reperibili.

Il processo di analisi e le forme modali analizzate sono state le medesime degli altri parametri, i risultati ottenuti sono stati schematizzati tramite tabelle, diagrammati tramite grafici Massa – Frequenza ed implementati con opportune osservazioni.

5.9.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for Gammat = 0.5 : 0.5 : 50;
    Gammatamp(aa,1) = Gammat;

    %assign material property weight per unit volume
    ret = SM.PropMaterial.SetWeightAndMass('TAMP TIPO',1,Gammat)
```

Figura 75 ciclo variazione valori del parametro

5.9.2 Esempi di forme modali individuate

Modo 1.1

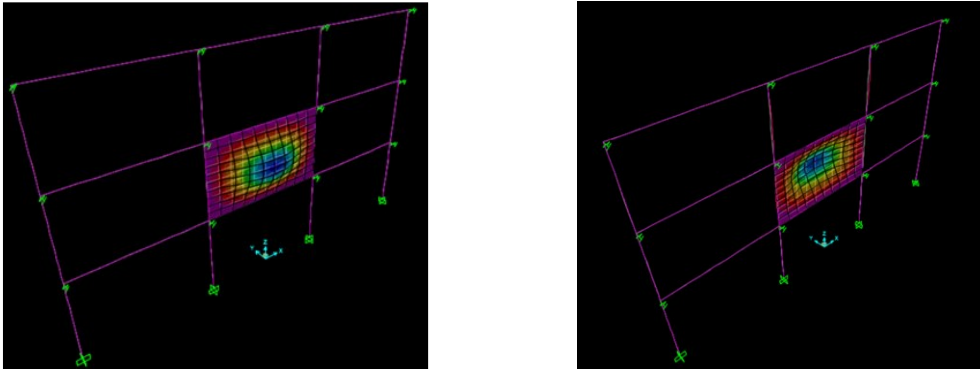


Figura 76 a sinistra: caso (a), caso (b), caso (c), caso (f.2); a destra: caso (d), caso (e.2)

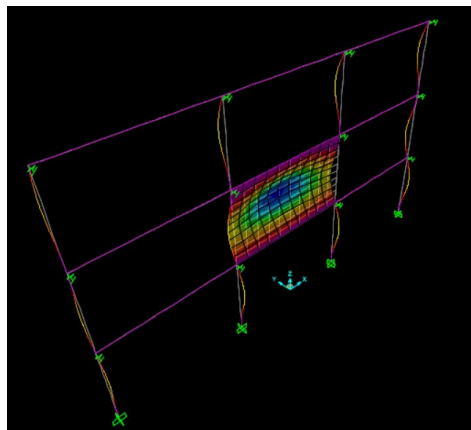


Figura 77 a sinistra: caso (e.1) caso (f.1)

Modo 2.1

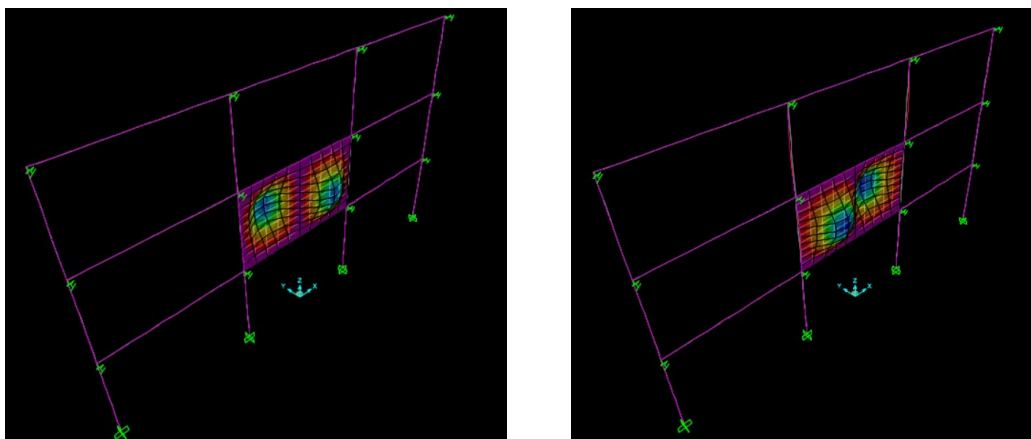


Figura 78 a sinistra: caso (a), caso (b) caso (d.2), caso (e.2); a destra: caso (c)

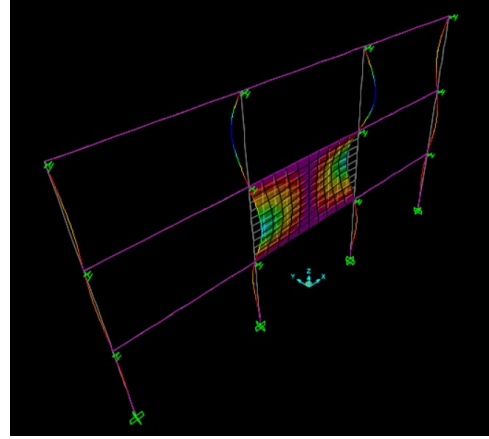
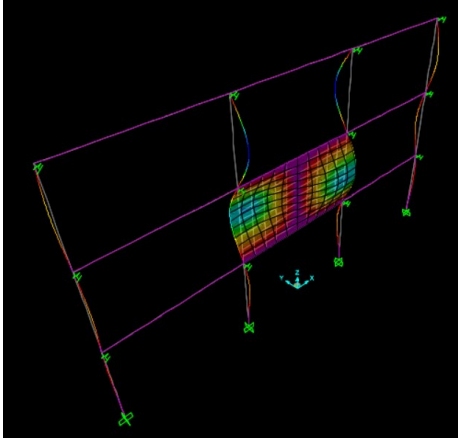


Figura 79 a sinistra: caso (e.1) modo 4; a destra: caso (d.1) modo 4

Modo 2.2

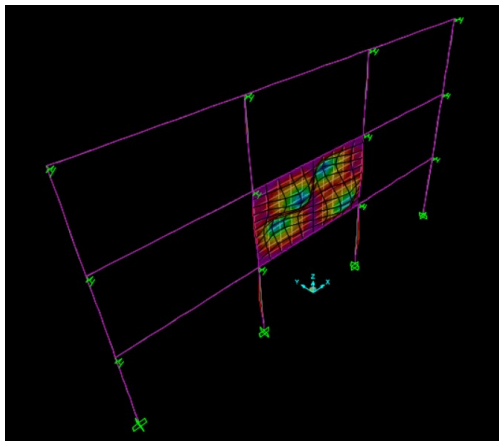
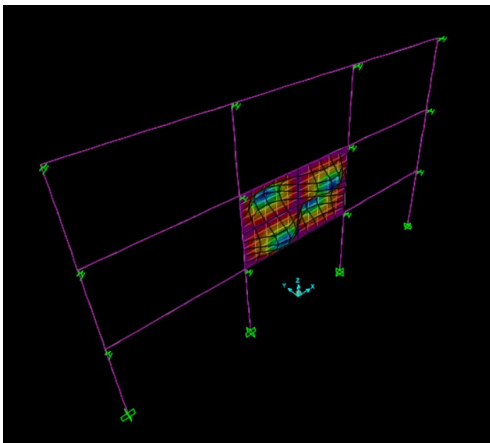


Figura 80 a sinistra: caso (a), caso (b) caso (c), caso (e), caso (f.2); a destra: caso (d.2)

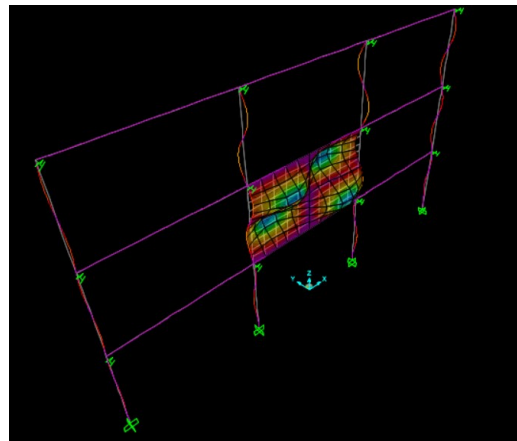
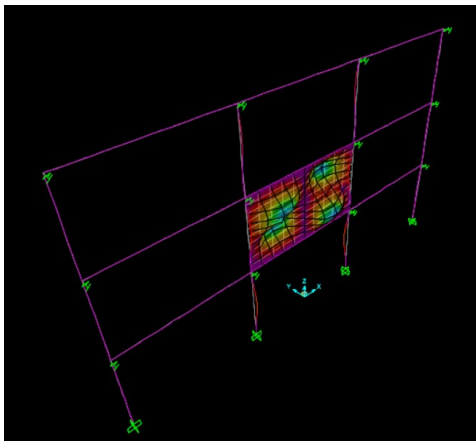


Figura 81 a sinistra: caso (d.1); a destra: caso (f.1)

5.9.3 Risultati ottenuti

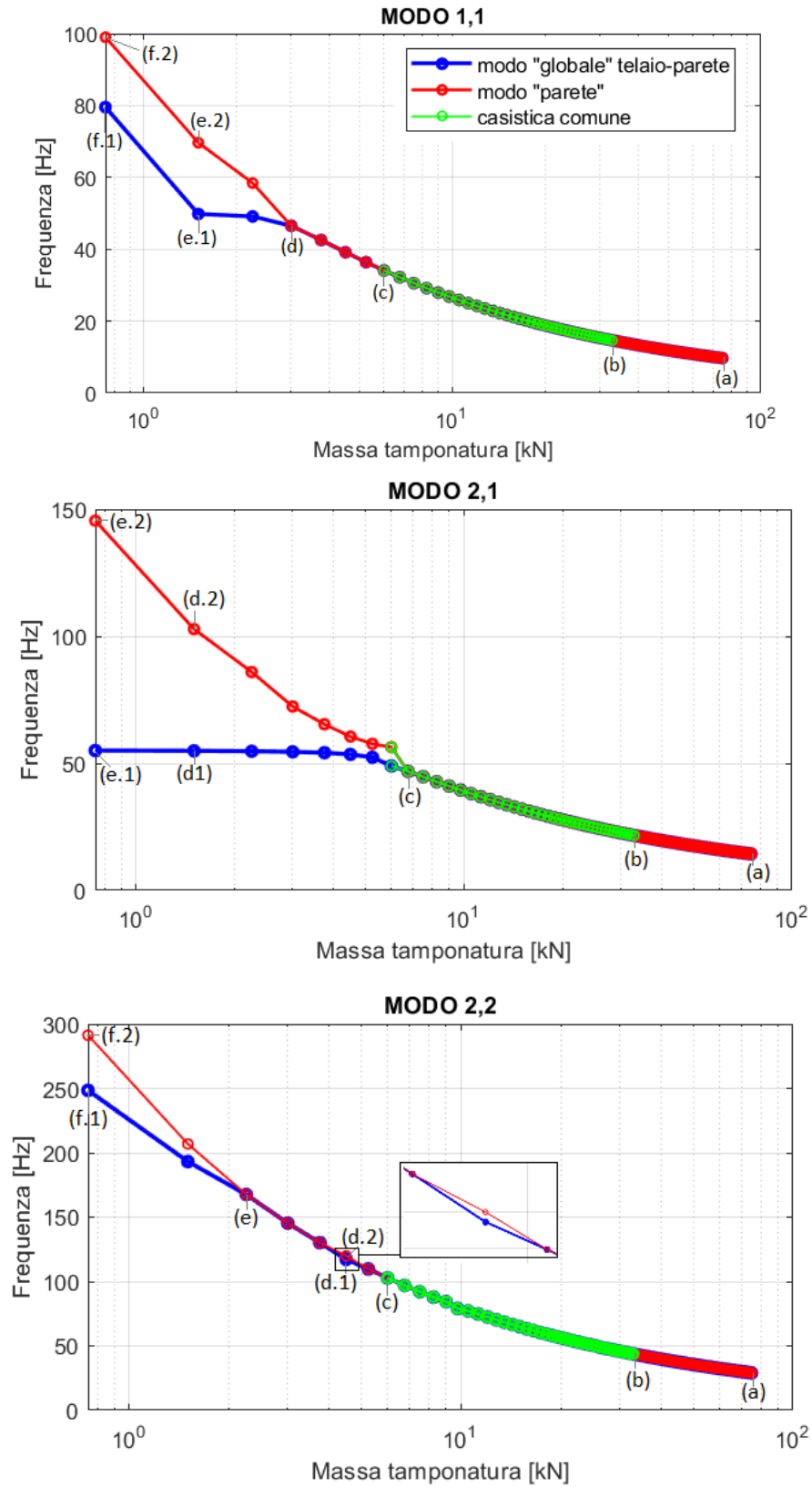


Figura 82 Massa – Frequenza

Gammat	MASSA	MODO_1_1	
		F_1_G	F_1_P
0.5	0.75	79.54390623	98.99158117
1	1.5	49.81752602	69.64680555
1.5	2.25	49.13032931	58.41683158
2	3	46.51858978	46.51858978
2.5	3.75	42.58180894	42.58180894
3	4.5	39.1653698	39.1653698
3.5	5.25	36.38892905	36.38892905
4	6	34.10844744	34.10844744
4.5	6.75	32.20051113	32.20051113
5	7.5	30.57656388	30.57656388
5.5	8.25	29.17371533	29.17371533
6	9	27.94653277	27.94653277
6.5	9.75	26.8614695	26.8614695
7	10.5	25.89322144	25.89322144
7.5	11.25	25.02232688	25.02232688
8	12	24.23355494	24.23355494
8.5	12.75	23.51480001	23.51480001
9	13.5	22.85630705	22.85630705
9.5	14.25	22.25011801	22.25011801
10	15	21.68966886	21.68966886
10.5	15.75	21.16949147	21.16949147
11	16.5	20.68498957	20.68498957
11.5	17.25	20.23226816	20.23226816
12	18	19.80800194	19.80800194
12.5	18.75	19.40933259	19.40933259
13	19.5	19.03378784	19.03378784
13.5	20.25	18.67921698	18.67921698
14	21	18.34373907	18.34373907
14.5	21.75	18.02570098	18.02570098
15	22.5	17.72364312	17.72364312
15.5	23.25	17.4362713	17.4362713
16	24	17.16243337	17.16243337
16.5	24.75	16.90109981	16.90109981
17	25.5	16.65134744	16.65134744
17.5	26.25	16.41234576	16.41234576
18	27	16.18334525	16.18334525
18.5	27.75	15.96366756	15.96366756
19	28.5	15.75269702	15.75269702
19.5	29.25	15.54987341	15.54987341
20	30	15.35468568	15.35468568
20.5	30.75	15.16666655	15.16666655
21	31.5	14.98538782	14.98538782
21.5	32.25	14.81045625	14.81045625
22	33	14.64150995	14.64150995
22.5	33.75	14.47821531	14.47821531
23	34.5	14.32026416	14.32026416
23.5	35.25	14.16737133	14.16737133
24	36	14.01927255	14.01927255
24.5	36.75	13.87572243	13.87572243
25	37.5	13.73649285	13.73649285

Gammat	MASSA	MODO_1_1	
		F_1_G	F_1_P
25.5	38.25	13.60137138	13.60137138
26	39	13.4701599	13.4701599
26.5	39.75	13.34267345	13.34267345
27	40.5	13.21873907	13.21873907
27.5	41.25	13.09819484	13.09819484
28	42	12.98088899	12.98088899
28.5	42.75	12.86667908	12.86667908
29	43.5	12.7554313	12.7554313
29.5	44.25	12.64701981	12.64701981
30	45	12.54132611	12.54132611
30.5	45.75	12.43823852	12.43823852
31	46.5	12.33765169	12.33765169
31.5	47.25	12.23946612	12.23946612
32	48	12.14358778	12.14358778
32.5	48.75	12.04992771	12.04992771
33	49.5	11.95840168	11.95840168
33.5	50.25	11.86892987	11.86892987
34	51	11.78143657	11.78143657
34.5	51.75	11.69584993	11.69584993
35	52.5	11.6121017	11.6121017
35.5	53.25	11.53012699	11.53012699
36	54	11.44986409	11.44986409
36.5	54.75	11.37125424	11.37125424
37	55.5	11.29424146	11.29424146
37.5	56.25	11.21877241	11.21877241
38	57	11.1447962	11.1447962
38.5	57.75	11.07226426	11.07226426
39	58.5	11.00113018	11.00113018
39.5	59.25	10.93134966	10.93134966
40	60	10.8628803	10.8628803
40.5	60.75	10.79568154	10.79568154
41	61.5	10.72971458	10.72971458
41.5	62.25	10.66494224	10.66494224
42	63	10.60132889	10.60132889
42.5	63.75	10.53884038	10.53884038
43	64.5	10.47744394	10.47744394
43.5	65.25	10.41710814	10.41710814
44	66	10.35780278	10.35780278
44.5	66.75	10.29949887	10.29949887
45	67.5	10.24216854	10.24216854
45.5	68.25	10.18578499	10.18578499
46	69	10.13032245	10.13032245
46.5	69.75	10.0757561	10.0757561
47	70.5	10.02206209	10.02206209
47.5	71.25	9.969217403	9.969217403
48	72	9.91719989	9.91719989
48.5	72.75	9.865988194	9.865988194
49	73.5	9.815561723	9.815561723
49.5	74.25	9.765900615	9.765900615
50	75	9.716985703	9.716985703

Tabella 19 Tabella modo 1.1

MODO_2_1			
Gammat	MASSA	F_2_G	F_2_P
0.5	0.75	55.05249994	145.4866886
1	1.5	54.92086925	102.8369258
1.5	2.25	54.75517765	85.92753491
2	3	54.52713566	72.36020999
2.5	3.75	54.16961109	65.36991582
3	4.5	53.51570748	60.53593684
3.5	5.25	52.37428148	57.66041162
4	6	48.96602809	56.34805373
4.5	6.75	46.82416383	46.82416383
5	7.5	44.70380523	44.70380523
5.5	8.25	42.77389603	42.77389603
6	9	41.04438928	41.04438928
6.5	9.75	39.49484636	39.49484636
7	10.5	38.10094167	38.10094167
7.5	11.25	36.84052305	36.84052305
8	12	35.69473303	35.69473303
8.5	12.75	34.64784072	34.64784072
9	13.5	33.68677749	33.68677749
9.5	14.25	32.80066162	32.80066162
10	15	31.98038709	31.98038709
10.5	15.75	31.21828754	31.21828754
11	16.5	30.50786742	30.50786742
11.5	17.25	29.84358808	29.84358808
12	18	29.22069782	29.22069782
12.5	18.75	28.63509612	28.63509612
13	19.5	28.08322485	28.08322485
13.5	20.25	27.56198039	27.56198039
14	21	27.06864232	27.06864232
14.5	21.75	26.60081516	26.60081516
15	22.5	26.15638043	26.15638043
15.5	23.25	25.73345703	25.73345703
16	24	25.33036831	25.33036831
16.5	24.75	24.94561443	24.94561443
17	25.5	24.57784925	24.57784925
17.5	26.25	24.22586065	24.22586065
18	27	23.88855398	23.88855398
18.5	27.75	23.56493782	23.56493782
19	28.5	23.25411182	23.25411182
19.5	29.25	22.95525625	22.95525625
20	30	22.66762298	22.66762298
20.5	30.75	22.39052766	22.39052766
21	31.5	22.12334286	22.12334286
21.5	32.25	21.8654922	21.8654922
22	33	21.61644507	21.61644507
22.5	33.75	21.37571213	21.37571213
23	34.5	21.14284125	21.14284125
23.5	35.25	20.91741393	20.91741393
24	36	20.69904221	20.69904221
24.5	36.75	20.48736582	20.48736582
25	37.5	20.28204971	20.28204971

MODO_2_1			
Gammat	MASSA	F_2_G	F_2_P
25.5	38.25	20.08278182	20.08278182
26	39	19.8892711	19.8892711
26.5	39.75	19.70124573	19.70124573
27	40.5	19.51845151	19.51845151
27.5	41.25	19.34065042	19.34065042
28	42	19.16761931	19.16761931
28.5	42.75	18.99914877	18.99914877
29	43.5	18.83504199	18.83504199
29.5	44.25	18.67511388	18.67511388
30	45	18.51919014	18.51919014
30.5	45.75	18.36710646	18.36710646
31	46.5	18.21870784	18.21870784
31.5	47.25	18.07384787	18.07384787
32	48	17.93238818	17.93238818
32.5	48.75	17.79419782	17.79419782
33	49.5	17.65915284	17.65915284
33.5	50.25	17.52713571	17.52713571
34	51	17.398035	17.398035
34.5	51.75	17.27174493	17.27174493
35	52.5	17.14816498	17.14816498
35.5	53.25	17.02719964	17.02719964
36	54	16.908758	16.908758
