

GUIDA ALL'APPRENDIMENTO

Dicembre 2024



INDICE

INTRODUZIONE	1
CONCETTI GENERALI.....	1
Creazione di un nuovo progetto	1
Apertura di un progetto.....	2
Inserimento di una nuova struttura in un progetto	2
Rendere corrente una struttura	2
Definire le proprietà di un elemento.....	3
MODELLAZIONE STRUTTURALE	3
Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG.....	3
Inserimento travi di elevazione e vano ascensore.....	6
Inserimento travi di fondazione.....	9
Inserimento solai e tamponature ed assegnazione dei carichi	10
Inserimento platea di fondazione.....	14
Definizione dei nuclei.....	15
Approfondimenti	16
Generazione di un serbatoio.....	16
Uso e modifica del sistema di riferimento	18
Definizione ed assegnazione dei carichi da vento	23
Concetto e definizione di nucleo.....	30
Elementi bidimensionali e piani rigidi.....	33
Inserimento di una platea	36
Schematizzazione aree a sbalzo	40
Definizione degli impalcati di strutture con più corpi di fabbrica	41
Impalcati rigidi non orizzontali.....	44
Struttura con giunto in elevazione e fondazione unica	53
Vincoli aste nelle strutture in acciaio.....	54
CALCOLO STRUTTURA ED ANALISI DEI RISULTATI.....	56
Calcolo struttura con metodo FEM	56
Visualizzazione dei risultati.....	58
Approfondimenti	61
Rigidità torsionale elementi bidimensionali	61
Sollecitazioni negli elementi bidimensionali e sistemi di riferimento	65
Calcolo senza interazione suolo-struttura.....	68
MODELLAZIONE GEOTECNICA	69
Inserimento di una colonna stratigrafica	69
Caratterizzazione geotecnica	71
Modellazione e verifica delle fondazioni superficiali	72
Modellazione e verifica delle fondazioni profonde	73
Analisi del singolo palo	75
PROGETTAZIONE ARMATURA	76
Progettazione automatica armature.....	76
Progettazione interattiva armature travi.....	77
Progettazione interattiva armature nuclei e pareti irrigidenti.....	80
Progettazione interattiva armature solette/platee	81
Progettazione interattiva armature plinti	84
Progetto di un plinto collegato ad una struttura	84
Progetto di un plinto indipendente dalla struttura.....	86
Progettazione interattiva armature solai	89

Progettazione interattiva armature sezioni	90
Progetto di una sezione con sollecitazioni automatiche	91
Progetto di una sezione con sollecitazioni manuali	92
Progetto di una sezione con sollecitazioni da integratore longitudinale	94
Approfondimenti	95
Progettazione armature di travi da integratore trasversale	95
Inserimento in una platea di zone di armatura con orientamento diverso	96
Progettazione interattiva di una platea con zone a diverso spessore	99
PROGETTAZIONE COLLEGAMENTI IN ACCIAIO	102
Progettazione interattiva unioni reticolari in acciaio	102
Progettazione interattiva collegamenti struttura intelaiata	103
STRUTTURE IN MURATURA	104
Calcolo e verifica struttura in muratura	104
Verifica interattiva meccanismi locali di collasso	107
GESTIONE DISEGNI ESECUTIVI	108
Assemblaggio tavole	108

Introduzione

Prima di iniziare l'esame del presente tutorial consigliamo di leggere il manuale d'uso, con particolare riferimento ai capitoli "Uso del programma" e "Modellazione struttura".

Questo tutorial illustra la realizzazione completa di una struttura attraverso le singole fasi che portano a:

- definire un progetto;
- modellare una struttura;
- calcolare le sollecitazioni e gli spostamenti;
- modellare il terreno di fondazione;
- modellare e verificare gli elementi di fondazione;
- progettare le armature in automatico ed in interattivo;
- progettare i collegamenti di strutture in acciaio in interattivo;
- calcolare e verificare strutture in muratura;
- ottenere i disegni esecutivi.

A tale scopo è stata predisposta una cartella di progetto **ESEMPI**, in cui l'utente può salvare la struttura nel corso dell'apprendimento e trovare le strutture **EDICA**, **EDICA_P**, **ES3**, **EDIACC**, **EDIACC2**, **EDIGEO**, **ASP** e **EDIMUR**, che sono il risultato finale delle esercitazioni presenti nel tutorial. L'utente può far riferimento a tali strutture sia per effettuare eventuali confronti lungo lo svolgimento del tutorial sia per analizzare alcune fasi del tutorial senza dover eseguire la modellazione della struttura.

Il percorso di apprendimento si articola in tre fasi: modellazione, progettazione e gestione dei disegni esecutivi. Ogni fase o parte di essa dovrà essere eseguita in sequenza per rispettare la successione delle operazioni di introduzione dei dati ed ottenimento dei risultati. Ogni fase si articola attraverso l'analisi dapprima degli aspetti principali e successivamente dell'approfondimento dei punti più significativi.

Inizialmente mostreremo come modellare una struttura ed affronteremo in senso generale il problema dell'inserimento della geometria. ModeSt non prevede un metodo standard di inserimento dati. Si può arrivare alla modellazione della struttura seguendo strade diverse ed ogni utente è libero di conformarsi a quella a lui più congeniale. Proseguiremo con il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti con il metodo degli elementi finiti (FEM) e l'analisi dei risultati. Approfondiremo la fase di modellazione strutturale con l'inserimento di una struttura meno comune come un serbatoio, la definizione e l'applicazione del carico da vento; illustreremo alcuni suggerimenti per l'uso di ModeSt ed alcune problematiche inerenti la definizione e l'assegnazione degli impalcati a strutture composte da più corpi di fabbrica e sul calcolo agli elementi finiti.



Proseguiremo con la modellazione del terreno di fondazione definendo la colonna stratigrafica, associandovi le prove in sito e verificando sia le fondazioni superficiali che quelle profonde. Per quest'ultime progetteremo interattivamente l'armatura di un palo.

L'esercitazione proseguirà con la progettazione, automatica ed interattiva, dell'armatura di una trave, di un nucleo e di una platea. Continueremo con la progettazione interattiva dell'armatura dei plinti, sia collegati ad una sovrastruttura sia caricati dalle sole reazioni vincolari (caso classico di strutture prefabbricate), dei solai, delle sezioni e delle unioni delle reticolari e dei telai in acciaio. Approfondiremo la fase di progettazione con l'uso della progettazione interattiva delle solette/platee per inserire ferri disposti secondo direzioni diverse in due zone della stessa platea per concludere con la progettazione di una platea con spessori diversi.

Continueremo con il calcolo e la verifica di una struttura in muratura per poi passare ad illustrare la verifica interattiva dei meccanismi locali di collasso.

Concluderemo il tutorial illustrando come effettuare l'assemblaggio delle tavole tra i disegni esecutivi prodotti in automatico da ModeSt e quelli prodotti manualmente dall'utente con Ms-Cad.



In tutti gli esempi si ipotizza di avere impostato nelle opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'ap-

 plicazione  e poi su **Opzioni**, come unità di misura i "daN" per le forze ed i "m" per le lunghezze e tutte le altre opzioni con i valori di default.

Concetti generali

Creazione di un nuovo progetto

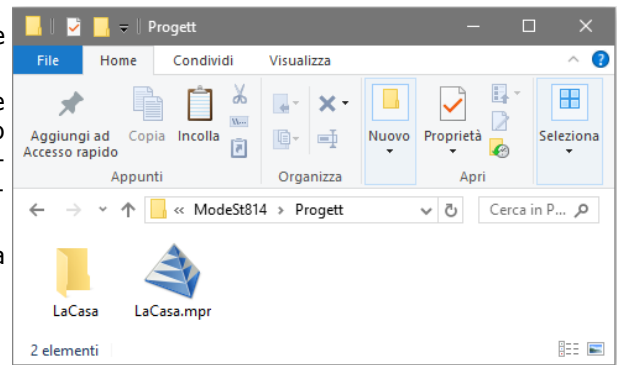
Per creare un nuovo progetto si può utilizzare uno dei seguenti modi:

- Dal menu dell'applicazione  selezionare **Nuovo** e poi **Progetto** , quindi assegnare un nome al progetto.
- Con il **Tasto di scelta rapida** Ctrl+N e quindi assegnare un nome al progetto.

Viene creato un file, nella cartella di lavoro, con il nome prescelto ed estensione MPR ed una cartella con lo stesso nome in cui verranno memorizzati tutti i file relativi. Ovviamente è comunque possibile memorizzare i file in qualunque locazione del disco rigido o della rete.




Ad esempio creando un progetto di nome **LACASA** nella cartella di lavoro PROGETT, verranno creati:

- la cartella **LACASA**
- il file **LACASA.MPR**

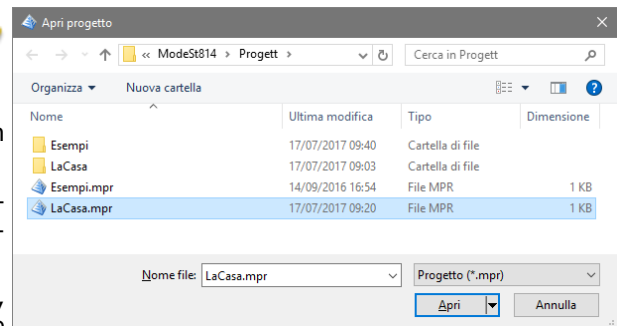


Apertura di un progetto

Per aprire un progetto si può utilizzare uno dei seguenti modi:




- Dal menu dell'applicazione  selezionare **Apri**  e poi **Progetto** , quindi selezionare il file con estensione MPR nella cartella del progetto.
- Con il **Tasto di scelta rapida** Ctrl+A e quindi selezionare il file con estensione MPR nella cartella del progetto.

Ad esempio avendo creato un progetto di nome **LACASA**, nella cartella di lavoro PROGETT, è sufficiente selezionare il file **LACASA.MPR**






Inserimento di una nuova struttura in un progetto

Per aggiungere una nuova struttura al progetto si può utilizzare uno dei seguenti modi:

- Dal menu dell'applicazione  selezionare **Nuovo** e poi **Struttura nel progetto** , quindi assegnare un nome alla struttura.
- Dal pannello **Progetto** cliccare su  e quindi assegnare un nome alla struttura.


Per ogni nuova struttura vengono create due cartelle che conterranno i disegni esecutivi: una con lo stesso nome ed estensione GDB per i database grafici interni a ModeSt ed una priva di estensione per i file DXF.

Per inserire nel progetto file o strutture già esistenti in altri progetti si può utilizzare uno dei seguenti modi:

- Dal menu dell'applicazione  selezionare **Importa** e poi **Struttura** , quindi selezionare il file con estensione GEO nella cartella del progetto.
- Dal pannello **Progetto** cliccare su  e quindi selezionare il file con estensione GEO nella cartella del progetto.
- Con il **Tasto destro** sul nome del progetto nell'albero del progetto → *Inserisci* → *Struttura*, quindi selezionare il file con estensione GEO nella cartella del progetto.




Rendere corrente una struttura

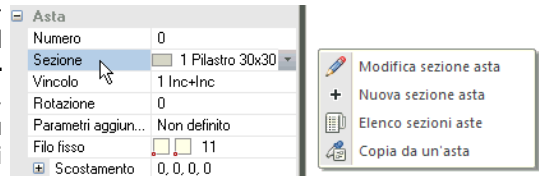
Una volta aperto un progetto (vedi **Apertura di un progetto**) per rendere corrente una struttura si può utilizzare uno dei seguenti modi:

1. Selezionare il nome della struttura nell'albero del progetto e cliccare su  del pannello **Progetto**.
2. Con il **Tasto destro** sul nome della struttura nell'albero del progetto → *Corrente*.
3. Con il **Tasto destro** sul nome del progetto nell'albero del progetto → *Struttura corrente* e quindi selezionare il nome della struttura.

Definire le proprietà di un elemento

La definizione delle proprietà degli elementi (sezione, tipo di muro/elemento bidimensionale, vincolo nodale, ecc.) può essere effettuata nei seguenti modi:

- Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** cliccando su **Proprietà elementi**  e poi sull'elemento da definire, quindi su "Aggiungi". Ad esempio, per definire una sezione cliccate nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** , quindi cliccate su "Aggiungi" e specificate nella finestra di dialogo i dati richiesti.
- Dal pannello **Proprietà correnti** cliccando sulla riga dell'elemento da definire e quindi sulla voce del menu a discesa. Ad esempio, per definire una sezione cliccate dal pannello **Proprietà correnti** sulla riga "Sezione" della sezione "Aste", quindi sul menu a discesa (rappresentato in figura) cliccate su "Nuova sezione asta" e specificate nella finestra di dialogo i dati richiesti.
- Dalla **Linea di comando** digitando il nome del comando. Ad esempio per definire una sezione digitate **DESE** nella linea di comando e specificate nella finestra di dialogo i dati richiesti.






Modellazione strutturale

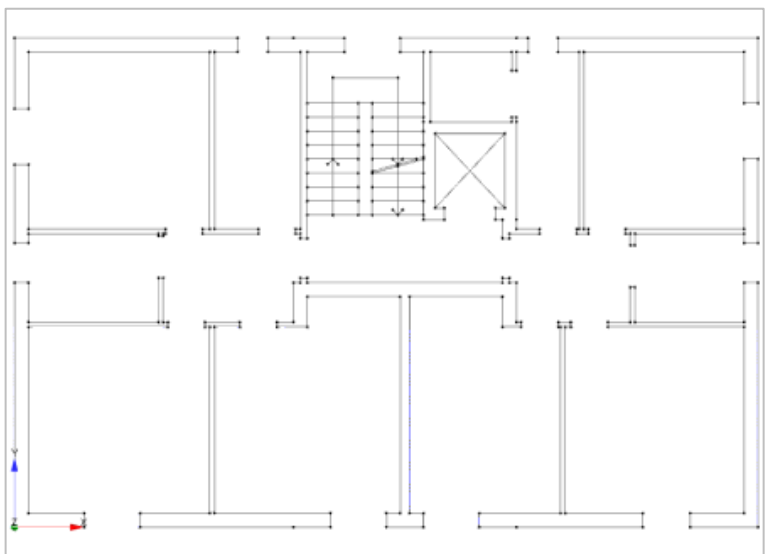
Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), create una nuova struttura chiamandola **EDIF** (vedi **Inserimento di una nuova struttura in un progetto**) e posizionatevi in vista piana cliccando su "Vista piana" degli **Strumenti di visualizzazione**.

L'inserimento della geometria della struttura viene effettuato utilizzando il file relativo al disegno architettonico che, trasformato in "lucido", costituirà la base di costruzione della struttura. La conversione dei file in formato DXF o DWG (sia bidimensionali che tridimensionali) in lucidi può essere effettuata nel gruppo **Lucido** della scheda **Modella-**

zione cliccando su **Lucido**  e poi su **Trasforma** . In questa struttura la conversione del file PIANTA.DWG è già stata effettuata ed il lucido è già stato associato al progetto, quindi è sufficiente visualizzare il lucido nella finestra di modellazione cliccando nel gruppo **Lucido** della scheda **Modella-**



zione su **Lucido** , selezionando "Visualizza" e cliccando poi sul nome del lucido PIANTA.LUC.



L'inserimento dei nodi della struttura normalmente avviene **aggiungendo i nodi** indicando le coordinate o i punti del lucido in cui inserire i nodi, ma può avvenire in modo più veloce **aggiungendo le aste e aggiungendo i muri/elementi bidimensionali** che inseriscono, oltre ai nodi, anche gli elementi strutturali (pilastri e muri/elementi bidimensionali) per i quali però occorre aver già definito le sezioni dei pilastri e dei muri/elementi bidimensionali. La definizione del numero e delle quote degli impalcati, non necessarie per la creazione automatica dei nodi superiori degli elementi, consentono comunque di velocizzare l'inserimento degli elementi strutturali.

La definizione delle proprietà degli elementi può essere effettuata in vari modi, nel nostro esempio adotteremo sempre il metodo che utilizza la barra multifunzione. Per conoscere le altre metodologie si veda il paragrafo **Definire le proprietà di un elemento**.

Definite quindi 3 impalcati cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà**

elementi  e poi su **Impalcati** , quindi cliccate tre volte sul bottone "Inserisci", digitate le quote degli impalcati pari a 3, 6 e 7.59 m e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Definite una sezione da utilizzare per i pilastri cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione**

su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Membratura: Pilastro

Verifica prevista: Cemento armato

Materiale: 6 (Calcestruzzo classe C28/35)

Criterio di progetto: 1 (Pilastri rettangolari con ferri dal 16 al 22 e staffe del 6 e 8)

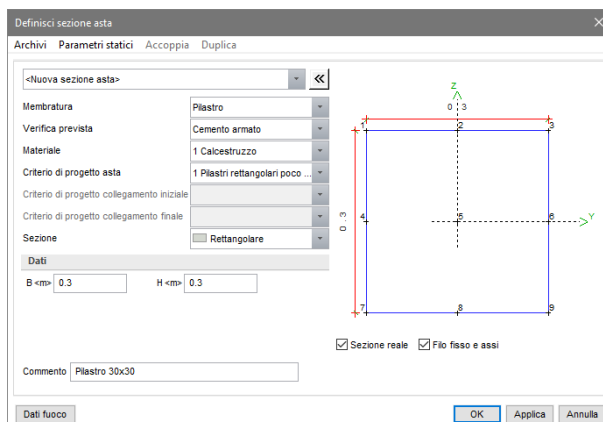
Sezione: Rettangolare

Dati: B=0.30, H=0.30

Commento: Pilastro 30x30


e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.


Verificate come, nella casella di riepilogo a discesa relativa alle sezioni delle "Aste" del pannello **Proprietà correnti**, la sezione appena definita sia stata automaticamente resa corrente.

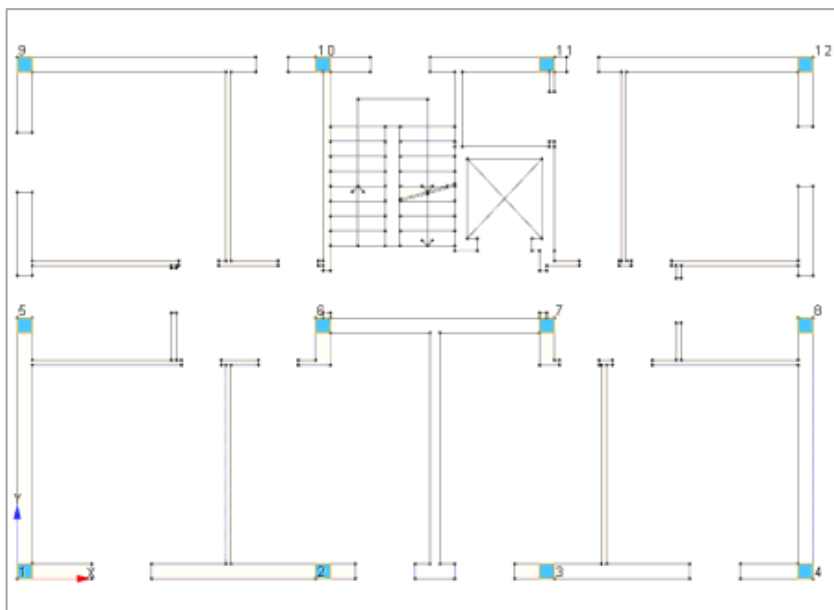


Attivate una scatola di visualizzazione più piccola cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "BOX sul piano".


Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

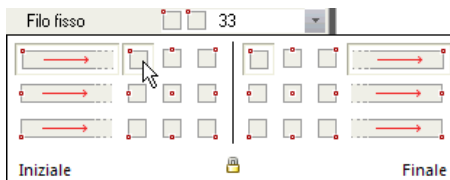
Tenendo presente che il vostro obiettivo è quanto riportato in figura, per poter inserire i nodi solo nei punti del lucido selezionate l'opzione "Usa nodi esistenti/lucido" nella sezione **Ricerca punti** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** ed iniziate ad aggiungere i pilastri cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e quindi cliccando nel punto in basso a sinistra del lucido (nodo 1 in figura).




Procedendo verso l'alto, continuate ad inserire i pilastri in corrispondenza del punto in basso a sinistra del vano finestra (nodo 5 in figura) e osservate che il filo fisso del pilastro appena inserito non è corretto.

Annullate l'operazione fatta cliccando nella **Barra di accesso rapido** su  oppure con il tasto di scelta rapida Ctrl+Z.

Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** impostate il filo fisso asta corrente 33 cliccando sulla casella di riepilogo a discesa "Filo fisso", si aprirà un menu sul quale cliccherete in modo da avere il risultato rappresentato in figura.





Inserite nuovamente il pilastro cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e cliccando poi nello stesso punto di prima.

Completate l'inserimento dei pilastri procedendo in senso orario lungo il perimetro e poi all'interno del lucido (selezionando prima il punto a sinistra del vano ascensore) tenendo conto che potete proseguire sia impostando di volta in volta il corretto filo fisso prima dell'inserimento, che utilizzando un prefissato filo fisso per modificarlo alla fine dell'inserimento. Se utilizzate il secondo metodo, potete modificare successivamente il filo fisso dei pilastri cliccando sulle aste e dal pannello **Proprietà elementi selezionati** modificare il filo fisso selezionandolo nell'elenco del "Filo fisso" oppure cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **FF aste**  e poi sull'asta.

Il filo fisso come qualsiasi altra proprietà dell'asta può anche essere modificato facendo tasto destro sull'asta → *Proprietà*.

Numerate automaticamente i nodi cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Nodi** .

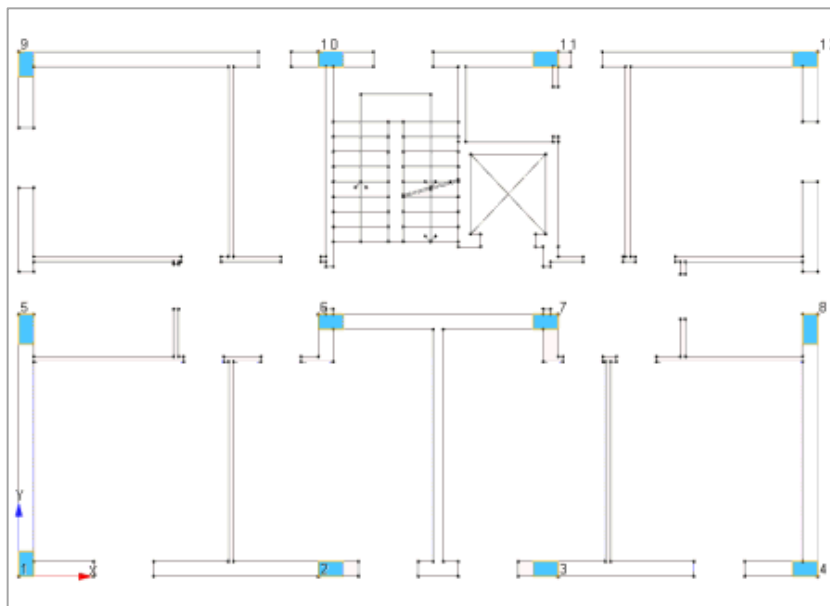
Definite un'altra sezione da utilizzare per i pilastri cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modella-**

zione su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate: **Membratura** Pilastro, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 1 (Pilastri rettangolari con ferri dal 16 al 22 e staffe del 6 e 8), **Sezione** Rettangolare, **Dati** B=0.30 H=0.50, **Commento** Pilastro 30x50; cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Tenendo presente che il vostro obiettivo è il modello in figura, modificate alcuni pilastri inseriti assegnando la sezione appena definita. A tal fine, nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione", quindi selezionate le aste in corrispondenza dei nodi 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11 e 12 cliccando su di esse. Quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" la sezione 2 (Pilastro 30x50).

Deselezionate tutto cliccando nel pan-

nello **Selezioni** su .



Definite un'altra sezione, utilizzando la procedura prima illustrata, specificando: **Membratura** Pilastro, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 1 (Pilastri rettangolari con ferri dal 16 al 22 e staffe del 6 e 8), **Sezione** Rettangolare, **Dati** B=0.50 H=0.30, **Commento** Pilastro 50x30 e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Assegnate la sezione appena definita. Selezionate le aste in corrispondenza dei nodi 1 e 9 cliccando su di esse e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" la sezione 3 (Pilastro 50x30).

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Definite un'altra sezione, utilizzando la procedura prima illustrata, specificando: **Membratura** Pilastro, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 1 (Pilastri rettangolari con ferri dal 16 al 22 e staffe del 6 e 8), **Sezione** Rettangolare, **Dati** B=0.60 H=0.30, **Commento** Pilastro 60x30 e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.



Assegnate la sezione appena definita. Selezionate le aste in corrispondenza dei nodi 5 e 8 cliccando su di esse e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" la sezione 4 (Pilastro 60x30).

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Attivate una scatola di visualizzazione più grande cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Togli BOX" e posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Prospettiva".

Attivate il disegno del numero delle aste cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Nu-**

meri proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Aste".

Numerate automaticamente le aste cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Aste** .

Salvate la struttura cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Inserimento travi di elevazione e vano ascensore

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stato completato quanto riportato in quello precedente e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Per continuare l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivato il disegno del numero dei nodi e delle aste (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**). È altresì necessario che sia visualizzato il lucido ed abbiate attivato una scatola di visualizzazione più piccola in vista piana (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**).

Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** impostate il filo fisso asta corrente 33 (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**).

Definite un elemento bidimensionale cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà**

elementi  e poi su **Tipi muri/bidimensionali** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Utilizzo: Nucleo

Tipologia: Membranale e Flessionale

Spessore: 0.25


Criterio di progetto: 1 (Armatura orizzontale con risvolti di estremità)

Materiale: 6 (Calcestruzzo classe C28/35)


Commento: Ascensore

e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.



Verificate come, nella casella di riepilogo a discesa relativa alla tipologia del "Muro/Bidimensionale" del pannello **Proprietà correnti**, l'elemento appena definito sia stato automaticamente reso corrente.

Effettuate un ingrandimento intorno al vano ascensore cliccando sul bottone  nella **Barra di accesso rapido**, selezionando col cursore grafico una finestra intorno al vano ascensore. Lo zoom può essere effettuato anche facendo scorrere la rotellina del mouse centrando il cursore sulla zona da ingrandire.



Per poter inserire i nodi solo nei punti del lucido selezionate l'opzione "Usa nodi esistenti/lucido" nella sezione **Ricerca punti** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

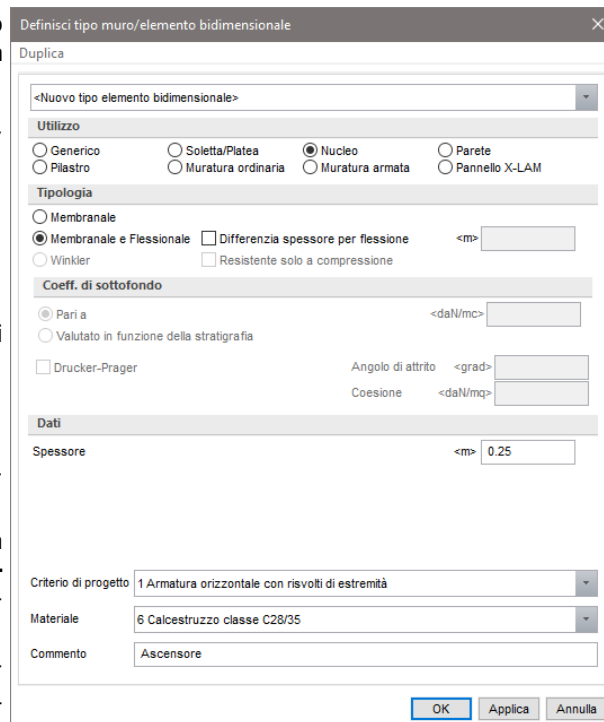
Aggiungete i muri cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Muri** , selezionando i nodi in senso antiorario partendo dal punto in basso a destra del vano ascensore (nodo 14 in figura) fino ad arrivare al risultato riportato in figura.

Completato l'inserimento, disattivate la visualizzazione del lucido cliccando nel gruppo **Lucido** della scheda **Mo-**

dellazione su **Lucido**  e poi su **Nasconde**  e posizionatevi sul primo impalcato cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 1 a 3.00".

Definite le sezioni da utilizzare per le travi cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione**

su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate: **Membratura Trave**, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 1 (Travi in spessore), **Sezione** Rettangolare, **Dati** B=0.80 H=0.24, **Commento** Trave 80x24 e cliccate sul bottone "Applica"; definite un'altra sezione con **Membratura Trave**, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 2 (Travi ricalate), **Sezione** Rettangolare, **Dati** B=0.30 H=0.40, **Commento** Trave 30x40 e cliccate sul bottone "Applica"; allo stesso modo definite un'ulteriore sezione con **Membratura Trave**, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 3 (Cordoli), **Sezione** Rettangolare, **Dati** B=0.30 H=0.30,



Definisci tipo muro/elemento bidimensionale

Duplica

<Nuovo tipo elemento bidimensionale>

Utilizzo

Generico Soletta/Plataea Nucleo Parete

Piastrino Muratura ordinaria Muratura armata Pannello X-LAM

Tipologia

Membranale

Membranale e Flessionale Differenzia spessore per flessione <m>

Winkler Resistente solo a compressione

Coeff. di sottofondo

Pari a <daN/mc>

Valutato in funzione della stratigrafia

Drucker-Prager Angolo di attrito <grad>

Coesione <daN/mq>

Dati

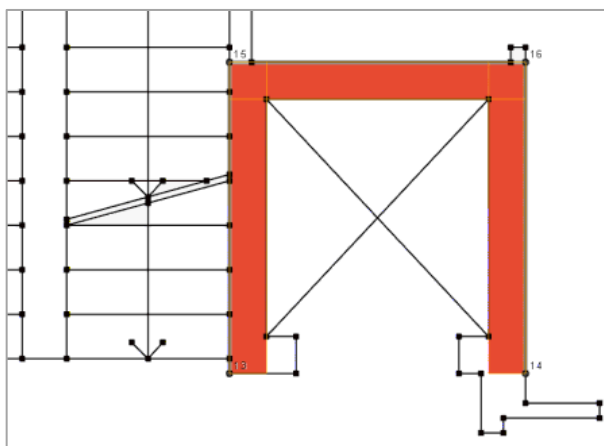
Spessore <m>

Criterio di progetto 1 Armatura orizzontale con risvolti di estremità

Materiale 6 Calcestruzzo classe C28/35


Commento Ascensore


OK Applica Annulla





Commento Cordolo 30x30 e cliccate sul bottone "Applica"; definite un'ulteriore sezione con **Membratura Trave**, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 1 (Travi in spessore), **Sezione** Rettangolare, **Dati** B=0.45 H=0.24, **Commento** Trave 45x24 e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.


Numerate automaticamente i nodi cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Nodi** .

Aggiungete le aste cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e quindi cliccando sui nodi 111-116, 114-107 e 107-103.


Nel caso in cui i nodi siano allineati l'inserimento di tutta una travata o comunque di una serie di aste allineate può essere effettuato più rapidamente specificando semplicemente il primo e l'ultimo nodo. Per utilizzare questo metodo occorre che sia attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi". Tale opzione si attiva nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** cliccando sulla freccia a destra di **Aste** .

Continuate l'inserimento delle travi di bordo e di spina cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e quindi cliccando sui nodi 101-109, 109-112, 112-104, 104-101 e 102-110.


Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione". Selezionate le travi di bordo cliccando nel pannello **Selezioni** su  e descrivendo una finestra che racchiuda i nodi 109 e 112. Nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" la sezione 6 (Trave 30x40) per assegnarla alle travi di bordo.

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Continuate, con la procedura prima illustrata, selezionando il gruppo di elementi con una finestra che racchiuda i nodi 101 e 109, 104 e 112 ed assegnate la sezione 7 (Cordolo 30x30) alle travi di bordo.



Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .



Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** impostate il filo fisso asta corrente 11 (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**) e rendete corrente la sezione 5 (Trave 80x24) selezionandola dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione".



Inserite la trave cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sul bottone **Aste**  e quindi cliccando sui nodi 108-105.


Attivate una scatola di visualizzazione più grande e posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva".

Generiamo un altro impalcato copiando tutte le aste e tutti i muri. A tal fine, nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Tutti gli elementi" e "Aggiungi alla selezione" e quindi selezionate tutti gli elementi

cliccando nel pannello **Selezioni** su . Nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** cliccate su **Copia**  e indicate come punto di riferimento un nodo alla base di uno qualsiasi dei pilastri e come secondo punto il nodo di testa dello stesso pilastro.

Effettuate la numerazione automatica dei nodi cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Nodi** .


Effettuate la numerazione automatica delle aste cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Aste** .

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Per inserire un'area a sbalzo a livello del primo impalcato di lunghezza 1.5 m, attivate una scatola di visualizzazione più piccola e posizionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e su "Vista piana".


Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Nodi" e nella sezione **Ricerca punti** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** deselezionate l'opzione "Usa nodi esistenti/lucido", selezionate l'opzione "Griglia" ed impostate "Dim. griglia" pari a 1.5.

Per poter inserire il balcone, spostate la struttura verso l'alto tenendo premuto il tasto centrale del mouse e spostandovi verso l'alto.

Copiate i nodi cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Copia**  e selezionate i nodi 102 e 103, indicate come punto di riferimento il nodo 102 e spostandosi verso il basso cliccate nel primo punto in basso della griglia. Durante la copia potete controllare la distanza dal punto di riferimento attraverso

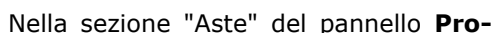
la quota che compare a lato del cursore. Facciamo notare che impostare la dimensione della griglia agevola l'inserimento degli elementi nella posizione desiderata.

Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** rendete corrente la sezione fittizia -1 selezionandola dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" e nella sezione **Ricerca punti** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** selezionate l'opzione "Usa nodi esistenti/lucido".

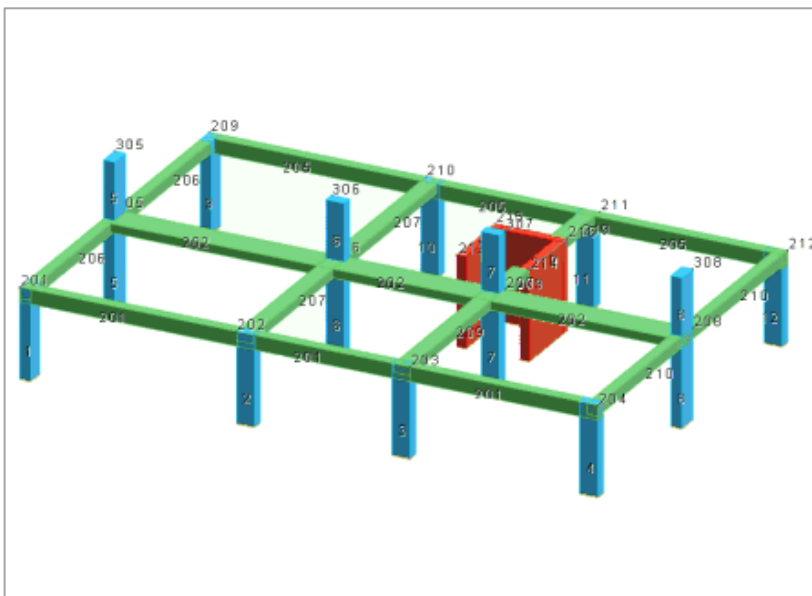
Inserite le aste cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e quindi cliccando sui nodi 102-117, 117-118 e 118-103.


Per approfondimenti sulla modellazione delle aree a sbalzo potete fare riferimento al paragrafo **Approfondimenti - Schematizzazione aree a sbalzo**.

Procedete alla modellazione della copertura. Posionatevi sul secondo impalcato cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 2 a 6.00". Attivate una scatola di visualizzazione più grande e posionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva". Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Sostituisci alla selezione".



Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** rendete corrente la sezione 2 (Pilastro 30x70) selezionandola dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" ed inserite i pilastri cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e quindi cliccando sui nodi 206 e 207, continuate ad inserire i pilastri con sezione 4 (Pilastro 60x30) cliccando sui nodi 205 e 208.

Modificate il filo fisso dei pilastri appena inseriti. Selezionate prima il pilastro soprastante e dal pannello **Proprietà elementi selezionati** cliccate sulla riga "Filo fisso", quindi sul menu a discesa cliccate su "Copia da un'asta" e cliccate sul pilastro sottostante. Ripete l'operazione per gli altri pilastri fino ad arrivare al modello raffigurato.





Per completare il vano ascensore, attivate una scatola di visualizzazione più piccola e posionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e su "Vista piana" e aggiungete le pareti cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Muri**  selezionando i nodi 214-216, 216-215 e 215-213.

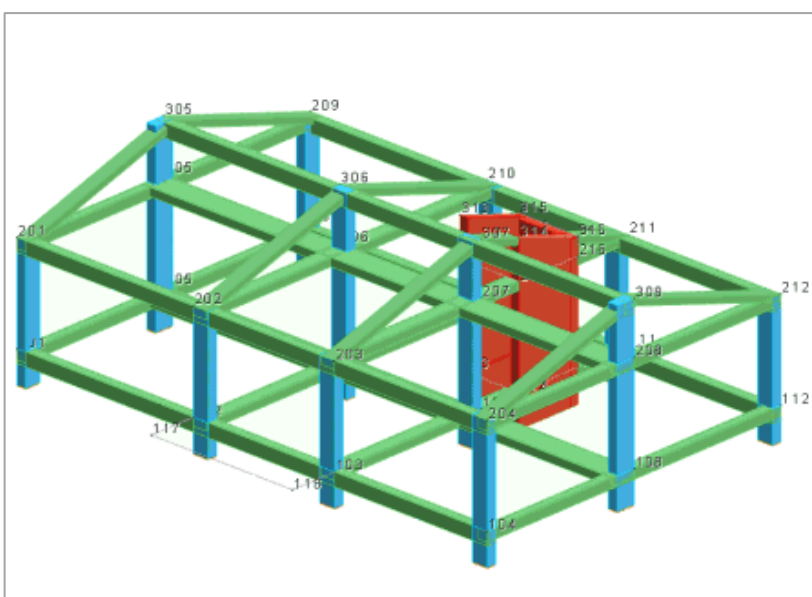
Attivate una scatola di visualizzazione più grande e posionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva".

Proiettate i nodi dell'ultimo livello del vano ascensore sul piano della falda di copertura cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Proietta nodi**  e poi su **Su un piano**  e quindi cliccate sui nodi 209, 305 e 306 per definire il piano di proiezione e successivamente sui nodi 313, 314, 315 e 316 da proiettare e premete "Invio" per terminare l'esecuzione del comando.

Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** impostate il filo fisso asta corrente 11 (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**) e inserite una trave con sezione 6 (Trave 30x40) tra i nodi 308 e 305.



Definite una nuova sezione cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**



 e poi su **Sezioni aste** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate: **Membratura** Trave, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 3 (Cordoli), **Sezione**



Rettangolare, **Dati** B=0.40 H=0.24, **Commento** Cordolo 40x24 di copertura e cliccate "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Completate l'impalcato di copertura inserendo le travi, con la sezione appena definita, tra i nodi 209-305, 305-201, 210-306, 306-202, 203-307, 307-314, 316-211, 204-308 e 308-212.

Effettuate la numerazione automatica delle aste cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numerazione**  e poi su **Aste** .

Numerate automaticamente gli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numerazione**  e poi su **Muri/Bidimensionali** .

Le travi che si innestano nella parete del vano ascensore, come ad esempio la trave dai nodi 211-216, presentano una zona di collegamento troppo esigua per ipotizzare un sufficiente grado d'incastro. Più realistico invece è pensare di realizzare in quella zona un vincolo interno di tipo cerniera. A tale scopo modificate il vincolo interno di estremità delle suddette travi, posizionandovi su un piano verticale parallelo all'asse X globale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVX" e cliccando sul nodo 307.

Attivate una scatola di visualizzazione più piccola e posizionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e su "Vista piana".

Selezionate l'asta 306 cliccando su di essa e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dall'elenco "Vincolo" il vincolo asta 2 (Inc+Cer) per assegnarlo all'asta.

Selezionate le aste 106 e 206 cliccando su di esse e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dall'elenco "Vincolo" il vincolo asta 3 (Cer+Inc) per assegnarlo alle aste.

Salvate la struttura cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .


Inserimento travi di fondazione

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stato completato quanto riportato in quello precedente e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Per continuare l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivato il disegno del numero dei nodi (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**). È altresì necessario che abbiate attivato una scatola di visualizzazione più piccola in vista piana (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**), impostato come filo fisso corrente delle aste 11 e vi siate posizionati sull'impalcato 0 (vedi **Inserimento travi di elevazione e vano ascensore**).

Le fondazioni saranno realizzate con travi su suolo elastico alla Winkler; occorre quindi assegnare alle aste di fondazione un vincolo su suolo elastico e ai nodi di fondazione un vincolo compatibile con tale schematizzazione, bloccando gli spostamenti lungo X, Y e la rotazione intorno a Z.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Nodi" e "Aggiungi alla selezione". Selezionate tutti

i nodi visibili cliccando nel pannello **Selezioni** su  e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Vincolo" il vincolo nodale 3 (El. sew 110001).

Definite un vincolo asta cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**



e poi su **Vincoli aste** , quindi premete sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Vincolo: Su suolo elastico

Coeff. di sottofondo: 2500000

Commento: Trave su suolo elastico

e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Verificate come, nella casella di riepilogo a discesa relativa a "Vincolo" della sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti**, il vincolo appena definito sia stato automaticamente reso corrente.

Definite una nuova sezione (vedi **Inserimento travi di elevazione e vano ascensore**) specificando: **Membratura** Trave, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 4 (Travi di fondazione), **Sezione** T, **Dati** B=0.30 H=0.70 b=1.00 h=0.30, **Commento** Trave di fondazione. Cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Definisci vincolo asta

Archivi Duplica

<Nuovo vincolo asta>

Biella

Su suolo elastico

Vincoli d'estremità

Coeff. di sottofondo


Pari a <daN/mc> 2500000

Valutato in funzione della stratigrafia




Commento Trave su suolo elastico

OK Applica Annulla

Aggiungete le travi di fondazioni cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste** e quindi cliccando tra i nodi 1-4, 4-12, 12-9, 9-1, 10-2 e 8-5 ed aggiungetene un'altra tra i nodi 3-7, 7-14 e 16-11.

Effettuate un ingrandimento intorno al vano ascensore cliccando nella **Barra di accesso rapido** su , selezionando col cursore grafico una finestra intorno al vano ascensore.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione". Selezionate le

travi sotto il vano ascensore cliccando nel pannello **Selezioni** su  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" la sezione 10 (Trave di fondazione). Continuate assegnando il vincolo asta alle travi sotto il vano ascensore selezionando dalla casella di riepilogo a discesa "Vincolo" del pannello **Proprietà elementi selezionati** il vincolo asta 30 (Trave su suolo elastico). Effettuate la numerazione automatica delle aste cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numerazione**  e poi su **Aste** .

Salvate la struttura cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .



Inserimento solai e tamponature ed assegnazione dei carichi

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stato completato quanto riportato in quello precedente e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Per continuare l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivato il disegno del numero dei nodi e delle aste (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**). È altresì necessario che abbiate attivato una scatola di visualizzazione più piccola in vista piana, disattivato la vista tridimensionale e vi siate posizionati sul primo impalcato (vedi **Inserimento travi di elevazione e vano ascensore**).

In ModeSt per solaio deve intendersi un'area di carico delimitata da aste, reali o fittizie, lungo tutto il suo perimetro. Ne consegue che, per inserire un solaio nella zona circostante il vano ascensore, è necessario aggiungere un'asta di sezione fittizia 0 che ne delimiti il confine. A tal fine nel pannello **Proprietà correnti** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione" la sezione 0 e inserite l'asta cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste** e quindi cliccando i nodi 113-114.

Prima di inserire i solai nella struttura bisogna definirne la tipologia cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda

Modellazione su **Proprietà elementi**  e poi su **Tipi solai** , quindi cliccando sul bottone "Aggiungi" e specificando:

Ripartizione carichi: Unidirezionale

Carico permanente strutturale: 350

Carico permanente non strutturale: 150

Primo carico accidentale: 200

Secondo carico accidentale: 0

Terzo carico accidentale: 0

Ripartizione su aste terminali: 50

Larghezza fascia laterale: 0

Coeff. di riduzione (T.A. o S.L. D.M. 96): 0.33

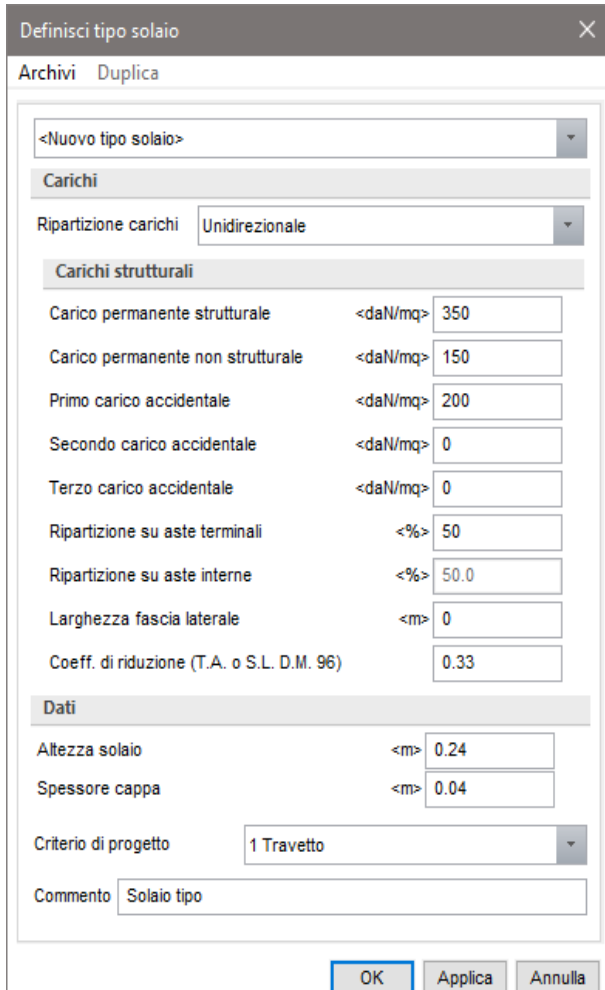
Altezza solaio: 0.24

Spessore cappa: 0.04

Criterio di progetto: 1 (Travetto)

Commento: Solaio tipo

cliccate sul bottone "Applica"; definite un secondo tipo di solaio con **Ripartizione carichi** Unidirezionale, **Carico**




permanente strutturale 450, Carico permanente non strutturale 50, Primo carico accidentale 400, Secondo carico accidentale 0, Terzo carico accidentale 0, Ripartizione su aste terminali 50, Larghezza fascia laterale 0, Coeff. di riduzione (T.A. o S.L. D.M. 96) 0.33, Altezza solaio 0.2, Spessore cappa 0.2, Criterio di progetto 1 (Travetto), Commento Solaio balcone e cliccate sul bottone "Applica"; definite un terzo tipo di solaio con **Ripartizione carichi** Unidirezionale, **Carico permanente strutturale 250, Carico permanente non strutturale 50, Primo carico accidentale 100, Secondo carico accidentale 0, Terzo carico accidentale 0, Ripartizione su aste terminali 50, Larghezza fascia laterale 0, Coeff. di riduzione (T.A. o S.L. D.M. 96) 0.33, Altezza solaio 0.24, Spessore cappa 0.04, Criterio di progetto 1 (Travetto), Commento** Solaio copertura e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.


Verificate come, nella casella di riepilogo a discesa "Tipologia" della sezione "Solaio" del pannello **Proprietà correnti**, il solaio appena definito sia stato automaticamente reso corrente.

Seguendo le indicazioni riportate nel D.M. 17/01/18, nella definizione dei tipi di solai sono stati specificati sia il valore del carico permanente strutturale sia quello non strutturale. Il progettista può comunque specificare anche solo il valore dei carichi permanenti strutturali inserendovi il carico permanente totale. Quest'ultimo modo di operare è utilizzabile soprattutto se si adottano altre normative che non richiedono la diversificazione fra carichi permanenti strutturali e non strutturali.


ModeSt permette di inserire i solai in diversi modi: selezionando i nodi di perimetro delle singole maglie oppure selezionando le aste che circondano le maglie da definire (vengono riconosciute automaticamente tutte le maglie chiuse) o indicando un punto interno ad una maglia circondata da aste.

Nella sezione "Solaio" del pannello **Proprietà correnti** impostate come angolo di orditura corrente 90 digitando il valore nella casella di testo "Orditura".



Nella sezione "Solaio" del pannello **Proprietà correnti** rendete corrente il solaio 2 (Solaio balcone) selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa "Tipologia" ed inserite il solaio cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Solai**  cliccando all'interno dell'area delimitata dai nodi 102-103-117-118. Continuate ad inserire i solai, rendendo corrente il solaio 1 (Solaio tipo), cliccando nel pannello **Selezioni** su


 e descrivendo una finestra che racchiuda la pianta dell'edificio ad esclusione dello sbalzo.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Solai" e "Aggiungi alla selezione".

Eliminate il solaio all'interno del vano ascensore cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Elimina**  e quindi cliccate sul simbolo del solaio.


Inserite i solai sul secondo impalcato copiando quelli del primo impalcato quindi selezionate i solai del primo

impalcato cliccando nel pannello **Selezioni** su  e descrivendo una finestra che racchiuda tutti i solai tranne quello dello sbalzo. Attivate una scatola di visualizzazione più grande e posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva". Nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** cliccate su **Copia**  e indicate come punto di riferimento il nodo 101 e come secondo punto il nodo 201.

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Posizionatevi sul piano di una falda della copertura cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PQ" e quindi cliccate sui nodi 305, 201 e 202.

Attivate una finestra di visualizzazione più piccola e posizionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e su "Vista piana".


Rendete corrente il solaio 3 (Solaio copertura) ed inserite i solai cliccando sul bottone  del pannello **Selezioni**.



Attivate una scatola di visualizzazione più grande e posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva".

Posizionatevi sull'altro piano della falda della copertura cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PQ" e quindi cliccate sui nodi 305, 306 e 210.

Attivate una finestra di visualizzazione più piccola e posizionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e su "Vista piana" ed inserite i solai cliccando in un punto interno alla maglia circondata da aste.

Attivate il disegno del numero dei solai cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

 e selezionando "Numero" nella sezione "Solai".

Numerate automaticamente i solai cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Solai** .

In ModeSt per tamponatura deve intendersi un'area di carico delimitata da aste, reali o fittizie, lungo tutto il suo perimetro.

Prima di inserire le tamponature nella struttura bisogna definirne la tipologia cliccando nel gruppo **Definizioni**

della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**

e poi su **Tipi tamponature** , quindi premendo sul bottone "Aggiungi" e specificando:

Carico permanente non strutturale: 300

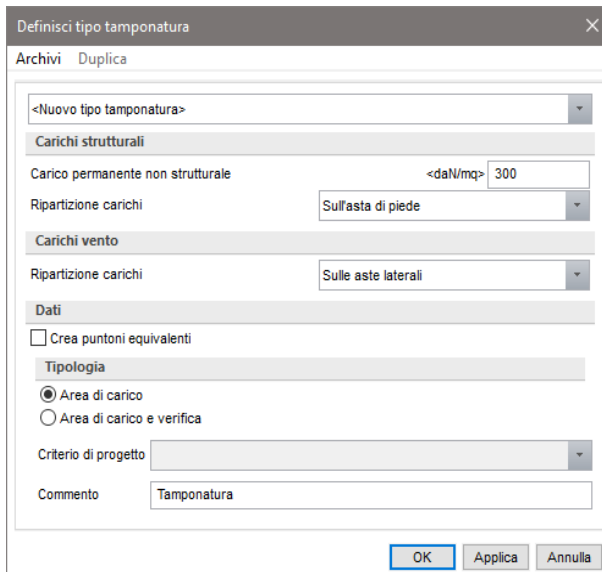
Ripartizioni carichi: Sull'asta di piede

Tipologia: Area di carico

Commento: Tamponatura



lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.


ModeSt permette di inserire le tamponature in diversi modi: selezionando i nodi di perimetro delle singole maglie oppure selezionando le aste che circondano le maglie da definire (vengono riconosciute automaticamente tutte le maglie chiuse) o indicando un punto interno ad una maglia circondata da aste.





Inserite le tamponature cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Tamponature** .

e poi cliccando nel pannello **Selezioni** su  selezionate il nodo 1, cliccate nuovamente nel pannello **Se-**


lezioni su  e selezionate il nodo 4, cliccate nel pannello **Selezioni** su  e selezionate il nodo 1,

cliccate nuovamente nel pannello **Selezioni** su  e selezionate il nodo 4.


Numerate automaticamente le tamponature cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Tamponature** .

Passiamo a definire le condizioni di carico elementari.

Volendo analizzare la struttura con il metodo degli stati limite ricordiamo che il metodo degli stati limite prevede la classificazione dei carichi, l'applicazione di opportuni coefficienti amplificativi e la catalogazione nei confronti della sicurezza e della variabilità. Questo si effettua in ModeSt assegnando alle condizioni di carico elementari, oltre agli altri dati, una tipologia di carico dalla quale si prelevano sia la tipologia che i relativi coefficienti amplificativi, il grado di sicurezza e, nel caso di carichi variabili, il tipo di variabilità.

Visualizzate l'elenco delle tipologie di carico cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **Tipi CCE**  ed osservate come ognuna di queste tipologie di carico sia caratterizzata dai coefficienti γ_{min} e γ_{max} , da utilizzare nell'ottica di un aumento o diminuzione della sicurezza strutturale, dai coefficienti Ψ_0 , Ψ_1 e Ψ_2 , per il calcolo dei vari stati limite di esercizio e dal coefficiente $\Psi_{0,s}$ necessario per l'analisi sismica della struttura con il D.M. 16/01/96.

Definite la condizione di carico elementare n. 1 cliccando

nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** ,

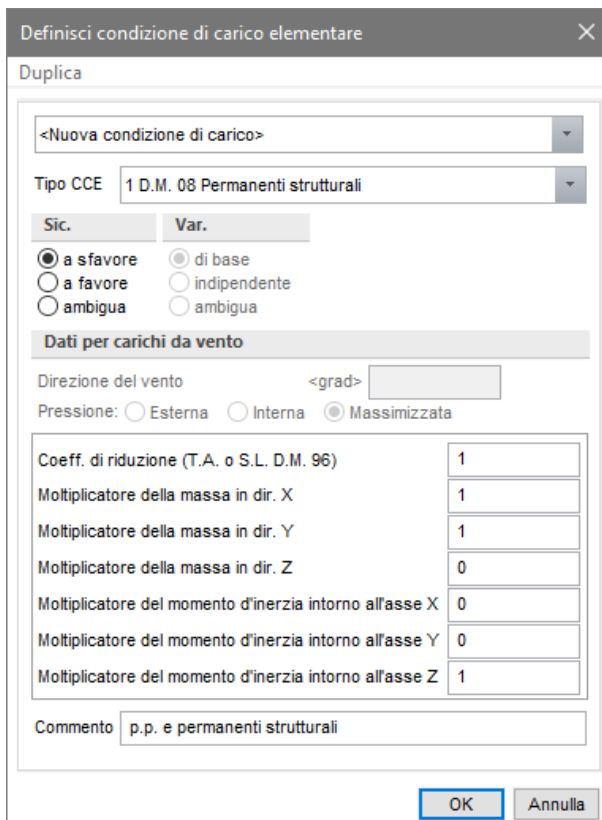
quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Tipologia CCE: 1 (D.M. 18 Permanenti strutturali)

Sicurezza: a sfavore

Commento: p.p. e permanenti strutturali

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.




In caso di analisi sismica la componente verticale di tutti i carichi genera automaticamente le componenti di massa necessarie per l'analisi dinamica o per la determinazione dei pesi di piano per l'analisi sismica statica. Al momento della definizione delle CCE occorre specificare quali siano le componenti da generare. Questo viene effettuato mediante i moltiplicatori che determinano quali delle 6 componenti di massa debbano essere generate. Normalmente vengono generate masse in direzione X e Y e momento polare intorno all'asse Z e quindi i valori dei coefficienti ($m_x, m_y, m_z, j_x, j_y, j_z$) sono 1 1 0 0 1; se la condizione di carico deve indurre anche azioni sismiche verticali occorrerà introdurre il valore 1 anche per la componente Z e quindi i valori dei coefficienti saranno 1 1 1 0 0 1 (vedi **Condizioni di carico elementari** sul manuale d'uso).


Nel nostro caso, per poter applicare una componente sismica verticale solo allo sbalzo, è necessario separare i carichi permanenti ed accidentali che gravano su di esso da quelli che agiscono sui restanti solai ed attribuire, al momento dell'archiviazione dei carichi, un valore diverso da 0 al coefficiente m_z .

Verificate come, il peso proprio della struttura, sia già stato archiviato automaticamente dal programma in questa condizione di carico elementare selezionando l'opzione nella colonna "Peso"; cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Calcolate i carichi permanenti strutturali derivanti dai solai di tipo 1 (Solaio tipo) e 3 (Solaio copertura). A tal fine selezionate i solai cliccando nel pannello **Selezioni** su **Avanzate** e nella finestra di dialogo selezionate nella colonna di sinistra "Tipi" e nella colonna di destra, tenendo premuto il tasto Ctrl, selezionate 1 (Solaio tipo) e 3 (Solaio copertura), cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Calcolate i carichi permanenti strutturali derivanti dai solai interni all'edificio cliccando nel gruppo **Automatici solai** della scheda **Carichi** sul bottone **Permanente strutturale** .

Nota: il calcolo dei carichi permanenti non strutturali di seguito riportato può essere omesso nel caso in cui nella definizione dei tipi di solai si è specificato solo il carico permanente strutturale inserendovi il carico permanente totale.


Definite la condizione di carico elementare n. 2 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:


Tipo CCE: 2 (D.M. 18 Permanenti non strutturali)

Sicurezza: a sfavore

Commento: permanenti non strutturali

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Calcolate i carichi permanenti non strutturali derivanti dai solai di tipo 1 (Solaio tipo) e 3 (Solaio copertura) cliccando nel gruppo **Automatici solai** della scheda **Carichi** su **Permanente non strutturale** .

Definite la condizione di carico elementare n. 3 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , quindi premete sul bottone "Aggiungi" e specificate:


Tipo CCE: 3 (D.M. 18 Variabili Categoria A Ambienti ad uso residenziale)



Sicurezza: a sfavore


Variabilità: di base

Commento: accidentali

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Calcolate i carichi accidentali derivanti dai solai di tipo 1 (Solaio tipo) e 3 (Solaio copertura) cliccando nel gruppo **Automatici solai** della scheda **Carichi** su **Accidentale 1** .

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su , posizionatevi sull'impalcato 1 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 1 a 3.00" e ottimizzate il disegno cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Definite la condizione di carico elementare n. 4 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , quindi premete sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Moltiplicatore della massa in dir. Z: 1

Tipo CCE: 1 (D.M. 18 Permanenti strutturali)

Sicurezza: a sfavore

Commento: permanenti strutturali sbalzo

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Calcolate il carico permanente strutturale relativo allo sbalzo cliccando sul solaio 106.

Definite la condizione di carico elementare n. 5, confermando i valori di default e specificando: **Moltiplicatore della massa in dir. Z:** 1, **Tipo CCE** 2 (D.M. 18 Permanenti non strutturali), **Sicurezza** a sfavore, **Commento** permanenti non strutturali sbalzo; cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.


Calcolate il carico permanente non strutturale relativo allo sbalzo cliccando sul solaio 106.

Definite la condizione di carico elementare n. 6, confermando i valori di default e specificando: **Moltiplicatore della massa in dir. Z 1**, **Tipo CCE 3** (D.M. 18 Variabili Categoria A Ambienti ad uso residenziale), **Sicurezza a sfavore**, **Variabilità** di base, **Commento** accidentali sbalzo; cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Calcolate il carico accidentale 1 relativo allo sbalzo cliccando sul solaio 106.

Posizionatevi sull'impalcato 0 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 0 a 0.00".

Definite la condizione di carico elementare n. 7, confermando i valori di default e specificando: **Tipo CCE 2** (D.M. 18 Permanenti non strutturali), **Sicurezza a sfavore**, **Commento** tamponature; cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Calcolate i carichi permanenti non strutturali derivanti dalle tamponature cliccando nel gruppo **Automatici tamponature** della scheda **Carichi su Permanente non strutturale**  e selezionate tutte le tamponature


cliccando nel pannello **Selezioni** su    .

Salvate la struttura cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Inserimento platea di fondazione

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt. è inoltre indispensabile che sia stato completato quanto riportato nel paragrafo precedente e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).


Per continuare l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e reso corrente la struttura **EDIF** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** su , digitate **EDIF_P** e cliccate sul bottone "Salva".



Attivate il disegno del numero dei nodi e delle aste. Attivate anche una scatola di visualizzazione più piccola in vista piana, posizionatevi sull'impalcato 0 e disattivate la vista tridimensionale (vedi **Inserimento travi di elevazione e vano ascensore**).

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione".

Eliminate le travi di fondazione cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Elimina**  e

quindi selezionare tutte le aste visibili cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Definite un elemento bidimensionale cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Pro-**

prietà elementi  e poi su **Tipi muri/bidimensionali** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Utilizzo: Soletta/Platea

Tipologia: Winkler

Coeff. di sottofondo: 2500000


Spessore: 0.40


Criterio di progetto: 1


Materiale: 6 (Calcestruzzo classe C28/35)



Commento: Platea

e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Inserite gli elementi bidimensionali della platea cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Bidi** , selezionando i nodi in senso antiorario partendo dal punto in basso a sinistra (nodo 1).

Allarghiamo la platea di 0.60 m cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Ingrandisce bidi**  e quindi cliccate sul bidimensionale della platea e specificate come **Dimensione allargamento** 0.60.



Aggiungete, sul perimetro dell'edificio, delle aste con sezione fittizia 0 cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e quindi cliccando sui nodi 1-4, 4-12, 12-9 e 9-1.



Per ottenere dei risultati attendibili è buona regola meshare gli elementi bidimensionali, cioè suddividerli in elementi più piccoli. Nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** cliccate su **Mesh**  e poi su **Mesh avanzata muri/bidimensionali complessi** , confermando i valori 1 1 di default e selezionando la platea.

Per approfondimenti sulla meshatura degli elementi bidimensionali si veda **Approfondimenti - Come effettuare una mesh in modo corretto**.

Per procedere con la mesh anche degli elementi che costituiscono il vano ascensore, attivate una scatola di visualizzazione più grande e posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva".

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Muri/Bidi" e "Aggiungi alla selezione" e selezionate tutti gli elementi bidimensionali appartenenti al nucleo cliccando nel pannello **Selezioni** su **Avanzate** e nella finestra di dialogo selezionate nella colonna di sinistra "Tipi" e nella colonna di destra selezionate 1 (Ascensore); cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Meshate gli elementi verticali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Mesh**  e poi su **Mesh semplificata muri/bidimensionali a 3 o 4 nodi in parti di lunghezza indicativa**  e specificando come dimensioni della mesh 1.20 1.20.

Effettuate la numerazione automatica degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numerazione**  e poi su **Muri/Bidimensionali** .


Salvate la struttura e lanciate il calcolo della struttura effettuando un'analisi sismica dinamica col metodo degli stati limite secondo il D.M. 18 (vedi **Calcolo struttura con metodo FEM**).

Definizione dei nuclei

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt. È inoltre indispensabile che sia stato completato quanto riportato nel paragrafo precedente e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Per continuare l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF_P** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA_P** (vedi **Rendere corrente una struttura**). È altresì necessario che abbiate attivato una scatola di visualizzazione più grande in vista prospettica (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**).

Attivate la numerazione degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modella-**

zione su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Muri/Bidimensionali".

Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".


Disattivate la vista dei solai e delle tamponature cliccando negli **Strumenti di personalizzabili** rispettivamente su "DSOL" e su "DTAM".

I nuclei vengono definiti automaticamente in funzione dell'utilizzo del muro/elemento bidimensionale e della numerazione dell'elemento stesso.

Per evidenziare gli elementi che appartengono ad un nucleo e la suddivisione in livelli, attivate il disegno dei livelli dei nuclei selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Muri/Bidimensionali" la voce "Livelli nucleo".

Disegnate il numero dei livelli dei nuclei cliccando nel gruppo **Disegno** della


scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**  e selezionando "Livelli nuclei" nella sezione "Muri/Bidimensionali".

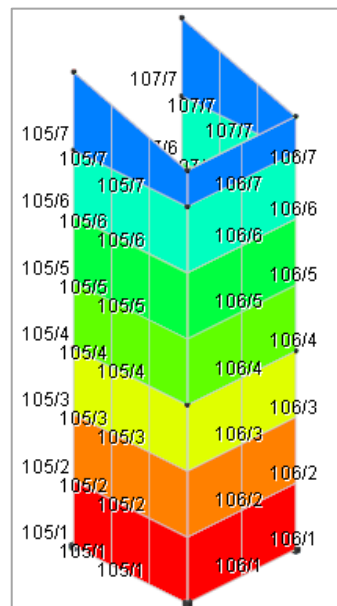
Eventuali problemi di visualizzazione possono essere risolti cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .


L'appartenenza o l'accorpamento degli elementi bidimensionali o dei muri ad uno specifico nucleo viene stabilita assegnando agli elementi lo stesso numero. Gli elementi bidimensionali ed i muri con lo stesso numero sono correlati fra di loro a formare il nucleo in questione indipendentemente dalla loro posizione nello spazio e dalla loro reale connessione. Per non far considerare come nucleo alcuni elementi è sufficiente assegnare numero 0 o utilizzo "generico".

Unite i nuclei definiti automaticamente dal programma in tre nuclei corrispondenti alle tre pareti del vano ascensore.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Muri/Bidi" e "Aggiungi alla selezione". Selezionate i bidimensionali 205 e 305 cliccando nel pannello

Selezioni su  e digitando nella linea di comando 205 305. Assegnate il numero 105 digitandolo nella casella di testo relativa a "Numero" del pannello **Proprietà elementi selezionati**.



Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Ripetete l'operazione selezionando i bidimensionali 206 e 306 assegnandoli il numero 106 e completate la procedura assegnando il numero 107 ai bidimensionali 207 e 307 fino ad arrivare al risultato riportato in figura.


Salvate la struttura cliccando sul bottone  nella **Barra di accesso rapido**.

Approfondimenti

Generazione di un serbatoio


Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), inserite una nuova struttura (vedi **Inserimento di una nuova struttura in un progetto**) assegnandole il nome **SERBAT**.


Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

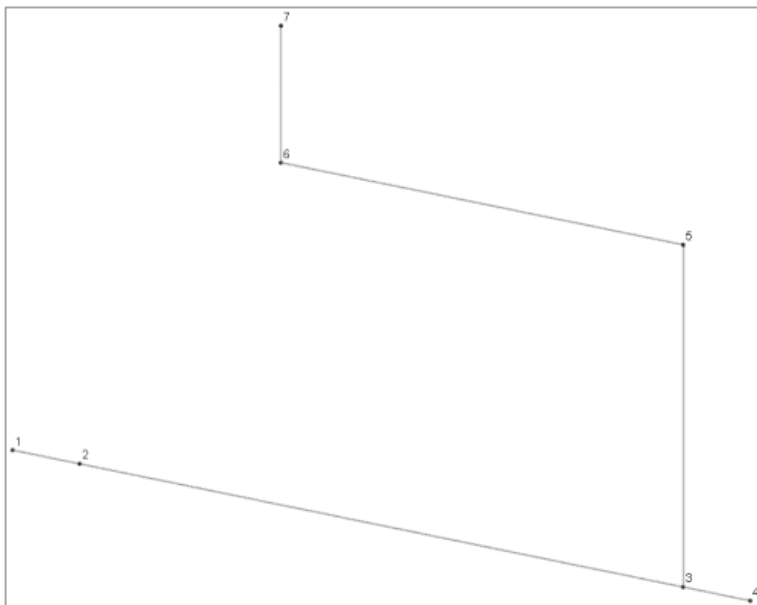
Selezionate l'opzione "Solo nodi esistenti" nella sezione **Ricerca punti** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** ed iniziate ad aggiungere i nodi che individuano il profilo della sezione del serbatoio cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Nodi**  e indicando le coordinate: 0,0; 1,0; 10,0; 11,0.

Posizionatevi a quota 5 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POQ" ed indicando la quota di 5 e continuate ad aggiungere i nodi specificando le coordinate: 10,0; 4,0. Proseguite posizionandovi a quota 7 e aggiungete un nodo a coordinate 4,0.

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Mo-**

dellazione su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** rendete corrente la sezione -1 selezionandola dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione", aggiungete le aste cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  selezionando i nodi 1-4, proseguendo in alto con i nodi 3-5, per poi continuare selezionando i nodi 5-6 e 6-7 fino ad ottenere la geometria rappresentata in figura.



Definite gli elementi bidimensionali che verranno utilizzati per le pareti e per la platea cliccando nel gruppo

Definizioni della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**  e poi su **Tipi muri/bidimensionali**

, quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Utilizzo: Parete

Tipologia: Membranale e Flessionale

Spessore: 0.20

Criterio di progetto: 4 (Pareti serbatoio)

Materiale: 6 (Calcestruzzo classe C28/35)

Commento: Parete serbatoio

e cliccate sul bottone "Applica"; definite un secondo elemento bidimensionale con **Utilizzo** Soletta/Platea, **Tipologia** Winkler, **Coefficiente di sottofondo** 1500000, **Spessore** 0.30, **Criterio di progetto** 1, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35) e **Commento** Platea; cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

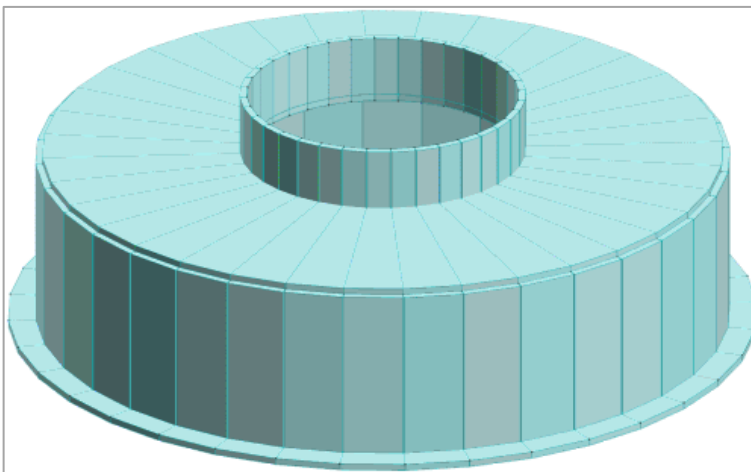
Disattivate il disegno del numero dei nodi e delle aste cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**




e poi su **Nessuno**.


Nella sezione "Muro/Bidimensionale" del pannello **Proprietà correnti** rendete corrente l'elemento bidimensionale 1 (Parete serbatoio) selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa "Tipo".

Generate il serbatoio cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Genera** e poi su **Genera polare bidimensionali** specificando: **Centro di generazione N 1, Angolo 360, Numero di divisioni 36, Quantità da sommare al numero dei nodi 0** e selezionate tutte le aste cliccando nel pannello



Selezioni su . Si otterrà un serbatoio come quello illustrato in figura.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Muri/Bidi" e "Aggiungi alla selezione".

Selezionate tutti i bidimensionali a quota $Z=0$ cliccando nel pannello **Selezioni** su  e cliccando su un nodo della base del serbatoio.

Nel pannello **Proprietà correnti** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Tipo" il 2 (Platea).

Aggiungete agli elementi bidimensionali già selezionati anche gli altri bidimensionali cliccando nel pannello



Selezioni su .

Effettuate una meshatura del serbatoio cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Mesh** e poi su **Mesh semplificata muri/bidimensionali a 3 o 4 nodi in parti di lunghezza indicativa** e specificando come dimensioni della mesh 1.20 1.20.

Definite la condizione di carico elementare n. 1 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE**, quindi premete sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Tipo CCE: 2 (D.M. 18 Permanenti non strutturali)

Sicurezza: a sfavore

Commento: Carico idrostatico

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Definite un carico per gli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi**

su **Tipi carichi** e poi su **Muri/Bidimensionali**, quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Tipo di carico: Carico idrostatico

Z di inizio carico: 0


Z di fine carico: 5

Carico iniziale in dir. Y: -5000

Carico finale in dir. Y: 0

Commento: Carico idrostatico

cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su , selezionate gli elementi bidimensionali cliccando nel pannello **Selezioni** su "Avanzate" e nella finestra di dialogo selezionate nella colonna di sinistra "Tipi" e nella colonna di destra "1 (Parete serbatoio)", premete cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.


Nei serbatoi soggetti alla spinta dell'acqua in cui si vogliono valutare correttamente anche le trazioni nella soletta di fondo nasce il problema del vincolo dei nodi. Bloccare infatti gli spostamenti X Y dei nodi del fondo implica la perdita degli sforzi normali nella soletta/platea.

Se il serbatoio è a simmetria radiale e non soggetto a carichi asimmetrici (spinte sismiche) è possibile risolvere il problema vincolando in direzione X-Y-RZ solo il nodo centrale del fondo che per simmetria resta fermo in ogni caso. In casi più complessi una soluzione può essere quella di vincolare i nodi del fondo con un vincolo

elastico nelle direzioni X-Y-RZ con una costante sufficiente a non rendere labile la struttura ma abbastanza bassa da non fungere da ritegno reciproco per i nodi. Sotto la spinta dei carichi orizzontali la struttura avrà ovviamente un moto di corpo rigido che andrà trascurato, ma il calcolo delle tensioni nel fondo viene garantito. Occorreranno probabilmente alcuni tentativi per trovare il corretto valore delle costanti elastiche.

Poiché il serbatoio nell'esempio è assialsimmetrico con carichi assialsimmetrici è sufficiente vincolare il nodo centrale della platea di fondazione bloccando gli spostamenti lungo X, Y e la rotazione intorno a Z.

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su  ed impostate come tipo di selezione "Nodi" e

"Aggiungi alla selezione". Selezionate il nodo 1 cliccando nel pannello **Selezioni** su  e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Vincolo" il vincolo nodale 3 (El. sew 110001).

Uso e modifica del sistema di riferimento

Durante la modellazione della struttura è possibile sostituire il sistema di riferimento globale con un sistema di riferimento stabilito dall'utente. Questo permette di inserire con estrema facilità strutture o parti di strutture con allineamenti particolari.

Esaminiamo alcuni casi in cui l'uso del sistema di riferimento utente semplifica l'inserimento dei dati.

1° caso: struttura con allineamenti particolari

Prendiamo in esame la struttura indicata nella figura 1 e supponiamo di dover inserire tre pilastri lungo l'allineamento tra i nodi 17 e 25 perpendicolarmente ai nodi 24, 28 e 30.

Vista in pianta della struttura in esame.

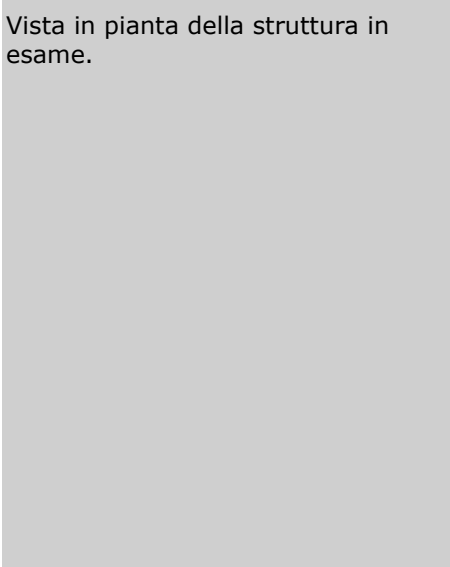
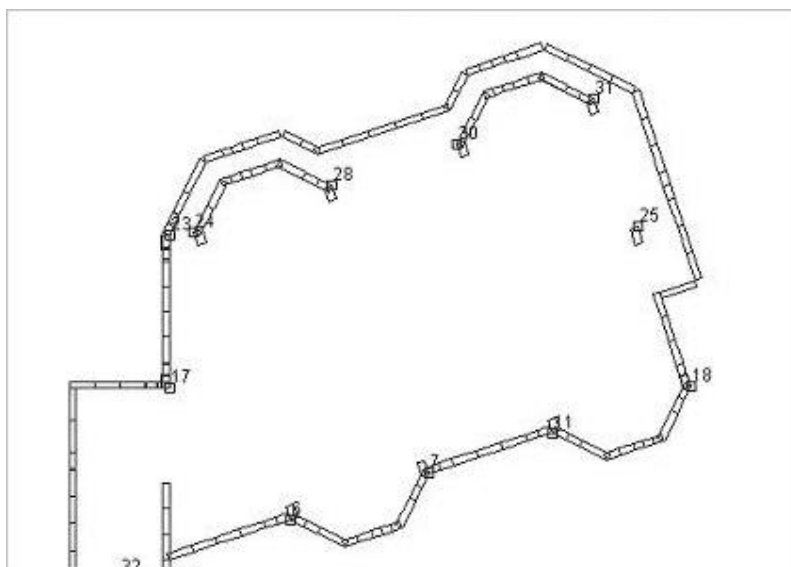





Figura 1

Definiamo un sistema di riferimento utente con origine nel nodo 17, l'asse X coincidente con la direttrice tra i nodi 17 e 25 e l'asse Y tra i nodi 17 e 23; a tale scopo clicchiamo nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Rif. utente**  e poi su **Definisci**  specificando:

Origine del sistema di riferimento selezioniamo il nodo 17

Indicare la direzione dell'asse X selezioniamo il nodo 25

Indicare la direzione dell'asse Y selezioniamo il nodo 23

La figura mostra il nuovo sistema di riferimento attivato.

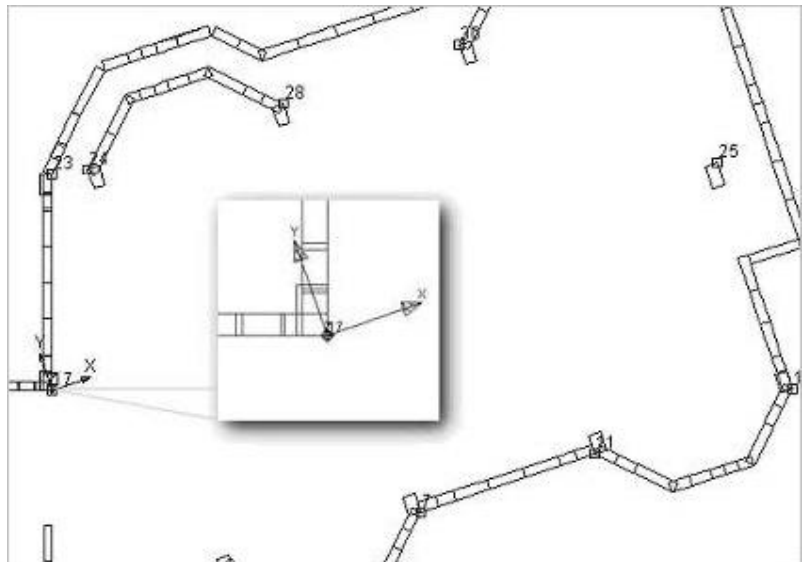



Figura 2

Nel pannello **Selezioni** impostiamo come tipo di selezione "Nodi" e nella sezione **Ricerca punti** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** deseleggiamo l'opzione "Solo nodi esistenti", selezioniamo l'opzione "Griglia" ed impostiamo "Dim. griglia" pari a 3.00.

Generiamo i tre nodi dei pilastri copiando il nodo 17, a tal fine clicchiamo nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Copia**  selezioniamo il nodo 17 e, muovendoci lungo l'asse X, clicchiamo per 3 volte in corrispondenza dei punti della griglia distanti 3.00, 6.00 e 9.00 m dal nodo 17. Nella figura 3 è visualizzato il risultato di tale operazione.

Vengono creati i nodi 43, 44 e 45 con un delta X pari a 3 m.

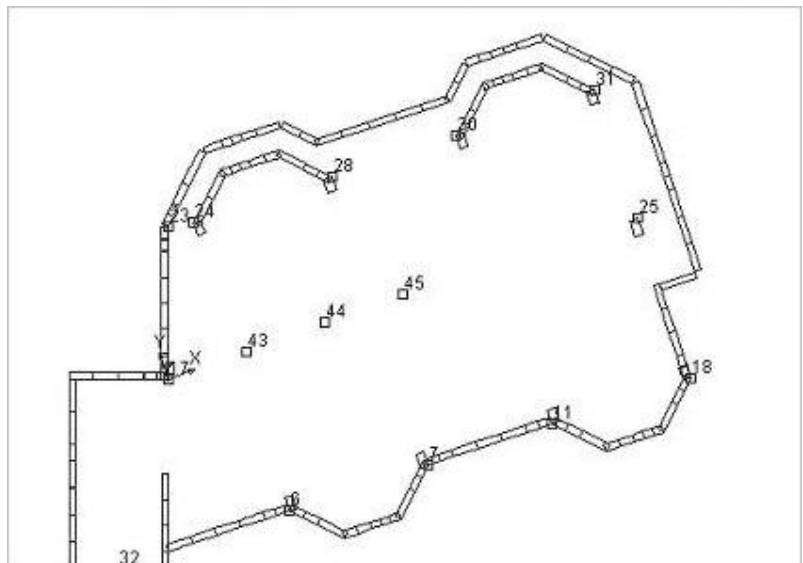


Figura 3

Per modificare la posizione dei nodi appena generati in modo che, in base al nuovo sistema di riferimento, la loro coordinata X coincida con quella dei nodi 24, 28 e 30 selezioniamo il nodo 45 cliccando su di esso, clicchiamo dal pannello **Proprietà elementi selezionati** sulla riga "X" e quindi sul menu a discesa clicchiamo su "Copia da un nodo" e selezioniamo il nodo 30.

Ripetiamo l'operazione per i nodi 44 e 43 fino ad ottenere un risultato come quello indicato nella figura 4.

I nodi 43, 44 e 45 risultano avere l'ascissa voluta.

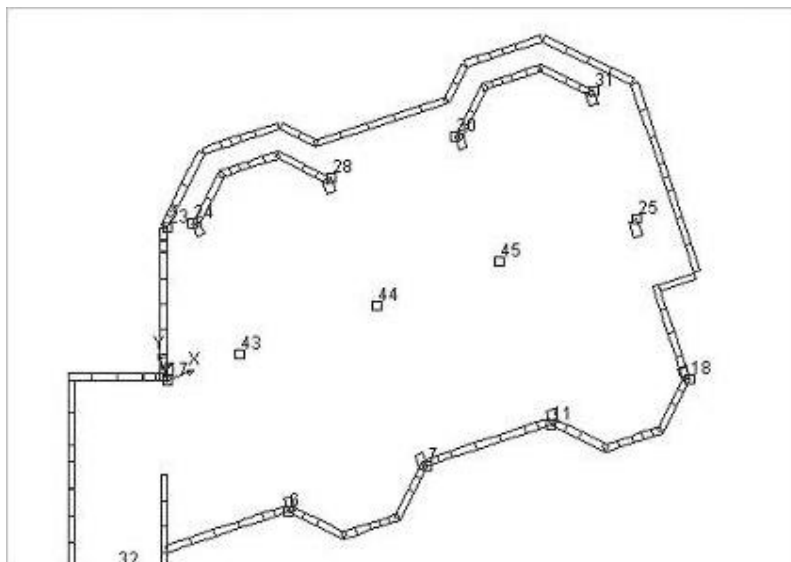




Figura 4

Tale sistema potrà essere attivato o disattivato cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Rif. utente**  e poi rispettivamente su **Attiva**  o **Disattiva** , in quest'ultimo caso sarà ristabilito il sistema di riferimento globale.

2° caso: modellazione di un elemento curvo su una copertura inclinata

Passiamo ora ad esaminare com'è possibile modellare elementi curvi su piani comunque disposti nello spazio utilizzando il sistema di riferimento utente e le generazioni polari degli elementi.

Il risultato da ottenere è illustrato nella figura 5.

La struttura in esame è una copertura inclinata con una cupola al centro della stessa.

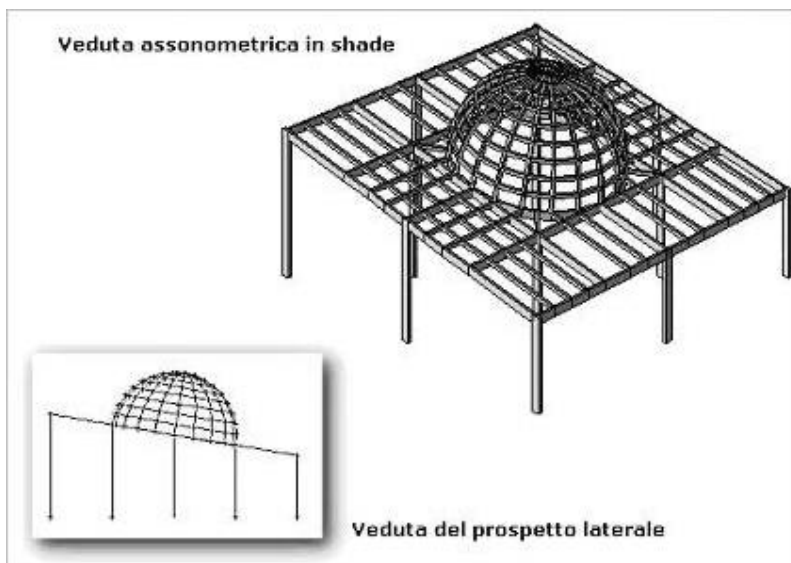


Figura 5

Partendo dalla struttura illustrata nella figura 6, vediamo come modellare la cupola sul piano inclinato.

Vista in pianta della sezione effettuata con un piano verticale per Y (PVY) passante per il nodo 2 e con una scatola di visualizzazione piccola (BOX sul piano).

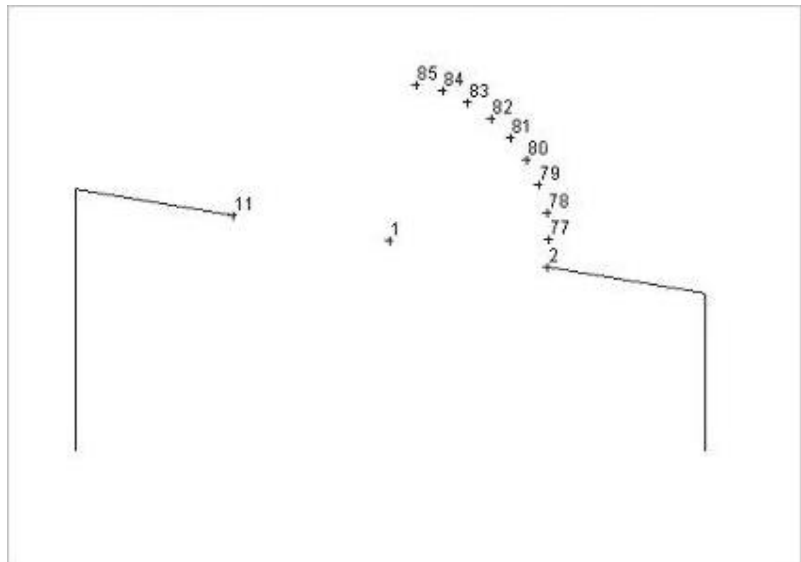


Figura 8

Dopo aver reso corrente la sezione da utilizzare per il congiungimento dei nodi appena generati, aggiungiamo le aste cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste** e quindi selezionando i nodi 2-77, 77-78, 78-79 e continuando fino al nodo 85 per ottenere il risultato illustrato nella figura 9.

In questo modo abbiamo creato il profilo da utilizzare per generare la cupola.