36.5	54.75	16.79275354	16.79275354
37	55.5	16.67910383	16.67910383
37.5	56.25	16.56773029	16.56773029
38	57	16.45855795	16.45855795
38.5	57.75	16.35151528	16.35151528
39	58.5	16.24653392	16.24653392
39.5	59.25	16.14354859	16.14354859
40	60	16.04249682	16.04249682
40.5	60.75	15.94331888	15.94331888
41	61.5	15.84595757	15.84595757
41.5	62.25	15.75035811	15.75035811
42	63	15.65646801	15.65646801
42.5	63.75	15.56423695	15.56423695
43	64.5	15.47361662	15.47361662
43.5	65.25	15.38456071	15.38456071
44	66	15.29702471	15.29702471
44.5	66.75	15.2109659	15.2109659
45	67.5	15.12634318	15.12634318
45.5	68.25	15.04311706	15.04311706
46	69	14.96124956	14.96124956
46.5	69.75	14.88070411	14.88070411
47	70.5	14.80144551	14.80144551
47.5	71.25	14.72343987	14.72343987
48	72	14.64665451	14.64665451
48.5	72.75	14.57105796	14.57105796
49	73.5	14.49661985	14.49661985
49.5	74.25	14.42331091	14.42331091
50	75	14.35110288	14.35110288

Tabella 20 Tabella modo 2.1

MODO_2_2				MODO_2_2			
Gammatamp	MASSA	F_2_2_G	F_2_2_P	Gammatamp	MASSA	F_2_2_G	F_2_2_P
0.5	0.75	248.50604	291.3475212	25.5	38.25	40.66278561	40.66278561
1	1.5	193.155005	206.8376024	26	39	40.27071729	40.27071729
1.5	2.25	167.5400345	167.5400345	26.5	39.75	39.88973598	39.88973598
2	3	145.3518448	145.3518448	27	40.5	39.51933408	39.51933408
2.5	3.75	130.168359	130.168359	27.5	41.25	39.15903499	39.15903499
3	4.5	117.2082906	119.8802784	28	42	38.80839093	38.80839093
3.5	5.25	109.7478207	109.7478207	28.5	42.75	38.46698091	38.46698091
4	6	102.7751253	102.7751253	29	43.5	38.13440876	38.13440876
4.5	6.75	96.96507519	96.96507519	29.5	44.25	37.81030143	37.81030143
5	7.5	92.06213085	92.06213085	30	45	37.49430726	37.49430726
5.5	8.25	87.89185485	87.89185485	30.5	45.75	37.18609453	37.18609453
6	9	84.41393819	84.41393819	31	46.5	36.88535005	36.88535005
6.5	9.75	79.03608562	79.03608562	31.5	47.25	36.59177785	36.59177785
7	10.5	77.11099023	77.11099023	32	48	36.30509805	36.30509805
7.5	11.25	74.73004425	74.73004425	32.5	48.75	36.02504571	36.02504571
8	12	72.44639753	72.44639753	33	49.5	35.75136988	35.75136988
8.5	12.75	70.32951911	70.32951911	33.5	50.25	35.48383267	35.48383267
9	13.5	68.37625369	68.37625369	34	51	35.22220835	35.22220835
9.5	14.25	66.57178356	66.57178356	34.5	51.75	34.96628263	34.96628263
10	15	64.90027827	64.90027827	35	52.5	34.71585189	34.71585189
10.5	15.75	63.34722446	63.34722446	35.5	53.25	34.47072253	34.47072253
11	16.5	61.89986522	61.89986522	36	54	34.23071034	34.23071034
11.5	17.25	60.54714155	60.54714155	36.5	54.75	33.99563993	33.99563993
12	18	59.27951173	59.27951173	37	55.5	33.76534418	33.76534418
12.5	18.75	58.08876723	58.08876723	37.5	56.25	33.53966378	33.53966378
13	19.5	56.96789441	56.96789441	38	57	33.31844674	33.31844674
13.5	20.25	55.91103806	55.91103806	38.5	57.75	33.10154798	33.10154798
14	21	54.91374445	54.91374445	39	58.5	32.88882892	32.88882892
14.5	21.75	53.97441864	53.97441864	39.5	59.25	32.68015712	32.68015712
15	22.5	53.10610104	53.10610104	40	60	32.47540595	32.47540595
15.5	23.25	52.10509395	52.10509395	40.5	60.75	32.27445423	32.27445423
16	24	51.36313182	51.36313182	41	61.5	32.07718597	32.07718597
16.5	24.75	50.62220092	50.62220092	41.5	62.25	31.88349005	31.88349005
17	25.5	49.94869839	49.94869839	42	63	31.69326	31.69326
17.5	26.25	48.87187291	48.87187291	42.5	63.75	31.50639375	31.50639375
18	27	48.29214857	48.29214857	43	64.5	31.32279334	31.32279334
18.5	27.75	47.67442776	47.67442776	43.5	65.25	31.14236481	31.14236481
19	28.5	47.06208701	47.06208701	44	66	30.96501789	30.96501789
19.5	29.25	46.46601542	46.46601542	44.5	66.75	30.79066591	30.79066591
20	30	45.88889971	45.88889971	45	67.5	30.61922552	30.61922552
20.5	30.75	45.3310893	45.3310893	45.5	68.25	30.45061662	30.45061662
21	31.5	44.79214767	44.79214767	46	69	30.28476215	30.28476215
21.5	32.25	44.27135417	44.27135417	46.5	69.75	30.12158795	30.12158795
22	33	43.76789314	43.76789314	47	70.5	29.96102262	29.96102262
22.5	33.75	43.28093282	43.28093282	47.5	71.25	29.80299739	29.80299739
23	34.5	42.80966018	42.80966018	48	72	29.64744602	29.64744602
23.5	35.25	42.35329628	42.35329628	48.5	72.75	29.49430464	29.49430464
24	36	41.91110257	41.91110257	49	73.5	29.34351168	29.34351168
24.5	36.75	41.48238266	41.48238266	49.5	74.25	29.19500773	29.19500773
25	37.5	41.06648187	41.06648187	50	75	29.04873549	29.04873549

Tabella 21 Tabella modo 2.2

In generale parlando dell'influenza della massa della tamponatura sul comportamento dinamico fuori piano della stessa, per i modi analizzati possiamo dire che:

1. Entrambe le forme modali "globale" e "parete" per tutti e tre i modi analizzati sono sempre individuabili.
2. Gli algoritmi "globale" e "parete" di ogni modo selezionano forme modali separate e distinte per valori di massa minori di:
 - 3 kN, e quindi per valori di $\gamma < 2.0 \text{ kN/m}^3$ per il modo 1.1;
 - 6.75 kN, e quindi per valori di $\gamma < 4.5 \text{ kN/m}^3$ per il modo 2.1;
 - 2.25 kN, e quindi per valori di $\gamma < 1.5 \text{ kN/m}^3$ per il modo 2.2;
3. In riferimento al range di casistica comune, ovvero per valori di peso specifico compresi tra 4 kN/m^3 e 22 kN/m^3 (masse comprese tra 6 kN e 33 kN) siamo già in condizione di

unica forma modale individuabile dagli algoritmi “globale” e “parete” in quanto unica esistente per ogni modo analizzato, eccezion fatta per il modo 2.1, dove la separazione avviene per pesi specifici minori di 4.5 kN/m³.

4. A seguito della divisione dei modi in “globale” e “parete” (per bassi valori di peso specifico e di masse) esistono sempre più forme modali rispettanti i requisiti richiesti da ogni algoritmo di individuazione. In particolare, possiamo notare come l’algoritmo “globale” del modo 2.1 a seguito della separazione del modo, individui sempre la stessa forma modale “globale” come prevalente e quindi abbia un andamento asintotico a seguito della separazione (*Figura 79 desta e sinistra*). I modi 1.1 “globale” e 2.2 “globale” invece, dalla divisione non scelgono sempre la stessa forma modale come prevalente, motivo per il quale hanno un andamento crescente.
5. Per il modo 2.2 possiamo notare una “prematura” individuazione delle forme modali distinte (“globale” e “parete”) da parte degli algoritmi per un valore di massa pari a 4.5 kN e quindi per un valore di peso specifico di 3 kN/m³. Il fenomeno è dovuto alla mutazione delle forme modali al variare del valore del parametro, come descritto al punto 5 del paragrafo per lo studio del modulo elastico della tamponatura (5.7.3 Risultati ottenuti).
6. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all’interno di ogni modo “globale” e con riferimento la massima di ogni modo, è espressa in percentuale come $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$ e pari a:
 - 87.78% per il modo 1.1;
 - 73.93% per il modo 2.1;
 - 88.31% per il modo 2.2;
7. La variazione di frequenza espressa in percentuale tra la massima e la minima riferita al range di casistica comune e con riferimento la massima nel range considerato, viene valutata tramite la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min}) / F_{max}$ ed è pari a:
 - 57.07% per il modo 1.1;
 - 55.85% per il modo 2.1;
 - 57.41% per il modo 2.2;

percentuali molto rilevanti in rapporto a quelle riferite al rispettivo modo “globale” all’interno del quale ogni casistica comune è evidenziata.

5.10 Variazione SNELLEZZA tamponatura

In questo paragrafo si vuole valutare l'influenza della snellezza della tamponatura sul comportamento dinamico fuori piano della stessa, calcolata come il rapporto H/t , con H altezza della parete e t spessore della tamponatura.

La snellezza è stata studiata per spessori della parete (S_m) a partire da valori di 5 cm fino a 60 cm, con incremento ad ogni step pari ad 1 cm.

Si è posta poi attenzione alla casistica comune per costruzioni ordinarie a telaio in calcestruzzo, ponendo come range i valori che vanno da uno spessore di 5 cm fino a 45 cm.

Il procedimento di analisi e le forme modali analizzate sono state le medesime degli altri parametri studiati ed i risultati ottenuti sono stati schematizzati tramite tabelle, diagrammati tramite grafici Slenderness (H/t) – Frequenza ed implementati con opportune osservazioni.

5.10.1 Ciclo iterativo del parametro

```
for Sm = 0.05 : 0.01 : 0.60;  
  for Sb = Sm;  
  
    t(aa,1) = Sm;  
  
    %set new area property  
    ret = SM.PropArea.SetShell('tamptipo',TT,'TAMPTIPO',0,Sm,Sb);
```

Figura 83 ciclo variazione valori del parametro

5.10.2 Esempi di forme modali individuate

Modo 1.1

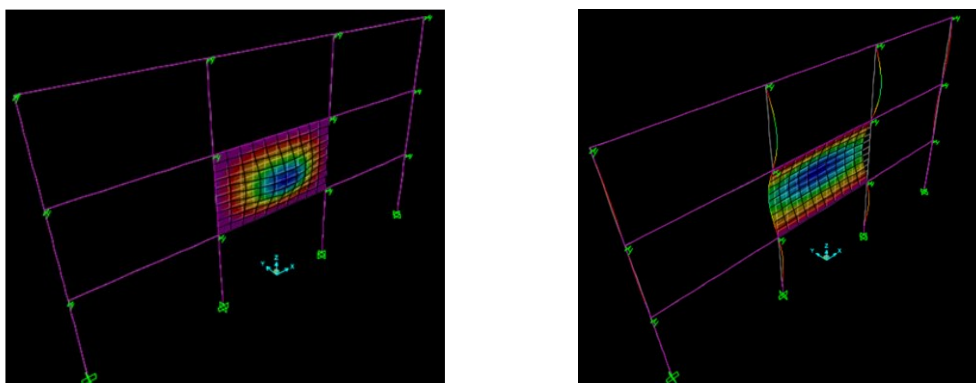


Figura 84 a sinistra: caso (a); a destra: caso (b)

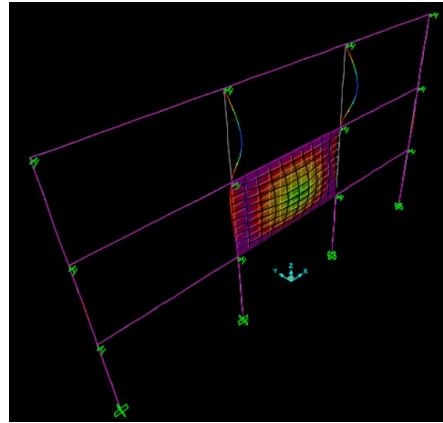
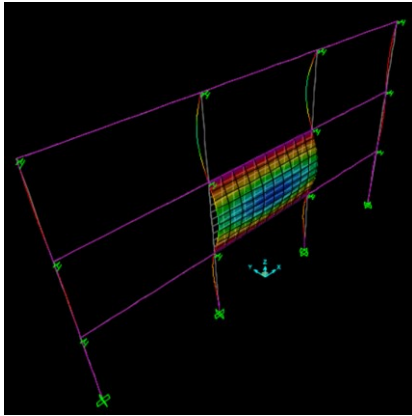


Figura 85 a sinistra: caso (c.1); a destra: caso (c.2)

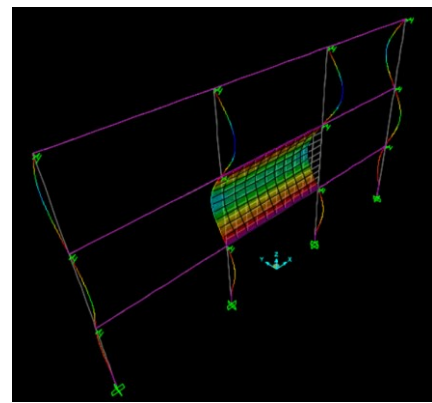
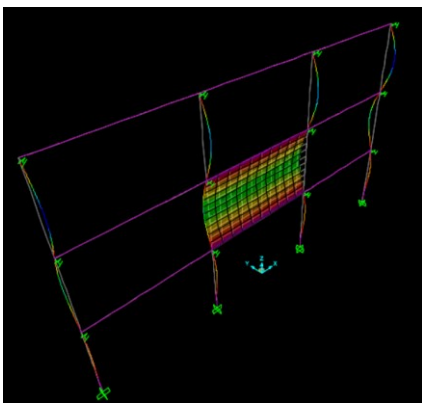


Figura 86 a sinistra: caso (d.1); a destra: caso (d.2) e caso (e.1)

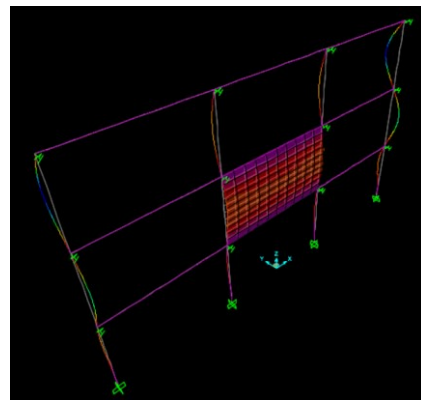
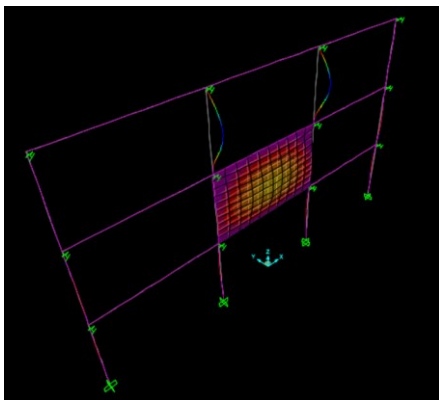


Figura 87 a sinistra: caso (e.2); a destra: modo 1 "globale" per $H/t=5$

Modo 2.1

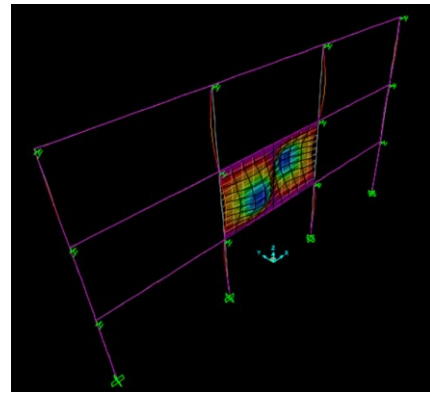
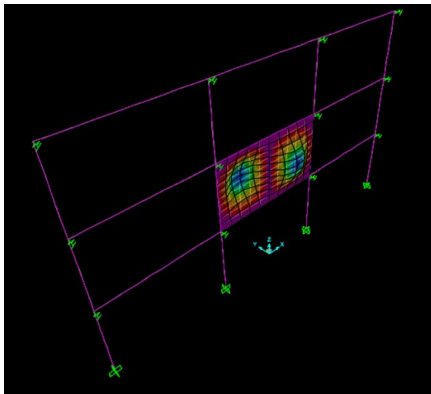


Figura 88 a sinistra: caso (a); a destra: caso (b)

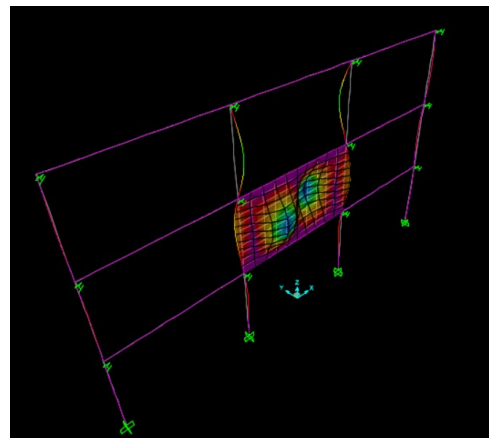
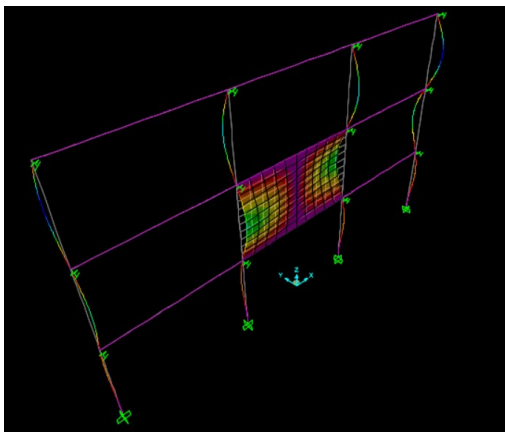


Figura 89 a sinistra: caso (c.1) e caso (g.1); a destra: caso (c.2)

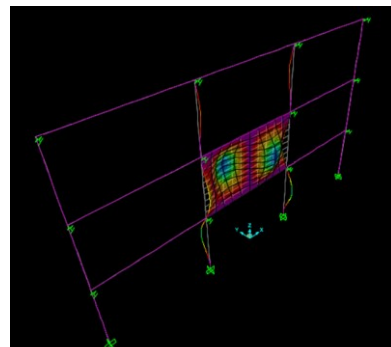
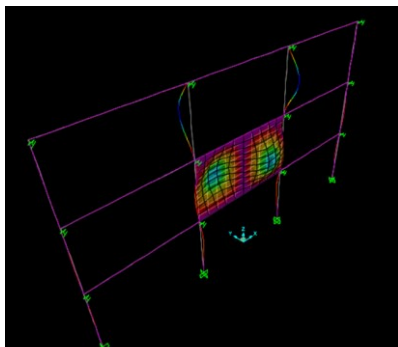


Figura 90 a sinistra: caso (d.1); a destra: caso (d.2)

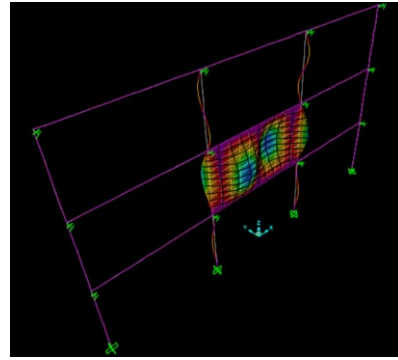
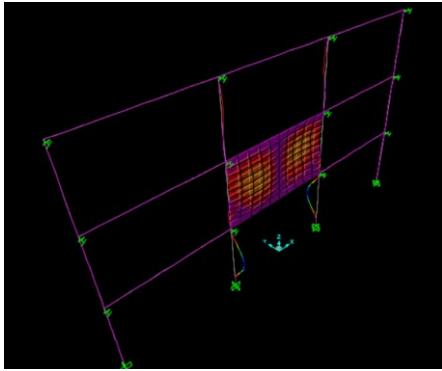


Figura 91 a sinistra: caso (e.1); a destra: caso (e.2) e caso (f.2)

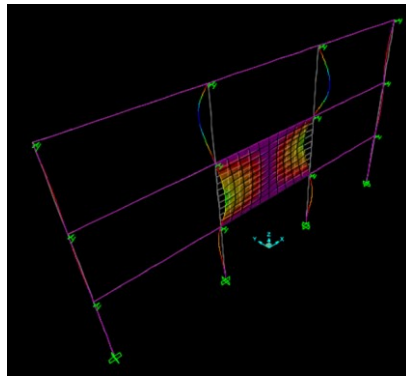


Figura 92 caso (g.2) e caso (f.1)

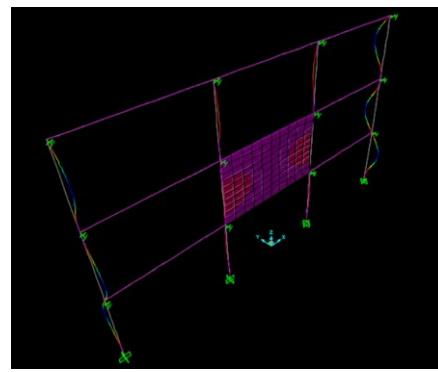
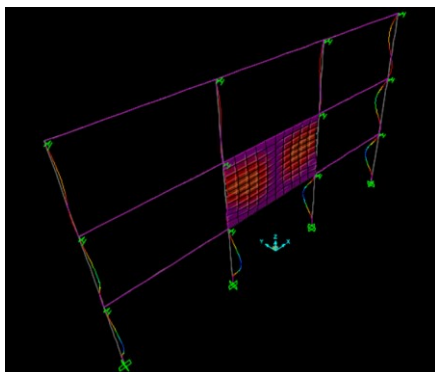


Figura 93 a sinistra: modo 10 per $t=0.6$ m ($H/t=5$); a destra: modo 6 per $t=0.6$ m ($H/t=5$)

Modo 2.2

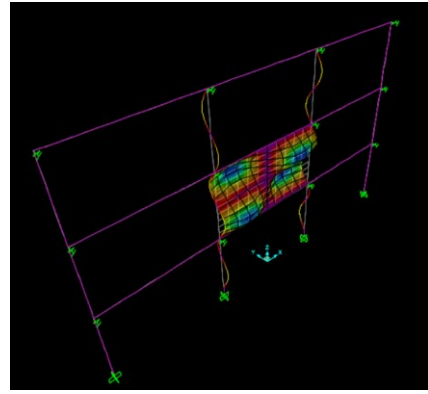
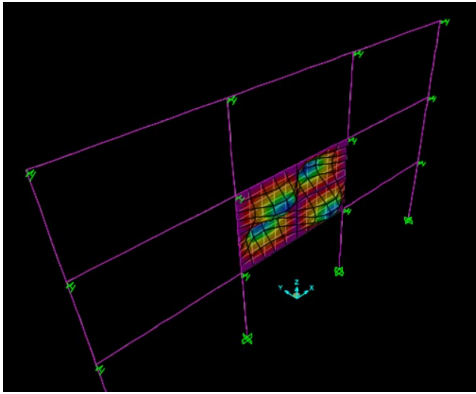


Figura 94 a sinistra: caso (a); a destra: caso (b)

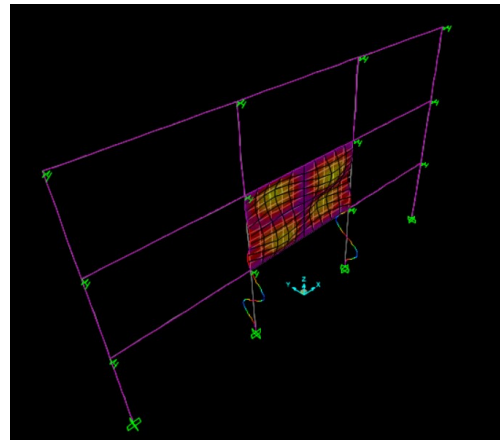
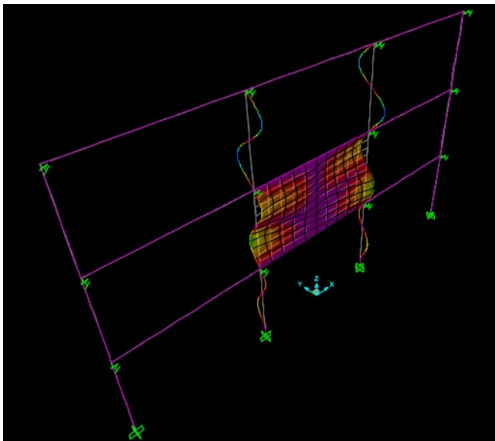


Figura 95 a sinistra: caso (c.1) e caso (d.1); a destra: caso (c.2), caso (d.2)

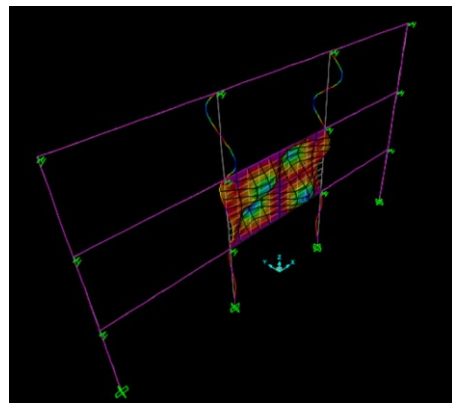
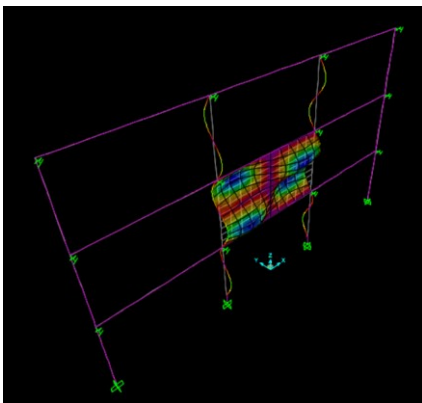


Figura 96 a sinistra: caso (e.1), caso (g.1), caso (g.2); a destra: caso (e.2)

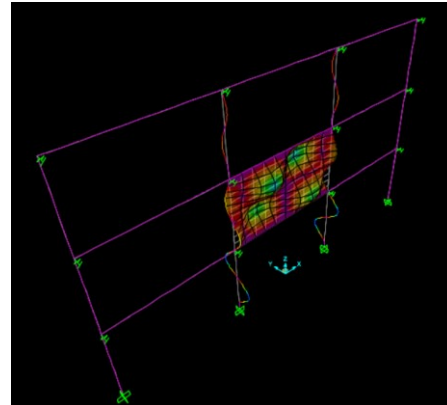
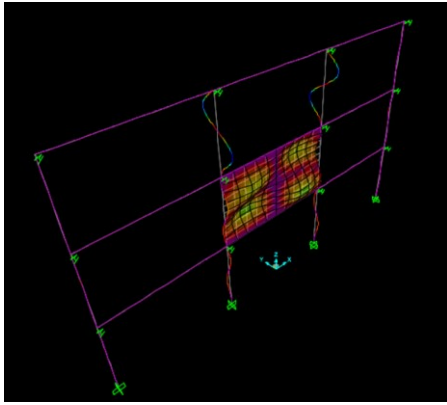


Figura 97 a sinistra: caso (f.1); a destra: caso (f.2)

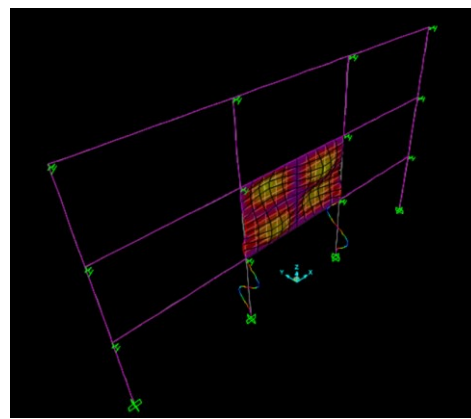
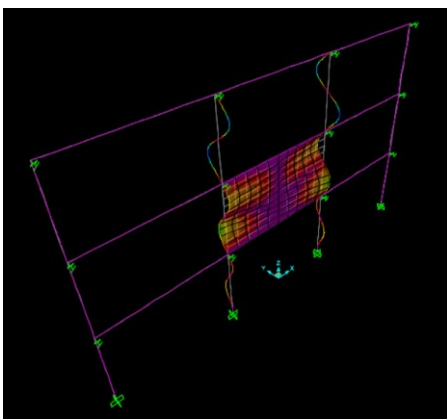


Figura 98 a sinistra: caso (h.1); a destra: caso (h.2)

5.10.3 Risultati ottenuti

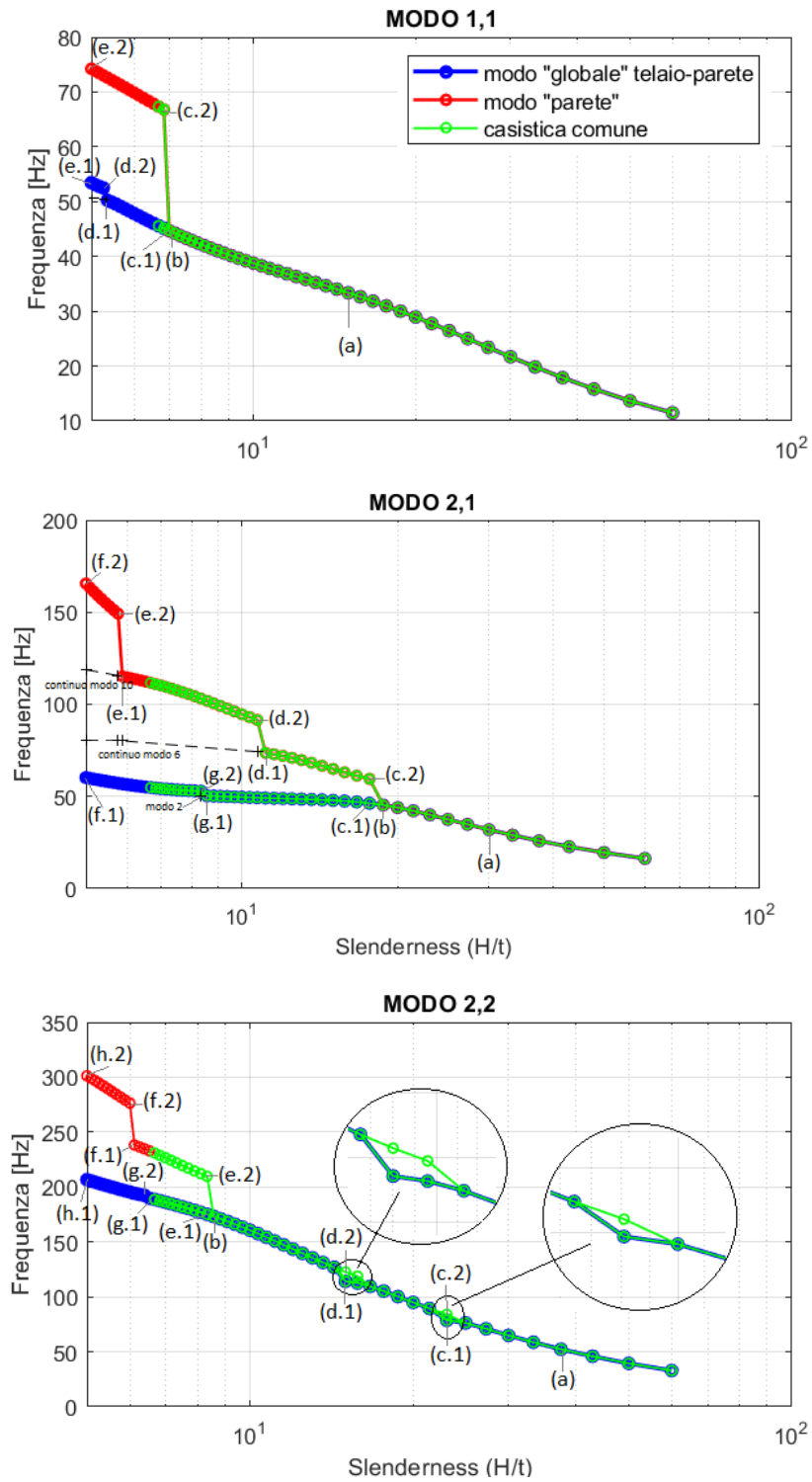


Figura 99 Slenderness (H/t) – Frequenza

t	Slid	MODO_1_1		t	Slid	MODO_2_1		t	Slid	MODO_2_2	
		F_1_G	F_1_P			F_2_G	F_2_P			F_2_2_G	F_2_2_P
0.05	60	11.46311892	11.46311892	0.05	60	16.33571622	16.33571622	0.05	60	32.88857287	32.88857287
0.06	50	13.67153517	13.67153517	0.06	50	19.56386434	19.56386434	0.06	50	39.4113126	39.4113126
0.07	42.8571429	15.81632312	15.81632312	0.07	42.8571429	22.75909458	22.75909458	0.07	42.8571429	45.88614463	45.88614463
0.08	37.5	17.87906029	17.87906029	0.08	37.5	25.90711994	25.90711994	0.08	37.5	52.29056108	52.29056108
0.09	33.3333333	19.84201777	19.84201777	0.09	33.3333333	28.98919966	28.98919966	0.09	33.3333333	58.67912105	58.67912105
0.1	30	21.68966886	21.68966886	0.1	30	31.98038709	31.98038709	0.1	30	64.90027827	64.90027827
0.11	27.2727273	23.41005053	23.41005053	0.11	27.2727273	34.84687367	34.84687367	0.11	27.2727273	70.93079833	70.93079833
0.12	25	24.99576106	24.99576106	0.12	25	37.54242555	37.54242555	0.12	25	76.28396435	76.28396435
0.13	23.0769231	26.44443087	26.44443087	0.13	23.0769231	40.00523064	40.00523064	0.13	23.0769231	83.99056763	83.99056763
0.14	21.4285714	27.758605	27.758605	0.14	21.4285714	42.16022063	42.16022063	0.14	21.4285714	89.41614033	89.41614033
0.15	20	28.9450959	28.9450959	0.15	20	43.93674522	43.93674522	0.15	20	94.90459111	94.90459111