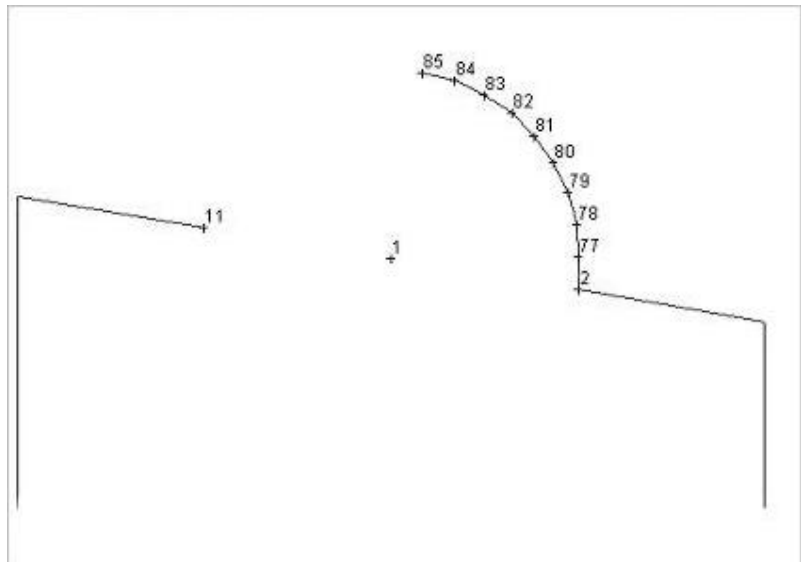
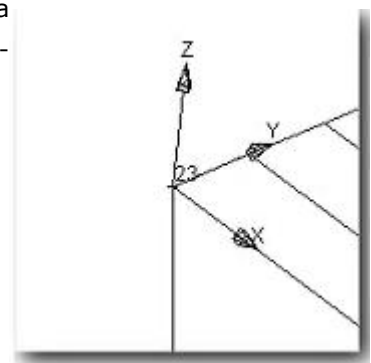


Figura 9

Definiamo un nuovo sistema di riferimento utente con l'origine degli assi coincidente con il nodo 23, l'asse X coincidente con l'allineamento tra i nodi 23 e 20 e l'asse Y coincidente con l'allineamento tra i nodi 23 e 22 come illustrato nella figura. Nel pannello **Selezioni** impostiamo come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione" e selezioniamo tutte le aste tra i nodi 2 e 85 precedentemente inserite cliccando su di esse. Procediamo ora alla generazione della cupola cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Genera** e poi su **Genera polare asta** specificando:

- | | |
|--|------------------------|
| Centro di generazione | selezioniamo il nodo 1 |
| Angolo | 360 |
| Numero di divisioni | 20 |
| Quantità da sommare al numero dei nodi | 0 |
| Quantità da sommare al numero delle aste | 0 |

In questo modo otterremo il risultato illustrato nella figura 10.



Vista prospettica della modellazione dei meridiani della cupola.

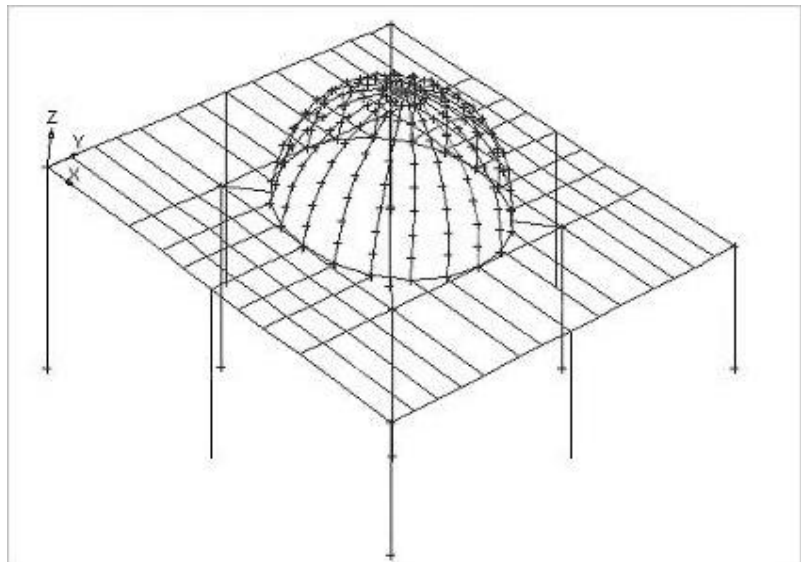


Figura 10

Per concludere possiamo procedere agli eventuali collegamenti orizzontali dei nodi alle varie quote come illustrato nella figura 11.

Completamento della struttura con l'inserimento dei collegamenti orizzontali nella cupola.

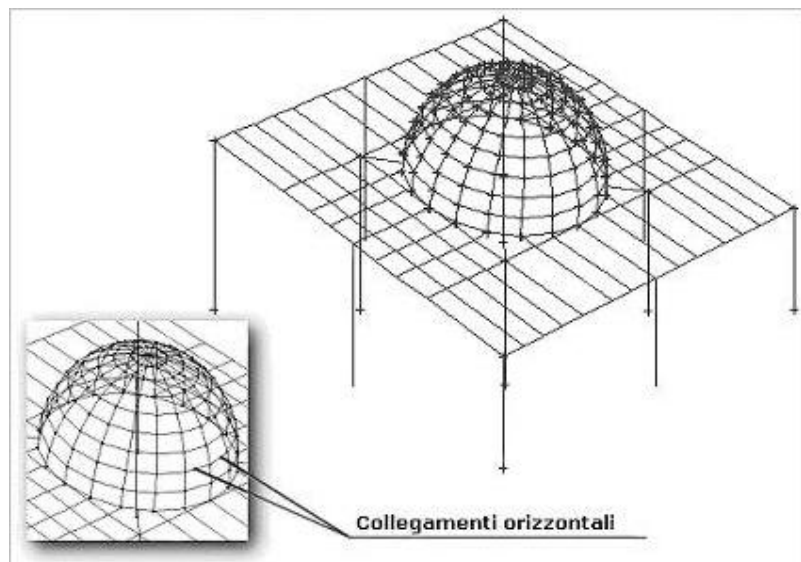



Figura 11

Definizione ed assegnazione dei carichi da vento

Con questo esempio si vuole illustrare come definire ed applicare alle strutture i carichi da vento e far creare automaticamente al programma le combinazioni delle condizioni di carico elementari.

Le operazioni da compiere sono le seguenti:

1. definire la condizione di carico elementare relativa all'azione del vento;
2. eseguire l'analisi dei carichi da vento per determinare la pressione del vento;
3. definire le tipologie di carichi per gli elementi bidimensionali, i solai e le tamponature;
4. applicare i carichi alla struttura come carichi manuali.

Nella definizione delle condizioni di carico elementari relative all'azione del vento, che si effettua cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , e quindi sul bottone "Aggiungi" e poi specificando: **Tipo CCE 11** (D.M. 18 Variabili Vento), vengono automaticamente attivati i "Dati per carichi da vento" nei quali è richiesto di specificare sia l'angolo della "Direzione del vento" che la tipologia di "Pressione".

Per la direzione del vento, un angolo pari a 0 corrisponde ad una pressione del vento in direzione X positiva, 180 in direzione X negativa, 90 in direzione Y positiva e 270 in direzione Y negativa (vedi figura).

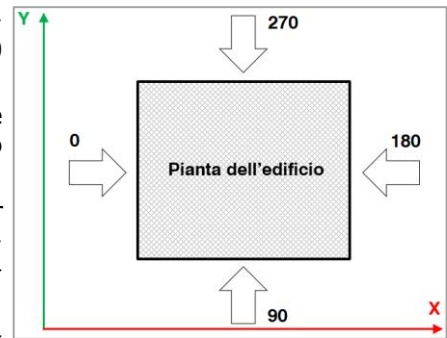
L'azione del vento sulle strutture generalmente genera una pressione interna ed una esterna, per questo motivo la tipologia di pressione può essere: Interna o Esterna.



ModeSt ha introdotto anche la tipologia di pressione "Massimizzata" per consentire all'utente, che vuole operare a favore di sicurezza, di applicare agli elementi bidimensionali, solai e tamponature, la pressione massima derivante dall'analisi dei carichi da vento.

Facciamo notare che utilizzando la tipologia "Massimizzata" si opera ovviamente a favore di sicurezza e senza particolari variazioni alle sollecitazioni finali di verifica dei singoli elementi investiti dal vento, ma si può sovrastimare l'effetto complessivo del vento sull'intera struttura.

A questo punto si hanno due possibilità che vengono di seguito entrambe esaminate.


Facciamo notare che nell'esecuzione delle analisi dei carichi da vento, che si effettua cliccando nel gruppo



Strumenti della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Calcolo della pressione** , occorre distinguere le azioni agenti sulle pareti verticali o superfici laterali da quelle agenti sulla copertura. Tale distinzione può richiedere per il vento agente in una determinata direzione la definizione di più analisi, come accade nel nostro esempio.


Aprire il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **EDIACC_V** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

La struttura in esame rappresenta un edificio in acciaio con incastri al piede dei pilastri in cui sono già state definite le tipologie degli elementi ed inseriti nel modello i solai e le tamponature.

Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** sul bottone , digitate **VENTO_1** e cliccate sul bottone "Salva".

Pressione del vento massimizzata

In questo caso è sufficiente creare una CCE per ogni direzione del vento, e quindi un totale di 4 CCE per l'azione del vento sulla struttura.

Definite la condizione di carico elementare n. 5 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , e quindi sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Tipo CCE: 11 (D.M. 18 Variabili Vento)

Direzione del vento: 0

Pressione: Massimizzata

Commento: Vento con angolo di 0 gradi

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Definite la pressione del vento agenti sulle pareti verticali cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Ca-**

richi su **Vento**  e poi su **Calcolo della pressione** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 0 gradi - Pareti verticali

Zona: 3

Rugosità terreno: A

Categoria di esposizione del sito: IV

Classificazione della costruzione: Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate o curve

Classificazione della costruzione: Pareti verticali

Altitudine s.l.m.: 65

Tempo di ritorno: 50

Alt. edificio: 15.06

Coeff. topografico (c_t): 1

Coeff. dinamico (c_d): 1

Dimensione (d): 8.63

Dimensione (b): 16.24

Pressione interna: Area con distribuzione uniforme di aperture

cliccate sul bottone "OK" per chiudere la finestra dell'analisi dei carichi da vento.

Vento - Vento con angolo di 0 gradi - Pareti verticali

Zona: Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, ...

Classificazione della costruzione: Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate e curvilinee

Pareti verticali

Dati:

Altitudine s.l.m.	<= 65	Tempo di ritorno <= anni	50	Alt. edificio (h) <= m	15.06
Coeff. topografico (c _t)	1			Dimensione (d) <= m	8.63
Coeff. dinamico (c _d)	1			Dimensione (b) <= m	16.24

Pressione interna

Per edifici con perc. di aperture maggiori di 30% non è calcolabile, si usino le tettoie per avere la forza F risultante.

Area aperture superficie dominante almeno il doppio delle altre

Area aperture superficie dominante almeno il triplo delle altre

Area con distribuzione uniforme di aperture

Pressione esterna

Coefficiente di esposizione

Rugosità del terreno: A, ... Categoria di esposizione: IV

	costa	mare	2 km	10 km	30 km	500m	750m
A	--	IV	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV	IV
C	--	II	III	III	IV	IV	IV
D	I	II	II	II	III	III	III

Anteprima relazione

OK Annulla

Nella relazione di calcolo, apribile cliccando sul bottone "Anteprima relazione", sono riportati i valori dei carichi da applicare alla struttura suddivisi in: **Pressioni esterne, Pressioni interne e Pressioni massimizzate (esterne+interne)**.

Nel nostro caso ovviamente utilizzeremo i valori delle **Pressioni massimizzate (esterne+interne)**.

Dovendo definire una nuova analisi dei carichi da vento per la copertura in cui differiscono alcuni dati, duplichiamo quella precedentemente definita e modifichiamola; quindi cliccate sul bottone "Duplica", cambiate il nome dell'identificativo dell'analisi in "Vento con angolo di 0 gradi - Copertura", quindi cliccate sul bottone "Modifica" e specificate:

Classificazione della costruzione: Coperture a falda doppia.

Angolo (α): 16

Dimensione (b): 8.63 (**Attenzione:** la dimensione (b) è quella ortogonale alla direzione del colmo)

cliccate sul bottone "OK" per chiudere la finestra dell'analisi dei carichi da vento.

Prima di definire le tipologie di carico per le tamponature ed i solai, soffermiamoci ad analizzare i risultati delle due analisi effettuate, ed in particolare le pressioni massimizzate di seguito riportare.

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 0 gradi - Pareti verticali

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

sopravento: 103.69 <daN/mq>

laterale: -103.69 <daN/mq>

sottovento: -69.50 <daN/mq>

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 0 gradi - Copertura

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

vento perpendicolare al colmo sopravvento positivo: 48.39 <daN/mq>

vento perpendicolare al colmo sopravvento negativo: -74.16 <daN/mq>

vento perpendicolare al colmo sottovento: -76.36 <daN/mq>

vento parallelo al colmo sopravvento: -104.32 <daN/mq>

vento parallelo al colmo sottovento: -65.99 <daN/mq>

Per le pareti verticali oltre alla pressione sopravvento e sottovento abbiamo anche quella laterale. Nelle coperture si hanno le pressioni parallele o ortogonali alla direzione del colmo, questo perché in questa fase il programma non conoscendo la direzione del vento non può filtrare quale fra le due riportare, e sulle falde sopravvento si hanno sia delle pressioni positive che negative (presenti solo per un range dell'angolo di pendenza della falda).

È importante sottolineare che, poiché nella relazione di calcolo il segno della pressione segue la convenzione indicata nella Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 e nel par. 3.3.1 della C.N.R. 207/2008 (a cui consigliamo di far riferimento in quanto più chiaro e dettagliato) potrà essere necessario, nella definizione della tipologia del carico, cambiare il segno per adeguarlo alla convenzione del programma. Ricordiamo che per il programma un carico è positivo se controverso al sistema a cui si riferisce.

Nel nostro caso utilizzeremo la pressione ortogonale essendo il vento applicato con un angolo di 0 gradi (in direzione X) e cioè ortogonale alla direzione del colmo, e la pressione negativa in quanto massimizzante gli effetti indotti sugli elementi della copertura. Le pressioni utilizzate sono le seguenti:

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 0 gradi - Pareti verticali

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

sopravento: 103.69 <daN/mq>

laterale: -103.69 <daN/mq>

sottovento: -69.50 <daN/mq>



Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 0 gradi - Copertura

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

vento perpendicolare al colmo sopravvento negativo: -74.16 <daN/mq>

vento perpendicolare al colmo sottovento: -76.36 <daN/mq>

Definite una tipologia di carico per le tamponature cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi**



su **Tipi carichi**  e poi su **Tamponature** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Pressione del vento in dir. Z locale: -103.69

Commento: Sopravento

e cliccate sul bottone "Applica"; definite un altro carico con **Pressione del vento in dir. Z locale** -69.5, **Commento** Sottovento e cliccate sul bottone "Applica"; allo stesso modo definite un ulteriore carico con **Pressione del vento in dir. Z locale** -103.69, **Commento** Laterale dx e cliccate sul bottone "Applica"; concludete definendone un altro con **Pressione del vento in dir. Z locale** 103.69, **Commento** Laterale sx e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.



Definite una tipologia di carico per i solai di copertura cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi**

su **Tipi carichi**  e poi su **Solai** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:



Pressione del vento in dir. Z locale: -74.16

Commento: Sopravento

e cliccate sul bottone "Applica"; definite un altro carico con **Pressione del vento in dir. Z locale** -76.36, **Commento** Sottovento e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Selezionate gli elementi sopravvento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sopravvento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate, per entrambe le schede "Solai" e "Tamponature", dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "1 Sopravento".


Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Selezionate gli elementi sottovento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sottovento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate, per entrambe le schede "Solai" e "Tamponature", dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "2 Sottovento".

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .


Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Tamponature".


Selezionate quelle giacenti sul piano parallelo alla Y passante per il nodo 1 cliccando nel pannello **Selezioni**


su  e poi il nodo 1, e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "3 Laterale dx".



Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .


Selezionate le tamponature sul piano parallelo alla Y passante per il nodo 16 cliccando nel pannello **Selezioni**



su  e poi il nodo 16, e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "4 Laterale sx".


Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su  e nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Tutti gli elementi".

Dovendo definire una nuova condizione di carico elementare in cui devono essere archiviati gli stessi carichi ma che differisce solo per la tipologia della pressione, duplichiamo la CCE e modifichiamola; quindi nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccate su **CCE** , selezionate la CCE 5 (Vento con angolo di 0 gradi) e cliccate sul bottone "Modifica". Nella finestra di dialogo della definizione delle condizioni di carico elementari cliccate sulla voce di menu "Duplica" e specificate: **Direzione del vento** 180, **Commento** Vento con angolo di 180 gradi; lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Selezionate gli elementi sopravvento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sopravvento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate, per entrambe le schede "Solai" e "Tamponature", dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "1 Sopravvento".

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Selezionate gli elementi sottovento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sottovento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate, per entrambe le schede "Solai" e "Tamponature", dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "2 Sottovento".

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Definite la condizione di carico elementare n. 7 cliccando sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Tipo CCE: 11 (D.M. 18 Variabili Vento)



Direzione del vento: 90

Pressione: Massimizzata

Commento: Vento con angolo di 90 gradi

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Dovendo definire una nuova analisi dei carichi da vento per le pareti verticali in cui differiscono alcuni dati, duplichiamo quella precedentemente definita e modifichiamola; quindi nel gruppo **Strumenti** della scheda

Carichi su **Vento**  e poi su **Calcolo della pressione** , selezionate la 1 (Vento con angolo di 0 gradi - Pareti verticali) e cliccate sul bottone "Duplica", cambiate il nome dell'identificativo dell'analisi in "Vento con angolo di 90 gradi - Pareti verticali", quindi cliccate sul bottone "Modifica" e specificate:

Dimensione (d): 16.24

Dimensione (b): 8.63

cliccate sul bottone "OK" per chiudere la finestra dell'analisi dei carichi da vento.

L'edificio avendo una copertura a capanna non richiede l'analisi dei carichi da vento con angolo di 90 gradi (in direzione Y) sulla copertura, per cui si possono utilizzare le pressioni parallele al colmo valutate nell'analisi "Vento con angolo di 0 gradi - Copertura".

Prima di definire le tipologie di carico per le tamponature ed i solai, soffermiamoci ad analizzare i risultati delle due analisi effettuate, ed in particolare le pressioni massimizzate di seguito riportate.

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 90 gradi - Pareti verticali

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

sopravento fino a quota 8.63 <m>: 89.11 <daN/mq>

sopravento oltre la quota 8.63 <m>: 103.01 <daN/mq>

laterale: -103.69 <daN/mq>

sottovento: -64.62 <daN/mq>

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 0 gradi - Copertura

Per il vento parallelo si considera una fascia sopravvento di 4.32 <m> e sottovento le zone restanti.

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

vento parallelo sopravvento: -104.32 <daN/mq>

vento parallelo sottovento: -65.99 <daN/mq>

Per le pareti verticali la pressione varia lungo l'altezza e nelle coperture si ha una zona sopravvento (Cpe,A) e una sottovento (Cpe,B).

Nel nostro caso utilizzeremo la pressione massima costante sull'intera altezza dell'edificio e sull'intera copertura. Le pressioni utilizzate sono le seguenti:

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 90 gradi - Pareti verticali

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

sopravento: 103.01 <daN/mq>

laterale: -103.69 <daN/mq>



sottovento: -64.62 <daN/mq>

Identificativo dell'analisi: Vento con angolo di 0 gradi - Copertura

Pressioni massimizzate (esterne+interne):

vento parallelo sopravvento: -104.32 <daN/mq>

Definite una tipologia di carico per le tamponature cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi**



su **Tipi carichi**  e poi su **Tamponature** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Pressione del vento in dir. Z locale: -103.01

Commento: Sopravento

e cliccate sul bottone "Applica"; definite un altro carico con **Pressione del vento in dir. Z locale** -64.62, **Commento** Sottovento e cliccate sul bottone "Applica"; allo stesso modo definite un ulteriore carico con **Pressione del vento in dir. Z locale** -103.69, **Commento** Laterale dx e cliccate sul bottone "Applica"; concludete definendone un altro con **Pressione del vento in dir. Z locale** 103.69, **Commento** Laterale sx e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.



Definite una tipologia di carico per i solai di copertura cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi**

su **Tipi carichi**  e poi su **Solai** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:



Pressione del vento in dir. Z locale: -104.32

Commento: Sopravento parallelo al colmo

cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Selezionate gli elementi sopravvento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sopravvento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "1 Sopravento".


Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Selezionate gli elementi sottovento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sottovento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "2 Sottovento".

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .


Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Tamponature".

Selezionate quelle giacenti sul piano parallelo alla X passante per il nodo 4 cliccando nel pannello **Selezioni**

su  e poi il nodo 4, e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "3 Laterale dx".


Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .



Selezionate le tamponature sul piano parallelo alla Y passante per il nodo 1 cliccando nel pannello **Selezioni**

su  e poi il nodo 1, e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "4 Laterale sx".



Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Solai" e cliccate su **Avanzate** e nella finestra di dialogo selezionate nella colonna di destra 3 (Copertura); cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo. Nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "1 Sopravento".

Dovendo definire una nuova condizione di carico elementare in cui devono essere archiviati gli stessi carichi ma che differisce solo per la tipologia della pressione, duplichiamo la CCE e modifichiamola; quindi nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccate su **CCE** , selezionate la CCE 7 (Vento con angolo di 90 gradi) e cliccate sul bottone "Modifica". Nella finestra di dialogo della definizione delle condizioni di carico elementare cliccate sulla voce di menu "Duplica" e specificate: **Direzione del vento** 270, **Commento** Vento con angolo di 270 gradi; lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.


Selezionate gli elementi sopravvento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sopravvento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "1 Sopravvento".

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Selezionate gli elementi sottovento cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Seleziona elementi sottovento**  e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° Carico manuale" il carico "2 Sottovento".

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Lanciate il calcolo della struttura con il metodo agli elementi finiti cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda

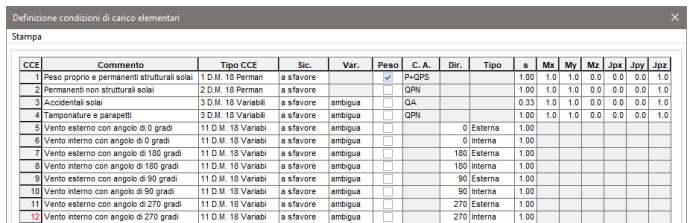
Analisi su FEM , selezionate la scheda "Ambienti" e notate come ModeSt abbia creato sempre quattro differenti ambienti, uno per ciascuna direzione del vento (figura sottostante).



Comm.	1	2	3	4	5	6	7	8	SLU	SLR	SLF	SLQ
1 Calcolo statico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 Vento da 0°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Vento da 180°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4 Vento da 90°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5 Vento da 270°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Pressione del vento interna ed esterna


In questo caso si devono creare 2 CCE per ogni direzione del vento e quindi un totale di 8 CCE per l'azione del vento sulla struttura. Procedete in modo analogo al caso delle pressioni massimizzate fino ad ottenere le CCE riportate nella figura sottostante.



CCE	Commento	Tipo CCE	Sic.	Var.	Peso	C. A.	Dir.	Tipo	s	Mx	My	Mz	Jpx	Jpy	Jpz
1	Peso proprio e permanenti strutturali solai	1 D.M. 18 Perman	a sfavore				P+QPS		1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2	Permanenti non strutturali solai	2 D.M. 18 Perman	a sfavore				QPN		1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
3	Accidentali solai	3 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua			QA		0.33	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
4	Tamponature e parapetti	3 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua			QPN		1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
5	Vento esterno con angolo di 0 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				0 Esterna	1.00						
6	Vento interno con angolo di 0 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				0 Interna	1.00						
7	Vento esterno con angolo di 180 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				180 Esterna	1.00						
8	Vento interno con angolo di 180 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				180 Interna	1.00						
9	Vento esterno con angolo di 90 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				90 Esterna	1.00						
10	Vento interno con angolo di 90 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				90 Interna	1.00						
11	Vento esterno con angolo di 270 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				270 Esterna	1.00						
12	Vento interno con angolo di 270 gradi	11 D.M. 18 Variabili	a sfavore	ambigua				270 Interna	1.00						

Facciamo notare che le pressioni da utilizzare nella definizione delle tipologie di carico per le tamponature ed i solai sono quelle esterne ed interne.

Lanciate il calcolo della struttura con il metodo agli elementi finiti cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda

Analisi su FEM , selezionate la scheda "Ambienti" e notate come ModeSt abbia creato quattro differenti ambienti, uno per ciascuna direzione del vento, ed accoppiato le CCE aventi lo stesso angolo di direzione del vento (riquadrate con lo stesso colore nella figura sottostante).



Comm.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SLU	SLR	SLF	SLQ
1 Calcolo statico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 Vento da 0°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Vento da 180°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4 Vento da 90°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5 Vento da 270°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Concetto e definizione di nucleo

All'interno di ModeSt è possibile raggruppare logicamente fra loro un insieme di elementi bidimensionali in modo da formare un **nucleo**. Un nucleo è definito come un insieme di muri o elementi bidimensionali, verticali, che abbiano tutti il sistema di riferimento locale con l'asse X parallelo al piano coordinato XY e l'asse Z parallelo all'asse coordinato Z. Se nel nucleo sono presenti più orizzontamenti ("fasce" orizzontali derivanti dalla discretizzazione (mesh) o semplicemente muri sovrapposti), il nucleo viene automaticamente suddiviso in **livelli** ed il progetto delle armature considererà la diversa configurazione geometrica ai diversi livelli.

Con un'accorta discretizzazione è quindi possibile schematizzare aperture, cambiamenti geometrici, ecc. in quanto le procedure di progettazione armatura operano un'integrazione delle sollecitazioni per ognuno dei livelli presenti nel nucleo ed effettuano le verifiche considerando il nucleo come un'unica sezione.

Facciamo notare che la definizione del nucleo serve solo per il progetto delle armature ed è ininfluente ai fini del calcolo agli elementi finiti quindi può essere effettuata indifferentemente prima o dopo il calcolo della struttura.

Passiamo ora ad illustrare le fasi e gli accorgimenti da seguire nel caso in cui si voglia progettare automaticamente o interattivamente un nucleo irrigidente inserito all'interno di una struttura come quella indicata nella figura 1.

Il vano ascensore è stato modellato utilizzando dei muri e successivamente discretizzati in elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Mesh** e poi su **Mesh semplificata muri/bidimensionali a 3 o 4 nodi in parti di lunghezza indicativa**. Questo procedimento è consigliato poiché in questo modo si è certi che i muri/elementi bidimensionali abbiano tutti l'asse Z locale parallelo ed equiverso all'asse Z globale.

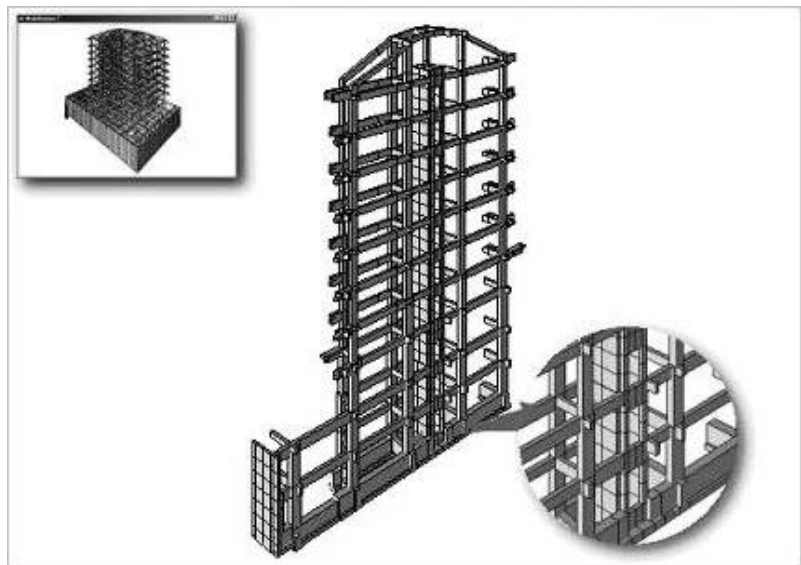


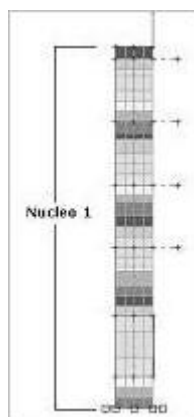
Figura 1

Per evidenziare le configurazioni corrette o errate si utilizzeranno le definizioni di "metodo corretto" e "metodo incorretto" che si devono intendere applicate solo al nucleo in quanto le modellazioni riportate negli esempi sono comunque corrette ai fini del calcolo agli elementi finiti.

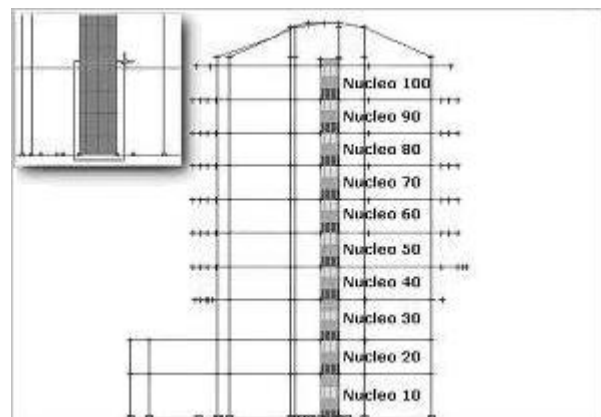
Prima di assegnare un nucleo ad un insieme di muri o elementi bidimensionali occorre evidenziare i seguenti accorgimenti:

1. Nel definire il nucleo si dovrebbe sempre rispettare la logica dei piani dell'edificio; generalmente è incorretto assegnare l'appartenenza ad un solo nucleo a tutti gli elementi, da terra a cielo, in tal caso ModeSt non differenzia le armature da piano a piano in relazione alla diminuzione delle sollecitazioni o ad eventuali rastremazioni.

Metodo generalmente incorretto



Metodo generalmente corretto

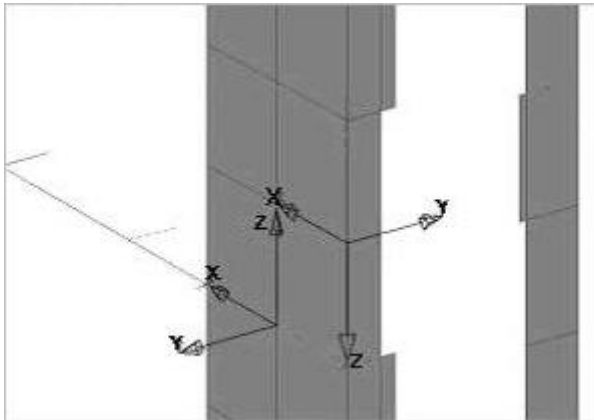


Nucleo definito da terra a cielo.

Nucleo definito da impalcato a impalcato.

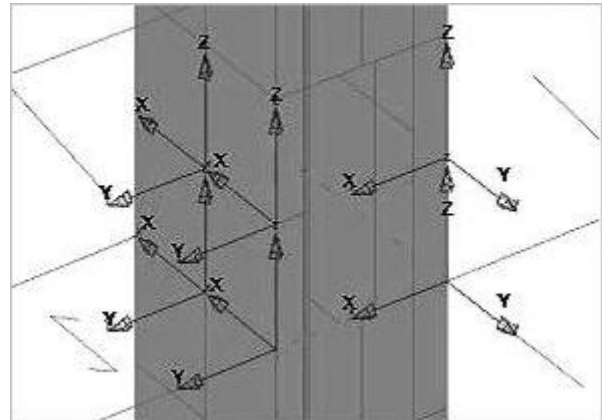
2. Le terne locali degli elementi che costituiscono il nucleo devono avere l'asse Z equiverso all'asse Z globale.

Metodo incorretto



Alcuni elementi bidimensionali hanno l'asse locale Z non equiverso all'asse globale Z.

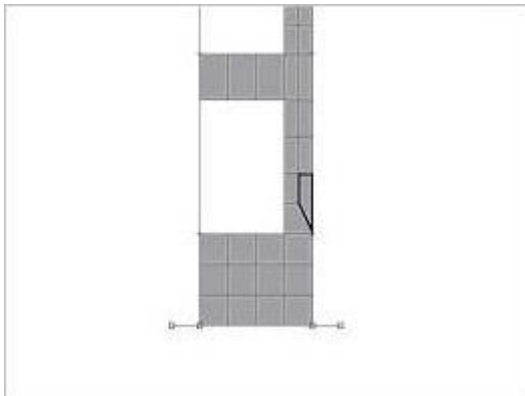
Metodo corretto



Tutti gli elementi bidimensionali hanno l'asse locale Z equiverso all'asse globale Z.

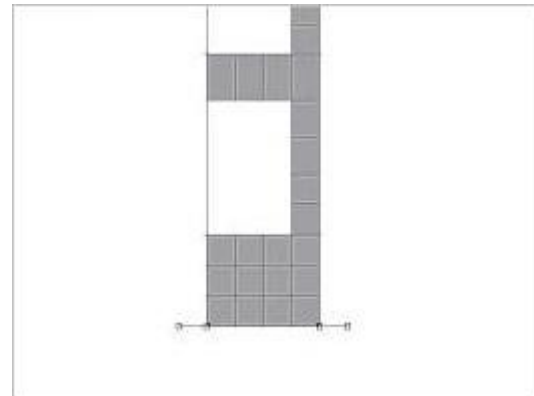
3. Non devono essere presenti elementi distorti ad esclusione dell'ultimo livello.

Metodo incorretto



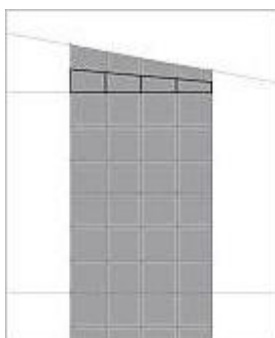
L'elemento bidimensionale evidenziato ha una forma distorta poiché il lato inferiore non è orizzontale.

Metodo corretto



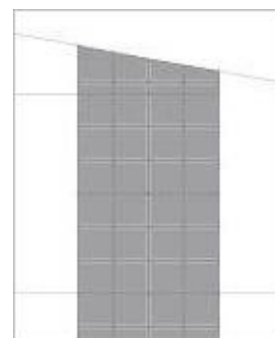
Gli elementi bidimensionali hanno una forma regolare.

Metodo incorretto



Gli elementi bidimensionali evidenziati sono distorti e non appartengono all'ultimo livello.

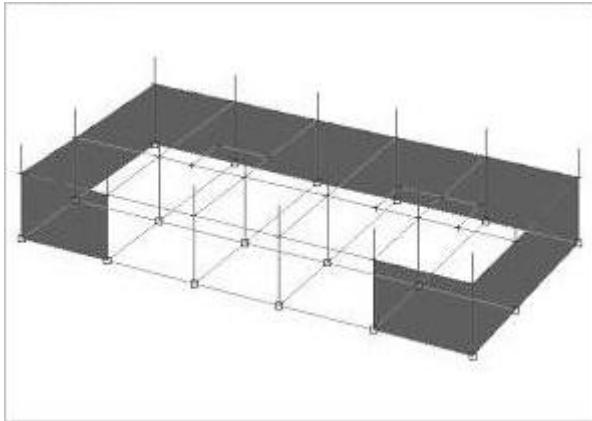
Metodo corretto



Solo gli elementi bidimensionali appartenenti all'ultimo livello sono distorti (lato superiore non orizzontale).

4. È sbagliato definire come nucleo le cosiddette "pareti di scantinato", in quanto il loro comportamento non è sicuramente quello di una grande sezione inflessa per la quale valgono le ipotesi della scienza delle costruzioni.

Metodo incorretto



Passiamo ora ad esaminare le fasi da seguire per la definizione del nucleo:

1. Posizioniamoci su un piano passante per uno dei lati del nostro nucleo e definiamo una scatola di visualizzazione, digitando **BOX** nella linea di comando, tale da includere solo gli elementi interessati come indicato in figura 2.

Con un piano verticale per X (cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVX") passante per il nodo 1221 è stata attivata una scatola di visualizzazione di 2 mt (**BOX 2 .1**).

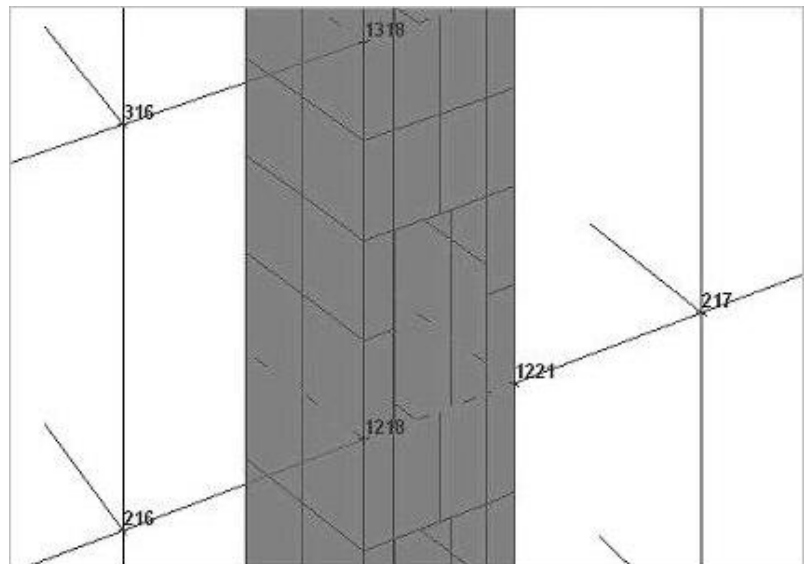


Figura 2

2. Attiviamo una vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Vista piana" (figura 3).

Questa visualizzazione permetterà di selezionare gli elementi interessati con una finestra in vista piana.

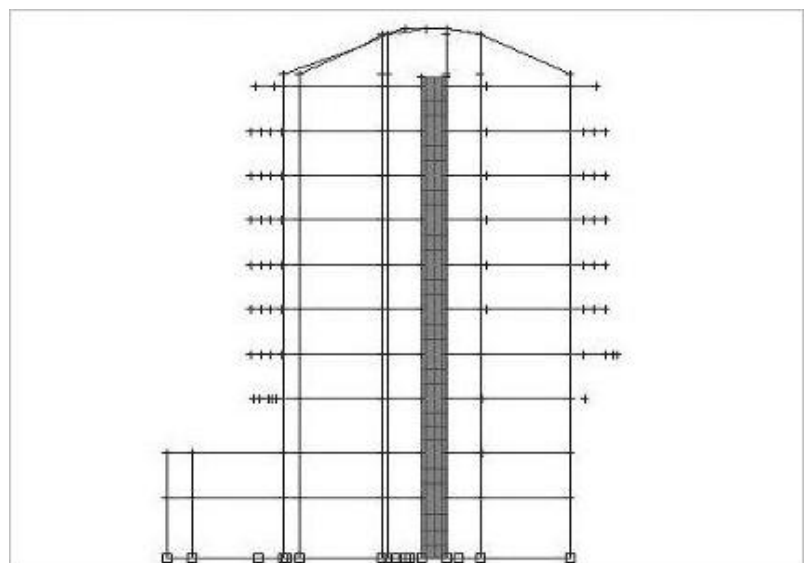

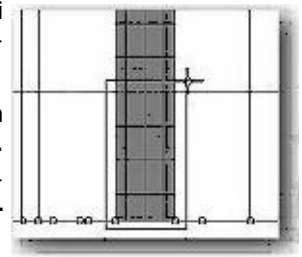


Figura 3

3. Nel pannello **Selezioni** impostiamo come tipo di selezione "Muri/Bidi" e "Sostituisci alla selezione". Selezioniamo i bidimensionali presenti fra un piano e l'altro clic-

cando nel pannello **Selezioni** su  e assegniamo il numero digitandolo nella casella di testo relativa a "Numero" del pannello **Proprietà elementi selezionati**.

Per le fasi successive di armatura sia automatica che interattiva si veda rispettivamente i paragrafi **Progettazione automatica armature** e **Progettazione interattiva armature nuclei e pareti irrigidenti**.



Elementi bidimensionali e piani rigidi

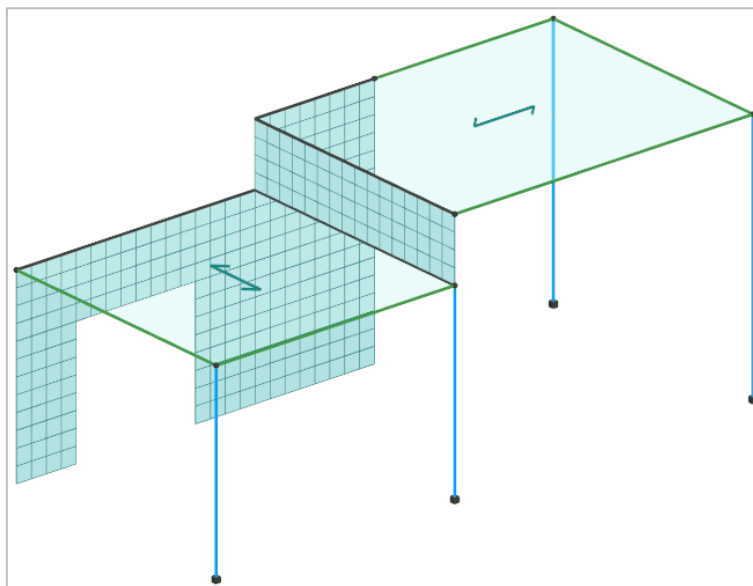
Con questo esempio si vuole evidenziare il comportamento degli elementi bidimensionali in interazione con l'ipotesi di piano infinitamente rigido.

Ricordando che le tensioni di trazione e/o compressione in un elemento bidimensionale insorgono quando i nodi dell'elemento si avvicinano o si allontanano, risulta evidente come nel punto di collegamento fra elementi e piano rigido (poiché i nodi non possono né avvicinarsi né allontanarsi) tali tensioni non insorgono.


Questo fatto può essere forse trascurabile per pareti di cui sia noto a priori il comportamento principale, come ad esempio pareti di taglio (soggette essenzialmente a tensioni tangenziali ed a trazione e compressione verticale agli estremi) o pareti di scantinato prive di aperture (soggette essenzialmente a sforzi flessionali dovuti ai pilastri o alla spinta del terreno), ma può rivestire notevole importanza per pareti con aperture significative o per travi parete.

Aprirete il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES3** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Come si può notare la struttura è costituita da due piani sfalsati collegati da una trave parete. Il tutto è sorretto da pilastri e da una parete verticale con un'apertura di circa due metri.



Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".



Posizionatevi su un piano verticale passante per il nodo 2 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVY" e cliccando sul nodo.

Posizionatevi in vista piana e disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Vista piana" e "Unifilare".

La trave parete (di luce 4 m) è soggetta ad un carico verticale di 1250 daN/ml derivante dal carico permanente strutturale del solaio. Nell'ipotesi di semplice appoggio (plausibile data la maggior rigidità della trave rispetto al pilastro ed alla parete ortogonale) si avrebbe un momento teorico di $ql^2/8 = 2500$ daNm.

La trave ha una sezione di 0.30x1.00 m e quindi con $W = 0.05$ mc. Le tensioni teoriche risultano quindi: $\sigma = \pm M/W = \pm 50000$ daN/mq.

La struttura è stata calcolata staticamente, utilizzando come solutore Xfinest ed in particolare con l'elemento QF46 ed estrapolando i risultati ai nodi, sia nell'ipotesi di piano rigido schematizzato con il metodo Master-Slave che nell'ipotesi di nessun impalcato rigido. I risultati sono stati successivamente combinati mediante


l'opzione **Combina i risultati di due calcoli**  eseguibile dal menu che si ottiene cliccando sul menu dell'applicazione ,

in modo da permettere un più agevole raffronto fra questi. Attivate una finestra di visualizzazione più piccola cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano".