0.16	18.75	30.01396649	30.01396649	0.16	18.75	45.30399886	45.30399886	0.16	18.75	100.2159239	100.2159239
0.17	17.6470588	30.97735367	30.97735367	0.17	17.6470588	46.29627299	46.29627299	0.17	17.6470588	105.2068765	105.2068765
0.18	16.6666667	31.84833317	31.84833317	0.18	16.6666667	46.995403	46.995403	0.18	16.6666667	109.5529958	109.5529958
0.19	15.7894737	32.63997067	32.63997067	0.19	15.7894737	47.49008977	47.49008977	0.19	15.7894737	112.5518366	112.5518366
0.2	15	33.36462997	33.36462997	0.2	15	47.85092041	47.85092041	0.2	15	114.0898295	114.0898295
0.21	14.2857143	34.03354283	34.03354283	0.21	14.2857143	48.12654159	48.12654159	0.21	14.2857143	126.957903	126.957903
0.22	13.6363636	34.65660143	34.65660143	0.22	13.6363636	48.34861191	48.34861191	0.22	13.6363636	131.2591127	131.2591127
0.23	13.0434783	35.24231574	35.24231574	0.23	13.0434783	48.53744954	48.53744954	0.23	13.0434783	135.4780667	135.4780667
0.24	12.5	35.7978781	35.7978781	0.24	12.5	48.70614655	48.70614655	0.24	12.5	139.567892	139.567892
0.25	12	36.32928706	36.32928706	0.25	12	48.86319554	48.86319554	0.25	12	143.5074696	143.5074696
0.26	11.5384615	36.84149591	36.84149591	0.26	11.5384615	49.0140979	49.0140979	0.26	11.5384615	147.2848716	147.2848716
0.27	11.1111111	37.33856398	37.33856398	0.27	11.1111111	49.16234163	49.16234163	0.27	11.1111111	150.8916821	150.8916821
0.28	10.7142857	37.82379803	37.82379803	0.28	10.7142857	49.30999993	49.30999993	0.28	10.7142857	154.3209821	154.3209821
0.29	10.3448276	38.299878	38.299878	0.29	10.3448276	49.45810145	49.45810145	0.29	10.3448276	157.5668879	157.5668879
0.3	10	38.76896549	38.76896549	0.3	10	49.60686286	49.60686286	0.3	10	160.6248922	160.6248922
0.31	9.67741935	39.23279547	39.23279547	0.31	9.67741935	49.75584104	49.75584104	0.31	9.67741935	163.4926265	163.4926265
0.32	9.375	39.692753	39.692753	0.32	9.375	49.9040444	49.9040444	0.32	9.375	166.1707307	166.1707307
0.33	9.09090909	40.14993684	40.14993684	0.33	9.09090909	50.05003556	50.05003556	0.33	9.09090909	168.6635223	168.6635223
0.34	8.82352941	40.60521196	40.60521196	0.34	8.82352941	50.19205289	50.19205289	0.34	8.82352941	170.9792143	170.9792143
0.35	8.57142857	41.05925275	41.05925275	0.35	8.57142857	50.32817145	50.32817145	0.35	8.57142857	173.1295653	173.1295653
0.36	8.33333333	41.51257814	41.51257814	0.36	8.33333333	52.82715464	52.82715464	0.36	8.33333333	175.1290309	175.1290309
0.37	8.10810811	41.96558009	41.96558009	0.37	8.10810811	52.97316942	52.97316942	0.37	8.10810811	176.993622	176.993622
0.38	7.89473684	42.41854616	42.41854616	0.38	7.89473684	53.13915949	53.13915949	0.38	7.89473684	178.7397232	178.7397232
0.39	7.69230769	42.8716769	42.8716769	0.39	7.69230769	53.32551131	53.32551131	0.39	7.69230769	180.383058	180.383058
0.4	7.5	43.32509859	43.32509859	0.4	7.5	53.53198408	53.53198408	0.4	7.5	181.9378772	181.9378772
0.41	7.31707317	43.77887155	43.77887155	0.41	7.31707317	53.75781721	53.75781721	0.41	7.31707317	183.4163164	183.4163164
0.42	7.14285714	44.23299413	44.23299413	0.42	7.14285714	54.00189325	54.00189325	0.42	7.14285714	184.8277235	184.8277235
0.43	6.97674419	44.68740195	44.68740195	0.43	6.97674419	54.26290489	54.26290489	0.43	6.97674419	186.1774712	186.1774712
0.44	6.81818182	45.14196202	45.14196202	0.44	6.81818182	54.53949038	54.53949038	0.44	6.81818182	187.4639118	187.4639118
0.45	6.66666667	45.59646011	45.59646011	0.45	6.66666667	54.83032497	54.83032497	0.45	6.66666667	188.690018	188.690018
0.46	6.52173913	46.05057937	46.05057937	0.46	6.52173913	55.13417181	55.13417181	0.46	6.52173913	189.7282019	189.7282019
0.47	6.38297872	46.50386632	46.50386632	0.47	6.38297872	55.44990281	55.44990281	0.47	6.38297872	192.3668125	192.3668125
0.48	6.25	46.95567794	46.95567794	0.48	6.25	55.77650064	55.77650064	0.48	6.25	193.2262877	193.2262877
0.49	6.12244898	47.4050993	47.4050993	0.49	6.12244898	56.11305033	56.11305033	0.49	6.12244898	194.279876	194.279876
0.5	6	47.8508146	47.8508146	0.5	6	56.45872624	56.45872624	0.5	6	195.4000865	195.4000865
0.51	5.88235294	48.29090357	48.29090357	0.51	5.88235294	56.81277788	56.81277788	0.51	5.88235294	196.5410645	196.5410645
0.52	5.76923077	48.72252135	48.72252135	0.52	5.76923077	57.17451628	57.17451628	0.52	5.76923077	197.6866761	197.6866761
0.53	5.66037736	49.14141124	49.14141124	0.53	5.66037736	57.54330183	57.54330183	0.53	5.66037736	198.8304958	198.8304958
0.54	5.55555556	49.54123734	49.54123734	0.54	5.55555556	57.91853377	57.91853377	0.54	5.55555556	199.9696416	199.9696416
0.55	5.45454545	49.91293492	49.91293492	0.55	5.45454545	58.2996414	58.2996414	0.55	5.45454545	201.102667	201.102667
0.56	5.35714286	50.24488077	50.24488077	0.56	5.35714286	58.68607687	58.68607687	0.56	5.35714286	202.2287493	202.2287493
0.57	5.26315789	52.49827232	52.49827232	0.57	5.26315789	59.07730925	59.07730925	0.57	5.26315789	203.3473489	203.3473489
0.58	5.17241379	52.76368426	52.76368426	0.58	5.17241379	59.47281986	59.47281986	0.58	5.17241379	204.4580595	204.4580595
0.59	5.08474576	53.08495611	53.08495611	0.59	5.08474576	59.87209859	59.87209859	0.59	5.08474576	205.5605434	205.5605434
0.6	5	53.45188394	53.45188394	0.6	5	60.27464099	60.27464099	0.6	5	206.654508	206.654508

Tabella 22 Tabella modo 1.1, 2.1, 2.2

In generale parlando dell'influenza della snellezza della tamponatura sul comportamento dinamico fuori piano della stessa, per i modi analizzati possiamo dire che:

- Entrambe le forme modali "globale" e "parete" per tutti e tre i modi analizzati sono sempre individuabili. In particolare, gli algoritmi specifici per ogni modo individuano la stessa forma modale (Figura 84 a sinistra per il modo 1.1, Figura 88 a sinistra per il modo 2.1 e Figura 94 a sinistra per il modo 2.2) fino a valori di snellezza (H/t) pari a:
 - 6.98 con spessore $t=0.43$ m per il modo 1.1 (Figura 84 a destra);
 - 18.75 con spessore $t=0.16$ m per il modo 2.1 (Figura 88 a destra);
 - 8.57 con spessore $t=0.35$ m per il modo 2.2 (Figura 94 a destra);
- A partire dai valori subitaneamente successivi a quelli elencati al punto 1, e cioè per valori di snellezza pari a:
 - 6.82 con spessore $t=0.44$ m per il modo 1.1;

- 17.65 con spessore $t=0.17$ m per il modo 2.1;
- 8.33 con spessore $t=0.36$ m per il modo 2.2;

si ha la divisione dei modi nelle rispettive forme “globali” (*Figura 85 a sinistra* per il modo 1.1, *Figura 89 a sinistra* per il modo 2.1, *Figura 96 a sinistra* per il modo 2.2), e forme della “parete” (*Figura 85 a destra* per il modo 1.1, *Figura 89 a destra* per il modo 2.1, *Figura 96 a destra* per il modo 2.2);

3. Possiamo notare come all’interno del range di casistica comune per costruzioni ordinarie a telaio in C.A, posto per spessori da 5 cm fino a 45 cm sia già avvenuta la divisione dei modi in “globale” e “parete” per tutte e tre le forme modali di studio.
4. Per i salti di frequenze e di modo all’interno dei casi “parete” e “globali” ci si può riferire al punto 4 delle osservazioni fatte in merito alla variazione del modulo elastico, in quanto il fenomeno che si verifica è lo stesso;
5. Per quanto riguarda il modo 2.2 e per i punti *c.1 - c.2, d.1 - d.2* ci si può riferire al punto 5 delle osservazioni sulla variazione del modulo elastico, in quanto il fenomeno anche in questo caso è il medesimo;
6. In generale possiamo notare come per tutti i modi, la forma “globale” tende via via a linearizzarsi, mentre quella della “parete” ha un comportamento all’incirca esponenziale;
7. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all’interno dei modi “globale” considerati, espressa in percentuale rispetto alla massima del modo e pari a $\Delta F = (F_{max} - F_{min})/F_{max}$, è uguale a :
 - 78.55% per il modo 1.1;
 - 72.90% per il modo 2.1;
 - 84.08 % per il modo 2.2;
8. La variazione di frequenza espressa in percentuale tra la massima e la minima riferita al range di casistica comune con riferimento la massima del range per ogni modo, viene valutata tramite la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min})/F_{max}$ ed è pari a:
 - 74.86% per il modo 1.1;
 - 70.21% per il modo 2.1;
 - 82.57% per il modo 2.2;

percentuali molto rilevanti in rapporto al corrispettivo modo “globale” all’interno del quale ogni casistica comune è evidenziata.

5.11 Variazione ASPECT RATIO tamponatura

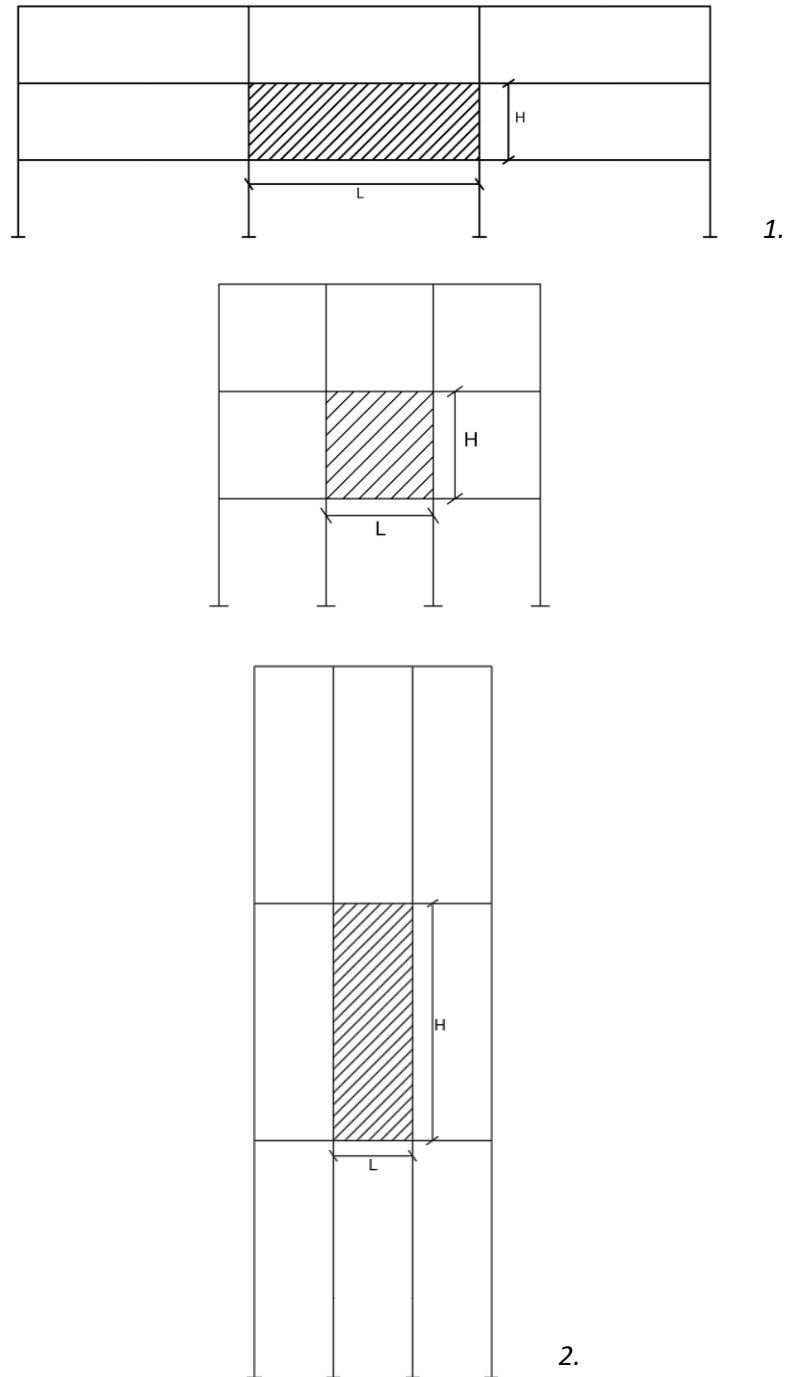


Figura 100 variazione rapporto aspect ratio

All'interno di questa sezione di studio si è voluta analizzare l'influenza dell'*aspect ratio* sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura.

Abbiamo definito l'*aspect ratio* come rapporto delle dimensioni H/L della tamponatura, dove con H definiamo l'altezza e con L la larghezza della stessa.

Nella prima fase il rapporto tra le due dimensioni è stato studiato a partire dal valore di 1/3 con H costante pari a 3m, e larghezza 9m. Per questa prima parte di studio è stata fatta variare solo la larghezza L della tamponatura con un decremento ad ogni step di 0.5m a partire dai 9 metri iniziali, fino ad una larghezza L della tamponatura pari a 3 m e quindi con rapporto aspect ratio = 1.

Nella seconda fase di analisi si è lasciata costante la larghezza L pari a 3m, andando invece a variare l'altezza H della tamponatura con incremento ad ogni step di 0.5m fino ad un valore massimo pari a 9m, con rapporto H/L = 3.

Per questo parametro, l'intero studio è stato definito come possibile casistica comune.

Il procedimento seguito e le forme modali analizzate sono stati i medesimi degli altri parametri ed i risultati ottenuti sono stati schematizzati tramite tabelle, diagrammati tramite grafici Aspect ratio (H/L) – Frequenza ed implementati con opportune osservazioni.