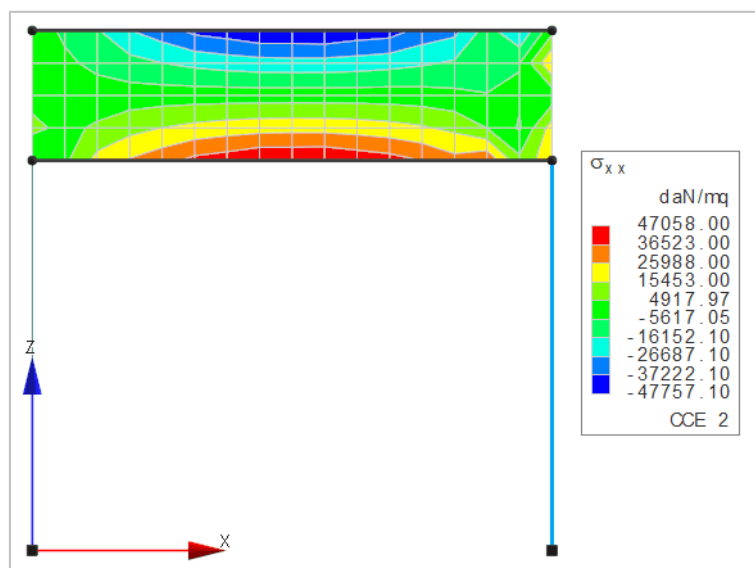
Impostate come tipo di sollecitazione corrente le CCE selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco delle "Sollecitazioni" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".

Selezionate il secondo risultato dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".

Attivate il disegno delle tensioni in direzione X sulle facce normali a X negli elementi bidimensionali cliccando

nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Tensioni normali**  e poi su **Tensione normale in dir. X su facce con normale X** σ_{xx} selezionando gli elementi bidimensionale visibili cliccando nel pannello **Selezioni**

su  .



Come potete notare le tensioni sono le seguenti (con altri solutori o altri elementi si possono avere dei valori leggermente diversi):

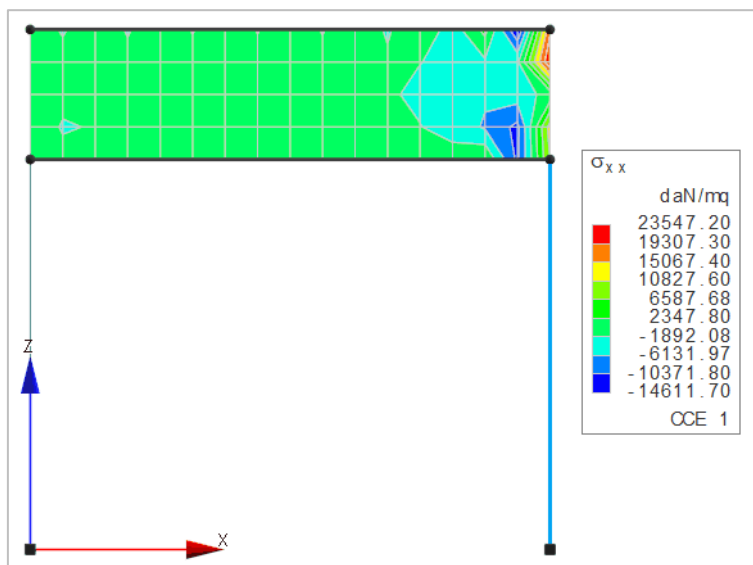
massima compressione	46400 daN/mq
massima trazione	45900 daN/mq

Che sono in accordo con quanto ipotizzato teoricamente, rivelando un minimo grado d'incastro (circa $ql^2/9$). Si può notare inoltre come la zona rossa di trazione sia leggermente spostata verso destra rispetto al centro della trave, confermando che la parete verticale offre un grado d'incastro maggiore del pilastro.

Osservate ora cosa accade con l'ipotesi di piano rigido.

Visualizzate il primo risultato selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".

Se si escludono i punti di collegamento, dove nascono dei fenomeni locali, la tensione media risulta praticamente nulla.




Analogo comportamento potete notarlo nella parete verticale.

Attivate una scatola di visualizzazione più grande e posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva".

Posizionatevi su un piano verticale passante per $X=0$ cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVX" e specificando 0 come coordinata.

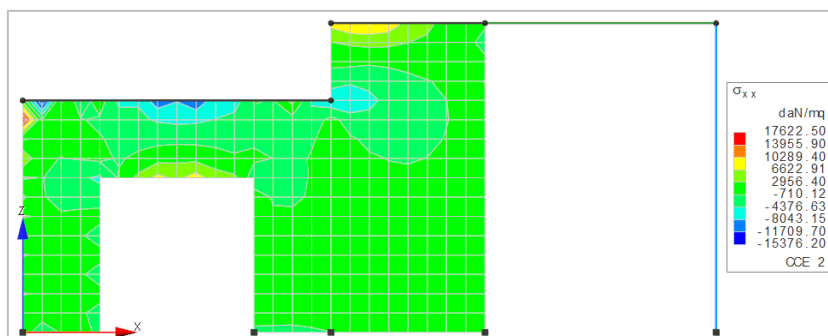
Selezionate il secondo risultato dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".

Attivate il disegno delle tensioni in direzione X sulle facce normali a X negli elementi bidimensionali cliccando

nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Tensioni normali**  e poi su **Tensione normale in dir. X su facce con normale X** σ_{xx} selezionando gli elementi bidimensionale visibili cliccando nel pannello **Selezioni**

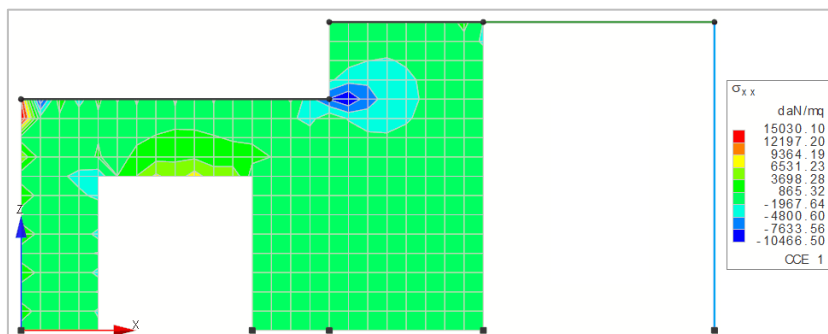
su  .


Un rapido controllo mostrerà come le tensioni nell'architrave dell'apertura corrispondano a quelle di una trave doppiamente incastrata.



Visualizzate il primo risultato (ipotesi di piano rigido) selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".

La tensione di trazione all'intradosso dell'architrave non è cambiata (circa 3800 daN/mq), ma la compressione all'estradosso è scomparsa.





Disattivate il disegno delle tensioni negli elementi bidimensionali cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

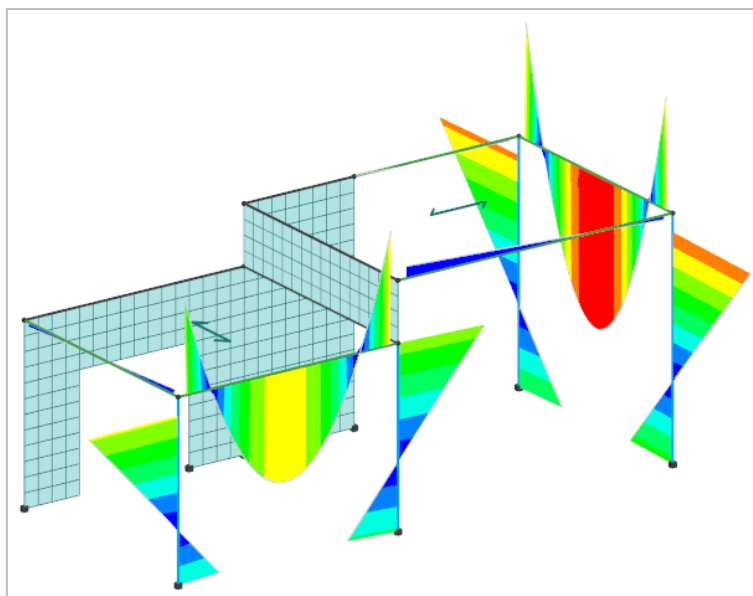
Attivate una scatola di visualizzazione più grande e posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Togli BOX" e su "Prospettiva".

Impostate come tipo di sollecitazione corrente le CC selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco delle "Sollecitazioni" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti" in modo da sovrapporre i risultati di tutte le CC.

Disegnate il diagramma del momento flettente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Mo-**

mento flettente  selezionando tutte le aste cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Potete osservare come le sollecitazioni nelle aste siano poco influenzate dall'ipotesi di piano rigido.



Si consiglia di controllare anche come le tensioni verticali (S_{zz}) ed i momenti flettenti siano praticamente indipendenti dall'ipotesi di piano rigido (ad esclusione dei fenomeni locali per M_{xx} che risentono ovviamente della possibilità o meno dei nodi di spostarsi reciprocamente sul piano orizzontale).


Inserimento di una platea

In questo esempio vengono esaminate le modalità di inserimento di elementi bidimensionali per la schematizzazione di platee ed evidenziate le modalità di funzionamento del comando **MESH**. Le considerazioni riportate sono comunque valide anche in altri casi in cui occorra definire vaste zone verticali o orizzontali con elementi bidimensionali.

Nota: L'esempio non può essere svolto con la versione Lite di ModeSt poiché il numero dei nodi supera 500.

Aprire il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES4** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Come si può notare si tratta di un edificio multipiano con delle pareti di scantinato e due lame verticali che non possono forse essere considerate a tutti gli effetti delle pareti di taglio, ma dei grossi pilastri.


Attraverso il tasto destro in un punto vuoto della finestra di modellazione selezionate → **Vista** e cliccate su **Nord-Est**  per migliorare la visualizzazione della struttura.

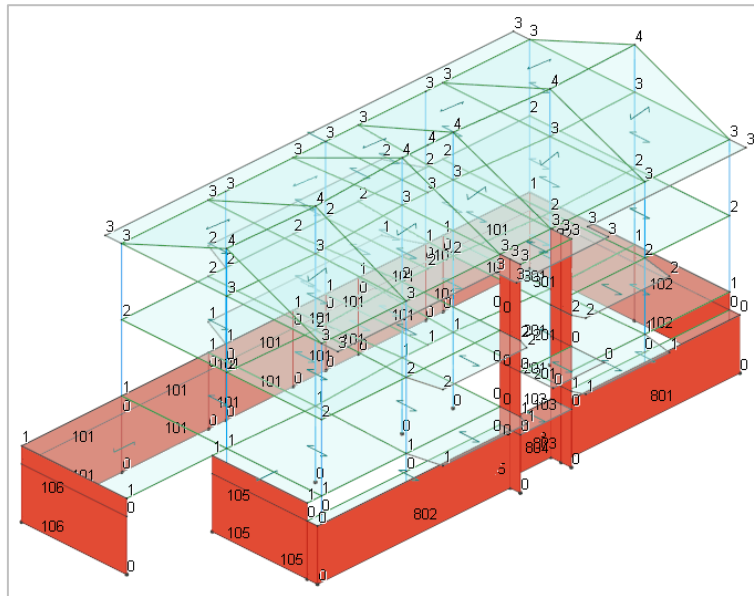
Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

Attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della

scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi".

Attivate il disegno del numero dei muri cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Muri/Bidimensionali".




Vogliamo far notare che sul fronte è presente un ribassamento del primo solaio e che quindi è stato definito un livello intermedio al quale giungono comunque tutti gli elementi verticali.

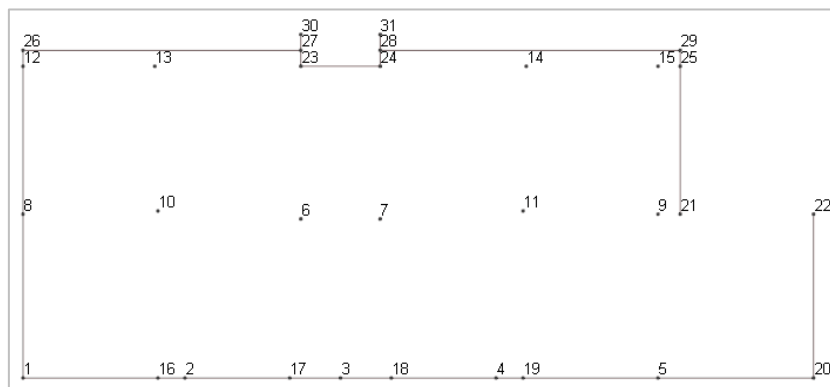
Questo è stato fatto perché, volendo calcolare in prima fase la struttura con i soli elementi verticali schematizzati come un reticolo equivalente di aste, occorre avere congruenza anche in corrispondenza del nodo intermedio, ad esempio sullo spigolo fra gli elementi verticali 102 e 801. L'aver spezzato l'elemento 102 ha poi comportato il dover spezzare l'elemento 101 e così via.

Immaginate ora di aver terminato il controllo della sovrastruttura e di voler inserire una platea di fondazione.

Attivate una scatola di visualizzazione più piccola in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e su "Vista piana".

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".



Definite un elemento bidimensionale su suolo elastico cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Model-**

lazione su **Proprietà elementi**  e poi su **Tipi muri/bidimensionali** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Utilizzo: Soletta/Platea

Tipologia: Winkler

Coeff. di sottofondo: 2500000

Spessore: 0.40

Criterio di progetto: 1


Materiale: 6 (Calcestruzzo classe C28/35)

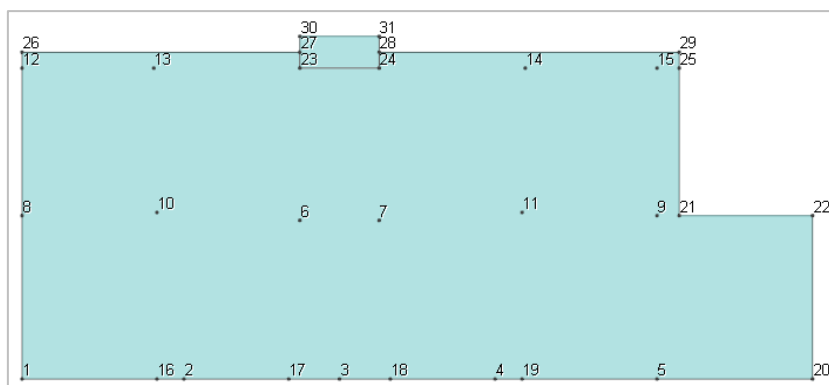
Commento: Platea



e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Per prima cosa occorre notare che i nodi 8, 10, 6, 7, 11, 9 non sono allineati (la coordinata Y dei nodi 6 e 7 è diversa da quella del nodo 11 ed anche da quella del nodo 9) mentre sono allineati i nodi 9, 21, 22 ed i nodi sul perimetro. Analogamente non sono allineati i nodi 16, 10, 13 né i nodi 19, 11, 14.


Nella sezione "Muro/Bidimensionale" del pannello **Proprietà correnti** impostate il filo fisso corrente 33 cliccando sulla casella di riepilogo a discesa "Filò fisso", si aprirà un menu sul quale cliccherete in modo da avere il filo fisso 33.


Inserite gli elementi bidimensionali della platea cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Bidi** , selezionando i nodi in senso antiorario partendo dal punto in basso a sinistra (nodo 1) e percorrendo tutto il perimetro dell'edificio fino ad ottenere il risultato rappresentato in figura.




Adesso potete effettuare la mesh della platea cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Mesh**  e poi su **Mesh avanzata muri/bidimensionali complessi** , confermando i valori 1 1 di default e selezionando la platea.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Nodi" e "Aggiungi alla selezione". Selezionate tutti

i nodi visibili cliccando nel pannello **Selezioni** su  e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "Vincolo" il 3 (El. sew 110001).

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .


Definite la condizione di carico elementare n. 1 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** sul bottone **CCE** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Tipo CCE: 1 (D.M. 18 Permanenti strutturali)


Sicurezza: a sfavore

Commento: p.p. e permanenti strutturali

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo. Verificate come, il peso proprio della struttura, sia già stato archiviato automaticamente dal programma in questa condizione di carico elementare selezionando l'opzione nella colonna "Peso"; cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Calcolate i carichi permanenti strutturali derivanti dai solai dell'edificio cliccando nel gruppo **Automatici da solai** della scheda **Carichi** su **Permanente strutturale**  e selezionando tutti i solai cliccando nel pannello

Selezioni su .

Definite la condizione di carico elementare n. 2 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:


Tipo CCE: 3 (D.M. 18 Variabili Categoria A Ambienti ad uso residenziale)

Sicurezza: a sfavore

Variabilità: di base

Commento: accidentali

lasciando per gli altri parametri i valori di default, cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Calcolate i carichi accidentali derivanti dai solai dell'edificio cliccando nel gruppo **Automatici da solai** della scheda **Carichi** su **Accidentale 1**  e selezionando tutti i solai cliccando nel pannello **Selezioni** sul bottone

.

Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** sul bottone , digitate **FASE2** e cliccate sul bottone "Salva".



A questo punto si hanno due possibilità:



- Caso A) Eseguire la mesh anche degli elementi verticali. Questo metodo è consigliato quando:
- l'eventuale spinta del terreno non è trascurabile perché il muro, in tutto o in parte, non ha l'"appoggio" sul solaio o è particolarmente alto;
 - la struttura ha punti specifici in cui si desidera valutare in dettaglio cosa accade in termini di tensioni e deformazioni.
- Caso B) Non eseguire la mesh degli elementi verticali, ma semplicemente garantire la congruenza fra muri verticali e platea. Questo metodo è consigliato quando:
- l'eventuale spinta del terreno è trascurabile (generalmente poco influente per muri di scantinato con "appoggio" sul solaio);
 - non si vuole aumentare il numero dei nodi e quindi il numero dei gradi di libertà del sistema;
 - si vuole eseguire il calcolo con il metodo Master-Slave e il solutore non supporta la presenza di elementi bidimensionali verticali (si veda l'esempio n .2);
 - per consentire l'utilizzo delle procedure di armatura dei muri.


Di seguito vengono esaminati entrambi i metodi.

Caso A: elementi verticali meshati

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Muri/Bidi" e "Aggiungi alla selezione" e selezionate tutti gli elementi bidimensionali verticali cliccando nel pannello **Selezioni** su **Avanzate** e nella finestra di dialogo selezioniamo nella colonna di sinistra "Tipi" e nella colonna di destra, tenendo premuto il tasto Shift, selezioniamo 1 (Parete da 25 cm) e 2 (Parete da 20 cm); cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.



Meshate gli elementi verticali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Mesh**  e poi su **Mesh semplificata muri/bidimensionali a 3 o 4 nodi in parti di lunghezza indicativa**  e specificando come dimensioni della mesh 1.00 1.00.

Effettuate la numerazione automatica degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numerazione**  e poi su **Muri/Bidimensionali** .

Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** sul bottone , digitate **ES4A** e cliccate sul bottone "Salva".

Caso B: elementi verticali non meshati

Rendete corrente la struttura **FASE2** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Effettuate la numerazione automatica degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numerazione**  e poi su **Muri/Bidimensionali** .



In questo caso occorre essenzialmente tenere presenti due cose:

- i muri "rossi" non hanno più l'asta di sezione 0 al piede che è stata "spezzata dal comando mesh;
- occorre impedire che la platea possa "infiattersi" nei tratti sotto i muri, in cui è presumibile che resti rettilinea, data la forte rigidità delle pareti verticali.

Occorre quindi definire una sezione infinitamente rigida ed associarla ai pezzetti di asta di sezione 0.

Definite un materiale privo di peso da assegnare alla sezione infinitamente rigida in modo da non modificare il peso della struttura.

Definite un materiale privo di peso cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà**

elementi  e poi su **Materiali** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Peso specifico: 0

Modulo elastico: 1000000

Modulo elastico tangenziale: 1000000

Coefficiente di Poisson: 0.5

Coefficiente di dilatazione termica: 0.5

Commento: Privo di peso

e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Definite una sezione infinitamente rigida priva di peso cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Model-**

lazione su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Membratura: Trave

Verifica prevista: Nessuna

Materiale: 21 (Privo di peso)

Sezione: Inerzie assegnate

Dati: Area=1000, $J_x=1000$, $J_y=1000$, $J_z=1000$, $Ch_y=1$, $Ch_z=1$

Commento: Fittizia

e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Assegnate questa sezione a tutte le aste di sezione 0 sotto i muri che sono state "spezzate" dalla meshatura. In questo modo la platea nei tratti sotto i muri sarà obbligata a mantenere un andamento rettilineo, esattamente come se la congruenza con le pareti verticali fosse continua anziché solo nei nodi estremi.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione" e quindi selezionate

tutte le aste a quota $Z=0$ cliccando nel pannello **Selezioni** su  e specificando 0 come coordinata.

Nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dall'elenco "Sezione" la sezione 16 (Fittizia) per assegnarla alle aste.

Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** sul bottone , digitate **ES4B** e cliccate sul bottone "Salva".

A questo punto è possibile calcolare le due strutture.

Le considerazioni che seguono sono riferite alle strutture calcolate con Xfinest, metodo Master-Slave, analisi sismica statica, come sito di costruzione "Prato, Via F. Ferrucci 203", e con tutti gli altri parametri di default.

Nel caso della struttura totalmente meshata si hanno delle tensioni massime sul terreno di 1.118 daN/cm² e 1.121 daN/cm² rispettivamente nella CC 36 (carichi verticali) e nella CC 15 (sisma), che nell'altra struttura diventano 1.031 e 0.967 daN/cm². Analogamente i momenti M_{zz} minimi e massimi della CC 15 nella prima struttura sono di 6421.19 e -7087.12 daNm/m mentre nella seconda struttura risultano essere -5562.78 e 8418.93 daNm/m. La struttura senza mesh degli elementi verticali risulta quindi leggermente più rigida, ed il comportamento si comprende benissimo effettuando una deformata della CC 1 su una sezione passante per il nodo 3.

La maggiore deformabilità delle pareti verticali nella struttura meshata comporta una maggiore rotazione dei nodi della platea e quindi una maggiore flessione in campata, con conseguente maggiore tensione sul terreno ai bordi e maggiore momento in campata.

Le differenze risultanti sono comunque modeste e sicuramente rientrano nel normale ambito delle incertezze e delle schematizzazioni usate in ingegneria, quindi per strutture "normali" possono essere utilizzati entrambi i metodi anche se la mesh completa è sicuramente più aderente alla realtà del comportamento della struttura.


Schematizzazione aree a sbalzo

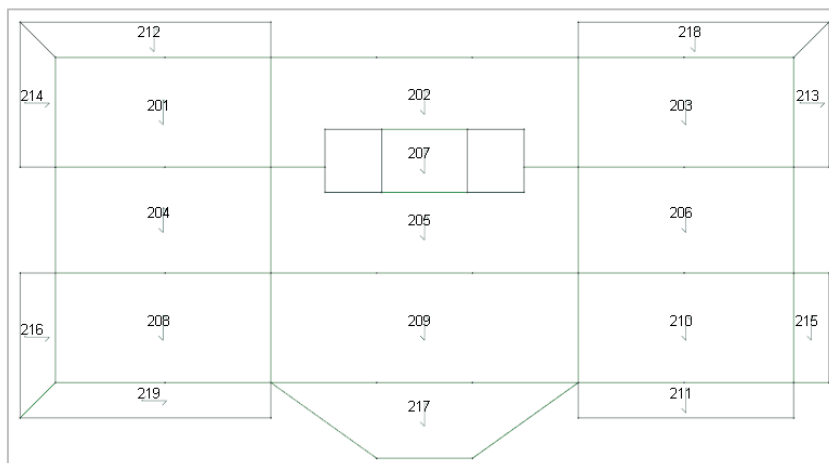
Con questo esempio si esaminano i metodi comunemente usati per schematizzare aree di carico a sbalzo (balconi) mediante la definizione di una o più maglie di solaio.

Aprirete il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES5** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Posizionatevi sull'impalcato 2 in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "POIM 2 a 6.69" e su "Vista piana".

Attivate il disegno del numero dei solai cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bot-

tone **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Solai".



Il balcone in basso a destra, identificato dal solaio n. 211, è realizzato con una soletta o solaio a sbalzo ed è stato quindi schematizzato con tre aste fittizie di sezione -1 (si ricorda che le aste di sezione -1 non prendono

carico). In questo caso i comandi che calcolano i pesi permanenti strutturali, non strutturali ed accidentali di tutti i solai portano tutto il carico sull'asta di bordo dell'edificio (non viene comunque considerato il momento torcente dovuto allo sbalzo).

Il balcone sempre in basso a destra, identificato dal solaio n. 215, è realizzato invece con un solaio vero è proprio che appoggia su mensole e pertanto sono state inserite le mensole con la loro reale sezione e la maglia di solaio è stata chiusa con un'asta fittizia di sezione -1. In questo caso i comandi che calcolano i pesi permanenti strutturali, non strutturali ed accidentali di tutti i solai ripartiscono il carico sulle due mensole.

Nella schematizzazione dei balconi realizzati come solette o solai a sbalzo d'angolo nasce il problema di cambiare il senso d'orditura del solaio.

Nel balcone in alto a destra, definito dai solai n. 213-218, è stata inserita in diagonale un'asta di sezione -1 per chiudere due maglie di solaio. In questo caso quando si calcolano i pesi permanenti strutturali, non strutturali ed accidentali di tutti i solai vengono segnalate delle anomalie: l'asta di sezione -1 d'angolo fronteggia le aste di bordo esterno dei solai e quindi ModeSt non è in grado di ripartire il carico del solaio relativo all'angolo del balcone. Queste anomalie possono essere ignorate se si ritiene accettabile trascurare il carico dovuto alla parte di balcone in angolo.

È errato assegnare all'asta in diagonale la sezione 0 (ricordiamo che la visualizzazione del numero della sezione dell'asta si può effettuare cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri pro-**



prietà e selezionando "Sezione" nella sezione "Aste") come è stato fatto nel balcone in alto a sinistra, definito dai solai n. 212-214. Infatti l'asta in questo modo prende il carico dovuto all'angolo del balcone (e ciò elimina le anomalie), ma in sede di calcolo l'asta non viene trasferita al solutore e il carico viene assegnato al nodo dell'inizio dello sbalzo.

Nel balcone in basso a sinistra, definito dai solai n. 216-219, l'asta in diagonale è stata invece schematizzata con un'asta con sezione reale. In questo modo il carico dovuto all'angolo si trasferisce a quest'asta che si comporta come una mensola, trasferendo carico e momento flettente al pilastro d'angolo. Il calcolo risulta quindi corretto e l'armatura nella trave può servire come indicazione sui ferri da disporre in diagonale nella soletta del balcone. L'unico inconveniente consiste nel dover eventualmente correggere il disegno della carpenteria di piano se non si desidera che questa trave venga indicata.

Definizione degli impalcati di strutture con più corpi di fabbrica

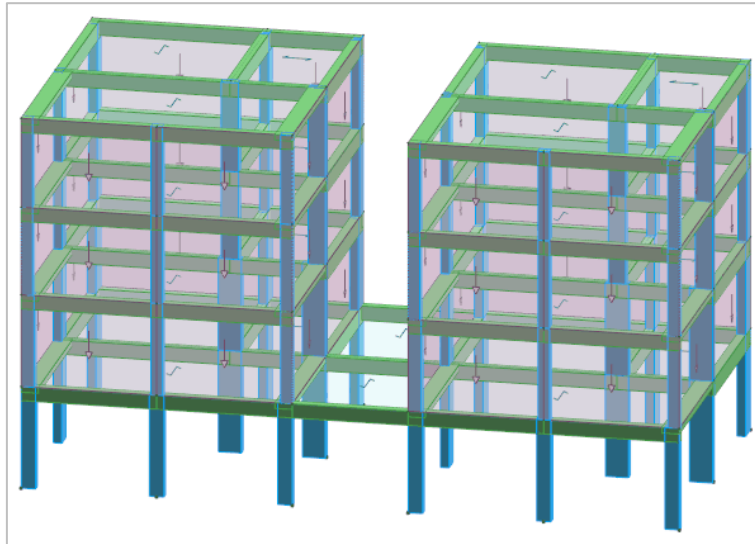
Con questo esempio si vuole illustrare come definire ed assegnare correttamente gli impalcati alle strutture composte da più corpi di fabbrica quando si intende procedere con il calcolo agli elementi finiti e con la schematizzazione di piani infinitamente rigidi.

Esempi di strutture di questo tipo possono essere: struttura con giunto in elevazione e fondazione unica, struttura con fondazione unica ed uno o più piani alla base in comune da cui si elevano più corpi di fabbrica, struttura con una parte in comune da cui sporgono più corpi di fabbrica.

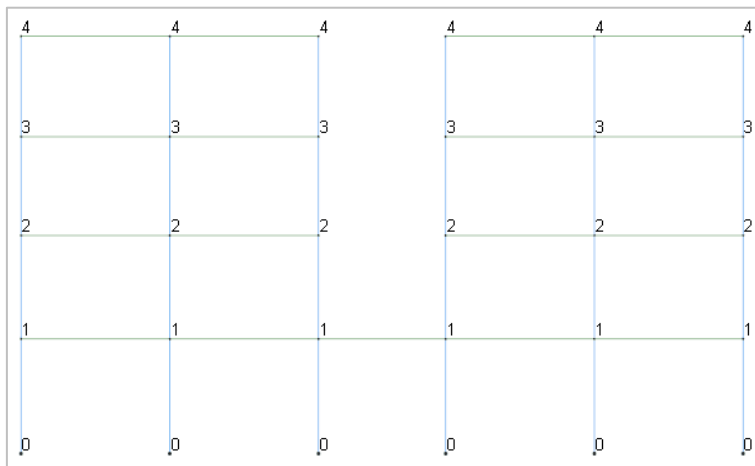
La definizione degli impalcati e soprattutto l'appartenenza dei nodi agli impalcati è di fondamentale importanza. Un errore comune è quello di definire i nodi come tutti appartenenti ad uno stesso impalcato, anche se appartengono a corpi di fabbrica separati. Questo è fattibile se il calcolo viene effettuato senza piani rigidi, ma con la schematizzazione di piani infinitamente rigidi si perdono le configurazioni deformate della struttura in cui i vari corpi di fabbrica si muovono in modo indipendente l'uno dall'altro.

La modellazione corretta richiede quindi la definizione di più impalcati alla stessa quota e la corretta assegnazione di ciascuno di essi ai nodi dei vari corpi di fabbrica.

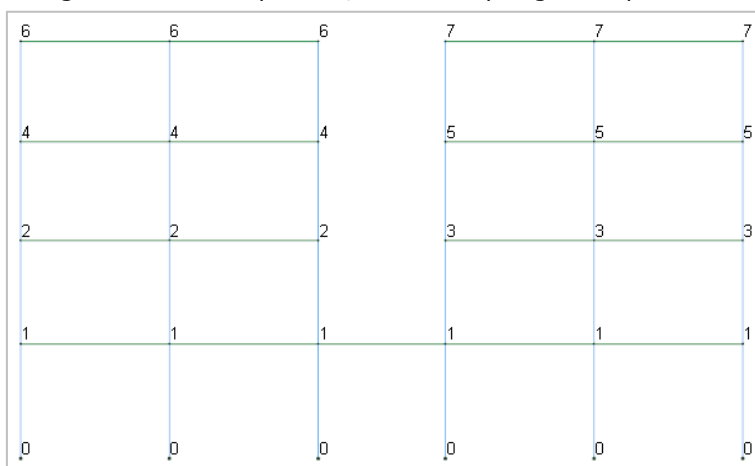
Analizziamo il caso di una struttura con alla base un piano in comune da cui si elevano due corpi di fabbrica composti da tre piani (figura sottostante).



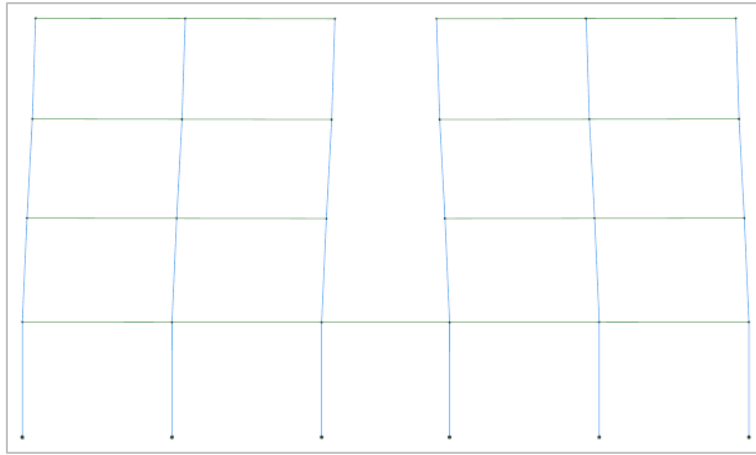
Nella figura sottostante è riportata la **modellazione errata** in cui sono stati definiti 4 impalcati, uno per ogni piano, con i nodi alla stessa quota appartenenti allo stesso impalcato.



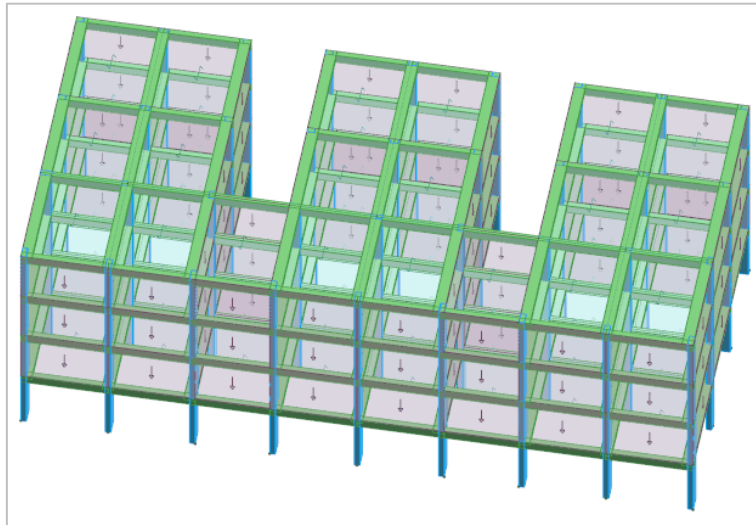
Nella figura sottostante è riportata invece la **modellazione corretta** in cui sono stati definiti 7 impalcati: un impalcato per il primo piano e tre coppie di impalcati per gli altri piani dell'edificio. Ai nodi del primo piano è stato assegnato l'appartenenza al primo impalcato in quanto tra loro connessi, ai nodi del secondo piano appartenenti al corpo di fabbrica a sinistra è stato assegnato l'appartenenza al secondo impalcato mentre a quelli di destra è stato assegnato il terzo impalcato; e così via per gli altri piani.



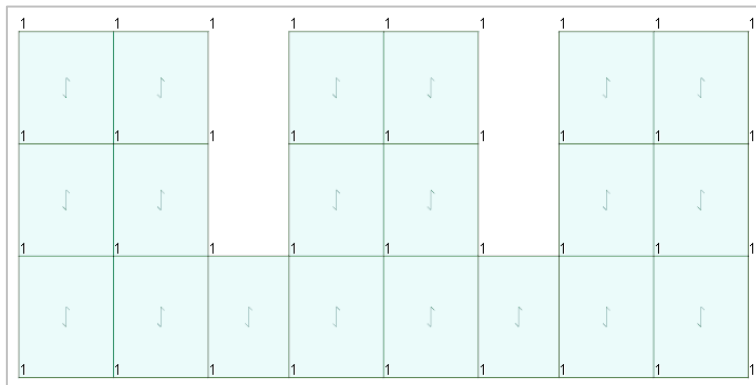
Con quest'ultima modellazione si hanno anche configurazioni deformate in cui i 2 corpi di fabbrica si avvicinano, come potete osservare nella figura sottostante, configurazioni che non si hanno se si utilizza la prima modellazione.



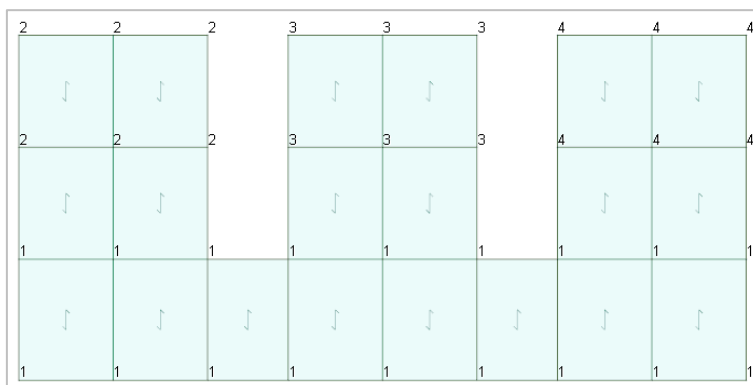
Analizziamo il caso di una struttura con una parte in comune da cui sporgono tre copri di fabbrica (figura sottostante).



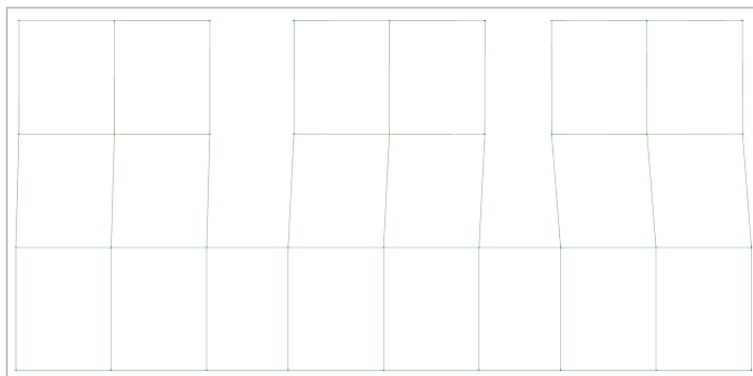
Nella figura sottostante è riportata la **modellazione errata** in cui sono stati definiti 4 impalcati, uno per ogni piano, con i nodi alla stessa quota appartenenti allo stesso impalcato. In questo caso, nel calcolo agli elementi finiti e con la schematizzazione di piani infinitamente rigidi, non si hanno nella struttura le configurazioni deformate in cui i corpi di fabbrica sporgenti si muovono in modo indipendente l'uno dall'altro.



Nella figura sottostante è riportata invece la **modellazione corretta** in cui sono stati definiti 16 impalcati: 4 per ogni piano. Ai nodi del primo piano è stato assegnato l'appartenenza al primo impalcato alla parte dell'edificio in comune in quanto tra loro connessi, ai quelli appartenenti alla parte dell'edificio sporgente sinistra, centrale e destra è stato assegnato l'appartenenza rispettivamente al secondo, terzo e quarto impalcato; e così via per gli altri piani.



A differenza della precedente modellazione, in questa si hanno anche configurazioni deformate in cui le parti sporgenti si avvicinano, come potete osservare nella figura sottostante.



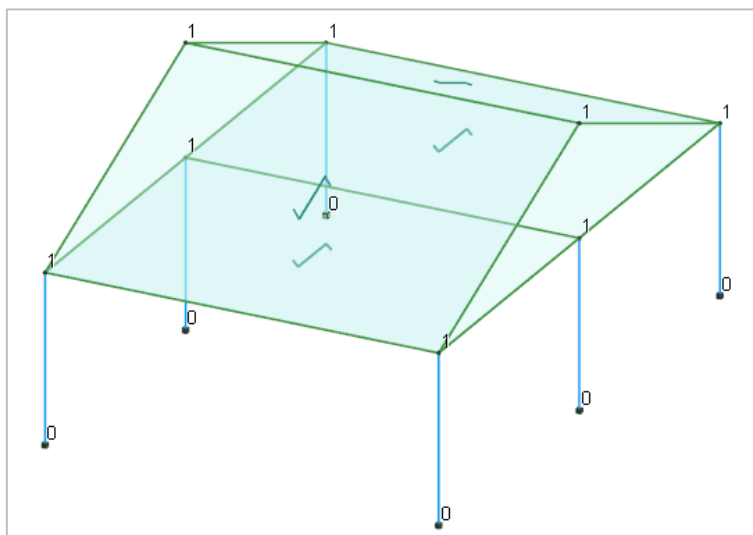
Impalcati rigidi non orizzontali

La gestione di impalcati rigidi non orizzontali comporta numerosi problemi che vengono affrontati in questo esempio.

Aprire il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES6A** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della

scheda **Modellazione** sul bottone **Numeri proprietà**  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".




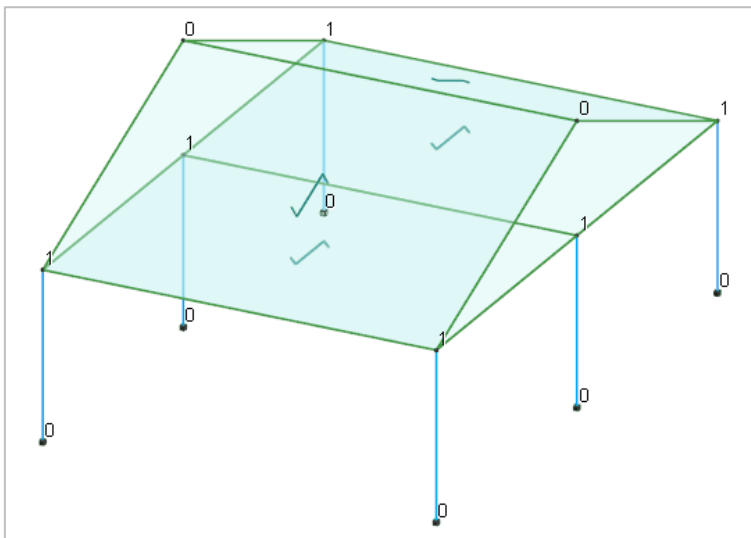
La struttura ha il tetto inclinato. Da notare come il verso di orditura del tetto e la mancanza del pilastro centrale rendano la spinta del tetto non trascurabile. D'altra parte poiché il tetto è collegato a livello della gronda con il primo impalcato, è presumibile che quest'ultimo faccia da "catena" e quindi assorba completamente la spinta del tetto.

In questo esempio tutti i nodi, sia del primo piano che del colmo, appartengono allo stesso impalcato e quindi tutta la sovrastruttura si sposta globalmente senza spostamenti reciproci in X ed Y. Il calcolo è stato eseguito utilizzando il metodo Master-Slave.

Sono possibili ovviamente altre schematizzazioni come quella della struttura **ES6B**.

Rendete corrente la struttura (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Nu-**


meri proprietà  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

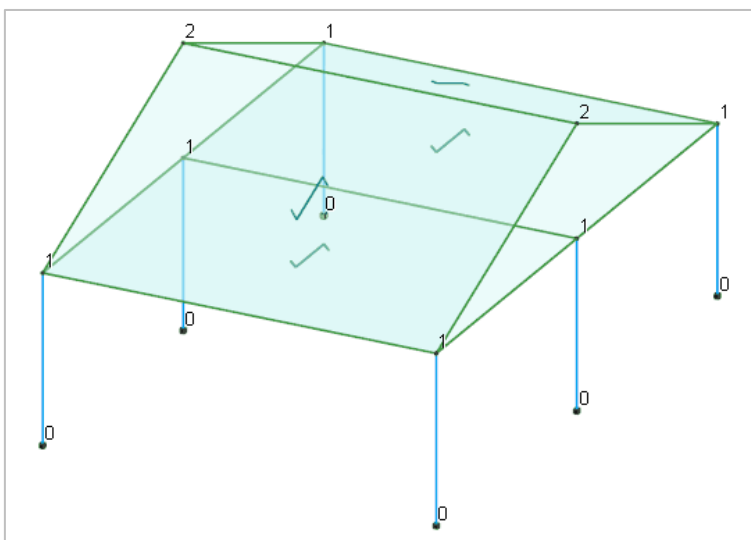


In questo caso ai nodi del colmo è stato assegnato l'impalcato 0 e quindi i due nodi sono liberi di muoversi indipendentemente dagli altri. In fase di calcolo si schematizza il piano rigido sempre con il metodo Master-Slave, mantenendo sui nodi le masse non direttamente riferibili ad un impalcato.

Un'ulteriore possibilità è quella effettuata nella struttura **ES6C**.