5.11.1 Ciclo iterativo del parametro

<pre>for H = 3; for L = H : 0.5 : 3*H; Htel_a(aa,1) = H; Ltel_a(aa,1) = L;</pre>	<pre>for L = 3; for H = L : 0.5 : 3*L; Htel_b(aa,1) = H; Ltel_b(aa,1) = L;</pre>
---	---

Figura 101 a sinistra: ciclo prima fase; a destra: ciclo seconda fase

5.11.2 Esempi di forme modali individuate

Modo 1.1

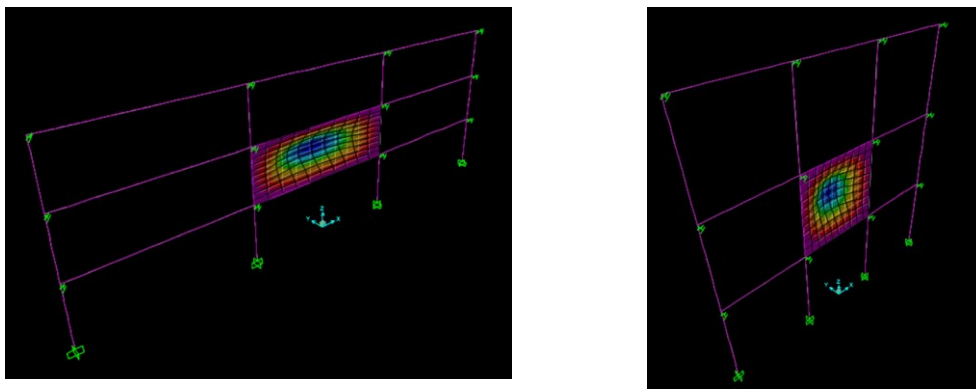


Figura 102 a sinistra: caso(a) e caso (b); a destra: caso (c)

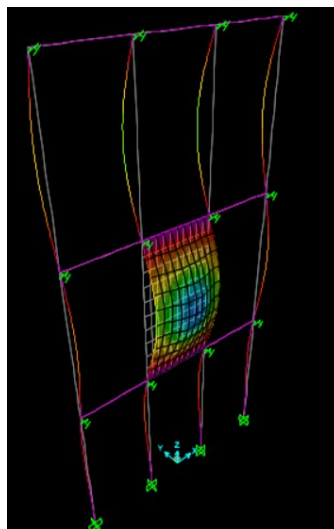
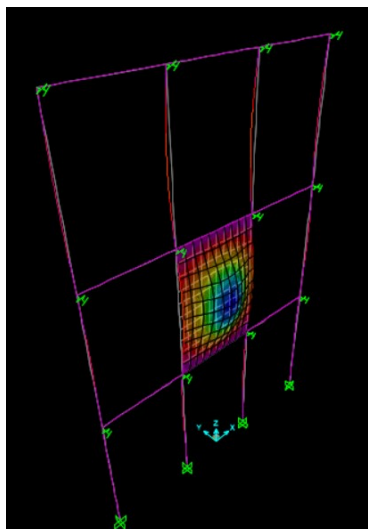


Figura 103 a sinistra: caso(d); a destra: caso (e.1)

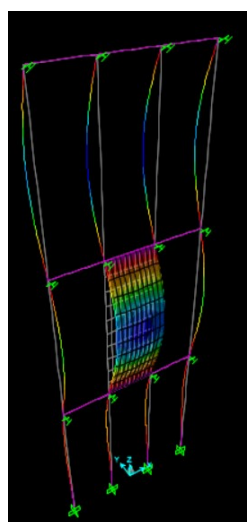
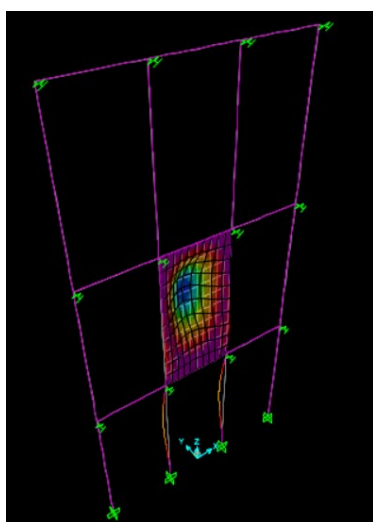


Figura 104 a sinistra: caso (e.2) modo 9; a destra: caso (f.1)

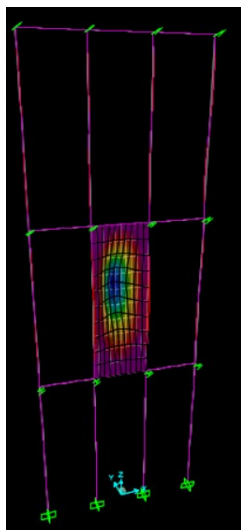


Figura 105 caso (f.2) modo 14

Modo 2.1

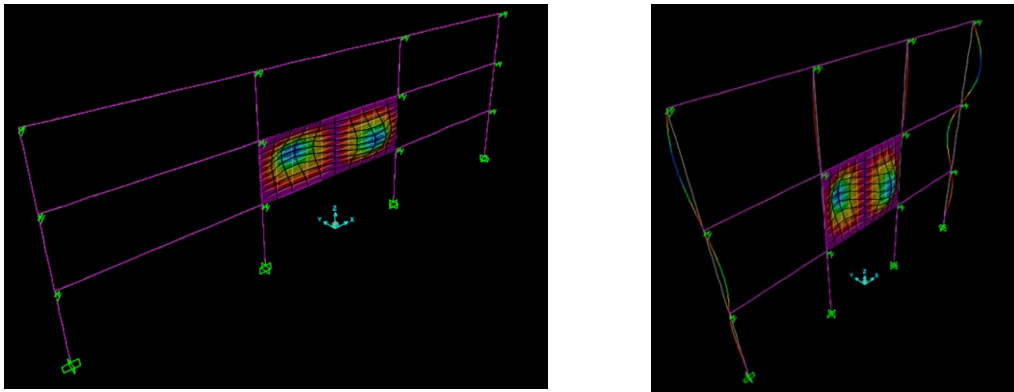


Figura 106 a sinistra: caso (a) e caso (b); a destra: caso (c)

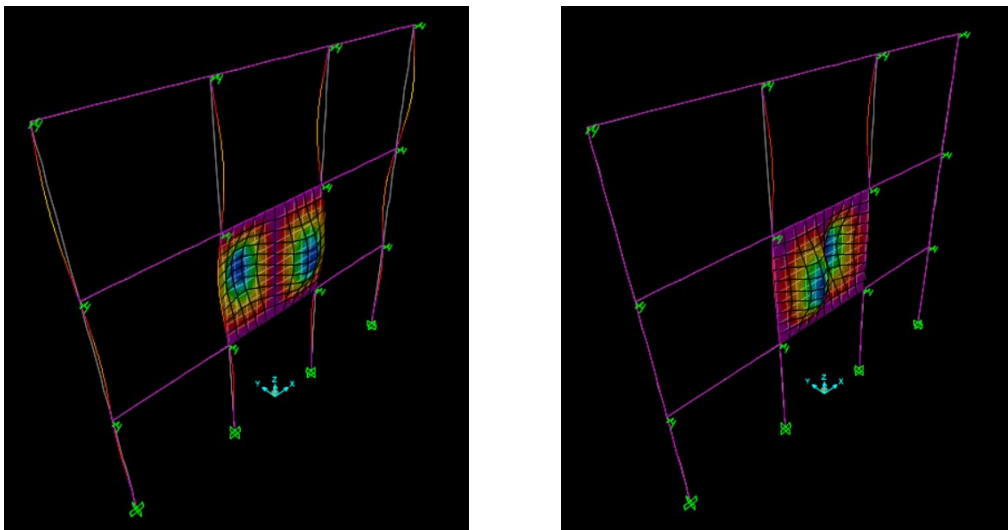


Figura 107 a sinistra: caso (d.1); a destra: caso (d.2)

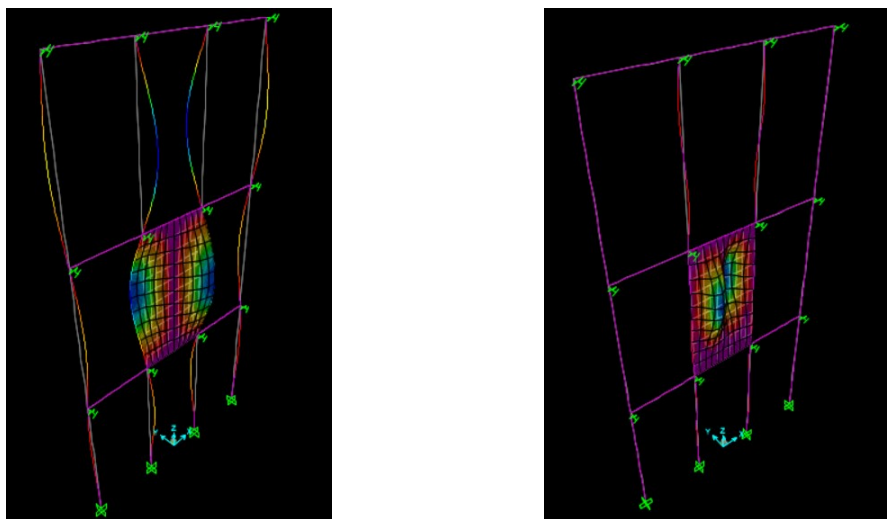


Figura 108 a sinistra: caso (e.1), caso (f.1); a destra: caso (e.2), caso (f.2)

Modo 2.2

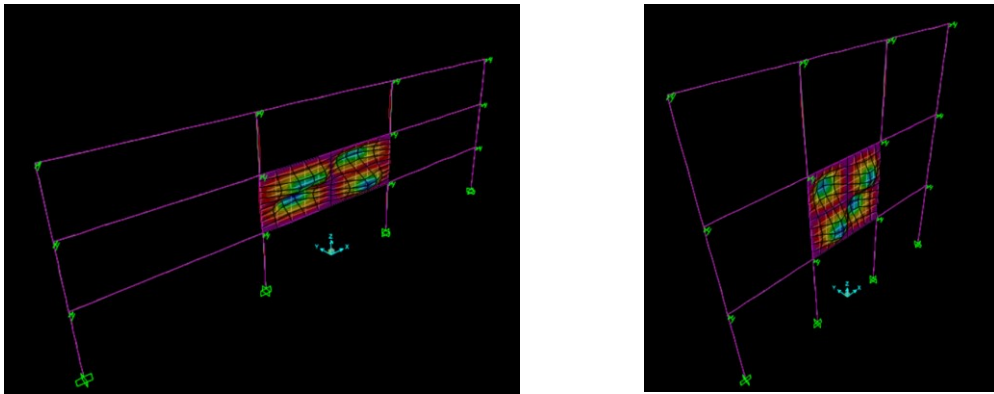


Figura 109 a sinistra: caso(a) e caso (b); a destra: caso (c)

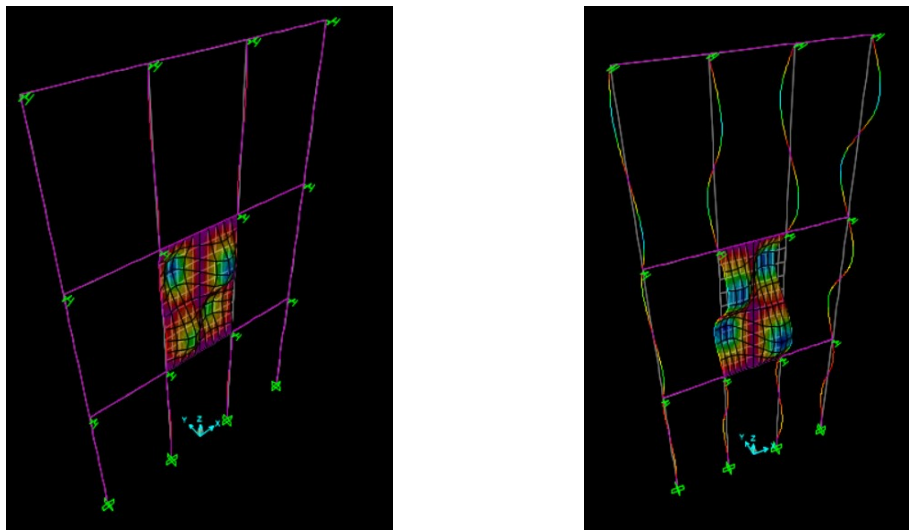


Figura 110 a sinistra: caso(d); a destra: caso (e.1), caso (f.1)

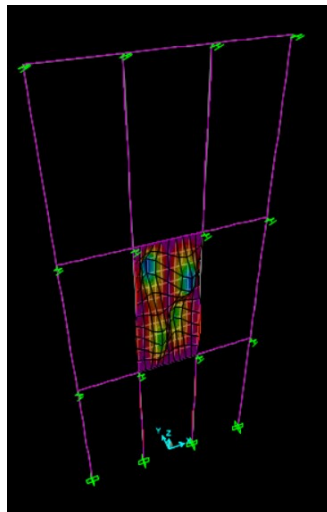


Figura 111 caso (e.2), caso (f.2)

5.11.3 Risultati ottenuti

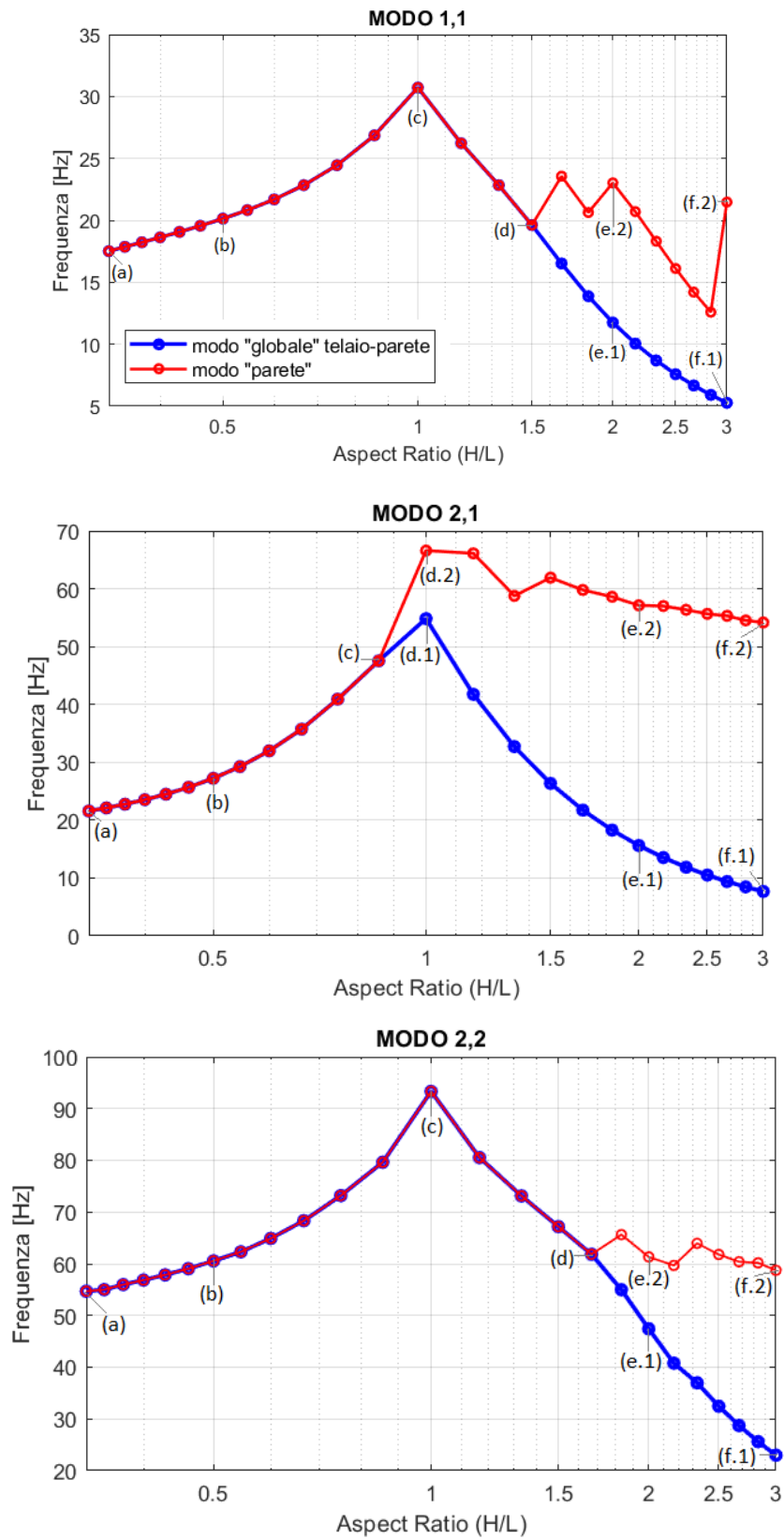


Figura 112 Aspect Ratio (H/L) – Frequenza

Htel	Ltel	ASPECT	MODO_1_1		MODO_2_1		MODO_2_2	
			F_1_G	F_1_P	F_2_G	F_2_P	F_2_2_G	F_2_2_P
3	9	0.333333333	17.51606302	17.51606302	21.57860282	21.57860282	54.69406286	54.69406286
3	8.5	0.352941176	17.85893052	17.85893052	22.11880147	22.11880147	54.9972098	54.9972098
3	8	0.375	18.22652337	18.22652337	22.75936721	22.75936721	55.97485038	55.97485038
3	7.5	0.4	18.62530028	18.62530028	23.5331683	23.5331683	56.8471526	56.8471526
3	7	0.428571429	19.06492779	19.06492779	24.48650023	24.48650023	57.85244511	57.85244511
3	6.5	0.461538462	19.56016847	19.56016847	25.68565298	25.68565298	59.05867215	59.05867215
3	6	0.5	20.13407762	20.13407762	27.22717275	27.22717275	60.55778788	60.55778788
3	5.5	0.545454545	20.82359416	20.82359416	29.25400114	29.25400114	62.31320408	62.31320408
3	5	0.6	21.68966886	21.68966886	31.98038709	31.98038709	64.90027827	64.90027827
3	4.5	0.666666667	22.83629798	22.83629798	35.72550325	35.72550325	68.32439623	68.32439623
3	4	0.75	24.44759079	24.44759079	40.91669974	40.91669974	73.17857401	73.17857401
3	3.5	0.857142857	26.86193665	26.86193665	47.5417277	47.5417277	79.62767492	79.62767492
3	3	1	30.71813944	30.71813944	54.83560842	54.83560842	93.327993	93.327993
3.5	3	1.166666667	26.21867173	26.21867173	41.75063572	41.75063572	80.52500793	80.52500793
4	3	1.333333333	22.83973639	22.83973639	32.70623876	32.70623876	73.12795266	73.12795266
4.5	3	1.5	19.61900404	19.61900404	26.35066395	26.35066395	67.17443953	67.17443953
5	3	1.666666667	16.51448127	16.51448127	21.73211233	21.73211233	61.84127703	61.84127703
5.5	3	1.833333333	13.87212929	13.87212929	18.27292	18.27292	54.97679306	54.97679306
6	3	2	11.74637704	11.74637704	15.61515002	15.61515002	47.44177608	47.44177608
6.5	3	2.166666667	10.04963481	10.04963481	13.5287961	13.5287961	40.78189624	40.78189624
7	3	2.333333333	8.68558877	8.68558877	11.86077528	11.86077528	36.98188011	36.98188011
7.5	3	2.5	7.576878653	7.576878653	10.50594178	10.50594178	32.45957527	32.45957527
8	3	2.666666667	6.665301744	6.665301744	9.390026386	9.390026386	28.72620218	28.72620218
8.5	3	2.833333333	5.907565965	5.907565965	8.459237985	8.459237985	25.61201156	25.61201156
9	3	3	5.271316303	5.271316303	7.673717512	7.673717512	22.9890817	22.9890817

Tabella 23 Tabella modo 1.1, 2.1, 2.2

In generale parlando dell'influenza dell'aspect ratio tra le dimensioni della tamponatura H ed L (H/L) sul comportamento dinamico fuori piano della stessa, per i modi analizzati possiamo dire che:

1. Per tutti e tre i modi le due fasi di studio sono ben visibili all'interno dei diagrammi, infatti, dal rapporto centrale di aspect ratio pari ad 1, possiamo notare a sinistra tutti i valori di aspect ratio < di 1 (pareti tozze $hw/lw < 2$ NTC2018) e, a destra tutti quelli > di 1 (comprese pareti snelle $hw/lw > 2$ NTC2018);
2. Le forme modali prese in esame, anche dopo la separazione dei modi in "globale" e "parete" risultano sempre individuabili. In particolare, gli algoritmi specifici di ogni modo selezionano la stessa forma modale (Figura 102 a sinistra per il modo 1.1, Figura 106 a sinistra per il modo 2.1 e Figura 109 a sinistra per il modo 2.2) fino a valori di aspect ratio (H/L) pari a:
 - 1.5, con H=4.5 m ed L=3 m per il modo 1.1 (Figura 103 a sinistra);
 - 0.86, con H=3 m ed L=3.5 m per il modo 2.1 (Figura 106 a destra);
 - 1.67, con H=5 m ed L=3 m per il modo 2.2 (Figura 110 a sinistra);
3. A partire dai valori subitamente successivi a quelli elencati al punto 1, e cioè per valori di aspect ratio pari a:
 - 1.67, con H=5 m ed L=3 m per il modo 1.1;

- 1, con H=3 m ed L=3 m per il modo 2.1;
- 1.83, con H=5.5 m ed L=3 m per il modo 2.2;

si ha la divisione dei modi nelle rispettive forme “globali” (*Figura 103 a destra* per il modo 1.1, *Figura 107 a sinistra* per il modo 2.1, *Figura 110 a destra* per il modo 2.2), e forme della “parete” (*Figura 104 a sinistra* per il modo 1.1, *Figura 107 a destra* per il modo 2.1, *Figura 111* per il modo 2.2). Possiamo notare come la separazione dei modi avvenga principalmente per pareti con rapporto $H/L \geq 1.5$ (0.86 per il modo 2.1) e quindi tendenti ad una situazione tipicamente snella.