Rendete corrente la struttura (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Nu-**


meri proprietà  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

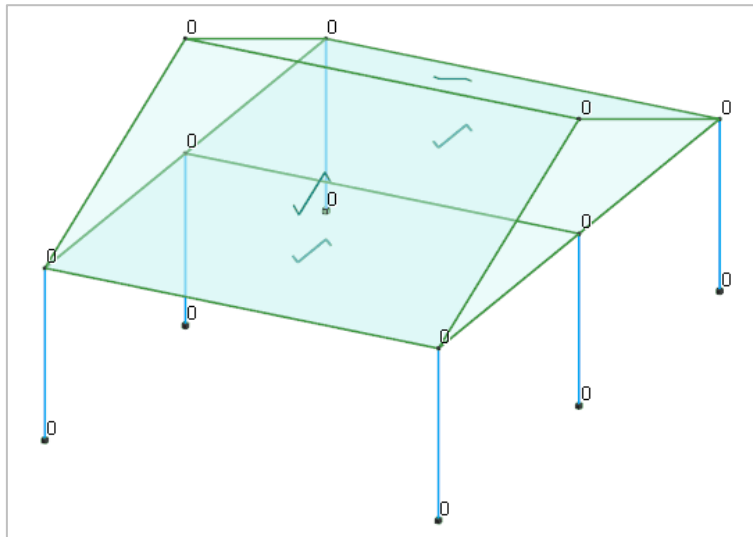


I nodi del colmo in questo caso appartengono ad un impalcato diverso da quello del primo orizzontamento e possono quindi muoversi in modo indipendente, ma devono mantenere le mutue distanze. Anche in questo caso si usa il metodo Master-Slave.

L'ultima possibilità è quella utilizzata nella struttura **ES6D**.

Rendete corrente la struttura (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Nu-**

meri proprietà  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".



In questo caso i nodi appartengono tutti all'impalcato 0 e quindi sarebbero liberi di muoversi l'uno indipendentemente dall'altro. In fase di calcolo si sceglie però di rendere rigidi i solai mediante una raggiera di aste e quindi i piani rigidi sono comunque presenti.

Analizziamo le differenze risultanti nei vari casi per l'analisi sismica e nei risultati (tutti i calcoli sono stati effettuati considerando i soli carichi permanenti ed accidentali, escluso il peso proprio, con Xfinest e con i parametri di default).

Come carichi sismici (analisi sismica statica equivalente) nei vari casi si ottiene:

ES6A (un solo impalcato comprendente tutto)

		X	Y	Z	Coeff.	Peso	Forza
Imp.	1	3.500	5.000	3.512	1.0000	133435	9340

ES6B (un solo impalcato e colmo con impalcato 0)

		X	Y	Z	Coeff.	Peso	Forza
Nodo	205	0.000	5.000	5.000	1.3736	17084	1643
Nodo	206	7.000	5.000	5.000	1.3736	17084	1643
Imp.	1	3.500	5.000	3.172	0.8714	99268	6055

(forza totale 9341 daN - Z baricentro forze 3.81)

ES6C (due impalcati distinti)

		X	Y	Z	Coeff.	Peso	Forza
Imp.	1	3.500	5.000	3.172	0.9032	99268	6276
Imp.	2	3.500	5.000	4.500	1.2813	34168	3065

(forza totale 9341 daN - Z baricentro forze 3.60)

ES6D (nessun impalcato - solai irrigiditi)

		X	Y	Z	Coeff.	Peso	Forza
Nodo	101	0.000	0.000	3.000	0.8542	16679	997
Nodo	102	7.000	0.000	3.000	0.8542	16679	997
Nodo	105	0.000	5.000	3.000	0.8542	16275	973
Nodo	106	7.000	5.000	3.000	0.8542	16275	973
Nodo	109	0.000	10.000	3.000	0.8542	16679	997
Nodo	110	7.000	10.000	3.000	0.8542	16679	997
Nodo	205	0.000	5.000	5.000	1.4236	17084	1702
Nodo	206	7.000	5.000	5.000	1.4236	17084	1702

(forza totale 9338 daN - Z baricentro forze 3.72)

Come si può notare la forza sismica complessiva non varia mentre, variando le modalità di raggruppamento masse (si veda il capitolo **Calcolo struttura con metodo FEM**) varia leggermente il baricentro teorico di applicazione della spinta.

Esaminiamo ora gli spostamenti risultanti nei vari casi in uno dei due nodi di colmo nelle seguenti combinazioni delle CCE (condizioni di carico elementari):

1. Carichi verticali
2. Carichi verticali e sisma direzione X
3. Carichi verticali e sisma direzione Y

dovendo poi definire la seguente tabella delle combinazioni delle CCE:

	Nodo	CC	SX	SY	SZ	RX	RY	RZ
A	205	1	0.00E+00	0.00E+00	-1.44E-01	0.00E+00	7.43E-03	0.00E+00
		2	1.53E-01	0.00E+00	-1.43E-01	0.00E+00	7.46E-03	0.00E+00
		4	0.00E+00	1.37E-01	-1.44E-01	7.70E-05	7.43E-03	0.00E+00
B	205	1	5.26E-03	0.00E+00	-1.44E-01	0.00E+00	7.44E-03	0.00E+00
		2	4.79E-01	0.00E+00	-1.41E-01	0.00E+00	7.65E-03	0.00E+00
		4	5.26E-03	1.38E-01	-1.44E-01	7.50E-05	7.44E-03	0.00E+00
C	205	1	0.00E+00	0.00E+00	-1.44E-01	0.00E+00	7.44E-03	0.00E+00
		2	4.84E-01	0.00E+00	-1.41E-01	0.00E+00	7.65E-03	0.00E+00
		4	0.00E+00	1.38E-01	-1.44E-01	7.49E-05	7.44E-03	0.00E+00
D	205	1	0.00E+00	0.00E+00	-3.83E-02	0.00E+00	7.86E-03	0.00E+00
		2	1.54E-01	0.00E+00	-3.72E-02	0.00E+00	7.88E-03	0.00E+00
		4	0.00E+00	1.37E-01	-3.83E-02	7.60E-05	7.86E-03	0.00E+00

Come si può notare, per sisma in direzione X, lo spostamento è maggiore nei casi B e C. Questo è dovuto alla deformabilità assiale del colmo ed alla deformabilità flessionale delle travi inclinate di falda. La differenza più rilevante è invece nell'abbassamento Z del caso D rispetto agli altri. Questo è dovuto al fatto che la **vera** schematizzazione di piano rigido inclinato utilizzata nel caso D impedisce l'insorgere di sforzo e quindi di deformazione assiale nelle travi inclinate di falda.

Se esaminiamo le sollecitazioni ad esempio nel pilastro 1 (al piede) si rileva che:

	CC	N	TY	MZ	TZ	MY
A	1	-42418	207	-199	-10260	9860
	2	-41735	207	-199	-8629	7533
	4	-41771	-1376	2001	-10260	9860
B	1	-42418	207	-199	-10265	9864
	2	-41282	204	-197	-8676	7526
	4	-41342	-1376	2002	-10265	9864
C	1	-42418	207	-199	-10260	9860
	2	-41266	205	-197	-8672	7521
	4	-41331	-1376	2002	-10260	9860
D	1	-42718	-35	33	-10556	10144
	2	-41509	-33	32	-8927	7818
	4	-41631	-1619	2235	-10556	10144

Le differenze sono quindi minime (il maggior momento My nel caso D è dovuto alla maggior rigidità complessiva della sovrastruttura).

Se esaminiamo i risultati dalla trave inclinata di falda 201 (nel nodo finale 205) si ottiene:

	CC	N	TY	MZ	TZ	MY
A	1	-37190	-3689	-10340	638	1820
	2	-37130	-3768	-10491	637	1817
	4	-37393	-3689	-10340	471	1820
B	1	-37190	-3675	-10305	638	1820
	2	-36557	-2854	-8161	627	1788
	4	-36238	-3675	-10305	472	1820
C	1	-37190	-3689	-10340	638	1820
	2	-36538	-2838	-8120	627	1787
	4	-36206	-3689	-10340	472	1820
D	1	-0	-2838	-9039	36	63
	2	-0	-2901	-9163	34	60
	4	-0	-2838	-9039	-131	63

Le differenze più evidenti si hanno nel caso D: lo sforzo normale scompare in accordo con le ipotesi di piano rigido inclinato, il momento flettente My è quasi nullo dato il minimo abbassamento del colmo ed anche il momento Mz è diminuito per l'impossibilità del nodo di colmo di spostarsi orizzontalmente rispetto ai nodi di falda.


Sollecitazione nel colmo:

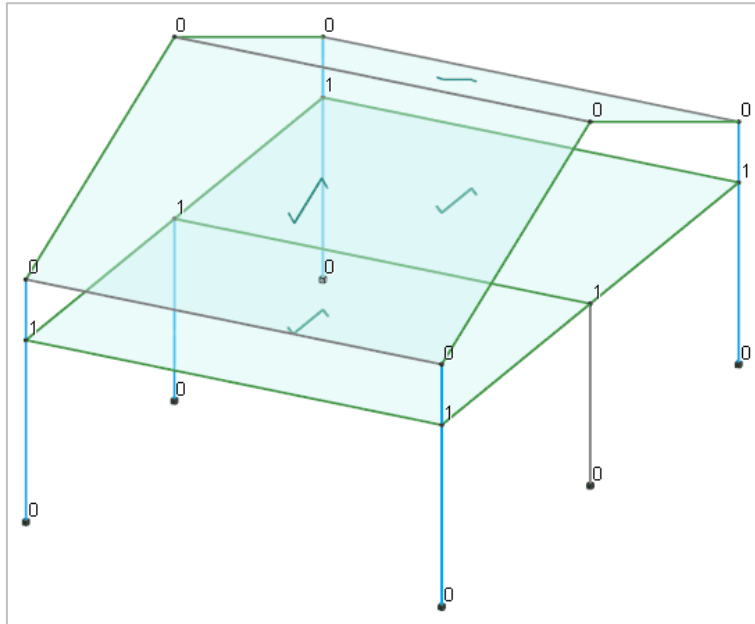
	CC	N	TY	MZ	TZ	MY
A	1	0	0	0	28809	-11977
	2	0	0	0	28762	-11815
	4	0	0	0	28809	-11977
B	1	-7350	0	0	28809	-11958
	2	-7350	0	0	28318	-10239
	4	-7350	0	0	28809	-11958
C	1	0	0	0	28809	-11977
	2	0	0	0	28303	-10207
	4	0	0	0	28809	-11977
D	1	0	0	0	28809	-10740
	2	0	0	0	28755	-10551
	4	0	0	0	28809	-10740

Globalmente si nota quindi come le differenze di sollecitazione (a parte lo sforzo normale nelle travi inclinate di falda) siano minime e quindi come si possa scegliere uno qualunque dei metodi sopra indicati anche in funzione di altre considerazioni come la comodità di inserimento, la creazione delle carpenterie di piano e delle tabelle pilastri.

Ben diverso è il caso seguente della struttura **ES6-1A** (vedi **Rendere corrente una struttura**).


Rendete corrente la struttura (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Nu-**

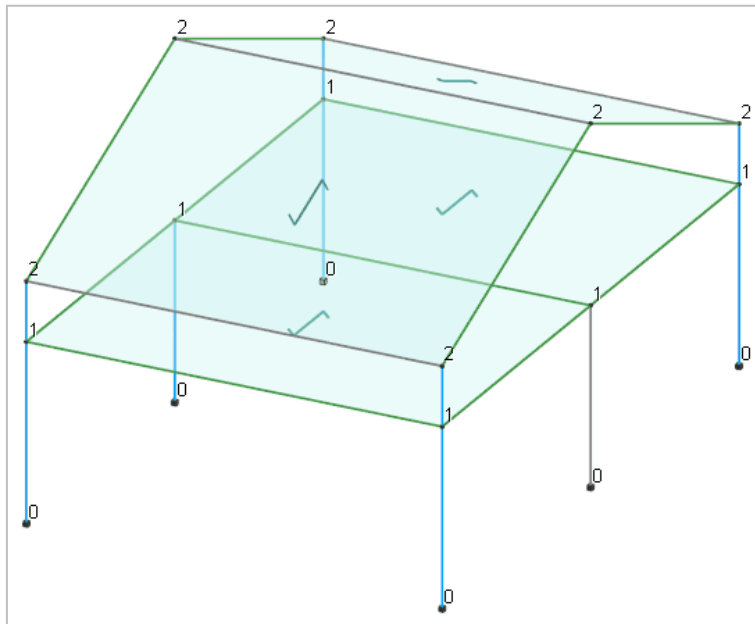
meri proprietà  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".



In questo caso siamo in presenza di un tetto veramente spingente e le modalità di schematizzazione dei piani rigidi possono essere o quella rappresentata (solo il primo impalcato è rigido mentre i nodi del tetto sono indipendenti e le masse relative vengono mantenute sui nodi), oppure quella della struttura **ES6-1B**.

Rendete corrente la struttura (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Nu-**


meri proprietà  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

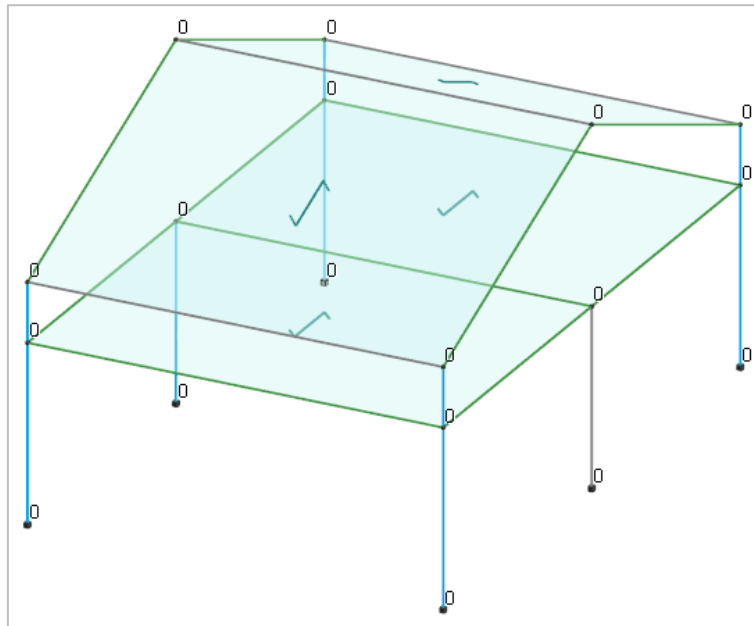


I nodi del tetto appartengono tutti ad un altro impalcato pur essendo a quote diverse (la quota di definizione dell'impalcato è irrilevante). Questa schematizzazione è molto comoda per quanto riguarda l'inserimento dati, la numerazione automatica delle aste, la creazione delle carpenterie di piano e delle tabelle pilastri. Purtroppo, come vedremo, in sede di calcolo **è completamente sbagliata**.

La terza modalità di schematizzazione è quella effettuata nella struttura **ES6-1C**.

Rendete corrente la struttura (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivate il disegno del numero dell'impalcato a cui appartengono i nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Nu-**

meri proprietà  e selezionando "Impalcato" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".



In cui i nodi sono indipendenti ed il piano rigido viene schematizzato irrigidendo i solai. Ovviamente la definizione degli impalcati (qui tutti 0) è comunque irrilevante e quindi può essere utilizzata quella più comoda dell'esempio precedente.

In analisi sismica valutando le forze compressive ed il baricentro compressivo, si hanno risultati identici (tutti i calcoli sono stati effettuati considerando i soli carichi permanenti ed accidentali, escluso il peso proprio, con Xfinest e con i parametri di default).

Riportiamo le differenze di spostamento solo per i carichi verticali e sisma in direzione Y (CC 1 e 4) in quanto sono le più significative (valori molto prossimi a 0.00 sono stati indicati come 0.00).

Spostamento del nodo di colmo:


	Nodo	CC	SX	SY	SZ
A	207	1	-9.84E-02	0.00E+00	-3.81E-01
	4		-9.84E-02	1.67E-01	-3.81E-01
B	207	1	-9.61E-02	0.00E+00	-1.50E-01
	4		-9.61E-02	1.65E-01	-1.50E-01
C	207	1	-9.59E-02	0.00E+00	-3.28E-01
	4		-9.59E-02	1.66E-01	-3.28E-01


Spostamento del nodo di gronda:

	Nodo	CC	SX	SY	SZ
A	203	1	-7.61E-02	-1.04E-01	-4.57E-02
	4		-8.07E-02	6.16E-02	-4.44E-02
B	203	1	-9.61E-02	0.00E+00	-4.43E-02
	4		-1.01E-01	1.65E-01	-4.36E-02
C	203	1	-9.60E-02	-1.13E-01	-4.56E-02
	4		-1.01E-01	5.22E-02	-4.45E-02

Anche in questo caso si nota immediatamente come l'abbassamento nel caso B del nodo di colmo sia molto minore che nei casi A e C, ma soprattutto si nota che il nodo di gronda, nel caso B, non si sposti assolutamente in direzione Y, il che è incompatibile con il reale comportamento della struttura, che è spingente.

Si può osservare questo comportamento nella struttura **ES6-1D** in cui sono state create mediante l'opzione

Combina i risultati di due calcoli  eseguibile dal menu che si ottiene cliccando sul bottone del menu

dell'applicazione  le seguenti combinazioni di carico:

1. Carichi verticali struttura **ES6-1B**

2. Carichi verticali struttura **ES6-1C**


Rendete corrente la struttura **ES6-1D** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

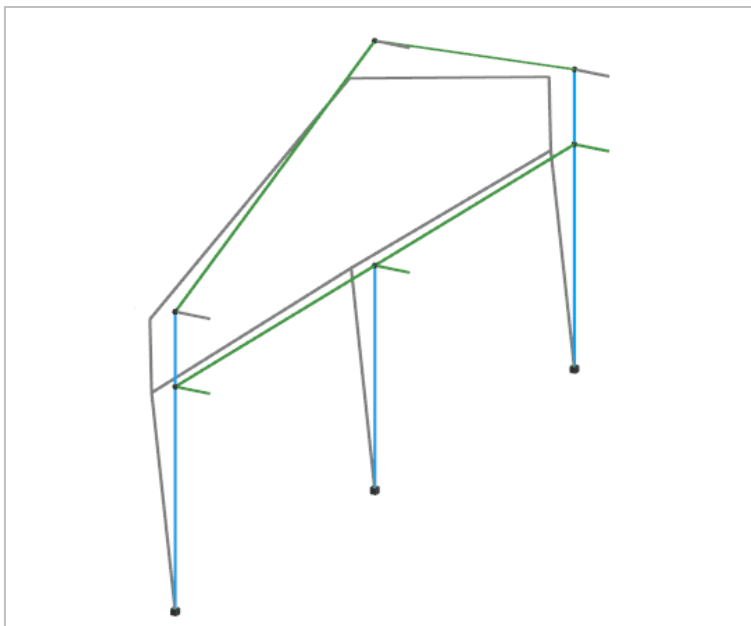
Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

Posizionatevi su un piano verticale passante per X=0 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVX" e quindi specificando 0.

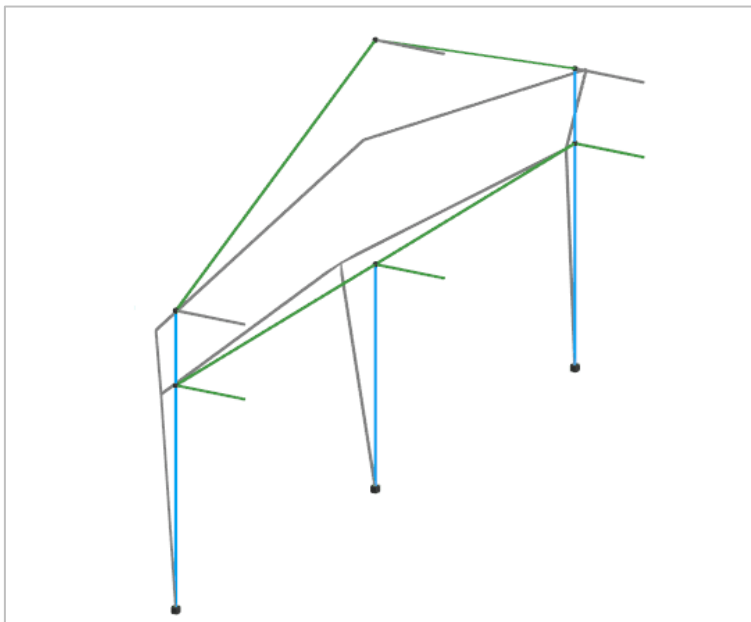
Attivate una finestra di visualizzazione più piccola cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "BOX sul piano".

Attivate il disegno della deformata cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Def. nodale** 

selezionando tutti i nodi cliccando nel pannello **Selezioni** su .




Visualizzate il secondo risultato selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".



La deformata è completamente diversa e quella della CC 1 (struttura **ES6-1B**) è completamente sbagliata.

Disattivate il disegno della deformata cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Attivate il disegno del numero delle aste cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Nu-**

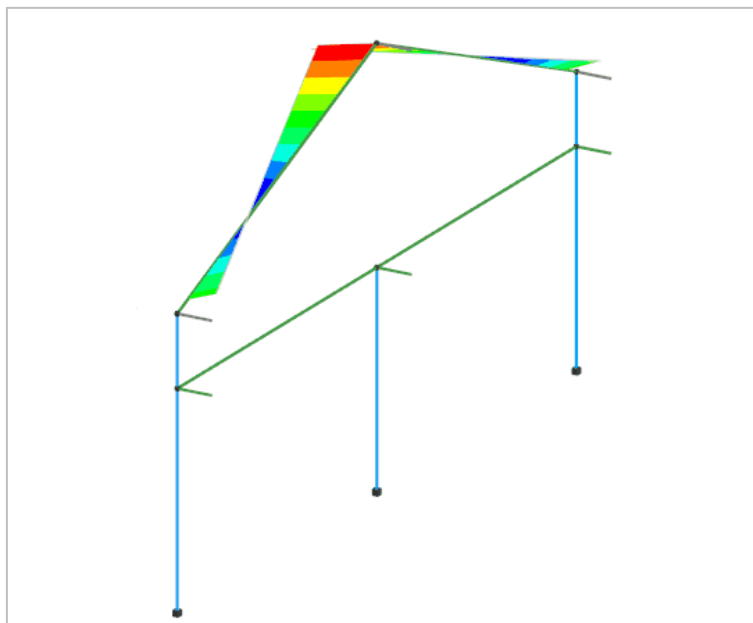
meri proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Aste".

Disegnate il diagramma del momento flettente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Mo-**

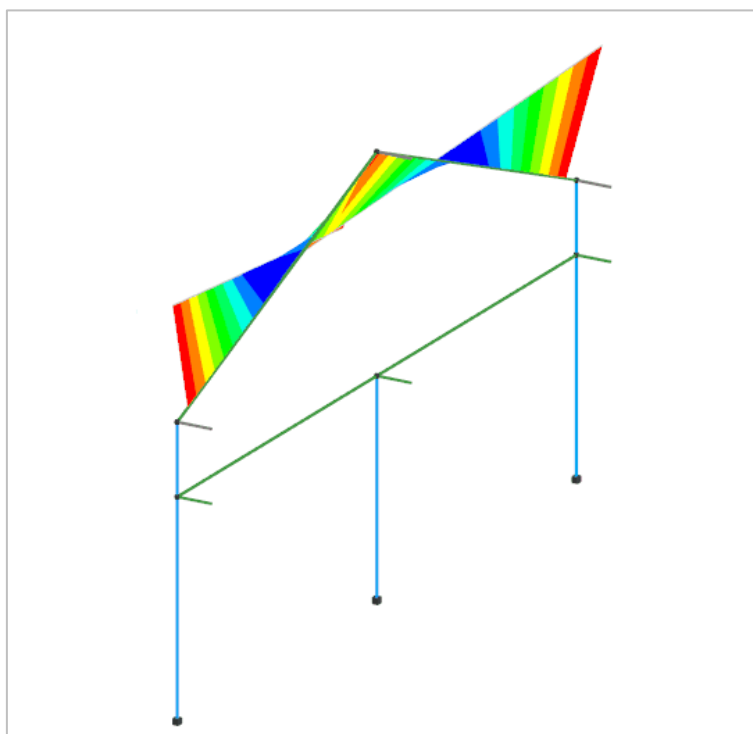
mento flettente
Parametri risultati



specificando l'asta 203. Visualizzate il primo risultato selezionandolo dal pannello "Risultati" nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".



Visualizzate il secondo risultato selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".



Il diagramma dei momenti mostra inoltre come il caso della struttura **ES6-1B** oltre ad essere sbagliato sia anche non a favore di sicurezza.

Lasciamo all'utente il compito di controllare come il caso della struttura **ES6-1A** sia sostanzialmente corretto per carichi verticali, ma porti all'insorgere di momenti e sforzi normali non desiderati nelle falde inclinate del tetto per carichi verticali e per sisma in direzione X.

In conclusione si può dire che il metodo Master-Slave è applicabile solo in presenza di impalcati orizzontali o nei casi in cui l'effetto spinta sia assorbito dalla struttura, mentre negli altri casi è preferibile lasciare i nodi indipendenti (se non occorre analisi sismica) o provvedere a schematizzare come infinitamente rigidi i solai, anche se ciò comporta l'ipotesi che il solaio sia in grado di resistere a sforzi di lastra che andrebbero comunque valutati in funzione del tipo di solaio.

Struttura con giunto in elevazione e fondazione unica

Il calcolo di strutture con giunto in elevazione e fondazione unica può essere affrontato in due modi:

1. Inserendo la struttura completa con due nodi vicini in fondazione, doppi pilastri e doppia definizione degli impalcati in modo da lasciare l'indipendenza di movimento delle strutture in elevazione (ad ogni quota risultano due impalcati distinti).

Svantaggi:

- La struttura è più grande e più complessa e quindi richiede un maggior onere in termini computazionali.
- In corrispondenza del giunto si avranno travi di fondazione molto corte (5÷20 cm).
- Occorre gestire una doppia definizione degli impalcati a tutte le quote ed intervenire spesso con modifiche alla definizione degli impalcati per avere una corretta numerazione delle travate.

Vantaggi:

- Si tiene conto dell'interazione suolo-struttura.
 - Con un'adeguata ridefinizione degli impalcati (dopo il calcolo), è possibile ottenere le carpenterie di piano già accoppiate e un'unica tabella pilastri.
2. Calcolando due strutture separate con incastri al piede e trasferendo le reazioni vincolari ad una terza struttura in cui sono schematizzate solo le fondazioni.

Svantaggi:

- Le carpenterie di piano e le tabelle pilastri devono essere riaccoppiate utilizzando un programma di CAD.
- Non si tiene conto dell'interazione suolo-struttura.

Vantaggi:

- Si gestiscono tre strutture più piccole e si può procedere al calcolo delle fondazioni solo quando la sovrastruttura è ben definita.
- In entrambe le strutture in elevazione la definizione degli impalcati è unica e non deve essere modificata.
- Si eliminano i problemi dovuti alla presenza di aste molto corte in fondazione.

In questo esempio viene illustrato come procedere per eseguire il calcolo con il secondo metodo.


Aprire il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES9A** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Si tratta della parte sinistra di una struttura intelaiata composta da travi, pilastri e muri. I vincoli sono tutti di incastro al piede.

Attivate una scatola di visualizzazione più piccola e posizionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana".

Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".



Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

Annotatevi la numerazione dei nodi o stampate l'immagine cliccando sul menu dell'applicazione  e poi

su **Stampa** .

Effettuate l'analisi sismica statica della struttura cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda **Analisi** su **FEM**


 specificando, nella scheda "Dati Struttura", come **Sito di costruzione**: Prato, Via F. Ferrucci 203, e lasciando invariati gli altri dati (vedi Calcolo struttura con metodo FEM). Eseguite la macro **RVN** che consente di assegnare ai nodi selezionati le componenti Fz, Mx e My delle reazioni vincolari come carichi nodali alla struttura di fondazione **ES9C**. Salvate la struttura cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Rendete corrente la struttura **ES9B** (vedi **Rendere corrente una struttura**). Questa è la parte destra della stessa struttura. Anche in questo caso i vincoli sono tutti di incastro al piede.

Attivate una scatola di visualizzazione più piccola e posizionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana".

Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

Si noti come la numerazione dei nodi non ripeta la numerazione della struttura **ES9A** ad eccezione dei nodi 6, 13 e 18 che sono i nodi del giunto. Infatti l'unica attenzione da porre nella definizione delle due strutture

in elevazione è che **i nodi del giunto devono avere lo stesso numero, tutti gli altri devono essere diversi.**

Effettuate l'analisi sismica statica della struttura cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda **Analisi** su **FEM**



specificando, nella scheda "Dati Struttura", come **Sito di costruzione**: Prato, Via F. Ferrucci 203, e lasciando invariati gli altri dati (vedi Calcolo struttura con metodo FEM).

Eseguite la macro **RVN** che consente di assegnare ai nodi selezionati le componenti FZ, MX e MY delle reazioni vincolari come carichi nodali alla struttura di fondazione **ES9C**. Salvate la struttura cliccando nella **Barra di accesso rapido** sul bottone

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**



proprietà e selezionando "Numeri" nella sezione "Nodi".

Questa struttura non è altro che il grigliato di travi di fondazione per le strutture **ES9A** e **ES9B**. Occorre notare che:

- I nodi della fondazione hanno esattamente la stessa numerazione dei nodi delle strutture **ES9A** e **ES9B**.
- I nodi del giunto compaiono una sola volta e sono stati posizionati nella mezzeria del giunto (le travi 5-6, 6-7, 12-13, 13-24, ecc. hanno quindi una lunghezza teorica maggiore delle corrispondenti travi in elevazione delle due strutture).
- I muri sono stati inseriti anche in questa struttura per schematizzare la corretta rigidità delle travi di fondazione.
- Sono stati inseriti anche i pilastri che spiccano dalle fondazioni per consentire un corretto calcolo delle zone rigide ed un miglior disegno delle armature da parte delle procedure di progettazione armature. I pilastri sul giunto sono stati schematizzati con pilastri di larghezza pari alla somma dei pilastri delle due strutture più la larghezza del giunto, per avere anche in questo caso un corretto calcolo della zona rigida.
- Il vincolo dei nodi di fondazione è quello normalmente utilizzato (X Y RZ).
- I nodi di testa dei pilastri appartengono all'impalcato 0 per impedire l'insorgere dell'effetto "scatola" (i pilastri irrigidiscono la fondazione limitando la rotazione dei nodi).

Come è possibile verificare cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** sono presenti 106 condizioni di carico elementare delle quali le prime 53 derivano dalle CC della struttura **ES9A** e le altre 53 dalle CC della struttura **ES9B**. Poiché i carichi applicati sono relativi alle COMBINAZIONI delle CCE in fase di calcolo (statico, non sismico) della struttura **ES9C** occorrerà modificare la tabella delle CC specificando 53 combinazioni (le stesse di **ES9A** e **ES9B**) ed assegnare 1.00 alla CCE 1 e alla 54 e 0.00 alle altre CCE per la CC 1, 1.00 alla CCE 2 e alla 55 e 0.00 alle altre CCE per la CC 2, fino ad ottenere una matrice composta da 2 matrici diagonali adiacenti.

Modificando la macro **RVN** è possibile applicarla anche al caso di analisi sismica dinamica tuttavia è complesso gestire le reazioni vincolari per garantire una corretta combinazione dei casi dinamici. In funzione del tipo di struttura occorrerebbe infatti stabilire quali segni considerare per le componenti dinamiche delle reazioni vincolari, segni che possono variare da una zona all'altra della struttura.

Vincoli aste nelle strutture in acciaio

Con questo esempio si vuole evidenziare il tipo di vincolo asta da utilizzare nel calcolo agli elementi finiti di strutture in acciaio con elementi incernierati.

Aprire il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES10** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Come si può notare la struttura è costituita da una serie di capriate appoggiate su pilastri incastrati al piede, controventatura di falda e di parete.

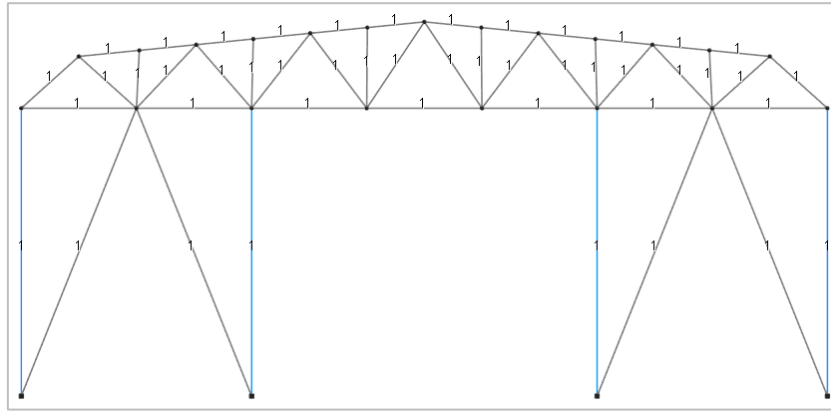
Posizionatevi su un piano verticale passante per Y=0 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVY" e specificando 0 come coordinata.

Attivate una finestra di visualizzazione più piccola e posizionatevi in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e su "Vista piana".



Attivate il disegno del numero del vincolo asta cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**



su **Numeri proprietà** e selezionando "Vincoli" nella sezione "Aste" e osservate come tutte le aste abbiano il vincolo 1 corrispondente a incastro-incastro.





Analizziamo il caso in cui le aste che costituiscono la capriata e i controventi sono incernierate alle estremità, mentre i pilastri sono incastrati e tutte le aste sono prive di rotazione intorno al proprio asse. Visualizziamo l'elenco dei vincoli asta predefiniti cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà**

elementi  e poi su **Vincoli aste** . Potete notare che sono presenti diverse tipologie di vincolo tra i quali una cerniera cilindrica intorno all'asse Y locale (CerY+CerY), che verrà utilizzata per schematizzare le cerniere delle aste della capriata e dei controventi.



Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione". Selezionate le aste cliccando sul bottone **Avanzate** del pannello **Selezioni** e nella finestra di dialogo selezionate nella colonna di sinistra "Sezioni" e nella colonna di destra, tenendo premuto il tasto Shift, selezionate 2 (Correnti) e 6 (Controventi di parete), cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.


Nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dall'elenco "Vincolo" il vincolo asta 7 (CerY+CerY) per assegnarlo alle aste.


Lanciate il calcolo della struttura con il metodo agli elementi finiti cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda

Analisi sul bottone **FEM**  . Se durante la fase di elaborazione il calcolo si interrompe segnalando un messaggio di errore, il problema potrebbe essere generato da una labilità del secondo ordine che si verifica nei nodi in cui confluiscono tutte aste incernierate, per i quali occorre bloccare la rotazione intorno all'asse globale ortogonale al piano verticale in cui sono contenute le aste incidenti nei suddetti nodi, nel caso specifico l'asse Y globale.

Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** cliccate su **Pro-**

prietà elementi  e poi su **Vincoli nodi** , quindi cliccate su "Aggiungi" e definite un vincolo nodale bloccando solo la rotazione intorno all'asse Y come in figura; cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su  e impostate come tipo di selezione "Nodi" e "Aggiungi alla selezione". Selezio-

nate tutti i nodi di elevazione cliccando nel pannello **Selezioni** su  e descrivendo una finestra che racchiuda tutti i nodi di elevazione tranne quelli di fondazione. Nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dall'elenco "Vincolo" il vincolo nodale 4 (Rotazione Y bloccata) per assegnarlo ai nodi.

I nodi in sommità dei pilastri possono avere un vincolo nodale di tipo libero in quanto vi converge il pilastro che ha un vincolo asta di tipo incastro.




Calcolo struttura ed analisi dei risultati

Calcolo struttura con metodo FEM

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stato completato quanto riportato in quello precedente e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Per continuare l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Lanciate il calcolo della struttura con il metodo agli elementi finiti cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda

 **Analisi su FEM**, si aprirà una finestra suddivisa in varie schede nelle quali esamineremo le opzioni più importanti evidenziando quali siano i parametri da modificare per effettuare il calcolo della struttura in esame.

Generali

In questa scheda viene richiesto di introdurre i parametri relativi alle modalità di esecuzione del calcolo.

Normativa

È possibile selezionare come svolgere il calcolo, scegliendo tra il metodo delle Tensioni Ammissibili sia secondo il D.M. del 14/02/92 sia secondo il D.M. del 17/01/18 o il metodo degli Stati Limite sia secondo il D.M. del 16/01/96 sia secondo il D.M. del 17/01/18.

Nella struttura in esame selezionate "Stati limite D.M. 18".

Tipo di calcolo

In funzione del metodo prescelto in **Normativa** si hanno varie opzioni, tra cui si può scegliere se svolgere il calcolo statico senza forze sismiche o l'analisi sismica statica o dinamica.

Nella struttura in esame selezionate "Analisi sismica dinamica".

Vincoli esterni

Le opzioni qui presenti consentono di specificare quale sia il tipo di vincolo nodale da considerare nel caso di analisi sismica sia statica che dinamica della struttura. Nel caso si utilizzi "Considera incastrate fondazioni per analisi sismiche" la struttura viene calcolata due volte: con i vincoli nodali assegnati in modellazione per i soli carichi inseriti dall'utente e successivamente per le azioni sismiche incastrando i nodi appartenenti ad elementi della fondazione, in questo caso le sollecitazioni negli elementi di fondazione dovute al sisma saranno nulle.

Nella struttura in esame lasciate le opzioni impostate per default.

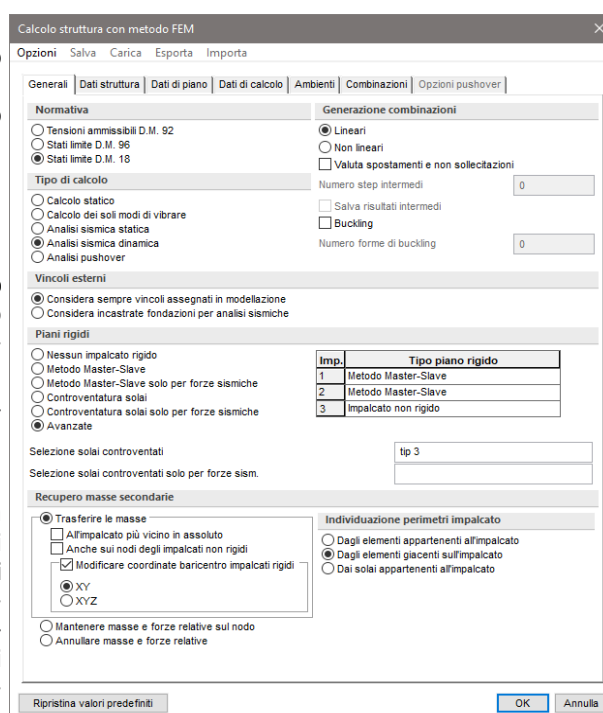
Generazione combinazioni

In relazione alla normativa ed al tipo di calcolo e di analisi, ModeSt genera automaticamente le combinazioni delle condizioni di carico elementare. L'analisi può essere di tipo lineare o non lineare con la possibilità di attivare l'analisi del Buckling.

Nella struttura in esame lasciate le opzioni impostate per default.

Piani rigidi

Mediante le opzioni qui presenti è possibile stabilire se gli impalcati definiti devono comportarsi come piani infinitamente rigidi oppure se tutti i nodi devono essere considerati indipendenti l'uno dall'altro. ModeSt mette a disposizione del progettista varie soluzioni per la schematizzazione dei piani rigidi, tra cui il metodo Master-Slave ed il metodo della controventatura solai, entrambi anche solo per forze sismiche così da poter considerare ad esempio l'azione contemporanea dei carichi termici e sismici senza dover procedere a più calcoli da combinare successivamente. Selezionando l'opzione "Avanzate" è possibile scegliere per ogni generico impalcato una diversa schematizzazione di piano rigido posizionandovi sulla relativa finestra e scegliendo la tipologia presente nella lista della casella di riepilogo a discesa. Ad esempio, quando ci troviamo in presenza di una copertura a falde inclinate e vogliamo considerare infinitamente rigidi gli impalcati della copertura, poiché il metodo Master-Slave non è applicabile agli impalcati inclinati (vedi Schematizzazione piani rigidi sul manuale d'uso) possiamo utilizzare, per schematizzare la copertura, il metodo della controventatura solai anche solo per forze sismiche.



La struttura in esame è analoga al suddetto esempio quindi applichiamo il metodo Master-Slave agli impalcati orizzontali ed il metodo della controventatura solai a quello della copertura selezionando l'opzione "Avanzate" e specificando:

Imp. 3: Impalcato non rigido

Selezione solai controventati: tip 3

lasciando per i restanti impalcati il Metodo Master-Slave.

Recupero masse secondarie

Le opzioni qui presenti consentono di specificare come devono essere trattate le masse o le forze che non siano automaticamente riferibili ad un impalcato come accade ad esempio per i nodi dei pianerottoli delle scale.

Nella struttura in esame lasciate l'opzione impostata per default.

Dati struttura

In questa scheda viene richiesto di introdurre quei parametri che rappresentano dati, opzioni o interpretazioni di normativa e che vengono associati al calcolo della struttura.

Per la struttura in esame specificate:

Sito di costruzione: Prato, Via F. Ferrucci 203

lasciando invariati gli altri dati.

Dati di piano

In questa scheda vengono mostrati, per ogni impalcato, le dimensioni in pianta dell'edificio con le relative eccentricità calcolate come previsto dal D.M. 18 e l'eccentricità totale. Questi valori concorrono a specificare l'entità del momento torcente aggiuntivo per effetto dell'azione sismica. Assegnando valori nulli alle dimensioni di quell'impalcato non viene applicato il momento torcente aggiuntivo.

Nella struttura in esame assegnate valori nulli alle dimensioni del terzo impalcato.

Dati di calcolo

In questa scheda viene richiesto di introdurre i parametri inerenti al tipo calcolo e alla normativa selezionata.

Nella struttura in esame specificate:

Tipologia edificio: c.a. o prefabbricato a telaio a più piani e più campate

e lasciate invariati gli altri dati.

Modi da calcolare

È possibile specificare il numero dei modi da calcolare, imponendo al programma di considerare un modo per ogni massa o indicando il numero di modi di cui si richiede il calcolo.

Nella struttura in esame lasciate l'opzione impostata per default.

Modi da considerare

Fra i modi calcolati, è possibile specificare il numero dei modi da considerare per il calcolo delle sollecitazioni dovute al sisma, imponendo al programma di considerare tutti i modi calcolati oppure indicando la percentuale di massa totale che si vuole movimentare o quella minima movimentata dal singolo modo.

Nella struttura in esame lasciate l'opzione impostata per default.

Spettro di risposta

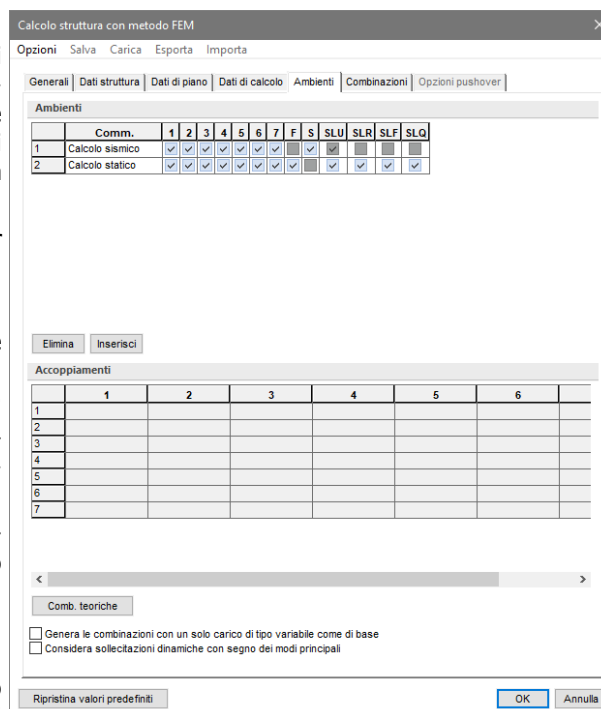
È possibile specificare lo spettro di risposta da utilizzare nell'analisi sismica.

Nel caso del D.M. 18 gli spettri di progetto, relativi ai vari stati limite selezionati nella scheda "Dati struttura", vengono calcolati automaticamente secondo le indicazioni dettate dalla normativa.

Premendo sul bottone "Visualizza spettri" è possibile visualizzare il diagramma dello spettro di progetto selezionato nella casella di riepilogo a discesa.