4. In generale per ogni modo e per ogni algoritmo a seguito della divisione dei modi esiste più di una forma modale selezionabile. Ciò spiega ad esempio il comportamento del modo 1.1 “parete” a partire dal punto (e.2). L’algoritmo seleziona inizialmente una forma modale in base alle condizioni richieste, la quale all’aumentare del rapporto aspect ratio tende a modificarsi fino a diventare meno influente secondo l’algoritmo considerato, che quindi seleziona al punto (f.2) l’altra forma modale coesistente (*Figura 104 a sinistra e Figura 105*).

5. La variazione di frequenza tra la massima e la minima all’interno dei modi espressa in percentuale ed in riferimento al modo “globale” di ogni forma modale è stata valutata per le due fasi in maniera separata e tramite la formula $\Delta F = (F_{max} - F_{min})/F_{max}$.

Fase 1 ($H/L \leq 1$):

- 42.98% per il modo 1.1;
- 60.65% per il modo 2.1;
- 41.40 % per il modo 2.2;

Fase 2 ($H/L \geq 1$):

- 82.84% per il modo 1.1;
- 86.01% per il modo 2.1;
- 75.37 % per il modo 2.2;

possiamo quindi notare come il rapporto tra le due dimensioni influisca maggiormente per pareti alte e strette.

6. SINTESI DEI RISULTATI OTTENUTI

In questo capitolo andremo a confrontare i risultati ottenuti per tutti i parametri analizzati in termini di influenza sulla frequenza e sulle forme modali della tamponatura in esame.

La variazione di frequenza per tutti i parametri è stata valutata in riferimento al modo “globale” della tamponatura.

Nella casistica comune non è stato possibile individuare degli estremi di rigidità minima e massima associabili al telaio nella direzione ortogonale.

CASO DI STUDIO GLOBALE						
TIPO DI PARAMETRO	MODI DI VIBRARE DELLA TAMPONATURA					
	Modo 1,1		Modo 2,1		Modo 2,2	
	valore minimo di frequenza [Hz]	valore massimo di frequenza [Hz]	valore minimo di frequenza [Hz]	valore massimo di frequenza [Hz]	valore minimo di frequenza [Hz]	valore massimo di frequenza [Hz]
Δf dim pilastri in X =	8.84998	22.03249	21.07707	32.51300	55.37931	65.12877
Δf dim pilastri in Y =	8.84998	22.03629	21.07707	32.51758	55.37931	65.13083
Δf dim travi calate =	13.98300	22.85642	26.45745	32.55491	50.28808	65.83136
Δf dim travi a spessore =	13.98300	22.87367	26.45745	32.57380	50.28808	65.85100
Δf rig telaio Y =	7.16440	21.69025	9.57114	31.98055	24.94121	64.90046
Δf Modulo Elastico Et della tamponatura =	4.21208	48.89570	5.97661	55.17927	12.02582	193.42419
Δf coefficiente di poisson ν della tamponatura =	21.08639	23.75581	31.04511	35.23793	62.97260	71.64999
Δf Massa della tamponatura (con riferimento il peso specifico γ) =	9.71699	79.54391	14.35110	55.05250	29.04874	248.50604
Δf Snellezza tamponatura (H/t) =	11.46312	53.45188	16.33572	60.27464	32.88857	206.65451
Δf aspect ratio (H/L) =	(H/L \leq 1)		(H/L \leq 1)		(H/L \leq 1)	
	17.51606	30.71814	21.57860	54.83561	54.69406	93.32799
	(H/L \geq 1)		(H/L \geq 1)		(H/L \geq 1)	
	5.27132	30.71814	7.67372	54.83561	22.98908	93.32799

CASO DI STUDIO GLOBALE						
VARIAZIONE IN PERCENTUALE DELLA FREQUENZA, AL VARIARE DEL PARAMETRO	valori minimi	valori massimi	MODI DI VIBRARE DELLA TAMPONATURA			
			Modo 1,1	Modo 2,1	Modo 2,2	
Δf dim pilastri in X =	5x5cm	160x80cm	59.83%	35.17%	14.97%	
Δf dim pilastri in Y =	5x5cm	80x160cm	59.84%	35.18%	14.97%	
Δf dim travi calate =	5x5cm	80x160cm	38.82%	18.73%	23.61%	
Δf dim travi a spessore =	5x5cm	320x80cm	38.87%	18.78%	23.63%	
Δf rig telaio Y =	$1 \cdot 10^{-5}$ kN/m	$1 \cdot 10^5$ kN/m	67.00%	70.07%	61.57%	
Δf Modulo Elastico Et della tamponatura =	100 N/mm ²	60000 N/mm ²	91.39%	89.17%	93.78%	
Δf coefficiente di poisson ν della tamponatura =	0.01	0.5	11.24%	11.90%	12.11%	
Δf Massa della tamponatura (con riferimento il peso specifico γ) =	$\gamma = 0.5$ kN/m ³	$\gamma = 50$ kN/m ³	87.78%	73.93%	88.31%	
Δf Snellezza tamponatura (H/t) =	t = 5cm	t = 60cm	78.55%	72.90%	84.08%	
Δf aspect ratio (H/L) =	H/L = 0.333	H/L = 1	(H/L \leq 1)	(H/L \leq 1)	(H/L \leq 1)	
			42.98%	60.65%	41.40%	
	H/L = 1	H/L = 3	(H/L \geq 1)	(H/L \geq 1)	(H/L \geq 1)	
			82.84%	86.01%	75.37%	

Tabella 24 in alto: tabella delle frequenze massime e minime individuate per ogni parametro con riferimento il modo globale; in basso: riduzione percentuale di frequenza con riferimento il massimo valore.

CASISTICA COMUNE PER TELAI IN CA						
TIPO DI PARAMETRO	MODI DI VIBRARE DELLA TAMPONATURA					
	Modo 1,1		Modo 2,1		Modo 2,2	
	valore minimo di frequenza [Hz]	valore massimo di frequenza [Hz]	valore minimo di frequenza [Hz]	valore massimo di frequenza [Hz]	valore minimo di frequenza [Hz]	valore massimo di frequenza [Hz]
Δf dim pilastri in X =	20.89630	22.03249	30.83158	32.51300	63.92216	65.12877
Δf dim pilastri in Y =	20.89630	22.03629	30.83158	32.51758	63.92216	65.13083
Δf dim travi calate =	18.09982	22.80218	30.63807	32.50201	60.88651	65.77154
Δf dim travi a spessore =	19.93563	22.73359	31.42195	32.44340	63.26489	65.72143
Δf rig telaio Y =	-	-	-	-	-	-
Δf Modulo Elastico Et della tamponatura =	9.33372	28.98677	13.32699	43.38464	26.83717	91.00920
Δf coefficiente di poisson ν della tamponatura =	21.46526	21.68967	31.62983	31.98039	64.17549	64.90028
Δf Massa della tamponatura (con riferimento il peso specifico γ) =	14.64151	34.10845	21.61645	48.96603	43.76789	102.77513
Δf Snellezza tamponatura (H/t) =	11.46312	45.59646	16.33572	54.83032	32.88857	188.66900
Δf aspect ratio (H/L) =	(H/L \leq 1)		(H/L \leq 1)		(H/L \leq 1)	
	17.51606	30.71814	21.57860	54.83561	54.69406	93.32799
	(H/L \geq 1)		(H/L \geq 1)		(H/L \geq 1)	
	5.27132	30.71814	7.67372	54.83561	22.98908	93.32799

CASISTICA COMUNE PER TELAI IN CA						
VARIAZIONE IN PERCENTUALE DELLA FREQUENZA, AL VARIARE DEL PARAMETRO	valori minimi	valori massimi	MODI DI VIBRARE DELLA TAMPONATURA			
			Modo 1,1	Modo 2,1	Modo 2,2	
Δf dim pilastri in X =	25x25cm	160x80cm	5.16%	5.17%	1.85%	
Δf dim pilastri in Y =	25x25cm	80x160cm	5.17%	5.18%	1.86%	
Δf dim travi calate =	20x20cm	60x120cm	20.62%	5.73%	7.43%	
Δf dim travi a spessore =	25x25cm	160x40cm	12.31%	3.15%	3.74%	
Δf rig telaio Y =	-	-	-	-	-	
Δf Modulo Elastico Et della tamponatura =	500 N/mm ²	6000 N/mm ²	67.80%	69.28%	70.51%	
Δf coefficiente di poisson ν della tamponatura =	0.2	0.25	1.03%	1.10%	1.12%	
Δf Massa della tamponatura (con riferimento il peso specifico γ) =	$\gamma = 4$ kN/m ³	$\gamma = 22$ kN/m ³	57.07%	55.85%	57.41%	
Δf Snellezza tamponatura (H/t) =	t = 5cm	t = 45cm	74.86%	70.21%	82.57%	
Δf aspect ratio (H/L) =	H/L = 0.333	H/L = 1	(H/L \leq 1)	(H/L \leq 1)	(H/L \leq 1)	
			42.98%	60.65%	41.40%	
	H/L = 1	H/L = 3	(H/L \geq 1)	(H/L \geq 1)	(H/L \geq 1)	
			82.84%	86.01%	75.37%	

Tabella 25 in alto: tabella delle frequenze massime e minime individuate per ogni parametro con riferimento la casistica comune per costruzioni a telaio; in basso: riduzione percentuale di frequenza con riferimento il massimo valore per la casistica ordinaria di ogni parametro.

Divisione della forma modale in “globale” e “parete”

1. La divisione delle forme modali in “globale” e “parete” avviene per la variazione di tutti i parametri analizzati, eccezion fatta per la variazione della dimensione delle **travi calate** ed a **spessore** e del **Coefficiente di Poisson**. Per questi parametri le forme modali restano sempre ben definite ed associabili al modo “parete”. Possiamo quindi dire che, per i modi studiati, la variazione di rigidità torsionale delle travi e la variazione del

- Coefficiente di Poisson producono variazioni in termini di valori delle frequenze proprie, ma non producono variazioni in termini di forme modali.
2. La divisione delle forme modali in “globale” e “parete” **non** avviene all’interno della **casistica “comune”** riguardanti le costruzioni a telaio in CA, per la variazione dei seguenti parametri:
 - **Pilastri**, sia con asse forte in X che in Y, dove la divisione non si verifica all’interno dei limiti minimi secondo normativa NTC2018 (25x25 cm), ma sempre per valori inferiori, quindi inverosimili.
 - **Modulo elastico**, dove l’individuazione dei due modi “globale” e “parete” all’interno di ogni modo analizzato, avviene per valori superiori a quelli comunemente associabili alla casistica comune (ossia superiori a 6000 MPa, valore massimo indicato nella Tabella C 8.5.1 della Circolare 7 del 2019 per le NTC2018).
 - **Massa**, dove le due forme modali distinte “globale” e “parete” per i tre modi studiati vengono individuate al di sotto dei valori di peso specifico $\gamma < 4 \text{ kN/m}^3$ e di massa minori a 6 kN (tamponature leggere). È fatta eccezione per il modo 2.1 dove la divisione avviene per valori di peso specifico minori di 4.5 kN/m^3 e quindi per valori di massa pari a 6.75 kN.
 3. La divisione dei modi in “globale” e “parete” avviene **all’interno** di valori contemplabili nella **casistica “comune”** per tutti gli altri parametri. Nel dettaglio:
 - Per la **snellezza** della tamponatura (H/t), dove la suddivisione si ha per spessori a partire da 17 cm (modo 2.1) e per spessori via via maggiori (tamponatura rigida);
 - Per l’**aspect ratio**, dove l’individuazione separata dei modi avviene da un rapporto $H/L \geq 1$, ossia per pareti tendenzialmente snelle (più alte che larghe).