Ambienti

Nel caso in cui si esegua il calcolo della struttura secondo il metodo degli stati limite occorre definire gli ambienti di carico, concettualmente simili alle "Combinazioni di Carico" del metodo delle tensioni ammissibili, ma che più



in generale definiscono le diverse situazioni di carico e quali stati limite valutare.

Ambienti

La tabella illustra gli ambienti di carico in cui le prime colonne rappresentano le CCE definite, quella contrassegnata con F le azioni orizzontali convenzionali, quella contrassegnata con S le azioni sismiche e le successive gli stati limite che si intendono valutare.

Puntualizziamo che non è possibile creare un ambiente di carico in cui sono selezionate entrambe le colonne F e S, ossia le azioni orizzontali convenzionali e le azioni sismiche, poiché il D.M. 18 prescrive che le azioni orizzontali convenzionali non devono essere combinate con le azioni sismiche.

Per comprendere meglio il significato degli ambienti di carico, cliccate sul bottone "Comb. teoriche" e visualizzate le combinazioni teoriche delle condizioni di carico elementari che derivano dai vari ambienti.

Esaminiamo ad esempio il primo ambiente di carico in cui sono state selezionate tutte le condizioni di carico elementari, l'azione sismica ed è stato specificato di calcolare lo stato limite ultimo. Da questo ambiente deriva una combinazione per lo stato limite ultimo, inoltre osserviamo che relativamente

CC	Commento	TCC	1	2	3	4	5	6	7	F	S
1	Amb. 1 (Sisma)		1	1	Ψ_2	1	1	Ψ_2	1	----	1
2	Amb. 2 (SLU)	SLU	γ_{max}	γ_{max}	γ_{max}	γ_{max}	γ_{max}	γ_{max}	γ_{max}	1	----
3	Amb. 2 (SLE R)	SLE R	1	1	1	1	1	1	1	1	----
4	Amb. 2 (SLE F)	SLE F	1	1	Ψ_2	1	1	Ψ_2	1	1	----
5	Amb. 2 (SLE Q)	SLE Q	1	1	Ψ_2	1	1	Ψ_2	1	1	----

alle condizioni di carico elementari di tipo accidentale (CCE 3 e 6) è stato assegnato il corretto coefficiente Ψ_2 per lo stato limite ultimo. Le vere e proprie combinazioni di carico, nella classica forma numerica, verranno poi generate in automatico da ModeSt e saranno visualizzabili nella scheda "Combinazioni CCE".

Cliccate sul bottone "OK" per chiudere la finestra delle combinazioni teoriche.

Accoppiamenti

La tabella degli accoppiamenti delle condizioni di carico elementari è attiva solo quando i carichi variabili sono stati archiviati in più condizioni di carico elementari e classificati come ambigui, cioè sia di base che indipendenti. Tale circostanza può verificarsi nel caso di una struttura molto complessa, quando non è facile intuire a priori qual'è la classificazione dei carichi che conduce alla maggior sicurezza strutturale, per cui nell'incertezza il progettista può ricorrere all'opzione "ambigua" che in ModeSt consente di considerare entrambe le ipotesi.

Combinazioni

In questa scheda potete visualizzare e modificare le combinazioni di carico che ModeSt provvede automaticamente a creare in virtù del tipo di normativa e del tipo di analisi.

Definiti tutti i parametri, cliccate sul bottone "OK" per eseguire il calcolo della struttura.

Per illustrare la tabella degli accoppiamenti dobbiamo modificare il tipo di variabilità in "ambigua" per le condizioni di carico elementari 3 (accidentali) e 6 (accidentali sbalzo).

CCE	Commento	Tipo CCE	Sic.	Var.	Peso	C. A.	Dir.	Tipo	s	Mx	My	Mz	Jpx	Jpy	Jpz
1	p.p. e permanenti strutt.	1 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input checked="" type="checkbox"/>	P+GPS			1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2	permanenti non strutt.	2 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>	QPN			1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
3	accidentali	3 D.M. 08 Variabili Ca	a sfavore	ambigua	<input type="checkbox"/>	QA			1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
4	permanenti strutturali sb	1 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>	DPS			1.00	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0
5	permanenti non strutt.	2 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>	QPN			1.00	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0
6	accidentali sbalzo	3 D.M. 08 Variabili Ca	a sfavore	ambigua	<input type="checkbox"/>	QA			1.00	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0
7	temperature	2 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>	QPN			1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0

Visualizzate l'elenco delle condizioni di carico elementari cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** e selezionate l'opzione "ambigua" per le condizioni di carico elementari 3 (accidentali) e 6 (accidentali sbalzo), cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Rilanciate il calcolo della struttura col metodo FEM, confermando di voler salvare la geometria, e selezionate la scheda degli "Ambienti".

Osservate che ora è possibile scegliere il tipo di relazione esistente tra le condizioni di carico elementari variabili e classificate come ambigue, e cioè se debbano essere accoppiate (ossia considerati sempre dello stesso tipo), disaccoppiate (cioè considerati sempre di tipo diverso) o indifferente. Verificate anche come, al variare del tipo di accoppiamento, nella scheda "Combinazioni" cambi il numero delle combinazioni di carico.

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						Accoppiate
4						Accoppiate
5						Disaccoppiate
6						Indifferente
7						

Selezionate l'opzione "Accoppiate" perché in questo esempio i carichi accidentali rappresentano concettualmente una sola condizione di carico.

Definiti tutti i parametri, cliccate sul bottone "OK" per eseguire il calcolo.


Visualizzazione dei risultati

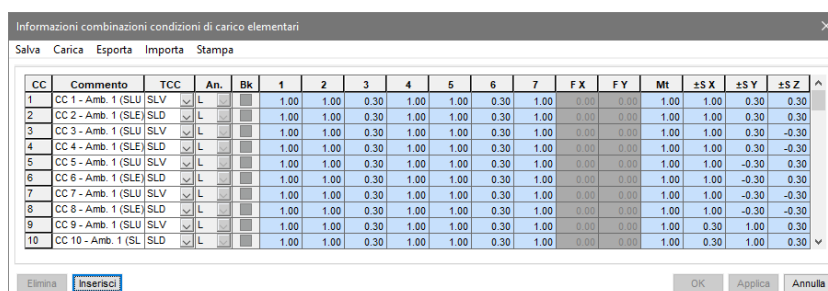
Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stato completato quanto riportato in quello precedente e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Per continuare l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA** (vedi **Rendere corrente una struttura**), attivato il disegno del numero dei nodi e delle aste (vedi **Inserimento nodi e pilastri usando un file DXF/DWG**) e disattivato la vista tridimensionale (vedi **Inserimento travi di elevazione e vano ascensore**).

Nel caso in cui utilizzate la struttura **EDICA** occorre che la struttura sia stata calcolata come indicato in calcolo struttura con metodo FEM.



Visualizzate la matrice delle combinazioni di carico cliccando nel gruppo **Combinazioni** della scheda **Analisi**

su **Modifica**  e notate che le combinazioni delle condizioni di carico elementari considerate nel calcolo sono 64 e sono relative allo stato limite ultimo sismico (da CC 1 a CC 48), allo stato limite ultimo non sismico (da CC 49 a CC 52), allo stato limite elastico per combinazioni rare (da CC 53 a CC 56), frequenti (da CC 57 a CC 60) e quasi permanenti (da CC 61 a CC 64); le forze orizzontali convenzionali, come previsto dalla normativa, sono presenti solo nelle CC relative allo stato limite ultimo non sismico. Sottolineiamo che è possibile modificare la matrice delle combinazioni delle condizioni di carico elementari, senza dover ripetere il calcolo della struttura, sia variando i valori nelle celle della matrice sia eliminando o inserendo nuove combinazioni con i bottoni "Elimina" o "Inserisci".

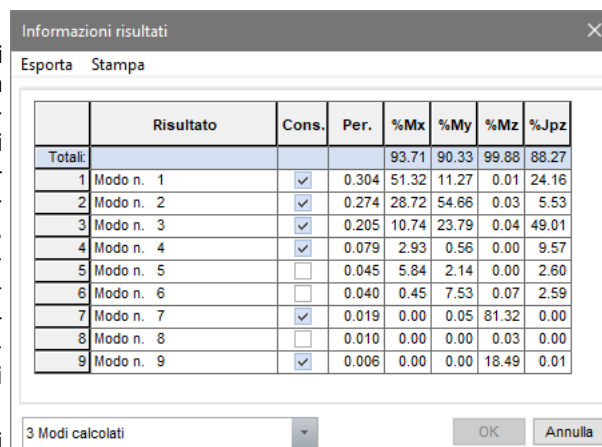


Cliccate sul bottone "Annulla" per uscire dalla finestra di dialogo.

Visualizzate le informazioni sui risultati cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici**



 e poi su **Risultati analisi** , selezionate il tipo di sollecitazione "3 Modi calcolati" dalla finestra di riepilogo a discesa e verificate che ModeSt ha calcolato per la struttura 9 modi di vibrare ed i modi contrassegnati sono quelli necessari per movimentare almeno l'85% della massa totale, come specificato nella scheda "Dati di calcolo" dei parametri di calcolo (vedi calcolo struttura con metodo FEM). Per ogni modo potete leggere il valore del periodo, la minima differenza percentuale dagli altri periodi e la percentuale delle masse partecipanti. Selezionando o deselezionando la cella nella colonna "Considerato" è possibile aggiungere o eliminare un modo di vibrare dall'elenco dei modi considerati nel calcolo automatico.

Cliccate sul bottone "Annulla" per uscire dalla finestra di dialogo.





	Risultato	Cons.	Per.	%Mx	%My	%Mz	%Jpz
Totale:				93.71	90.33	99.88	88.27
1	Modo n. 1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.304	51.32	11.27	0.01	24.16
2	Modo n. 2	<input checked="" type="checkbox"/>	0.274	28.72	54.66	0.03	5.53
3	Modo n. 3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.205	10.74	23.79	0.04	49.01
4	Modo n. 4	<input checked="" type="checkbox"/>	0.079	2.93	0.56	0.00	9.57
5	Modo n. 5	<input type="checkbox"/>	0.045	5.84	2.14	0.00	2.60
6	Modo n. 6	<input type="checkbox"/>	0.040	0.45	7.53	0.07	2.59
7	Modo n. 7	<input checked="" type="checkbox"/>	0.019	0.00	0.05	81.32	0.00
8	Modo n. 8	<input type="checkbox"/>	0.010	0.00	0.00	0.03	0.00
9	Modo n. 9	<input checked="" type="checkbox"/>	0.006	0.00	0.00	18.49	0.01

Visualizzate l'elenco delle masse su nodi ed impalcati cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati**

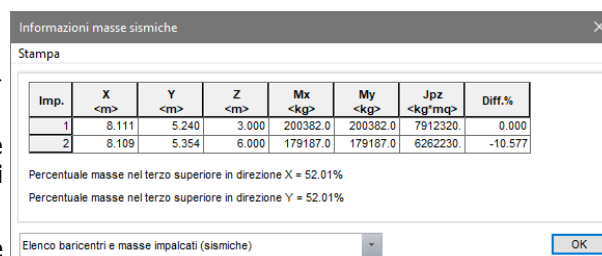
su **Numerici**  e poi su **Masse sismiche** ; nella tabella per ogni impalcato vengono visualizzati i dati relativi alle masse con le coordinate del baricentro.

Cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Analizzate i risultati numerici relativi alle sollecitazioni nelle aste cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati**

su **Numerici**  e poi su **Sollecitazioni aste**  e quindi selezionate tutte le aste cliccando nel pannello **Se-**

lezioni su .



Imp.	X <m>	Y <m>	Z <m>	Mx <kg>	My <kg>	Jpz <kg/mq>	Diff.%
1	8.111	5.240	3.000	200382.0	200382.0	7912320.	0.000
2	8.109	5.354	6.000	179187.0	179187.0	6262230.	-10.577

Percentuale masse nel terzo superiore in direzione X = 52.01%
 Percentuale masse nel terzo superiore in direzione Y = 52.01%

Elenco baricentri e masse impalcati (sismiche) OK

Con il tasto destro del mouse sulla colonna Tz effettuate un ordinamento in senso decrescente per visualizzare l'asta su cui si ha il taglio massimo. Si fa notare che è possibile selezionare il tipo di risultati da visualizzare utilizzando il bottone "Opzioni".

Asta (N1 N2)	CC	TCC	X <m>	N <daN>	Ty <daN>	Mz <daNm>	Tz <daN>	My <daNm>	Mx <daNm>
1 (1 101)	1	SLV	0.00	-18062.500	188.338	526.655	-734.6	2049.290	3626.060
	±			4005.960	3879.230	8173.210		-2039.450	251.056
	1		2.70	-17050.000	188.338	1035.170	-734.629	1909.560	290.300
	±			4005.960	3879.230	2329.260		-115.514	52.276
	2	SLD	0.00	-18019.300	275.343	343.290	-701.176	2389.230	4232.220
	±			4652.320	4504.450	9516.850		-2008.690	290.300
	2		2.70	-17006.800	275.343	1086.720	-701.176	2219.990	290.300
	±			4652.320	4504.450	2655.230		3624.950	45.343
	3	SLV	0.00	-18062.500	188.338	526.655	-734.629	1909.560	251.056
	±			3980.100	3876.150	8166.480		-2039.450	45.343
	3		2.70	-17050.000	188.338	1035.170	-734.629	2048.740	250.919
	±			3980.100	3876.150	2327.660		1909.140	250.919

Cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Sottolineiamo come ModeSt permetta di visualizzare contemporaneamente, nella stessa finestra di modellazione i disegni dei carichi, dei risultati, ecc. (mappe o diagrammi).

Posizionatevi sull'impalcato 1 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 1 a 3.00". Attivate una scatola di visualizzazione più piccola cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "BOX sul piano".

Tutti i comandi che attendono una selezione possono essere usati selezionando gli elementi anche prima di lanciare il comando, a tal fine nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla

selezione" e quindi selezionare tutte le aste visibili cliccando nel pannello **Selezioni** su .




Disegnate il diagramma del momento flettente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Mo-**


mento flettente .


Disattivate il disegno del numero dei nodi e delle aste cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modella-**


zione su **Numeri proprietà**  e poi su **Nessuno** .


Visualizzate i diagrammi per le varie combinazioni delle condizioni di carico elementari selezionandole dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti". Potete visualizzare anche i diagrammi relativi a un gruppo di risultati selezionando dall'elenco la sigla (SLD, SLV, SLU, SLER, SLEF, SLEQ) oppure per tutte le combinazioni di condizioni di carico elementari selezionando la sigla ALL.

Facciamo notare che il pannello **Legenda** può essere spostato, trascinandolo con il mouse, come una normale finestra di Windows e che il bottone  consente di modificare il numero di gradazioni di colore da usare per la rappresentazione della mappa mentre i bottoni  e  consentono rispettivamente di indicare quale è il valore massimo o minimo da considerare nell'interpolazione della mappa o del diagramma a colori.

Disattivate il disegno dei diagrammi dei momenti flettenti cliccando nella **Barra di accesso rapido** su  e disegnate il diagramma del taglio cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Taglio** .

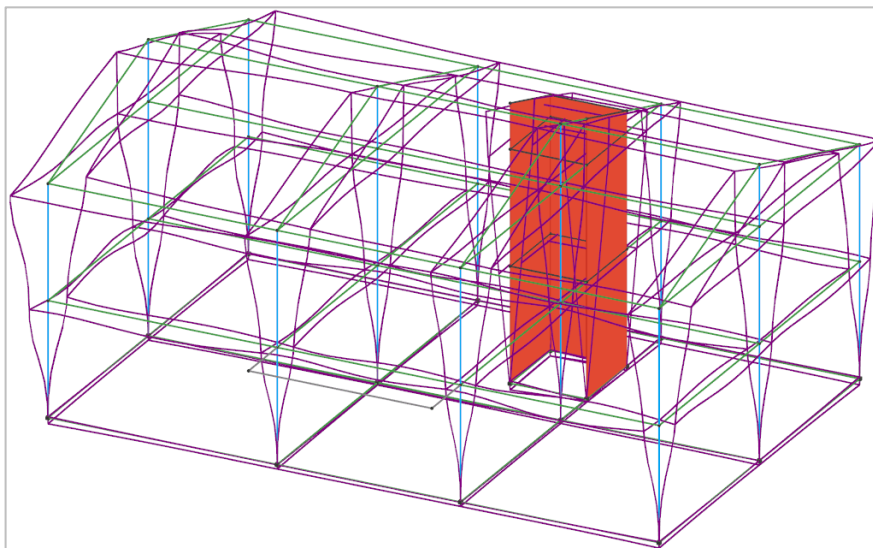
Disattivate il disegno dei diagrammi del taglio cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su  ed attivate una scatola di visualizzazione più grande cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Togli BOX".

Disegnate la deformata elastica della struttura cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Def. elastica**  selezionando tutti i nodi cliccando nel pannello



Selezioni su .

Attraverso il tasto destro in un punto vuoto della finestra di modellazione selezionate → **Opzioni di disegno** per scegliere un fattore di scala che permetta una migliore rappresentazione della linea elastica della struttura, assegnando, relativamente a Deformata, un valore del fattore di scala pari a 20, e



cliccate sul bottone "Applica" per vedere come varia il disegno in funzione del parametro impostato. Cliccate sul bottone "OK" per uscire.

Potete visualizzare il disegno della deformata elastica per le varie combinazioni delle condizioni di carico elementari selezionandole in successione dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti" oppure per tutte le combinazioni di condizioni di carico elementari selezionando la sigla ALL.

Disattivate il disegno della deformata cliccando nella **Barra di accesso rapido** su  e passate a verificare l'entità dello spostamento relativo tra i nodi di testa e di piede delle aste verticali cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Spost. relativi**  selezionando tutte le aste verticali cliccando nel pannello

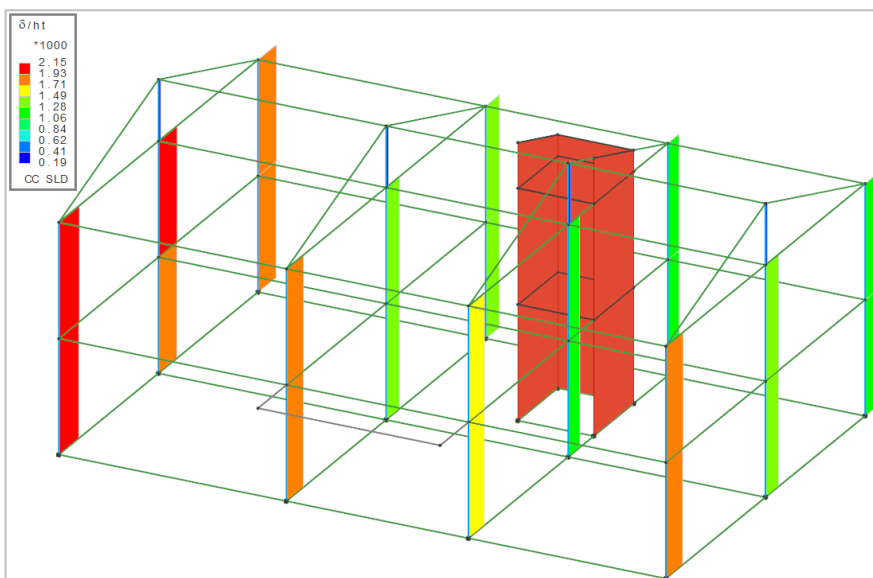
Selezioni su .


È utile rilevare che, se sono state selezionate tutte le combinazioni di carico, viene effettuato l'involuppo dei risultati e visualizzato lo spostamento relativo massimo; in caso contrario viene visualizzato lo spostamento relativo per il risultato corrente.


Come prescritto dal D.M. 18, occorre controllare che gli spostamenti relativi allo stato limite di danno (SLD) o per le costruzioni ricadenti nelle classi d'uso III e IV allo stato limite di operatività (SLO) siano inferiori ai limiti imposti dalla normativa.

A questo scopo andiamo ad esaminare gli spostamenti della struttura

per lo stato limite di danno impostando come risultato corrente SLD selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".



Disattivate il disegno degli spostamenti relativi cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Volendo visualizzare la deformata elastica relativa ai modi di vibrare rendete corrente il tipo di sollecitazione modale selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco "Sollecitazioni" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti" e visualizzate la deformata elastica della struttura cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** sul bottone **Def. elastica**  selezionando tutti i nodi cliccando nel pannello **Selezioni**

su .

Automaticamente ModeSt propone la deformata elastica relativa al primo modo di vibrare della struttura. Per analizzare la deformata elastica relativa agli altri modi di vibrare digitate **RISC** e specificate in successione 2, 3 ... fino a 9.

Approfondimenti

Rigidità torsionale elementi bidimensionali

Con questo esempio si vuole evidenziare il diverso comportamento dei solutori nel calcolo di elementi bidimensionali soggetti a momenti flettenti con asse momento ortogonale al piano dell'elemento.

Si ricorda che generalmente l'elemento finito bidimensionale piano non reagisce a momenti di questo tipo. Alcuni solutori inseriscono comunque nella matrice di rigidità dell'elemento dei valori fittizi per il corrispondente grado di libertà.


Aprirete il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES1** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Si consiglia di inserire i comandi così come sono riportati, osservando i messaggi di ModeSt e i cambiamenti nella rappresentazione grafica.

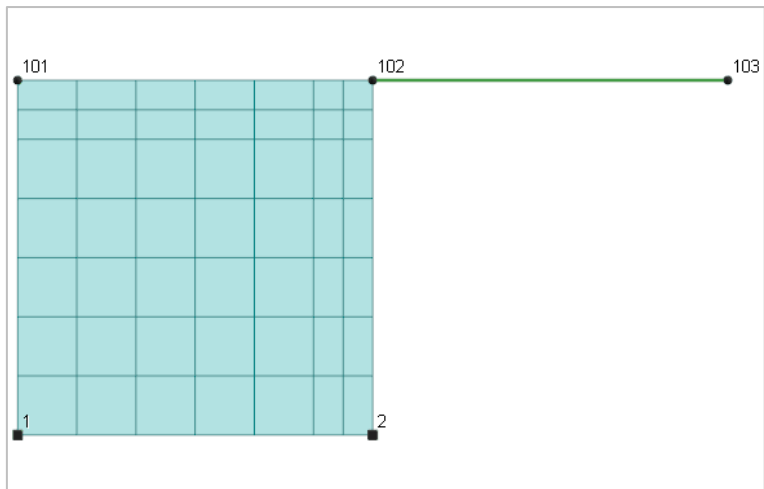
Posizionatevi su un piano verticale passante per $Y=0$ cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVY" e specificando 0 come coordinata.

Posizionatevi in vista piana e disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Vista piana" e "Unifilare".

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".


Si tratta di una parete (incastata al piede) schematizzata con elementi finiti bidimensionali alla quale è collegata una mensola. La mesh è stata infittita in corrispondenza dell'attacco con la trave per ottenere una maggior precisione di calcolo.



La struttura è caricata con un carico uniformemente distribuito sulla trave (5000 daN/ml).

La struttura è stata calcolata utilizzando diversi solutori ed i risultati sono stati successivamente combinati

mediante l'opzione **Combina i risultati di due calcoli**  eseguibile dal menu che si ottiene cliccando sul


menu dell'applicazione , in modo da permettere un più agevole raffronto fra questi. In particolare si ha:

CC 1: Calcolo effettuato con SAP2000 ver. 19.1.1

CC 2: Calcolo effettuato con Xfinest ver. 2016 (elemento ISOSHELL)

CC 3: Calcolo effettuato con Xfinest ver. 2016 (elemento QF46)

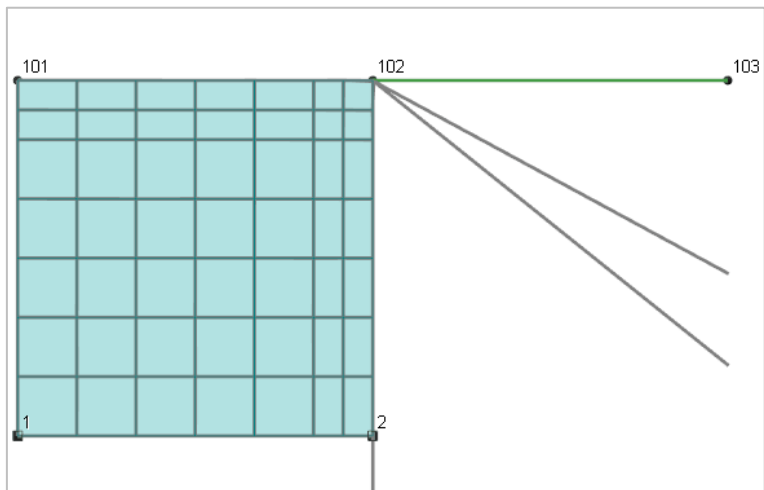
La freccia teorica della mensola incastrata è $f=1.5$ cm la quale andrebbe leggermente incrementata per considerare la rotazione della testa della parete soggetta a momento. Visualizzate gli spostamenti del nodo 103

cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici**  e poi su "Spostamenti nodi" e quindi specificando il numero del nodo. Nei vari casi si ottiene invece dal calcolo:

SAP2000	-15.71 cm
Xfinest (I)	-191735000 cm (la mensola è labile)
Xfinest (Q)	-23.16 cm

Differenze che possono essere notate anche graficamente attivando il disegno della deformata cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Def. nodale**  e selezionando tutti i nodi cliccando nel pannello

Selezioni su .




Visualizzate il primo risultato selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti". Visualizzate il secondo risultato e si noti la notevole deformazione dell'elemento d'angolo. Visualizzate il terzo risultato e si noti la notevole deformazione dell'elemento d'angolo.

Disattivate il disegno della deformata cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Visualizzate le sollecitazioni delle aste cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici**



e poi su "Sollecitazioni aste" e quindi selezionate tutte le aste cliccando nel pannello **Selezioni** su 

. Le sollecitazioni nella mensola sono comunque esatte per tutti i solutori.

SAP2000 sembrerebbe il più preciso in termini di deformazioni, ma occorre considerare anche cosa accade all'interno della parete.

Attivate il disegno delle tensioni in direzione Z sulle facce normali a Z negli elementi bidimensionali cliccando

nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Tensioni normali**  e poi su **Tensione normale in dir. Z**

su **facce con normale Z** σ_{zz} selezionando tutti gli elementi bidimensionale cliccando nel pannello **Selezioni**



Attraverso il tasto destro in un punto vuoto della finestra di modellazione selezionate → **Opzioni di disegno** e scegliete dall'elenco "Tipo media sollec. bidim." il tipo di mappa "globale - locale" in modo da permettere un raffronto fra i vari solutori.

Visualizzate i vari risultati selezionandoli dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".

Come si può notare si hanno due "famiglie" di risultati di cui la prima è costituita dai calcoli effettuati con SAP2000 e Xfinest con elemento QF46. In questi casi si ha una maggiore rigidezza dell'elemento, ma con un rapido esaurimento dell'effetto del momento d'incastro ed una concentrazione "locale" delle tensioni. Questo è dovuto alla diversa formulazione matematica dell'elemento.

Attraverso il tasto destro in un punto vuoto della finestra di modellazione selezionate → **Opzioni di disegno** e scegliamo dall'elenco "Tipo media sollec. bidim." il tipo di mappa "locale" per confrontare i valori medi di tensione negli elementi.

Visualizzate i vari risultati selezionandoli dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti", ottenendo i seguenti valori (in daN/cm^q):

	Szz max	Szz min
SAP2000	158.94	-131.09
Xfinest (I)	2.34	-27.27
Xfinest (Q)	155.42	-127.64

Anche dai valori numerici riportati si riconoscono le "famiglie" citate, ma per tutti i solutori si può comunque notare come la tensione passi bruscamente dal valore massimo al valore minimo nei due elementi adiacenti situati nell'angolo di attacco con la trave, sintomo questo di come la soluzione non sia numericamente affidabile.

Un ulteriore controllo può essere effettuato considerando la tensione (in daN/cm^q) nei nodi d'angolo al piede della parete (nodo 1 dell'elemento 1 e nodo 2 dell'elemento 7):

	nodo 1	nodo 2
SAP2000	10.30	-16.80
Xfinest (I)	2.34	-8.55
Xfinest (Q)	-20.12	-83.34

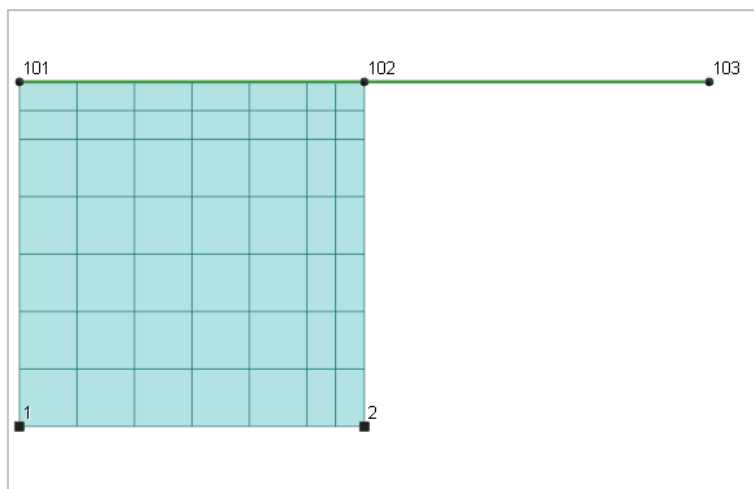
Anche in questo si ha conferma della diversa formulazione degli elementi.

I risultati migliorano molto se si prolunga sulla testa della parete la trave a mensola.

Rendete corrente la struttura **ES1A** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

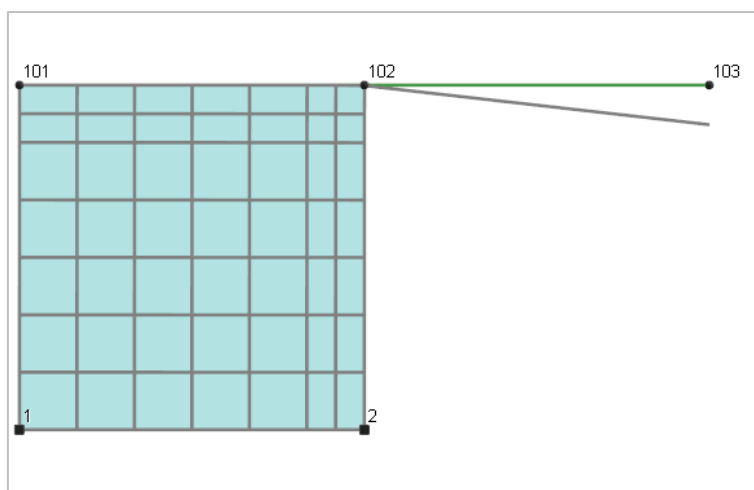
Posizionatevi su un piano verticale passante per Y=0 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVY" e specificando 0 come coordinata.

Posizionatevi in vista piana e disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Vista piana" e "Unifilare".



Esaminando i risultati nello stesso modo si ottiene per la freccia:

SAP2000	-3.17 cm
Xfinest (I)	-3.18 cm
Xfinest (Q)	-3.19 cm



I diagrammi della Szz sono molto simili per tutti i solutori e come valori medi di tensione (in daN/cm²) si ha:

	Szz max	Szz min
SAP2000	43.71	-100.06
Xfinest (I)	35.74	-92.74
Xfinest (Q)	43.26	-99.99

Come potete notare i risultati sono più uniformi ed anche le tensioni medie (in daN/cm²) negli elementi d'angolo al piede risultano più simili:

	nodo 1	nodo 2
SAP2000	10.76	-13.82
Xfinest (I)	8.05	-12.65
Xfinest (Q)	10.49	-14.38

Si fa presente che i valori teorici approssimati calcolati come $N/A \pm M/W$ darebbero dei valori pari a 10.0 e 14.0 daN/cm². I valori più bassi nel caso di Xfinest sono dovuti al fatto che in tal caso il solutore fornisce i valori delle sollecitazioni nel centroide dell'elemento e non nei nodi. Calcolando la tensione in questi punti si avrebbero valori teorici pari a 8.0 e 12.0 daN/cm², in perfetto accordo con gli altri solutori.

Risulta quindi evidente come sia assolutamente necessario prolungare all'interno degli elementi bidimensionali gli elementi di tipo "asta" che trasmettono momenti con asse normale alla superficie dell'elemento stesso.


Sollecitazioni negli elementi bidimensionali e sistemi di riferimento

Questo esempio vuole aiutare l'utente ad interpretare i risultati relativi agli stati di sollecitazione negli elementi bidimensionali.

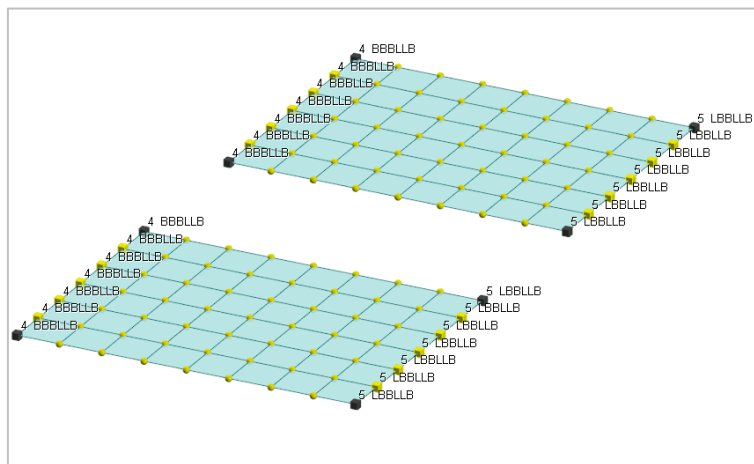
Aprire il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES7A** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Come si può vedere la struttura è costituita da due piastre schematizzate con elementi bidimensionali.

Attivate il disegno dei vincoli dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bot-

tone **Numeri proprietà**  e selezionando "Vincolo" nella sezione "Nodi". Disattivate la vista tridimensionale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Unifilare".

Attivate anche il disegno del numero dei nodi aggiuntivi selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Nodi" la voce "Tipologia".



Praticamente abbiamo due piastre uguali con vincolo cerniera da un lato e carrello dall'altro.

Entrambe le piastre sono caricate con un carico uniforme di 5000 daN/mq.

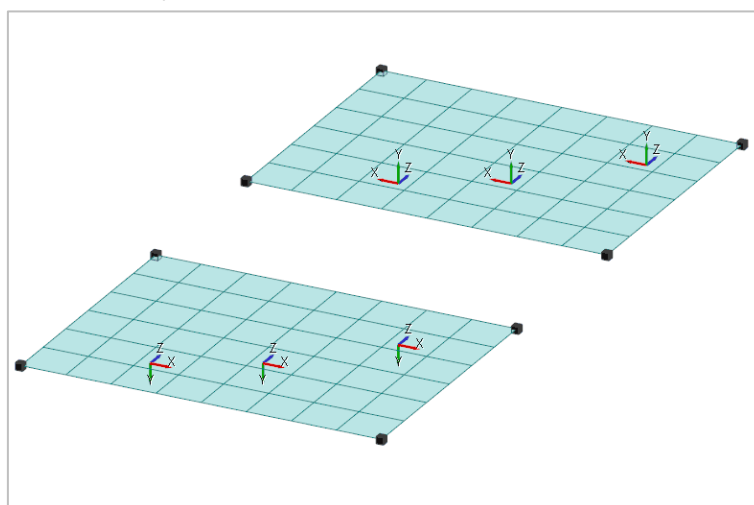
Disattivate il disegno del numero dei nodi aggiuntivi selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Nodi" la voce "nascondi nodi di mesh".

Disattivate il disegno dei vincoli dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Nu-**

meri proprietà  e poi su "Nessuna".

Attivate il disegno degli assi locali degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda


Modellazione su **Assi locali** , selezionandone alcuni.




Come si può notare gli assi locali degli elementi delle due piastre sono diversi. Infatti la prima piastra è stata inserita in senso orario e poi meshata; la seconda è stata inserita in senso antiorario e poi meshata. Questo porta ad avere le normali alle due piastre dirette in direzioni opposte.

Disattivate il disegno degli assi locali degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda

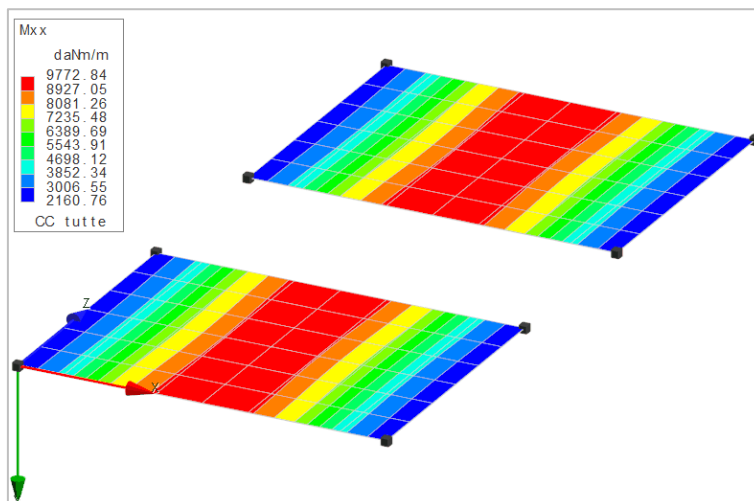
Modellazione su Assi locali  e poi su **Nessuno** .

Effettuate l'analisi statica della struttura cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda **Analisi** su **FEM** .
Attivate il disegno delle sollecitazioni negli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda

Risultati su Momenti unitari  e poi su **Momenti che provocano tensioni normali in dir. X su facce**

con normale X M_{xx} selezionando tutti gli elementi bidimensionale cliccando nel pannello **Selezioni** su .

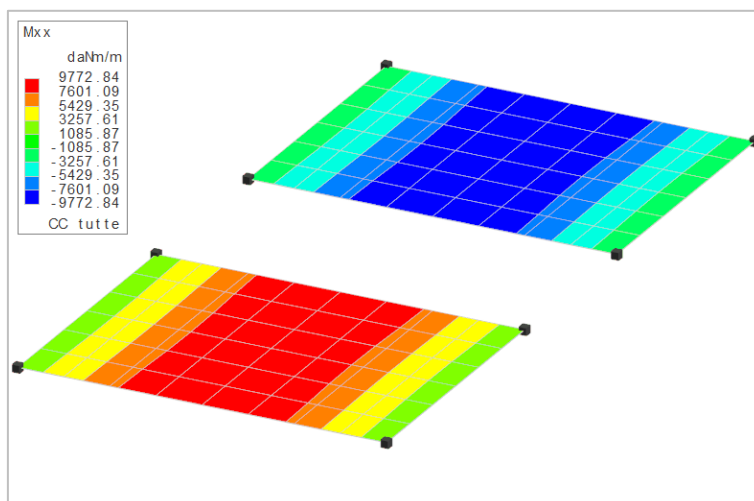
Come si può notare la normale al piano di tensione selezionato è diretta verso il basso e quindi concorde a quella degli elementi della piastra.



Come si può notare i valori del momento sono gli stessi per entrambe le piastre; in particolare in campata abbiamo un momento positivo che corrisponde al momento di una trave incernierata con stessa luce e stesso carico.

Il momento è positivo sia nella prima mappa che nella seconda mappa perché è sempre riferito al sistema di riferimento complessivo del piano di tensione (visualizzato sulla sinistra del video) e tende le fibre dalla parte positiva dell'asse Y.

Dal pannello **Parametri risultati** selezionate "Locale" nell'elenco "Piano" della sezione "Opzioni mappe" per visualizzare le tensioni nei piani locali degli elementi bidimensionali.




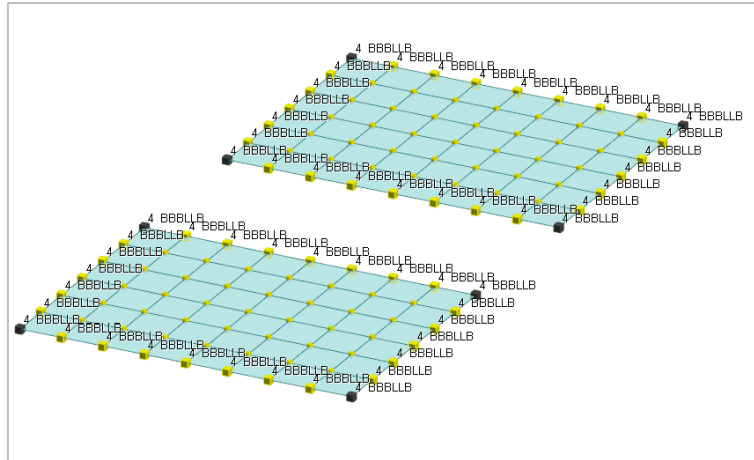
In questo caso le due piastre hanno i valori del momento uguali in valore assoluto ma di segno opposto. Questo accade perché ognuna delle due mappe è stata creata con riferimento al sistema di riferimento locale del singolo elemento.

In altri casi questa modalità di visualizzazione può portare ad errori di interpretazione anche più gravi, come nell'esempio seguente:


Rendiamo corrente la struttura **ES7B** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Attiviamo il disegno dei vincoli dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul


 e selezionando "Vincolo" nella sezione "Nodi". Disattiviamo la vista tridimensionale premendo sulla voce "Unifilare" degli **Strumenti di visualizzazione**.
 Attiviamo anche il disegno del numero dei nodi aggiuntivi selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Nodi" la voce "Tipologia".

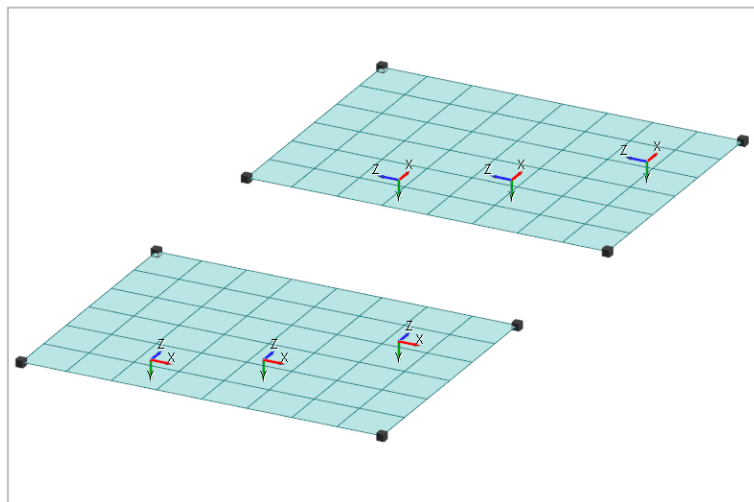


Abbiamo sempre due piastre uguali, questa volta appoggiate su tutto il contorno, sempre soggette ad un carico uniforme.



Disattiviamo il disegno dei vincoli dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Numeri proprietà**  e poi sulla voce "Nessuna".


Attiviamo il disegno degli assi locali degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda

Modellazione sul bottone **Assi locali** , selezionandone alcuni.





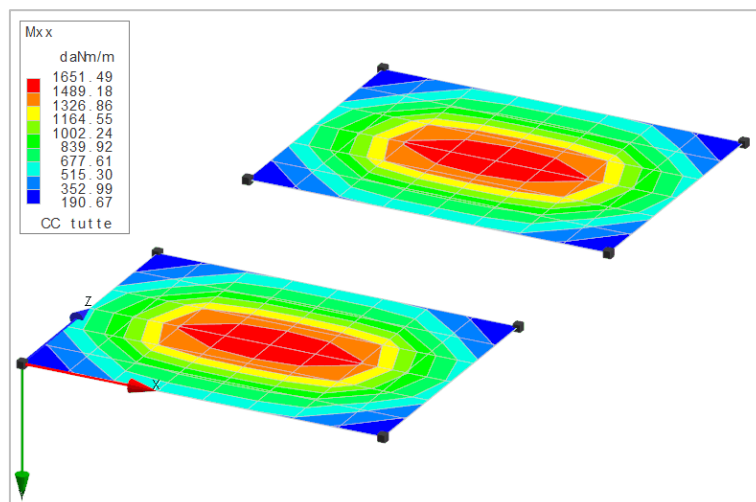
Le due piastre hanno ora la stessa normale (sono state inserite entrambe in senso antiorario), ma gli assi X degli elementi della prima piastra non sono paralleli agli assi X degli elementi della seconda piastra.

Disattiviamo il disegno degli assi locali degli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sul bottone **Assi locali**  e poi sul bottone **Nessuno** .

Si effettui l'analisi statica della struttura cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda **Analisi** sul bottone **FEM** .

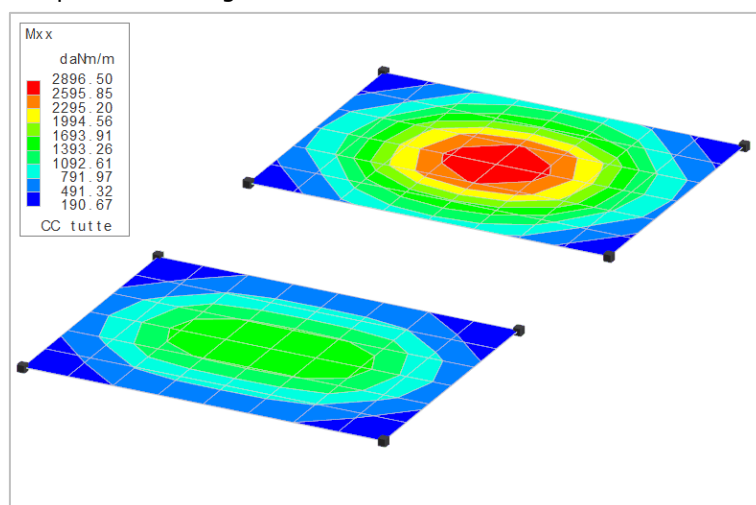
Attiviamo il disegno delle sollecitazioni negli elementi bidimensionali cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda

Risultati sul bottone **Momenti unitari**  e poi sul bottone **Momenti che provocano tensioni normali in dir. X su face con normale X** M_{xx} selezionando tutti gli elementi bidimensionale cliccando sul bottone  del pannello **Selezioni**.



Lo schema ed il valore dei momenti sono corretti ed uguali per entrambe le piastre.

Dal pannello **Parametri risultati** selezioniamo "Locale" nell'elenco "Piano" della sezione "Opzioni mappe" per visualizzare le tensioni nei piani locali degli elementi bidimensionali.



Notiamo in questo caso come i valori dei momenti siano disegnati in modo apparentemente errato.

In realtà il disegno è corretto, ma il momento M_{xx} della prima piastra non coincide con il momento M_{xx} della seconda piastra in quanto i due momenti sono riferiti ad assi diversi (quelli **locali** dei singoli elementi, ossia del piano di tensione locale). In questo caso particolare il momento M_{xx} di una piastra coincide con il momento M_{zz} dell'altra.


Si lascia all'utente pensare cosa accade utilizzando la visualizzazione per elementi che hanno i sistemi locali completamente diversi.

Calcolo senza interazione suolo-struttura

Con questo esempio si vuole illustrare l'uso della macro **RVN** per gestire in modo semi-automatico il calcolo delle fondazioni senza considerare l'interazione suolo-struttura.


Aprire il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **ES8A** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

 **proprietà** e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

Nella struttura sono state create 4 condizioni di carico elementari: Peso proprio e permanenti strutturali, Permanenti non strutturali, Accidentali, Neve.


Effettuate l'analisi sismica statica della struttura cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda **Analisi** su **FEM**

 specificando, nella scheda "Dati Struttura", come **Sito di costruzione**: Prato, Via F. Ferrucci 203, e lasciando invariati gli altri dati (vedi Calcolo struttura con metodo FEM).

La macro **RVN** consente di assegnare ai nodi selezionati le componenti F_z , M_x e M_y delle reazioni vincolari della struttura **ES8A** come carichi nodali alla struttura **ES8B** che non è altro che il grigliato di travi di fondazione della struttura **ES8A**.

Rendete corrente la struttura **ES8B** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

 e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

Occorre notare che:

- I nodi della fondazione hanno esattamente la stessa numerazione dei nodi della struttura **ES8A**.
- I muri sono stati inseriti anche in questa struttura per schematizzare la corretta rigidità delle travi di fondazione.
- Sono stati inseriti anche i pilastri che spiccano dalle fondazioni per consentire un corretto calcolo delle zone rigide ed un miglior disegno delle armature da parte delle procedure di progettazione armature.
- Il vincolo dei nodi di fondazione è quello normalmente utilizzato (X Y RZ).
- I nodi di testa dei pilastri appartengono all'impalcato 0 per impedire l'insorgere dell'effetto "scatola" (i pilastri irrigidiscono la fondazione limitando la rotazione dei nodi).

Rendete corrente la struttura **ES8A** (vedi **Rendere corrente una struttura**) e dalla linea di comando eseguiamo la macro **RVN**, comparirà una finestra di dialogo nella quale selezioniamo la struttura di fondazione **ES8B**. Terminata l'esecuzione della macro la struttura corrente sarà **ES8B**.

Occorre notare che i carichi applicati sono relativi alla COMBINAZIONI delle CCE e quindi in fase di calcolo (statico, non sismico) della struttura **ES8B** occorrerà modificare la tabella delle CC specificando 48 combinazioni (le stesse di **ES8A**) e inserire 1.00 nei soli elementi diagonali della tabella.


Modificando la macro **RVN** è possibile applicarla anche al caso di analisi sismica dinamica tuttavia è complesso gestire le reazioni vincolari per garantire una corretta combinazione dei casi dinamici. In funzione del tipo di struttura occorrerebbe infatti stabilire quali segni considerare per le componenti dinamiche delle reazioni vincolari, segni che possono variare da una zona all'altra della struttura.

Modellazione geotecnica

Inserimento di una colonna stratigrafica

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo VGEO.

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDICA** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** su , digitate **EDICA_S1** e cliccate sul bottone "Salva".

In questo esercizio inserirete nella struttura una colonna stratigrafica. La colonna stratigrafica è composta da un insieme di strati ai quali si associano delle unità geotecniche, le quali contengono le informazioni sul tipo di terreno e le relative caratteristiche meccaniche, per cui il primo passo consiste nella definizione delle unità geotecniche che avviene nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** cliccando su **Proprietà ele-**

 **menti** e poi su **Unità geotecniche** , quindi cliccate su "Aggiungi".

La definizione può avvenire indicando i parametri geotecnici relativi alle singole unità oppure importandoli dall'archivio fornito con l'installazione del programma. Nel nostro esempio definirete quattro unità geotecniche caricandole dall'archivio. Quindi all'interno della finestra di dialogo della definizione delle unità geotecniche, con l'opzione *Archivi* → *Carica* selezionate dall'archivio **Argilla ghiaiosa alta consistenza** (codice CA03) e cliccate sul bottone "Importa"; cliccate poi sul bottone "Applica" per continuare a definire un'altra unità geotecnica. Continuate nella definizione importando **Sabbia limosa molto sciolta** (codice IS16); **Limo ghiaioso a bassa consistenza** (codice CL01) e **Ghiaia limosa molto sciolta** (codice IG16); cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Definite la colonna stratigrafica cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà**

 **elementi** e poi su **Colonne stratigrafiche** , quindi cliccate su "Aggiungi".

Nella definizione della colonna stratigrafica occorre inserire il numero di strati che la compongono e per ogni strato specificarne l'unità geotecnica e la profondità della superficie superiore (z) rispetto al piano di campagna.

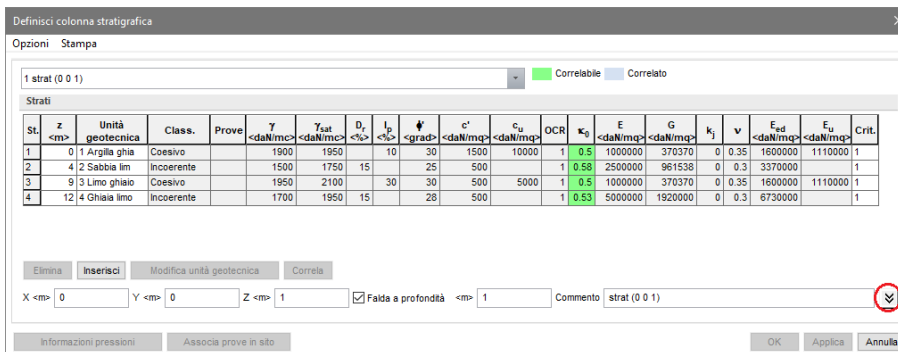
Nel nostro esempio, inserite quattro strati cliccando quindi quattro volte sul bottone "Inserisci" e specificando per il primo: **Unità geotecnica** Argilla ghiaiosa alta consistenza, **Z** 0.00; per il secondo: **Unità geotecnica**

Sabbia limosa molto sciolta, **Z 4.00**; per il terzo: **Unità geotecnica** Limo ghiaioso a bassa consistenza, **Z 9.00**; e per il quarto: **Unità geotecnica** Ghiaia limosa molto sciolta, **Z 12.00**.

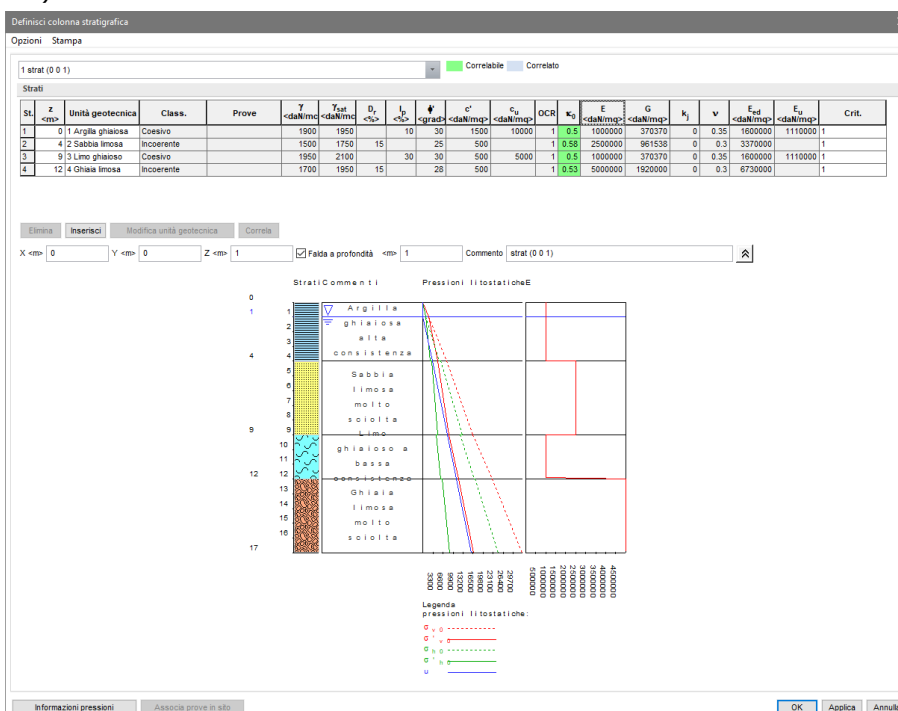
La finestra di dialogo presenta, ordinati in colonne, i valori dei parametri assegnati ai vari strati attraverso le unità geotecniche ad essi associate. La definizione delle caratteristiche stratigrafiche si completa indicando la presenza della falda e definendone la profondità rispetto al piano di campagna. Indicate la presenza della falda selezionando l'opzione "Falda a profondità" e specificando 1.00 come profondità dal piano di campagna.

Le tre coordinate X, Y e Z, definite rispetto al sistema di riferimento globale, indicano la posizione della stratigrafia rispetto al modello strutturale. Ipotizzando una stratigrafia uniforme per tutta l'area di interesse della struttura è sufficiente definire un'unica colonna stratigrafica alle coordinate X = 0.00, Y = 0.00 e, data la posizione del piano di campagna rispetto alla struttura modellata, indicate come Z = 1.00.

Completate l'inserimento dei dati indicando il commento "strat (0 0 1)" alla colonna e cliccate sul bottone "Applica". I dati inseriti determinano così la colonna stratigrafica rappresentata in figura.



È possibile visualizzare i diagrammi descrittivi della colonna cliccando sul bottone (cerchiato in rosso nell'immagine soprastante) a lato del commento.



Tali diagrammi riportano, rispetto alla profondità, i valori delle pressioni litostatiche e dei valori dei parametri geotecnici. Per scegliere quale parametro si vuole visualizzare è sufficiente cliccare sulla casella del titolo della colonna relativa al parametro scelto.

Cliccando sul bottone "Informazioni pressioni" vengono visualizzati i valori numerici delle pressioni litostatiche.

Note sulle operazioni possibili durante la creazione o la modifica di una colonna stratigrafica:

- È impossibile associare la stessa unità geotecnica a più strati.
- È possibile modificare i parametri geotecnici senza dover uscire dalla finestra di dialogo e richiamare la finestra di dialogo per la definizione delle unità geotecniche, per fare ciò è sufficiente selezionare lo strato a cui è associata l'unità geotecnica e quindi cliccare sul bottone "Modifica unità geotecnica".

L'inserimento nel modello della colonna stratigrafica è concluso, quindi salvate la struttura cliccando nella

Barra di accesso rapido su

Caratterizzazione geotecnica

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo VGEO.

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stato completato quanto riportato in **Inserimento di una colonna stratigrafica** e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDICA_S1** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

L'esercizio ha lo scopo di valutare i parametri geotecnici in funzione dei risultati di prove in sito. Tale operazione si effettua associando le prove in sito alla colonna stratigrafica.

Definite le prove in sito cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**





e poi su **Prove geotecniche**



, quindi premete sul bottone "Aggiungi". L'inserimento dei dati può essere fatto direttamente indicando il tipo di prova e inserendo i dati richiesti nelle righe delle singole misure create cliccando sul bottone "Inserisci", oppure importando i dati contenuti in un file relativo alle prove in oggetto.

In questo esempio definite una prova SPT e una CPT importando i dati rispettivamente dai file SPT_esempio.CSV e CPT_esempio.CSV contenuti nella cartella del progetto ESEMPI e forniti col programma, quindi cliccate sul bottone "Importa" e selezionate il file SPT_esempio.CSV con i risultati della prova e cliccate sul bottone "Applica". Definite l'altra prova importando i dati dal file CPT_esempio.CSV. Cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Per associare le prove in sito alla colonna stratigrafica già presente nella struttura, cliccate nel gruppo **Defi-**

nizioni della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**  e poi su **Colonne stratigrafiche** , selezionate la riga e cliccate sul bottone "Modifica". Nella finestra di dialogo della definizione della colonna stratigrafica cliccate sul bottone "Associa prove in sito", si aprirà una finestra di dialogo nella quale è possibile associare le prove definite e attivare la visualizzazione grafica dei risultati nei diagrammi descrittivi, in questo esempio associate e attivate la visualizzazione dei risultati di tutte le prove.

Una volta associate le prove alcune caselle dei parametri geotecnici diventano con sfondo verde, questo indica che tali parametri sono correlabili (alle prove in sito associate) secondo quanto indicato nel criterio di progetto specifico assegnato al particolare strato.

Facciamo notare che viene associato ad uno strato il criterio specifico indicato nella casella di riepilogo a discesa nell'ultima colonna della finestra di dialogo della colonna stratigrafica.

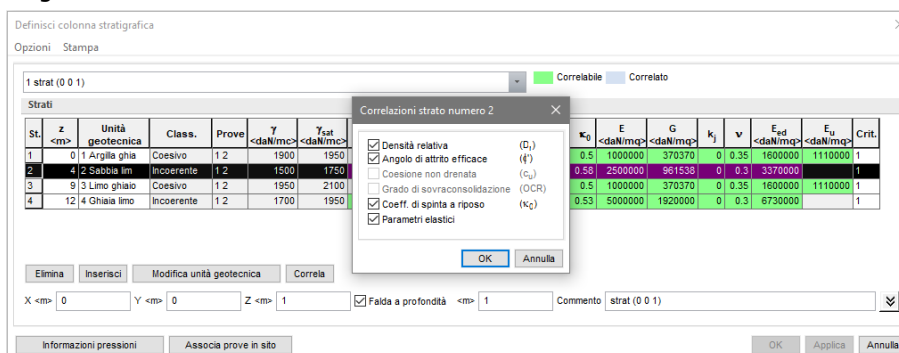
L'ultimo passo riguarda la correlazione dei parametri geotecnici alle prove in sito.

Tale operazione prevede la scelta, nei criteri di progetto specifici degli strati, delle relazioni da utilizzare per calcolare i singoli parametri della colonna.

L'accesso alla gestione dei criteri di progetto è possibile con il tasto destro sulla casella di riepilogo a discesa dei criteri di progetto → *Modifica criteri* assegnato allo strato oggetto di valutazione. La scelta delle relazioni da utilizzare per calcolare i vari parametri correlabili viene indicata nei criteri specifici di caratterizzazione degli strati.

Ogni singola correlazione è effettuabile con il tasto destro → *Calcola*, sia sulla casella del parametro oggetto di valutazione sia sul titolo del parametro stesso.

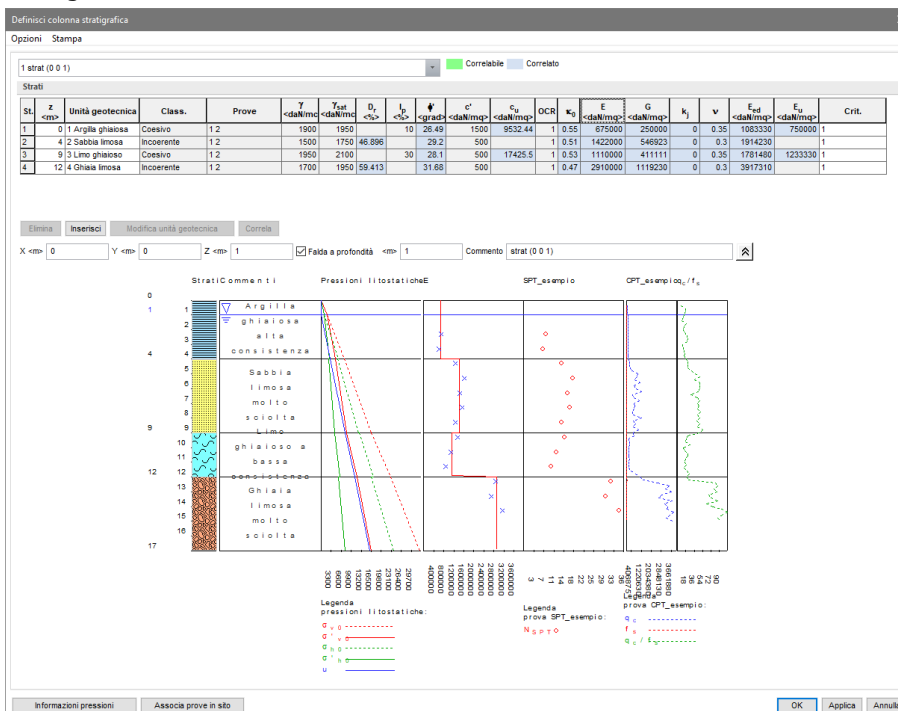
Alternativamente è possibile effettuare le correlazioni selezionando uno strato (cliccando sul numero dello strato), cliccando sul bottone "Correla" ed indicando quali parametri correlare. Utilizzando quest'ultimo metodo correlate tutti gli strati.




Le caselle dei parametri correlati, una volta che i valori sono calcolati, diventano con sfondo azzurro.

I diagrammi descrittivi dei parametri geotecnici correlati riportano sia il valore caratteristico del parametro che i valori calcolati dalle singole misure delle prove.

Correlando i parametri della colonna secondo i criteri predefiniti nei criteri di progetto risulta la colonna stratigrafica riportata in figura.



Cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo e salvate la struttura cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Modellazione e verifica delle fondazioni superficiali

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo VGEO.



Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDIGEO** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Nella struttura sono presenti dei plinti superficiali su nodi con vincolo pseudo plinto, un reticolo di travi di fondazione con vincolo su suolo elastico ed una platea di fondazione con tipologia Winkler (tutti i vincoli hanno una costante elastica pari a 1000000 daN/mc). Nella struttura è inoltre presente una colonna stratigrafica analoga a quella creata nell'esercizio Inserimento di una colonna stratigrafica.



L'esercizio ha lo scopo di completare la modellazione associando agli elementi di fondazione un vincolo elastico valutato in funzione della stratigrafia e di effettuare la verifica delle fondazioni.

Per associare alla stratigrafia i vincoli nodali dei plinti, delle travi di fondazione e della platea è sufficiente ridefinire il tipo di vincolo.


Modificate il vincolo nodale 4 "plinto", cliccate nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Pro-**

prietà elementi  e poi su **Vincoli nodi** . Selezionate la quarta riga e cliccate sul bottone "Modifica", contrassegnate "Valutato in funzione della stratigrafia" e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.



Modificate il vincolo asta 31 "Travi di fondazione", cliccate nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione**

su **Proprietà elementi**  e poi su **Vincoli aste** . Selezionate la trentunesima riga e cliccate sul bottone "Modifica", contrassegnate "Valutato in funzione della stratigrafia" e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.



Modificate il tipo di elemento bidimensionale 2 "Platea", cliccate nel gruppo **Definizioni** della scheda **Model-**

lazione su **Proprietà elementi**  e poi su **Tipi muri/bidimensionali** . Selezionate la seconda riga e cliccate sul bottone "Modifica", contrassegnate "Valutato in funzione della stratigrafia" e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.



Si possono visualizzare per i vari elementi di fondazione i valori dei coefficienti di sottofondo valutati automaticamente in funzione della stratigrafia.




Per i plinti cliccate nel gruppo **Info** della scheda **Modellazione** su **Elementi**  e poi su **Plinti/Pali** , quindi selezionate tutti i plinti cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Per le travi cliccate nel gruppo **Info** della scheda **Modellazione** su **Elementi**  e poi su **Aste** , quindi selezionate un'asta di fondazione cliccando su di essa.

Per la platea cliccate nel gruppo **Info** della scheda **Modellazione** su **Elementi**  e poi su **Muri/Bidimensionali** , quindi selezionate un elemento bidimensionale della platea di fondazione cliccando su di esso.

Una volta eseguito il calcolo della struttura è possibile visualizzare i risultati delle verifiche geotecniche.

Per le verifiche di capacità portante cliccate nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Fondazioni**  e quindi selezionate gli elementi di fondazione cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Per il calcolo dei cedimenti cliccate nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici**  e poi su **Cedimenti** , quindi selezionate gli elementi di fondazione cliccando nel pannello **Selezioni** su .

La valutazione automatica delle costanti elastiche in funzione della stratigrafia non è necessaria ai fini del calcolo della capacità portante delle fondazioni, tale operazione è comunque utile in quanto permette di effettuare un calcolo FEM che fornisce spostamenti nodali confrontabili ai cedimenti calcolati attraverso il metodo scelto da criterio di progetto.

Come ulteriore esercizio l'utente può confrontare i risultati appena ottenuti (in termini di spostamenti nodali, cedimenti, verifiche di capacità portante) con quelli ottenuti ripristinando le condizioni vincolari iniziali e ricalcolando la struttura.

Modellazione e verifica delle fondazioni profonde


Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo VGEO.

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDIGEO** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Nella struttura sono presenti fondazioni superficiali costituite da plinti, un reticolo di travi ed una platea.

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Nella struttura è inoltre presente una colonna stratigrafica analoga a quella creata negli esercizi Inserimento di una colonna stratigrafica e Caratterizzazione geotecnica.


Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** su , digitate **EDI-GEO_P** e cliccate sul bottone "Salva".

L'esercizio ha lo scopo di evidenziare come modellare le fondazioni su pali, associare agli elementi di fondazione un vincolo elastico valutato in funzione della stratigrafia ed effettuare la verifica delle fondazioni profonde.

Nella definizione dei plinti su pali o del palo (vedi **Progettazione interattiva armatura plinti**) oltre a specificare la tipologia, le dimensioni e il criterio di progetto occorre indicare anche il tipo di palo, la lunghezza e l'ipotesi di vincolo alla testa al palo. È inoltre possibile definire un elemento composto esclusivamente da un palo, tale elemento è associabile a qualsiasi nodo della fondazione e può essere progettato anche in assenza di un pilastro soprastante.

Nella struttura in esame sono già definiti un plinto rettangolare su un palo (R1 - trivellato) ed un singolo palo (P - trivellato).

Attivate il disegno del numero dei nodi e delle aste cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" sia nella sezione "Nodi" che "Aste".


Procediamo adesso ad inserire le fondazioni profonde nella struttura corrente.


Posizionatevi sull'impalcato 0 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 0 a 0.00", attivate una finestra di visualizzazione più piccola in vista piana di lavoro cliccando negli **Strumenti di visualizzazione**

rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana". Attivate anche il disegno del numero dei nodi aggiuntivi selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Nodi" la voce "Tipologia".


Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Tutti gli elementi" e "Aggiungi alla selezione", quindi selezionate i plinti sotto i nodi 1, 5 e 9 cliccando su di essi.



Modificate il tipo di plinto, nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate nell'elenco della "Tipologia" il plinto/palo 3 (P - trivellato). La tipologia come qualsiasi altra proprietà del plinto/palo può anche essere modificata facendo tasto destro sul plinto/palo → *Proprietà*.

Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Per inserire i pali sui nodi delle travi e della platea, nella sezione **Plinto/Palo** del pannello **Proprietà correnti** rendete corrente il plinto/palo 3 (P - trivellato). Aggiungete i pali, nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** cliccate su **Plinti/Pali**  e quindi selezionate i nodi 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, -7, -36.

Una volta inseriti i pali spostate i nodi -7 e -36 in modo da portarli nella corretta posizione. A tal fine, nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Nodi" e "Sostituisci alla selezione", quindi selezionate il nodo -7 cliccando su di esso. Nella sezione **Nodi** del pannello **Proprietà elementi selezionati** modificate la

coordinata Y digitando 5.375. Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su . Selezionate il nodo -36 cliccando su di esso e quindi nella sezione **Nodi** del pannello **Proprietà elementi selezionati** modificate la coordinata Y digitando 10.375.

Numerate automaticamente i plinti/pali cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** sul bottone **Numera**  e poi sul bottone **Plinti/Pali** .


Continuiamo la modellazione assegnando le corrette condizioni di vincolo alle fondazioni della struttura, è pertanto necessario liberare la struttura dai vincoli delle fondazioni superficiali.

Per liberare i nodi di fondazione è necessario selezionare tutti i nodi visibili cliccando nel pannello **Selezioni**



su  e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionare nell'elenco del "Vincolo" il vincolo

nodale 1 (Libero). Deselezionate tutti i nodi cliccando sul bottone  del pannello **Selezioni**.

Per modificare il vincolo asta delle travi di fondazione è necessario nel pannello **Selezioni** impostare come



tipo di selezione "Aste", selezionare tutte le aste visibili cliccando nel pannello **Selezioni** su  e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionare nell'elenco del "Vincolo" il vincolo asta 1 (Inc+Inc).

Per modificare la platea di fondazione liberandola dal letto di molle è necessario ridefinirne il tipo, nel gruppo

Definizioni della scheda **Modellazione** cliccate su **Proprietà elementi**  e poi su **Tipi muri/bidimensionali** . Selezionate la seconda riga e cliccate sul bottone "Modifica", modificate la **Tipologia** in Flessionale e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo e salvare le modifiche.

A questo punto la struttura non ha alcun tipo di vincolo.

Per associare la stratigrafia ai vincoli nodali dei pali è sufficiente ridefinirne il tipo, nel gruppo **Definizioni**

della scheda **Modellazione** cliccate su **Proprietà elementi**  e poi su **Vincoli nodi** , selezionate la quarta riga e cliccate sul bottone "Modifica", contrassegnate "Valutato in funzione della stratigrafia" e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Deselezionate tutte le aste cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Assegnate il vincolo nodale 4 (Plinto) SOLO ai nodi in cui sono presenti i pali, nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Nodi" e "Aggiungi alla selezione", quindi selezionate i nodi 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, -7, -36 cliccando su di essi. Nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionare nell'elenco del "Vincolo" il vincolo nodale 4 (Plinto).


A questo punto la struttura è correttamente vincolata, la fase di modellazione è conclusa, ed è possibile eseguire il calcolo della struttura con metodo FEM.

I valori delle costanti elastiche risultanti dalla valutazione automatica sono riportati in relazione di calcolo. La valutazione automatica delle costanti elastiche in funzione della stratigrafia non è necessaria ai fini del calcolo della capacità portante delle fondazioni, tale operazione è comunque utile in quanto permette di effettuare un calcolo della struttura che fornisce spostamenti nodali confrontabili a quelli calcolati nel caso di comportamento elastico del terreno. Come ulteriore esercizio l'utente può confrontare i risultati (in termini di

spostamenti nodali, cedimenti, verifiche di capacità portante) con quelli ottenuti ipotizzando l'incastro come vincolo nodale per i pali.

Una volta effettuato il calcolo della struttura è possibile visualizzare i risultati delle verifiche geotecniche.



Eseguite le verifiche di capacità portante delle fondazioni, nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor**

clickate su **Fondazioni**  e quindi selezionate gli elementi di fondazione cliccando nel pannello **Selezioni**



su


Eseguite il calcolo dei cedimenti delle fondazioni, nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** clickate sul bot-


tone **Numerici**  e poi su **Cedimenti** , quindi selezionate gli elementi di fondazione cliccando nel


pannello **Selezioni** su .


Procediamo in fine alla progettazione strutturale degli elementi di fondazione e la visualizzazione dei risultati dell'analisi del singolo palo.

I pali possono essere progettati in modo automatico come indicato in **Progettazione automatica armature**. In questo esempio, utilizzando le procedure illustrate in **Progettazione interattiva armatura plinti** aprite in progettazione interattiva il plinto/palo 4.

Progettate automaticamente l'armatura plinto/palo cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.** .


Modificate l'armatura del palo cliccando nel gruppo **Arm. pali** su **Modifica** . Nella finestra di inserimento dati è possibile indicare i ferri longitudinali e le zone di staffatura da posizionare come armatura del palo (per i plinti a più pali l'armatura è la medesima per tutti i pali).

Cliccando nel gruppo **Generali** su **Info ver. pali** , visualizzate le verifiche effettuate per le sezioni lungo il fusto con le relative sollecitazioni di progetto risultanti dall'analisi di interazione col terreno del singolo palo.

Per i plinti a più pali è necessario indicare il numero del palo per il quale visualizzare le verifiche. Una volta eseguito il comando viene aperto l'ambiente di progettazione interattiva armatura riportante la sezione del palo con l'armatura longitudinale e trasversale ivi presente. Effettuate il calcolo cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola**  per visualizzare i risultati del calcolo e le verifiche delle sezioni del palo. **Nota:** in tale finestra non è possibile intervenire in modo interattivo sulle sezioni del palo.

La visualizzazione dei risultati avviene previa selezione di un caso di verifica dall'elenco delle verifiche effettuate presente nella casella di riepilogo a discesa nel pannello **Stato verifiche**.

Un caso di verifica è rappresentato dalle sollecitazioni di progetto risultanti da una combinazione di carico (ad esempio SLV CC1), dalla coordinata locale del palo, espressa nell'unità di misura corrente, che definisce la profondità della sezione verificata (ad esempio $Z=2.00$) e da un'indicazione relativa alle condizioni di calcolo (D = condizioni drenate, N = condizioni non drenate). Selezionando, per esempio "Caso 17 SLV CC 1 $Z=2.00$ D" sono visualizzabili i risultati della verifica della sezione alla profondità di 2 metri (se l'unità di misura corrente è in metri) dalla testa del palo, per la combinazione di carico 1 (Stato Limite di Vita), in condizioni drenate. Per i procedimenti operativi riguardo quest'ultimo punto si veda Progettazione interattiva armature sezioni.

Una volta selezionato un caso di verifica, ottimizzando la scala di rappresentazione cliccando nella **Barra di accesso rapido** su , sono visualizzabili i diagrammi relativi al calcolo del singolo palo: stratigrafia di progetto e sezione longitudinale del palo; diagrammi di momento, taglio, sforzo normale e deformata per carichi orizzontali; diagrammi di pressioni orizzontali e tensioni tangenziali con valore agente e limite; curve carico verticale – cedimento e carichi orizzontali – spostamenti. Tutti i diagrammi vengono riportati, quando necessario, sia in condizioni drenate che non drenate.


Analisi del singolo palo

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo VGEO.

Questo esercizio ha lo scopo di indicare una procedura veloce per la valutazione e la validazione delle relazioni da utilizzare, come criteri di progetto sia geotecnici che strutturali, per il dimensionamento di un singolo palo. Ovviamente tale procedura può essere applicata anche a plinti su pali ed a plinti superficiali.

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **ASP** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Nella struttura è presente una semplice colonna stratigrafica (vedi Inserimento di una colonna stratigrafica), un unico nodo al quale è stato assegnato un palo vincolato con elasticità valutata in funzione della stratigrafia (vedi Modellazione e verifica delle fondazioni profonde), su tale nodo sono applicati un carico verticale di 1 t,

un carico orizzontale di 1 t ed un momento di 1 tm, archiviati in tre distinte condizioni di carico elementari. Visualizzate l'elenco delle condizioni di carico elementari cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** 

Definisci condizioni di carico elementari

Stampa

CCE	Commento	Tipo CCE	Sic.	Var.	Peso	C. A.	Dir.	Tipo	s	Mx	My	Mz	Jpx	Jpy	Jpz
1	Carico verticale <->	1 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2	Carico orizzontale <->	1 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
3	Momento <-tm>	1 D.M. 08 Permanenti	a sfavore		<input type="checkbox"/>				1.00	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0

Applica Annulla

Nuova Modifica Elimina Rendi corrente Azzerà carichi OK

combinando tali condizioni di carico elementari in una o più combinazione delle condizioni di carico elementari (di tipo SLU statico nelle quali specificare i coefficienti moltiplicativi) è possibile definire i carichi rispetto ai quali si vuole analizzare il comportamento del palo.

Eseguite il calcolo della struttura con metodo FEM (vedi Calcolo struttura con metodo FEM) indicando i parametri relativi alle modalità di esecuzione del calcolo come segue: nella scheda **Generali** indicate *Normativa = Stati limite D.M. 18* e *Tipo di calcolo = Calcolo statico*; nella scheda **Dati struttura** deselezionate l'opzione che considera l'applicazione delle *Forze orizzontali convenzionali per stati limite non sismici*; nella scheda **Ambienti** deselezionate le opzioni che generano le combinazioni di carico per gli stati limite di esercizio; nella scheda **Combinazioni** indicate i coefficienti moltiplicativi dei tre carichi applicati scrivendone il valore nelle rispettive caselle eventualmente commentando la combinazione come set di carichi. Se, ad esempio, volete effettuare le verifiche per un carico verticale di 40 tonnellate, un carico orizzontale di 20 tonnellate ed un momento in testa di 10 tonnellate-metri dovete impostare la combinazione di condizioni di carico elementari come in figura.

Calcolo struttura con metodo FEM

Opzioni Salva Carica Esporta Importa

Generali | Dati struttura | Dati di piano | Dati di calcolo | Ambienti | Combinazioni | Opzioni pushover


Combinazioni

CC	Commento	TCC	An.	Bk	1	2	3
1	Set carichi 1	SLU	L	<input type="checkbox"/>	40.00	20.00	10.00

Elimina Inserisci

Ripristina valori predefiniti OK Annulla

Una volta eseguito il calcolo visualizzate i risultati come in **Modellazione e verifica delle fondazioni profonde**.

Per modificare i carichi applicati, richiamate le combinazioni delle condizioni di carico elementari carichi cliccando nel gruppo **Combinazioni** della scheda **Analisi** su **Modifica** 

e quindi modificate i coefficienti moltiplicativi dei tre carichi applicati, anche aggiungendo nuove combinazioni. Se, ad esempio, volete effettuare le verifiche per due combinazioni di cui una con un carico verticale di 20 tonnellate, un carico orizzontale di 15 tonnellate ed un momento in testa di 5 tonnellate-metri, ed una con un carico verticale di 10 tonnellate di trazione, un carico orizzontale di 10 tonnellate ed un momento in testa di 15 tonnellate-metri, dovete impostare la matrice delle combinazioni delle condizioni di carico elementari come in figura.

Informazioni combinazioni condizioni di carico elementari

Salva Carica Esporta Importa Stampa

CC	Commento	TCC	An.	Bk	1	2	3
1	Set carichi 1	SLU	L	<input type="checkbox"/>	40.00	20.00	10.00
2	Set carichi 2	SLU	L	<input type="checkbox"/>	-10.00	10.00	15.00

Elimina Inserisci OK Applica Annulla

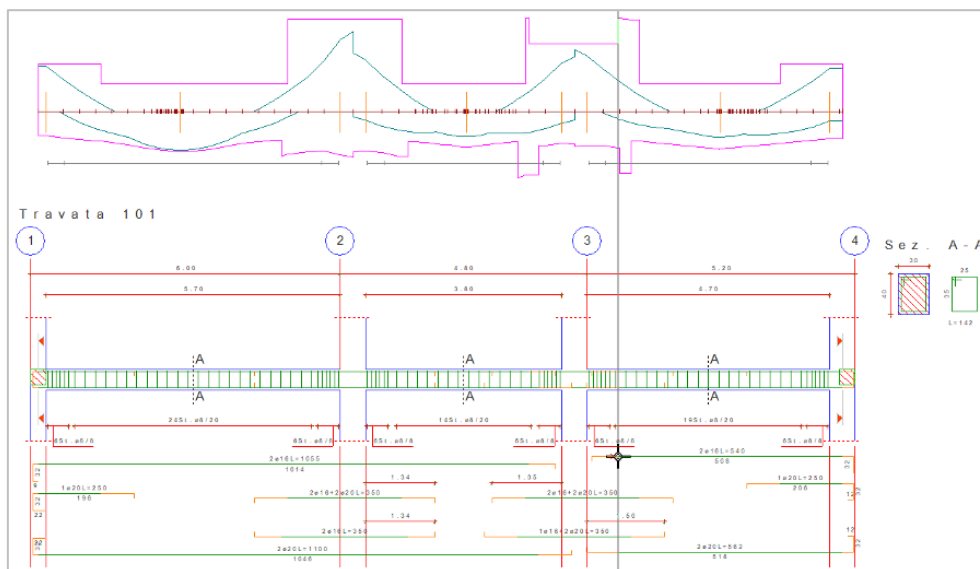
Una volta effettuata tale modifica non è necessario eseguire di nuovo il calcolo prima di visualizzare i risultati come in Modellazione e verifica delle fondazioni profonde.

Progettazione armatura

Progettazione automatica armature

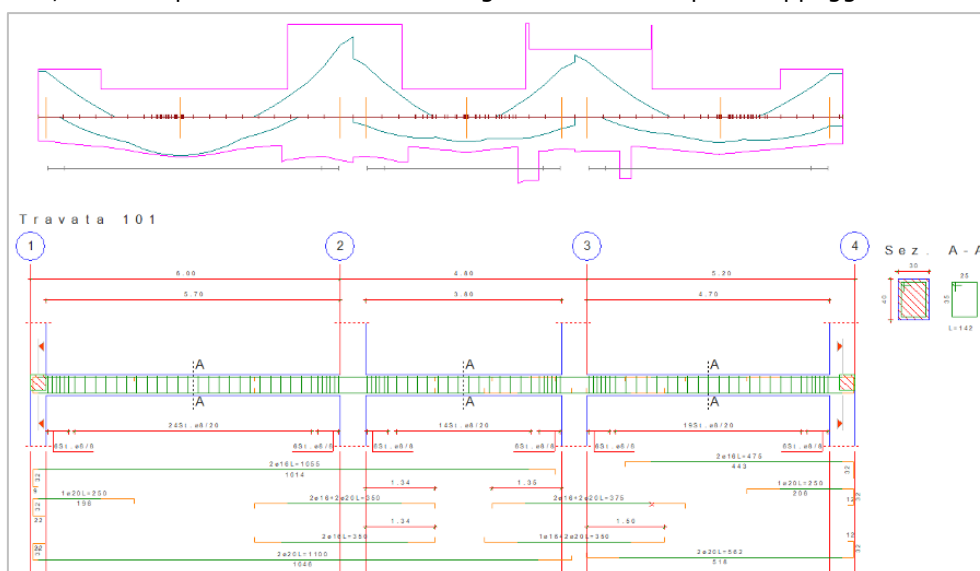
Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stata completata la fase di modellazione strutturale, che la struttura sia stata calcolata come indicato in calcolo struttura con metodo FEM e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).



Per eseguire l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** o **EDIF_P** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA** o **EDICA_P** (vedi **Rendere corrente una struttura**).



Potete notare come dinamicamente si modifichi la linea rossa che rappresenta il grado di copertura. Cliccate nuovamente lasciando scoperta una parte dell'armatura sull'appoggio di sinistra.



Continuate stirando il ferro superiore a cavallo del pilastro 3 cliccando sulla parte destra del ferro e, spostandovi verso destra, cliccate quando il ferro ha una lunghezza tale da coprire l'appoggio.





Se i ferri modificati si sovrappongono ai quelli già presenti potete ottimizzare la posizione dei ferri cliccando nel gruppo **Ferri** su **Disponi**  e poi su **Ottimizza disposizione** .


Dopo aver stabilito il ferro corrente è possibile anche modificare solo il diametro dei ferri presenti, senza modificarne la sagoma cliccando sul ferro da cambiare.

Disattivate il disegno del diagramma del momento flettente e dell'involuppo cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

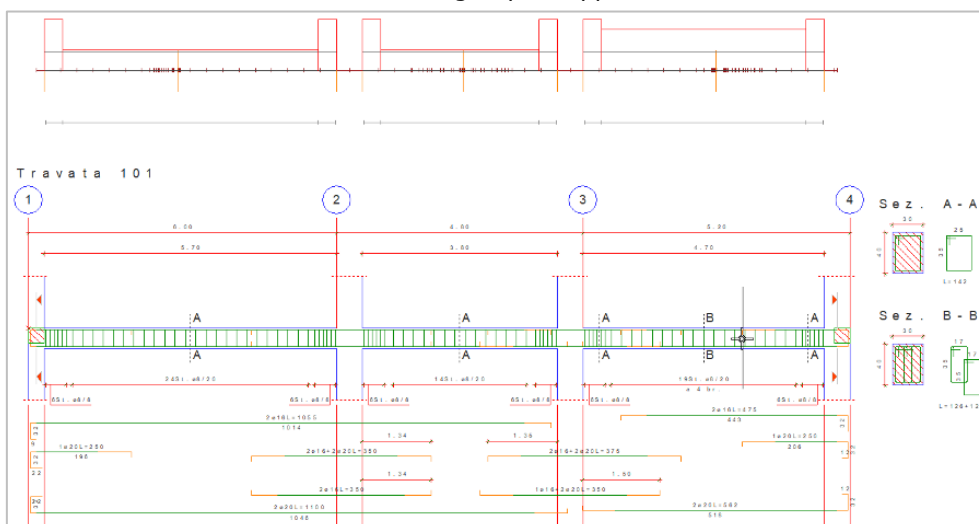
Attivate il disegno del diagramma del taglio cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Taglio**  che riporta, con la stessa simbologia utilizzata per il momento flettente, i diagrammi relativi ai vari stati limite. Analogamente a quanto detto per il momento potete visualizzare l'involuppo del taglio cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Involuppi**  in cui viene tracciato anche il taglio calcolato, secondo i principi della gerarchia delle resistenze, in funzione dei momenti resistenti alle estremità della trave con i necessari coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa e confrontarlo col diagramma del taglio resistente.

Disattivate il disegno del diagramma del taglio cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Taglio** .

Potete controllare visivamente se la staffatura inserita è sufficiente visualizzando l'area di staffatura necessaria ed il grado di copertura cliccando sul bottone **Area st.**  del gruppo **Diagrammi**.