 4. In riferimento alla **rigidezza del telaio in direzione trasversale**, non è stato possibile definire un range considerato “comune” per le costruzioni a telaio ordinarie in CA, tuttavia la suddivisione dei modi è stata individuata a partire da rigidzze del telaio trasversale dell’ordine di $10^4 - 10^5 \text{ kN/m}$ verso valori minori (telaio trasversale poco rigido).
 5. Confrontando i risultati ottenuti variando il **modulo elastico** e la **snellezza**, per ogni modo osserviamo dei grafici visivamente specchiati. Analizzandoli nel dettaglio possiamo notare come per bassi moduli elastici e bassi spessori della tamponatura (elevata snellezza) abbiamo l’individuazione da parte degli algoritmi di una sola forma modale per ogni modo. Possiamo quindi dire che per pareti poco rigide la variazione di forma è poco significativa. Inoltre, osservando i singoli modi per entrambi i parametri, si osserva che la separazione delle forme dei modi 1.1 e 2.2 avviene per valori dei

parametri distanti da quelli per cui avviene la separazione del modo 2.1, nel dettaglio generale per rigidezze maggiori.

6. Per tamponature con massa dell'ordine di 7-8 kN e maggiore, e quindi per pesi specifici intorno a 5 kN/m^3 e maggiori, la variazione di forma è pressoché irrilevante.

Variazione di frequenza

1. Il **modulo elastico** è il parametro che maggiormente influisce sulla variazione di frequenza (considerando la variazione totale con valori anche al di fuori della casistica comune), con percentuali attorno al 90% per tutte e tre i modi. Seguono poi la **massa** con percentuali intorno all' 85%, l'**aspect ratio** e la **snellezza** con percentuali attorno all'80%.
2. Considerando la **casistica comune**, il parametro che maggiormente influenza la variazione di frequenza è l'aspect ratio (circa 80%). Seguono poi la snellezza (circa 75%), il modulo elastico (circa 70%) e la massa (circa 55%).
3. Possiamo notare come per bassi moduli elastici, elevata snellezza e massa rilevante, la rigidezza dell'elemento non strutturale diminuisce ottenendo basse frequenze di vibrazione e quindi periodi elevati.
4. La variazione degli elementi strutturali del telaio (**travi** e **pilastrini**) porta a frequenze minime simili tra loro (range tra circa 8 -13 Hz per il modo 1.1, tra circa 21 -26 Hz per il modo 2.1 e circa 50 – 55 Hz per il 2.2) e a frequenze massime quasi uguali (circa 22 Hz per il modo 1.1, 32 Hz per il 2.1 e 65 Hz per il 2.2). In quest'ultimo caso, probabilmente il comportamento della tamponatura tende a quello di una piastra incastrata ai due lati opposti, che si invertono per il caso di pilastrini rigidi e travi rigide.
5. Parlando in percentuale, la variazione delle sezioni dei pilastrini influisce maggiormente sulla variazione delle frequenze dei primi due modi (circa 60% e 35%) rispetto alla variazione delle sezioni delle travi (39% e 19%); per il modo 2.2 la variazione di frequenza risulta più importante quando a variare sono le sezioni delle travi, sia a spessore che calate (15% per i pilastrini contro 24% delle travi).
6. Per la **casistica comune** negli edifici in c.a., l'influenza della variazione delle sezioni di travi e pilastrini sulla variazione di frequenza risulta poco rilevante; ciò sta a significare che le dimensioni di travi e pilastrini contano poco nella dinamica fuori piano della parete; tale considerazione non è strettamente vera per il modo 1.1 variando il parametro "travi calate", per il quale si raggiunge una variazione di frequenze di circa il 20%.
7. Per i **pilastrini** e per dimensioni maggiori di 40x60 cm (con direzione forte sia in X che Y) i valori di frequenza tendono a diventare costanti in maniera asintotica.

8. Per le **travi** quanto detto al punto precedente vale per dimensioni maggiori di 50x60 cm per quelle **calate** e maggiori di 85x35cm per quelle a **spessore**.
9. La **rigidezza** del telaio **trasversale** risulta influente per valori compresi tra $K=100$ e $K=4 \cdot 10^5$ kN/m al di sotto ed al di sopra dei quali la variazione di rigidezza risulta ininfluyente sulle frequenze della tamponatura. In questo caso, però, non siamo in grado di definire gli estremi di rigidezza tipicamente individuabili in costruzioni comuni a telaio in CA.
10. In riferimento all'**aspect ratio** possiamo notare che la massima frequenza si ha per valori di rapporto H/L pari ad 1 per tutti i modi, andando a decrescere per rapporti maggiori o minori di 1. Possiamo inoltre notare come la variazione di frequenza espressa in percentuale all'interno dei modi sia più significativa per aspect ratio maggiori di 1. Possiamo quindi dire che il rapporto tra le dimensioni della tamponatura sul comportamento dinamico fuori piano della stessa risulta più influente in situazioni di pareti alte e strette.
11. Il **coefficiente di Poisson** non risulta particolarmente influente sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura, o comunque in percentuale minore rispetto a tutti gli altri parametri analizzati.

7. CONCLUSIONI

Per concludere la trattazione di questo lavoro è opportuno ricordarne gli obiettivi e ripercorrere brevemente il lavoro svolto. Come spiegato nel capitolo introduttivo dello studio, l'interazione tra elementi strutturali e non strutturali risulta particolarmente importante per la valutazione del comportamento globale degli edifici, specialmente per edifici in zona sismica. Per una corretta valutazione della risposta quindi, sia per nuovi edifici che per edifici esistenti, risulta fondamentale conoscere non solo il comportamento dinamico della struttura portante, ma anche quello degli elementi non strutturali con i quali interagisce per tutta la vita dell'opera. A partire da ciò, sono stati definiti gli obiettivi di questa tesi di studio.

In primo luogo, si sono voluti valutare gli effetti sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura al variare dei parametri geometrici e meccanici della parete stessa e degli elementi al contorno; come secondo obiettivo, essendo il processo di valutazione molto oneroso se effettuato manualmente, si è voluto definire un processo automatico di analisi ed individuazione dei risultati, al fine di rendere l'intero processo più veloce e sistematico.

Lo studio degli effetti dei vari parametri sull'elemento non strutturale è stato valutato in termini di variazione di frequenza e di forme modali per i tre modi ogni volta analizzati, suddivisi nella loro forma "globale" e "parete". Sono stati ricercati rispettivamente: il modo 1.1 "globale" ed il modo 1.1 "parete", il modo 2.1 "globale" ed il modo 2.1 "parete", il modo 2.2 "globale" ed il modo 2.2 "parete" per ogni valore di parametro studiato.

Il lavoro svolto è stato effettuato a partire dal secondo obiettivo, è cioè la creazione di uno "strumento" capace di modellare il caso di studio, di variarne i parametri al suo interno uno alla volta, di eseguire l'analisi modale, di individuare i modi richiesti e di restituirne i risultati in termini di frequenza, numero di modo, diagrammi di variazione parametro – frequenza e tabelle riassuntive.

Nella seconda parte del lavoro sono stati definiti e sono stati fatti variare i parametri ritenuti potenzialmente influenti sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura, è stata eseguita l'analisi modale per ogni valore di parametro fino ad ottenere 50 modi, e sono stati ricercati i modi 1.1, 2.1 e 2.2 come definiti poco sopra, dei quali sono state valutate le variazioni in frequenza e le forme modali. I parametri analizzati sono stati rispettivamente: la variazione delle dimensioni dei pilastri con asse forte in direzione X e Y, la variazione delle dimensioni delle travi calate e delle travi a spessore, la variazione di rigidità del telaio in direzione trasversale,

la variazione del modulo elastico della tamponatura, del coefficiente di Poisson, della massa, della snellezza (H/t) e dell'aspect ratio (H/L) della tamponatura.

Per tutti questi parametri, lo studio è stato effettuato con valori di estremi massimi e minimi per ogni parametro non usualmente riscontrabili nella realtà, al fine di ottenere delle curve di risultati più ampie e maggiormente descrittive della reale influenza dei parametri sul comportamento dinamico fuori piano dell'elemento non strutturale. All'interno di ogni range di valori, per ogni parametro, è stato evidenziato ed analizzato un ulteriore range, definito "casistica comune", composto da quei valori di parametro ritenuti facilmente individuabili in situazioni comuni per costruzioni ordinarie a telaio in CA. È stata fatta eccezione per il parametro di rigidezza del telaio in direzione trasversale, per il quale non è stato possibile definire un range rappresentativo di situazioni comuni. Per i restanti parametri, e per la "casistica comune", sono stati nuovamente valutati i risultati in termini di frequenze e forme modali.

Dai risultati ottenuti è stato possibile constatare che il parametro maggiormente influente sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura è il modulo elastico della stessa, seguito dalla massa, dal rapporto aspect ratio (in particolare per pareti tendenzialmente snelle) definito come rapporto tra altezza e larghezza della tamponatura, e dalla snellezza, definita come rapporto tra altezza e spessore della tamponatura. Possiamo in sintesi dire che ciò che maggiormente influisce sul comportamento dinamico fuori piano dell'elemento non strutturale è la conformazione e le proprietà meccaniche dell'elemento stesso, eccezion fatta per il Coefficiente di Poisson che ha dimostrato di non influire particolarmente sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura. In riferimento agli elementi al contorno, il parametro che risulta maggiormente influente è la rigidezza del telaio in direzione trasversale. Per gli elementi strutturali quali travi e pilastri, su ipotesi di solaio infinitamente rigido nel piano, si è potuto notare che le dimensioni dei pilastri in entrambe le direzioni, risultano più influenti sul comportamento fuori piano della tamponatura rispetto alla variazione delle dimensioni delle travi, sia calate che a spessore, in funzione delle deformazioni consentite. Prendendo in analisi i singoli elementi strutturali invece, possiamo dire che la variazione delle dimensioni dei pilastri sia in una direzione che nell'altra influiscono allo stesso modo sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura; discorso valido anche per gli elementi trave, calata ed a spessore.

In riferimento a situazioni di casistica comune per le costruzioni ordinarie a telaio in C.A, risultano sempre maggiormente influenti sul comportamento dinamico fuori piano della tamponatura i parametri riguardanti le proprietà geometriche e meccaniche della parete stessa rispetto a quelli del telaio circostante. In questo caso il fattore che maggiormente influisce è

l'aspect ratio della parete, seguito poi dalla snellezza, dal modulo elastico e dalla massa. L'influenza della variazione di dimensioni di travi e pilastri, in riferimento alla casistica comune, risulta poco rilevante ed in particolare, in alcuni casi, risulta addirittura ininfluenza sul comportamento dinamico dell'elemento non strutturale.

In conclusione, si può affermare che lo strumento di analisi e individuazione automatica dei modi della parete sviluppato con codice Matlab ha fornito ottimi risultati in termini di individuazione dei modi ed ha permesso di eseguire le analisi richieste in un tempo molto più breve di quello che sarebbe stato necessario in un'analisi completamente manuale. Il lavoro svolto ha visto l'indagine di molti parametri (10) che risultano più o meno influenti sulla dinamica fuori piano della parete. Come sviluppo futuro della ricerca, ulteriori parametri potranno essere investigati, come ad esempio il grado di vincolo della tamponatura con il telaio circostante, il grado di vincolo alla base della struttura (fondazioni), la diversa geometria dei vari telai, la posizione e il numero di specchiature di telaio tamponate.

Bibliografia

- [1] Petry S., Beyer K. (2015) Cyclic test data of six unreinforced masonry walls with different boundary conditions. *Earthq. Spectra*, 31(4), 2459-2484.
- [2] Furtado A., Rodrigues H., Arede A., Varum H. (2018) Out-of-plane behavior of masonry infilled RC frames based on the experimental tests available: A systematic review. *Constr. Build. Mat.*, 168, 831-848.
- [3] Akhlaghi M.M., Bose S., Mohammadi M.E., Moaveni B., Stavridis A., Wood R.L. (2021) Post-earthquake damage identification of an RC school building in Nepal using ambient vibration and point cloud data. *Eng. Struct.*, 227, 111413.
- [4] Ivanovic S.S., Trifunac M.D., Novikova E.I., Gladkov A.A., Todorovska M.I. (2000) Ambient vibration tests of a seven storey reinforced concrete building in Van Nuys, California, damaged by the 1994 Northridge earthquake. *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, 19(6), 391-411.
- [5] Ewins D. J. (2000) *Modal testing: Theory, Practice and Application*. 2nd ed., Wiley: Chichester, UK, 1-576.
- [6] Yuen T.Y.P., Zhang H.H., Kuang J.S., Huang Q. (2018) Shake table tests on RC frame infilled by slitted masonry panels. *Bull. Earthq. Eng.*, 16, 4027-4052.
- [7] Koutromanos I., Kyriakides M., Stavridis A., Billington S., Shing P.B. (2013) Shake-table tests of a 3-story masonry-infilled RC frame retrofitted with composite materials. *J. Struct. Eng.*, 139(8), 1340-1351.
- [8] Nicoletti V, Arezzo D, Carbonari S, Gara F. (2022) Dynamic monitoring of buildings as a diagnostic tool during construction phases. *J. Build. Eng.*, 46, 103764.
- [9] Furtado A., Vila-Pouca N., Varum H., Arede A. (2019) Study of the seismic response on the infill masonry walls of a 15-storey reinforced concrete structure in Nepal. *Buildings*, 9(2), 39.
- [10] Nicoletti V, Arezzo D, Carbonari S, Gara F. (2020) Expedient methodology for the estimation of infill masonry wall stiffness through in-situ dynamic tests. *Constr. Build. Mat.*, 262, 120807.
- [11] De Angelis A., Pecce M.R. (2018) Out-of-plane structural identification of a masonry infill wall inside beam-column RC frames. *Eng. Struct.*, 173, 546-558.
- [12] Varum H., Furtado A., Rodrigues H., Dias-Oliveira J., Vila-Pouca N., Arede A. (2017) Seismic performance of the infill masonry walls and ambient vibration tests after the Ghorka 2015, Nepal earthquake. *Bull. Earthq. Eng.*, 15(3), 1185-1212.
- [13] Furtado A., Rodrigues H., Arede A., Varum H. (2017) Modal identification of infill masonry walls with different characteristics. *Eng. Struct.*, 145, 118-134.
- [14] Furtado A., Rodrigues H., Arede A., Varum H. (2016) Experimental evaluation of out-of-plane capacity of masonry infill walls. *Eng. Struct.*, 111, 48-63.
- [15] Mitchell A.K., Hazell C.R. (1986) A simple frequency formula for clamped rectangular plates. *J. Sound Vib.*, 118(2), 271-281.

[16] Nicoletti V, Arezzo D, Carbonari S, Gara F. (2022) Vibration-Based Tests and Results for the Evaluation of Infill Masonry Walls Influence on the Dynamic Behaviour of Buildings: A Review. Archives of Computational Methods in Engineering.

[17] NTC 2018 – “Norme Tecniche per le Costruzioni”, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

[18] Circolare n. 7 del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici, 21 gennaio 2019.