Oltre all'armatura longitudinale è possibile modificare anche la staffatura. Impostate nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** come staffatura corrente 8 0.2 4 (per indicare staffe φ8 con passo 20 cm a 4 bracci) e assegnatela cliccando nel gruppo **Staffe** su **Assegna**  al tratto centrale dell'ultima campata sulla

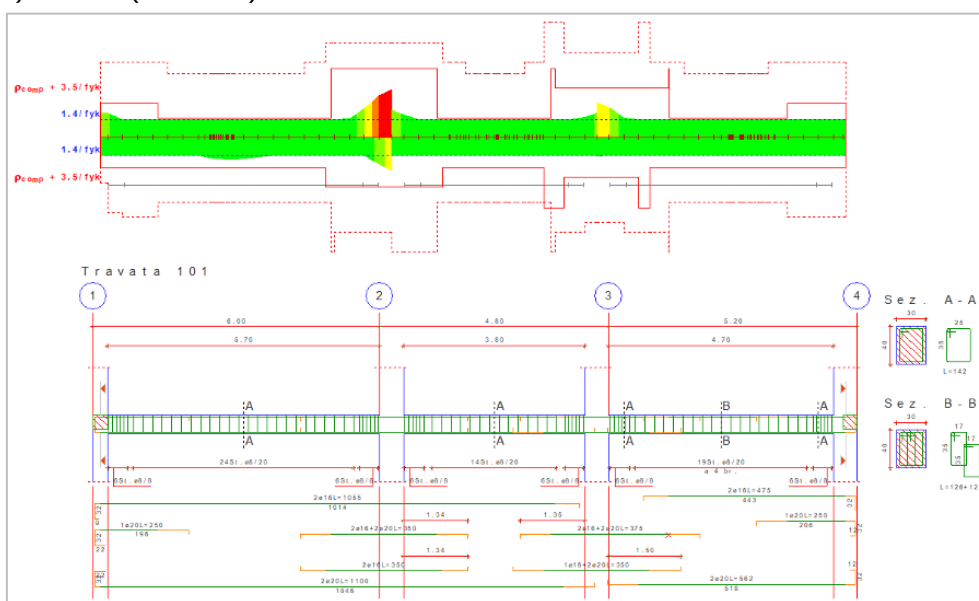
destra della travata cliccando come indicato in figura (nel tratto di staffatura da cambiare). Potete notare come ModeSt crei automaticamente un nuovo disegno per rappresentare le staffe a 4 bracci.





Disattivate il diagramma cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .


ModeSt consente di verificare graficamente il rispetto delle prescrizioni di normativa. Con riguardo alla percentuale di area di ferro inserita nella sezione, visualizzate la percentuale totale di armatura presente distinta



tra superiore ed inferiore cliccando nel gruppo **Af teoriche** su **Aste**  e poi su **% area di ferro divisa**  nel quale vengono riportati anche i limiti previsti dalla normativa rappresentati con due linee tratteggiate gialla (minimo) e rossa (massimo).



Poiché il disegno in alcune zone della trave si sovrappone a quello dei ferri d'armatura, spostate la posizione del diagramma cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Pos. diagr.**  specificando con il cursore grafico la nuova posizione.

Disattivate il diagramma cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Oltre che visivamente potete controllare anche numericamente se l'armatura inserita è sufficiente cliccando sul bottone **Ricalcola**  del gruppo **Generali** visualizzando eventuali anomalie riscontrate.

È possibile anche ottenere verifiche in qualunque punto della travata cliccando del gruppo **Generali** sulla freccia a destra di **Info verifiche**  e poi su **Info verifiche avanzate**  posizionandosi col cursore e cliccando nel punto interessato. ModeSt apre automaticamente una finestra di modellazione riportante la sezione, corrispondente al punto indicato della trave, con l'armatura longitudinale e trasversale ivi presente. In tale finestra è possibile solo effettuare verifiche senza poter intervenire in modo interattivo sulla sezione.

Per i procedimenti operativi riguardo quest'ultimo punto si veda **Progettazione interattiva armature sezioni**.

Chiudete la finestra di progettazione interattiva armatura travi senza salvare le modifiche effettuate.

Progettazione interattiva armature nuclei e pareti irrigidenti



Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt. Ciò non toglie che gli utenti della versione Free possono comunque attuare in altri contesti quanto di seguito riportato, con l'unica condizione di non superare il limite di 100 nodi.

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stata completata la fase di modellazione strutturale, che la struttura sia stata calcolata come indicato in calcolo struttura con metodo FEM e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Per eseguire l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF_P** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA_P** (vedi **Rendere corrente una struttura**). È altresì necessario che abbiate attivato una scatola di visualizzazione più grande con **BOX 100000 100000** (o F2) in vista prospettica con **PROS +** (o F4).


Nell'esempio in oggetto il vano ascensore è stato suddiviso in tre nuclei corrispondenti alle tre pareti del vano ascensore (vedi **Definizione dei nuclei**).


Progettate interattivamente il nucleo 102, nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-Processor** cliccate



su **Interattiva**  e poi su **Nuclei**  e quindi selezionate un muro/elemento bidimensionale appartenente al nucleo. Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.


Nell'esempio si suppone che sia stata eseguita la progettazione automatica dell'armatura dei nuclei (vedi **Progettazione automatica armature**).

Cambiate nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** il tipo di armatura corrente digitando 16 (per indicare 1φ16), selezionando come **Inserimento: Passo** per disporre i ferri in modalità a passo, digitando 0.25 (per indicare un passo 25 cm) e selezionando come **Modalità: Adattata** per completare la disposizione dei ferri in modo adattata.


Assegnatela a tutta la parete cliccando nel gruppo **Ferri** su **Assegna**  e poi sui ferri longitudinali. La modifica del diametro dei ferri longitudinali può essere effettuata anche con il tasto destro del mouse sul ferro → **Proprietà**.



Diminuite il diametro delle staffe impostando nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** come staffatura corrente 10 0.10 2 (per indicare staffe φ10 con passo 10 cm a 2 bracci) ed assegnatela cliccando nel gruppo **Zone staffatura** su **Assegna**  e poi sulle staffe. La modifica può essere effettuata anche con il tasto destro del mouse sulla staffa → **Proprietà**.

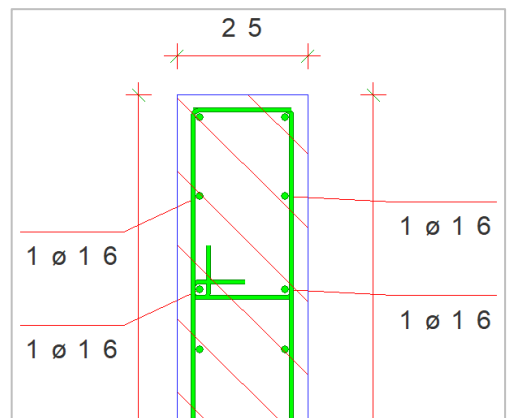
Effettuate un ingrandimento nello spigolo in alto cliccando nella **Barra di accesso rapido** su  ed eliminate i ferri verticali inseriti automaticamente cliccando nel gruppo **Ferri** su **Elimina**  e poi sui ferri all'interno della zona confinata delimitata dalla staffa.

Impostate nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** come ferro corrente 16 (per indicare 1φ16), selezionando come **Inserimento: Semiautomatica** per disporre i ferri in modalità semiautomatica e aggiungete cliccando nel gruppo **Ferri** su **Aggiungi**  due barre verticali per ogni lato posizionandole come in figura.

Ripetere le operazioni indicate anche per l'altro estremo del nucleo.




Controllate che l'armatura inserita soddisfi le verifiche cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** .



Dall'elenco delle verifiche effettuate nel pannello **Stato verifiche** rendete corrente il caso in cui si ha la minima sicurezza per N costante e visualizzate il relativo diagramma del dominio di rottura cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Dominio**  e poi su **Dominio a N costante** .



Continuate l'analisi dei risultati spostandovi sul secondo livello selezionandolo nell'elenco "Livello" nel pannello **Proprietà correnti**.

Dall'elenco delle verifiche effettuate nel pannello **Stato verifiche**, selezionate un caso relativo agli stati limite di esercizio.

Ottimizzate la scala di rappresentazione cliccando nella **Barra di accesso rapido** su  e visualizzate le mappe a colori relative alle tensioni nel calcestruzzo cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sigma c.**  e le tensioni nei ferri longitudinali cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sigma f.** .

Insieme al disegno esecutivo in pianta del nucleo è possibile attivare anche il disegno dell'armatura delle pareti in prospetto cliccando nel gruppo **Disegno** su **Parete**  e poi su **Aggiungi**  e quindi selezionando le pareti del nucleo.

Chiudete la finestra di progettazione interattiva armatura nuclei senza salvare le modifiche effettuate.



Progettazione interattiva armature solette/platee

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt. Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stata completata la fase di modellazione strutturale, che la struttura sia stata calcolata come indicato in calcolo struttura con metodo FEM e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).



Per eseguire l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF_P** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA_P** (vedi **Rendere corrente una struttura**).



La progettazione delle solette/platee richiede che sia stato preventivamente creato il disegno della relativa carpenteria di piano (vedi **Progettazione automatica armature**).

Progettate interattivamente la platea di fondazione, cliccate nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-**


Processor su **Interattiva**  e poi su **Solette/Platee**  e quindi specificate il nome della carpenteria di piano (CP0). Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.

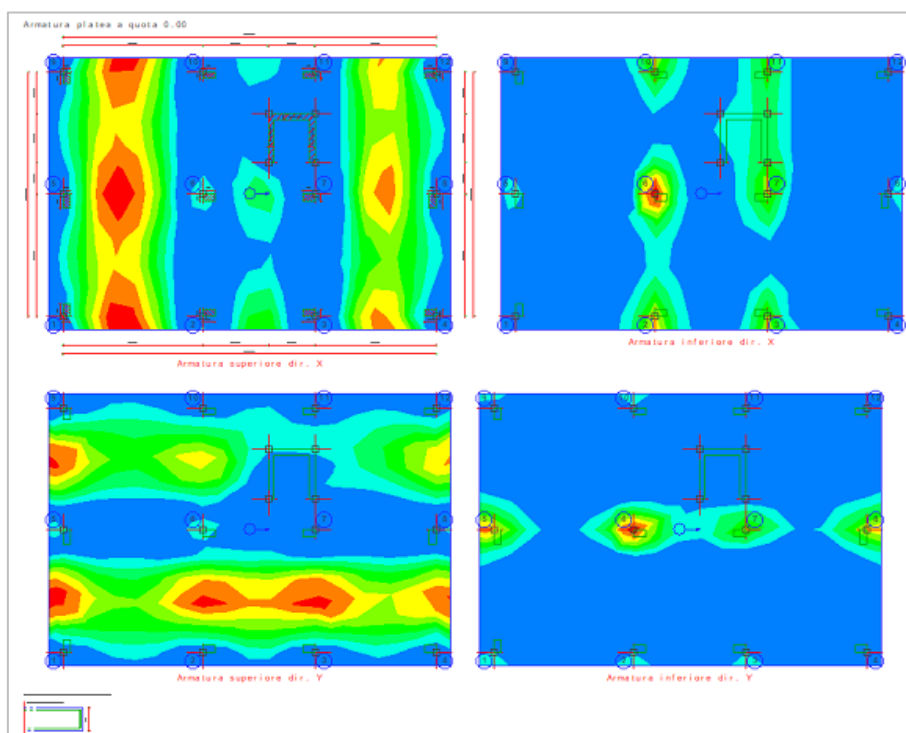
Al momento dell'apertura della progettazione interattiva la disposizione dei disegni d'armatura è quella imposta nei Criteri Generali delle Solette/Platee; modificate la disposizione del disegno principale e dei disegni


secondari d'armatura cliccando nel gruppo **Disegno** su **Disp.**  e poi su  per selezionare la configurazione 3A. Utilizzando le diverse configurazioni a disposizione, potete stabilire in qualunque momento il tipo di rappresentazione da utilizzare per l'armatura della platea.


Se è stata eseguita la progettazione automatica dell'armatura della platea di fondazione (vedi **Progettazione automatica armature**), eliminate l'armatura cliccando nel gruppo **Generali** su **Elimina prog.**  ed ottimizzate la scala di rappresentazione della finestra cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .



Visualizzate la mappa a colori dell'armatura teorica strettamente necessaria in direzione X superiore clic-

cando nel gruppo **Mappe** su **Af teo. bidi**  e poi su **Are di ferro X superiore** X_s . Continuate visualizzando anche quella inferiore in direzione X (X_i) e quelle superiori ed inferiori in direzione Y (Y_s e Y_i). Puntualizziamo che tali mappe rappresentano le aree di ferro strettamente necessarie allo stato limite di esercizio.




Impostate nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** come ferro corrente 14 0.25 (per indicare ferri $\phi 14$ con passo 25 cm) e assegnatela cliccando nel gruppo **Zone armature** su **Assegna**  e poi all'interno di ciascuno dei quattro disegni per indicare che l'armatura è di tipo diffuso.

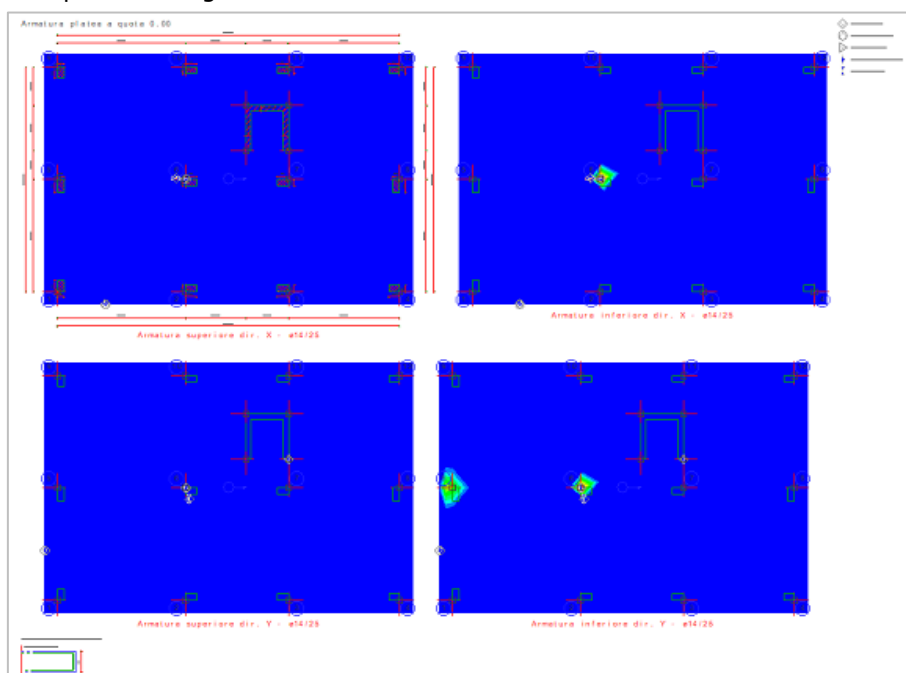
Controllate che l'armatura inserita soddisfi le verifiche cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** . Il programma segnala le anomalie riscontrate ed evidenzia che non sono soddisfatte alcune verifiche allo stato limite ultimo. Chiudete la finestra delle anomalie.

Attivate il disegno dei punti in cui sono state effettuate le verifiche a flessione relative all'armatura longitudinale cliccando nel gruppo **Disegno** su **Punti ver.** . Facciamo notare che tutti i nodi appartenenti alla soletta/platea vengono classificati come punti in cui effettuare le verifiche se necessario, la classificazione può essere modificata in "Non verificare" o in "Verifica sempre" cliccando nel gruppo **Punti verifica** su **Modifica** . La modifica in sostanza permette di aggiungere o eliminare i punti di verifica determinati automaticamente dal programma.

Tali punti vengono rappresentati con un simbolo che indica la direzione di verifica ed assume colore verde in caso di verifica soddisfatta, rosso in caso di verifiche non soddisfatte e blu se le verifiche sono da aggiornare. Potete constatare come ci siano alcuni punti di verifica che risultano di colore rosso nonostante si trovino in una zona dove dal colore delle mappe sembrerebbe non esserci bisogno di armatura integrativa.


Per comprenderne il motivo, visualizzate la differenza tra momento sollecitante e momento ultimo per mo-

mento negativo in direzione X cliccando nel gruppo **Mappe** su **M-Mu bidi**  e poi su **Differenza fra M e Mu per Mxx neg.** Δ_{x-} e per momento positivo sempre lungo X cliccando su **Differenza fra M e Mu per Mxx pos.** Δ_{x+} . Nello stesso modo visualizzate anche le differenze tra momento sollecitante e momento ultimo per momento negativo e positivo lungo la direzione Y.

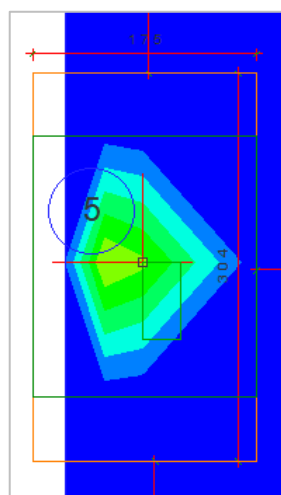



Notate come nei punti menzionati le differenze tra momento sollecitante e momento ultimo, agenti lungo X e Y, risultano non completamente assorbiti dall'armatura presente e quindi come sia necessario disporre un'area aggiuntiva di armatura. L'esempio ci permette di sottolineare come non sia sufficiente dimensionare l'armatura con riferimento alla sola condizione di esercizio perché le verifiche potrebbero poi risultare non soddisfatte per lo stato limite ultimo.

In particolare in prossimità del pilastro 5, occorre inserire un'armatura sul bordo inferiore della platea in direzione lungo Y. Volendo inserire un'area di armatura aggiuntiva sul bordo inferiore in direzione lungo Y, disattivate la modalità di posizionamento automatico deselectando **Automatico** nella sezione **Posizionamento** del pannello **Proprietà correnti** e scegliete di posizionare l'armatura in direzione Y al lembo inferiore selezionando **Y inferiore**.

Ingrandite la zona nelle vicinanze del pilastro 5 cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Utilizzate un tipo di armatura centrata su un punto generico scegliendola dall'elenco di **Tipo di zona** nella sezione **Zone concentrate** del pannello **Proprietà correnti**




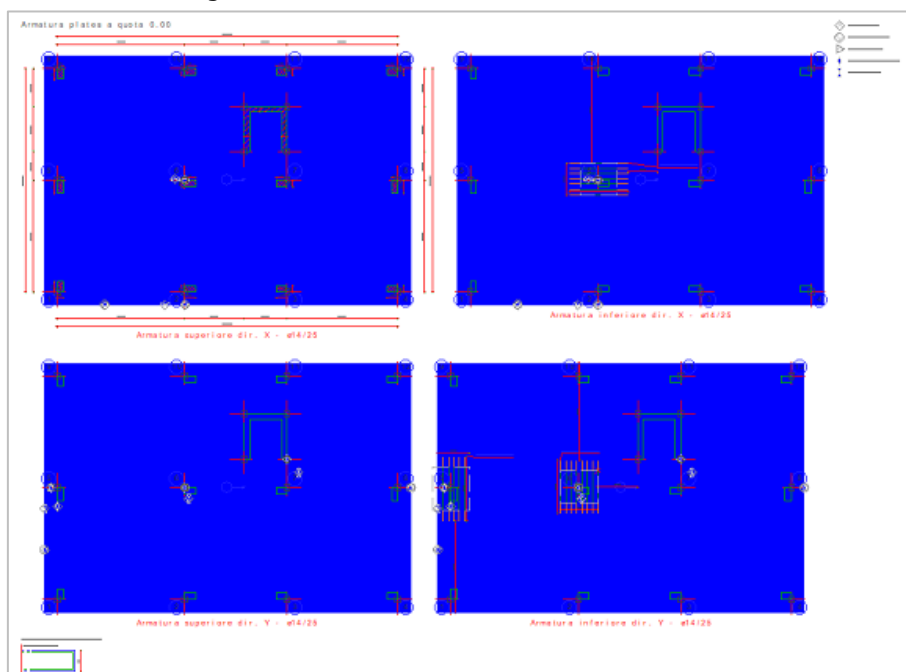
ed aggiungete l'armatura cliccando nel gruppo **Zone armature** su **Aggiungi**  e poi sul centro della zona e spostandovi con il mouse fino a quando l'area interna al rettangolo non contenga tale zona, come riportato in figura.




Osservate come la legenda resta immutata mentre cambia il colore della mappa nella zona in cui avete aggiunto l'armatura, evidenziando così se l'armatura integrativa è stata inserita in quantità sufficiente. Le parti esterne al rettangolo, di colore arancione, rappresentano i tratti di ancoraggio.



Ottimizzate la scala di rappresentazione della finestra cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

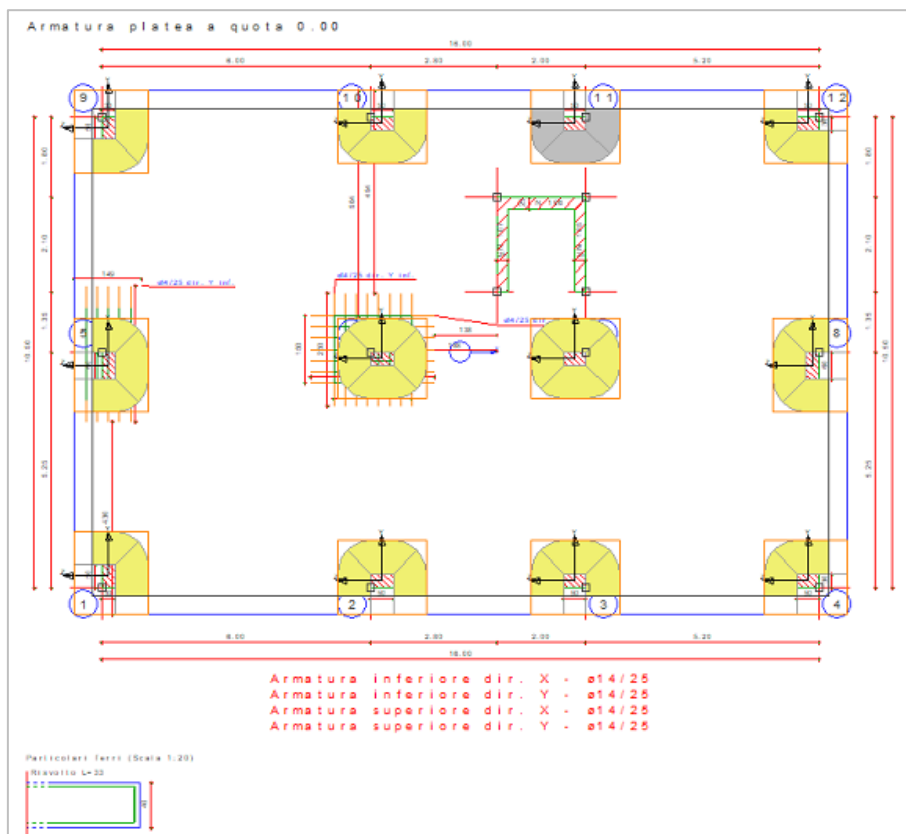
Poiché dalle mappe relative alle armature si evince una mancanza di ferro al lembo inferiore e superiore lungo Y e al lembo inferiore lungo X della platea in prossimità del pilastro 6, attivate la disposizione dell'armatura sia in direzione Y superiore selezionando **Y superiore** sia lungo X inferiormente selezionando **X inferiore** nella sezione **Posizionamento** del pannello **Proprietà correnti**.

Adottate una zona concentrata di tipo rettangolare scegliendola dall'elenco di **Tipo di zona** nella sezione **Zone concentrate** del pannello **Proprietà correnti** ed aggiungetela cliccando nel gruppo **Zone armature** su **Aggiungi**  nel modo precedentemente descritto disegnando un'area che contenga il pilastro 6, fino ad ottenere il risultato mostrato in figura.



Modificate la disposizione dei disegni nel tipo 1 cliccando nel gruppo **Disegno** su **Disp.**  e poi su . Disattivate la visualizzazione della mappa e dei punti di verifica cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Effettuate nuovamente la verifica della platea cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** . Il programma segnala le anomalie riscontrate ed evidenzia che non sono soddisfatte le verifiche a taglio e a punzonamento. Chiudete la finestra delle anomalie e disegnate le piramidi di rottura cliccando nel gruppo **Punzonamento** su **Punzonamento** . Le quali vengono colorate in grigio se lo sforzo sollecitante di punzonamento V_{Ed} è inferiore allo sforzo resistente V_{Rd} , in giallo nel caso contrario indicando così le zone in cui è necessaria un'armatura a punzonamento.



Nel nostro esempio sono necessarie armature a punzonamento in corrispondenza di tutti i pilastri tranne il pilastro 11, progettate l'armatura a punzonamento cliccando nel gruppo **Punzonamento** su **Progetta**

Modificate la disposizione dei disegni nel tipo 2C cliccando nel gruppo **Disegno** su **Disp.** e poi su . Disattivate la visualizzazione delle piramidi di rottura cliccando nella **Barra di accesso rapido** su . Per individuare le zone non verificate a taglio, visualizzate la differenza tra il taglio sollecitante e il taglio

ultimo in direzione X cliccando nel gruppo **Mappe** su **T-Tu bidi** e poi su **Differenza max fra T e Tu in dir. X** Δ_x e in direzione Y cliccando su **Differenza max fra T e Tu in dir. Y** Δ_y .

Notate come alcune di queste zone si trovino in prossimità dei pilastri 6 e 7 ed in particolare all'interno della piramide di punzonamento, per cui possiamo ritenere che tali zone possano essere escluse dalla verifica a taglio. Per escludere tali punti di verifica cliccate nel gruppo **Generali** su **Mod. criteri** e nella sezione "Verifiche a taglio" selezionate il parametro "Escludi punti di verifica sotto piramidi di punzonamento".

Effettuate nuovamente la verifica della platea cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** . Chiudete la finestra di progettazione interattiva armatura solette/platee senza salvare le modifiche effettuate.

Progettazione interattiva armature plinti

Progetto di un plinto collegato ad una struttura

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e rendete corrente la struttura **EDIACC** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Posizionatevi sull'impalcato 0 cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 0 a 0.00", attivate una finestra di visualizzazione più piccola in vista piana di lavoro cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana". Attivate il disegno del numero dei nodi e delle aste clic-

cando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà** e selezionando "Numero" sia nella sezione "Nodi" che "Aste".

Definite un tipo di plinto cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**



e poi su **Tipi plinti/pali** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Tipologia: Gradoni

A1: 0.70

A2: 0.50

A3: 0.70

B1: 0.70

B2: 0.50

B3: 0.70

H1: 0.30

H2: 0.30

c1: 0.10

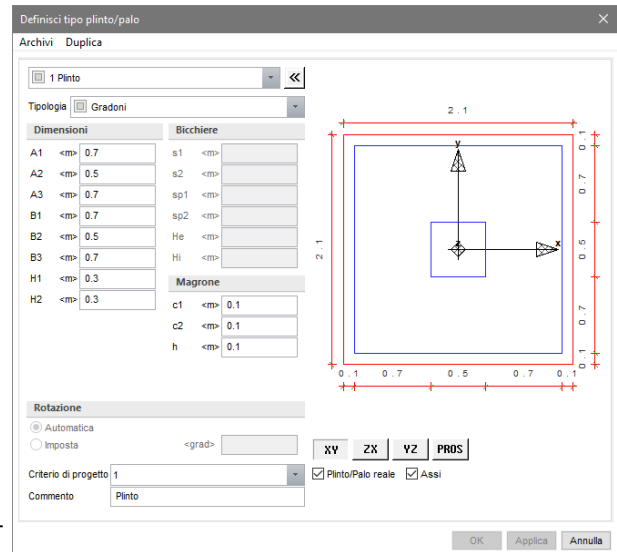
c2: 0.10

h: 0.10

Criterio di progetto: 1

Commento: Plinto

e cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.



Aggiungete i plinti, cliccate nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Plinti/Pali** e quindi

selezionate tutti i nodi visibili cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Posizionatevi in vista prospettica e attivate una scatola di visualizzazione più grande cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "Prospettiva" e "Togli BOX".

Attivate il disegno del numero dei plinti cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**



proprietà e selezionando "Numero" nella sezione "Plinti/Pali". Numerate automaticamente i plinti cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera** e poi su **Plinti/Pali** .

Lanciate il calcolo della struttura effettuando un'analisi sismica dinamica secondo il D.M. 17/01/18 (vedi **Calcolo della struttura con metodo FEM**) modificando solo i parametri seguenti:

Sito di costruzione: Prato, Via F. Ferrucci 203

Tipologia edificio: Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva

Modi da calcolare: 9


Inviluppate i plinti cliccando nel gruppo **Inviluppi** della scheda **Post-Processor** su **Definizione** e poi

su **Plinti/Pali** . Si aprirà la finestra di dialogo rappresentata in figura, in cui occorre specificare i numeri dei plinti da involuppare. Su ogni riga è possibile specificare un solo involuppo, indicando il numero del plinto "principale" e, separati da spazio, i numeri degli altri plinti. Specificate nella prima riga i numeri 1, 4, 13 e 16, nella seconda riga i numeri 2, 3, 14 e 15 e nella terza i numeri 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12. La definizione degli involuppi può avvenire anche in modo grafico-interattivo cliccando sul bottone "Interattivo", selezionando i plinti appartenenti all'involuppo e premendo "Invio" per concludere la definizione dell'involuppo oppure far definire automaticamente dal programma cliccando sul bottone "Automatico".




Progettate interattivamente il plinto 1, cliccate nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-Processor**

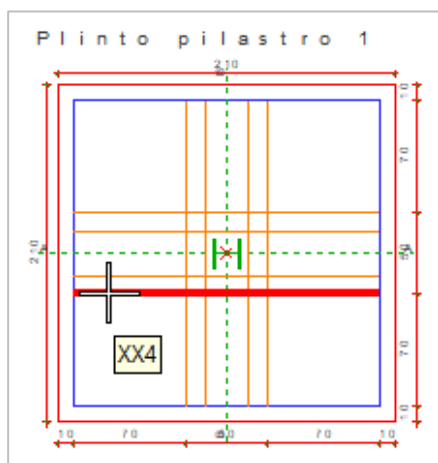
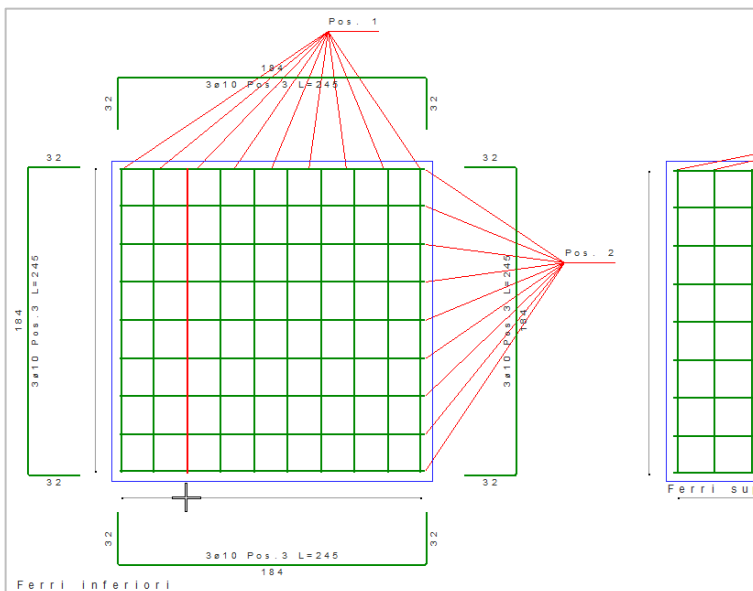
su **Interattiva** e poi su **Plinti/Pali** e quindi selezionate il plinto. Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.


Progettate automaticamente l'armatura del plinto cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.** .


Potete integrare o modificare interattivamente l'armatura proposta sia sul disegno tecnico che sulla vista prospettica del plinto.


Stabilite nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** come ferro corrente 10 (per indicare $1\phi 10$), selezionando come **Inserimento: Automatica** per disporre i ferri in modo che i ferri si posizionino automaticamente sugli angoli e sui lati del plinto così da dividere il lato in parti uguali.



Inserite i ferri cliccando nel gruppo **Ferri** su **Aggiungi**  e poi cliccando sulle **linee guida** come rappresentato in figura.



Effettuate il calcolo per controllare che l'armatura presente nel plinto sia sufficiente e che siano rispettati i minimi di regolamento cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** .

Attivate il disegno dei piani di verifica cliccando nel gruppo **Disegno** su **Punti verifica** ; questi rappresentano i piani in cui sono state effettuate le verifiche relative all'armatura.

Dall'elenco delle verifiche effettuate, nel pannello **Stato verifiche** rendete corrente il caso in cui si ha la massima tensione di compressione nel calcestruzzo selezionando "C.Q.Per. Sc min. (max compr.)". Visualizzate le mappe a colori relative alle tensioni nel calcestruzzo cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sigma c.**  e selezionando il piano di verifica XX4 come rappresentato in figura.

Continuate visualizzando anche le tensioni sui ferri cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sigma f.**  e le tensioni sul terreno **Sigma t.** .


Progetto di un plinto indipendente dalla struttura

La progettazione dei plinti può essere effettuata anche quando il progettista ha a disposizione solo le reazioni vincolari di una sovrastruttura calcolata da altri (caso classico dei prefabbricati). Occorre, in tal caso, procedere alla definizione di una serie di nodi (la cui posizione non è rilevante), definire i plinti ad essi associati ed i pilastri incidenti (le cui dimensioni sono comunque necessarie per le verifiche a punzonamento). Sarà poi sufficiente inserire le reazioni vincolari come carichi sui nodi e procedere al calcolo della struttura, riportandosi al caso equivalente in cui si progettano i plinti associati ad una "reale" sovrastruttura.

Nel caso di strutture calcolate secondo il D.M. 17/01/18, prima di procedere al progetto dell'armatura dei plinti, occorrerà eseguire un'analisi sismica statica della struttura senza l'ipotesi di piano rigido, affinché le reazioni vincolari derivanti dai carichi nodali applicati siano amplificate di γ_{Rd} , selezionare un qualsiasi sito di costruzione in quanto influente, impostare la "Classe di duttilità" adottata nel calcolo della sovrastruttura e lasciare tutte le altre opzioni impostate come per default. Nella scheda "Ambienti" eliminare l'ambiente 1 "Calcolo sismico". Ipotizzando poi che i dati forniti siano già relativi alle combinazioni delle CCE, andrà definita una matrice delle combinazioni diagonale quindi, nella scheda "Combinazioni" si dovrà aggiungere un numero di righe tali da avere il numero delle righe (CC) uguale al numero delle colonne (CCE definite) e modificare la matrice delle combinazioni in modo da ottenere una matrice diagonale. Assegnare poi ad ogni CC il "Tipo di combinazione di carico" ad esempio, se nella prima CC è presente la CCE relativa alle reazioni vincolari relative allo stato limite di vita selezioneremo la voce "SLV" dalla casella di riepilogo a discesa.


Una volta lanciato ModeSt create un nuovo progetto (vedi **Creazione di un nuovo progetto**) assegnandoli il nome **PLINTI**, inserite una nuova struttura (vedi **Inserimento di una nuova struttura in un progetto**) assegnandole il nome **PLIN_1**.


Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

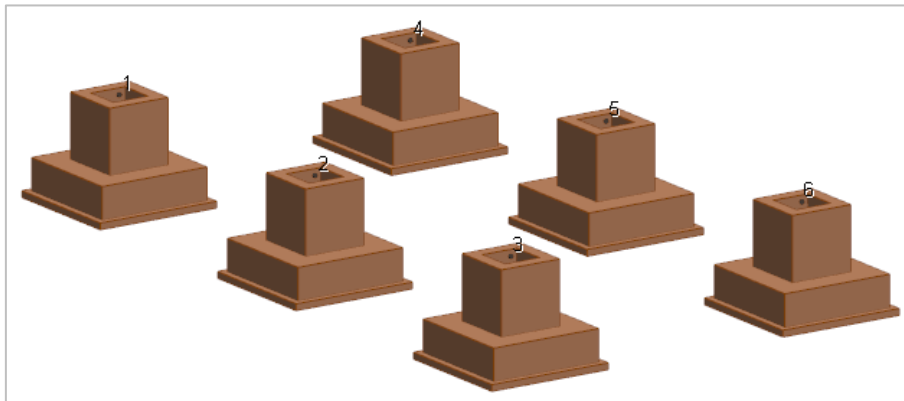
proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

Definite un tipo di plinto cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**



e poi su **Tipi plinti/pali** , cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate: **Tipologia** Rettangolare + bicchiere, **A1** 0.90, **A2** 0.90, **B1** 0.90, **B2** 0.90, **H1** 0.50, **s1** 1, **s2** 1, **sp1** 0.20, **sp2** 0.20, **He** 1, **Hi** 1, **c1** 0.10, **c2** 0.10, **h** 0.10, **Criterio di progetto** 1, **Commento** Plinto rettangolare con bicchiere e cliccate due volte il bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Aggiungete i plinti cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Plinti/Pali**  ed indicando le coordinate: 0,0; 5,0; 10,0; 0,5; 5,5; 10,5.




Posizionatevi in vista prospettica cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Prospettiva" e ottimizzate il disegno cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Per consentire le verifiche a punzonamento e la determinazione dei punti di flessione occorre che vengano inseriti anche dei monconi di pilastro con le opportune dimensioni in pianta e di lunghezza qualsiasi in quanto ininfluente.

Definite una sezione cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**



e poi su **Sezioni aste** , cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Membratura: Pilastro

Verifica prevista: Cemento armato

Materiale: 6 (Calcestruzzo classe C28/35)

Criterio di progetto: 1 (Pilastri rettangolari con ferri dal 16 al 22 e staffe del 6 e 8)



Sezione: Rettangolare


Dati: B=0.40, H=0.40

Commento: Pilastro


e cliccate due volte il tasto "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Definite un impalcato a quota 1 metro cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Pro-**



prietà elementi  e poi su **Impalcati** , cliccate sul bottone "Inserisci", specificate come **Quota:** 1.00 e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà correnti** impostate il filo fisso asta corrente 55 e aggiungete i pilastri cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e poi sui nodi.

Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Nodi" e "Aggiungi alla selezione". Selezionate tutti


i nodi a quota Z=0 cliccando nel pannello **Selezioni** su  e poi sul nodo 1. Assegnate il vincolo nodale 2 (Incastro) selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa "Vincolo" nel pannello **Proprietà elementi selezionati**.


Deselezionate tutto cliccando nel pannello **Selezioni** su .

Numerate automaticamente i plinti cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numerazione**  e poi su **Plinti/Pali** .



Nel nostro esempio ipotizziamo che le reazioni vincolari siano già relative alle combinazioni delle CCE e che provengano da una struttura calcolata sismicamente secondo il D.M. 17/01/18, per semplicità ipotizziamo di avere tre gruppi di reazioni vincolari di cui le prime due relative al sisma in X e Y e la terza relativa ai carichi

verticali. Le reazioni vincolari che si hanno a disposizione si applicano sui nodi come carichi nodali con le convenzioni sui segni utilizzate dal programma.

Definite un tipo di condizione di carico elementare cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **Tipi CCE** , cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate: **Tipologia** Permanente, γ_{min} 1, γ_{max} 1, **Commento** Reazioni vincolari da prefabbricato; cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Definite una condizione di carico elementare, dove archiviare i carichi sui nodi, cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate: **Tipo CCE** 20 (Reazioni vincolari da prefabbricato), **Commento** "Sisma X" e, lasciando gli altri valori di default, cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Eliminate il peso proprio della struttura deselegando l'opzione nella colonna "Peso" e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Definite i carichi nodali cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **Tipi carichi**  e poi su **Nodi** , cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:

Forza in dir. X: -4424

Forza in dir. Y: 1645

Forza in dir. Z: 46389

Momento intorno all'asse X: -2425

Momento intorno all'asse Y: -28345

Momento intorno all'asse Z: 0


Commento: Carico nodo 101

cliccate sul bottone "Applica" e continuate definendo gli altri carichi

Carico nodo	Forza in dir. X	Forza in dir. Y	Forza in dir. Z	Momento intorno all'asse X	Momento intorno all'asse Y	Momento intorno all'asse Z	Commento
102	-4424	0	64478	0	-28345	0	Carico nodo 102
103	-4424	2963	78228	-4369	-28345	0	Carico nodo 103
104	-4424	1645	46389	-2425	-28345	0	Carico nodo 104
105	-7212	0	102666	0	-32455	0	Carico nodo 105
106	-4424	2963	78227	-4369	-28345	0	Carico nodo 106

Selezionate il nodo 101 cliccando su di esso e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° carico manuale" il carico nodale 1 (Carico nodo 101).

Nel pannello **Selezioni** cliccate su **Sostituisci alla selezione**. Selezionate il nodo 102 cliccando su di esso e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate dalla casella di riepilogo a discesa "1° carico manuale" il carico nodale 2 (Carico nodo 102). Continuate l'assegnazione dei carichi inizialmente selezionando il nodo e successivamente assegnando al nodo il relativo carico.

Per evitare di dover ripetere le operazioni suddette anche per il gruppo di reazioni vincolari relative al sisma Y ed ai carichi verticali, duplicate la CCE 1 cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , selezionate la riga e cliccate sul bottone "Modifica"; nella finestra di dialogo cliccate due volte sulla voce di menu "Duplica" e cliccate sul bottone "Annulla" per uscire dalle finestre di dialogo. Modificate il commento della seconda CCE in "Sisma Y" e della terza in "Carichi verticali"; cliccate sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Lanciate il calcolo della struttura effettuando un'analisi sismica statica senza impalcato rigido secondo il D.M. 17/01/18 (vedi **Calcolo della struttura con metodo FEM**) selezionate un qualsiasi sito di costruzione e lasciate tutte le altre opzioni impostate come per default.

Nella scheda "Dati struttura" deselegante **Forze orizzontali convenzionali per stati limite non sismici**.

Nella scheda "Ambienti" eliminate l'ambiente 1 "Calcolo sismico" e nell'ambiente 2 "Calcolo statico" deselegante le colonne SLR, SLF, SLQ lasciando così solo SLU.

Essendo i dati forniti già relativi alle combinazioni delle CCE andrà definita una matrice delle combinazioni diagonale quindi, nella scheda "Combinazioni" aggiungete un numero di righe tali da avere il numero delle righe (CC) uguale al numero delle colonne (CCE), nel nostro esempio due righe, e modificate la matrice delle combinazioni in modo da ottenere una matrice diagonale. Assegnate ad ogni CC il relativo "Tipo di

combinazione di carico". Nel nostro esempio alla prima e seconda CC, essendo relative allo Stato limite di vita, selezioniamo SLV mentre per la terza selezioniamo SLU. Assegnando alle CC come "Tipo di combinazione di carico" quello SLV le reazioni vincolari derivanti dai carichi nodali applicati verranno amplificate di γ_{Rd} applicando così quanto prescritto nella circolare al punto C7.4.5.1.1 per la verifica dei bicchieri dei plinti.

Eseguite il calcolo della struttura in modo da trasformare i carichi nodali assegnati nelle reazioni vincolari che verranno poi utilizzate nel progetto dei plinti.

Utilizzando i comandi e le procedure illustrate precedentemente potete progettare automaticamente ed interattivamente l'armatura dei plinti.

Progettazione interattiva armature solai

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo PSOL.

Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stata completata la fase di modellazione strutturale e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).



Per eseguire l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA** (vedi **Rendere corrente una struttura**). È altresì necessario che vi siate posizionati sul primo impalcato cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "POIM 1 a 3.00", attivato una scatola di visualizzazione più piccola e in vista piana cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana".

Si suppone che siano state create le carpenterie di piano poiché richiesto dalla progettazione interattiva solai (vedi **Progettazione automatica armature**).


Facciamo osservare che potete differenziare la rappresentazione grafica della carpenteria dei solai da quella dell'impalcato attraverso i parametri di disegno dei criteri generali dei solai quest'ultimi accessibili cliccando

nel gruppo **Criteri** della scheda **Post-Processor** su **Strutturali** .

Progettate interattivamente l'armatura dei solai del primo impalcato, nel gruppo **Progettazioni** della scheda

Post-Processor cliccate su **Interattiva**  e poi su **Solai**  e quindi specificate il nome della carpenteria di piano (CP1). Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.


Definite graficamente gli schemi di calcolo dei solai da progettare cliccando nel gruppo


Schemi su **Aggiungi**  e tracciando per ogni schema una linea per quanto possibile parallela all'orditura dei solai che intersechi i solai da analizzare come indicato in figura.


ModeSt individua automaticamente le luci di calcolo, le larghezze degli appoggi e i valori dei carichi uniformemente distribuiti (permanenti ed accidentali) relativi ai solai interessati dallo schema.

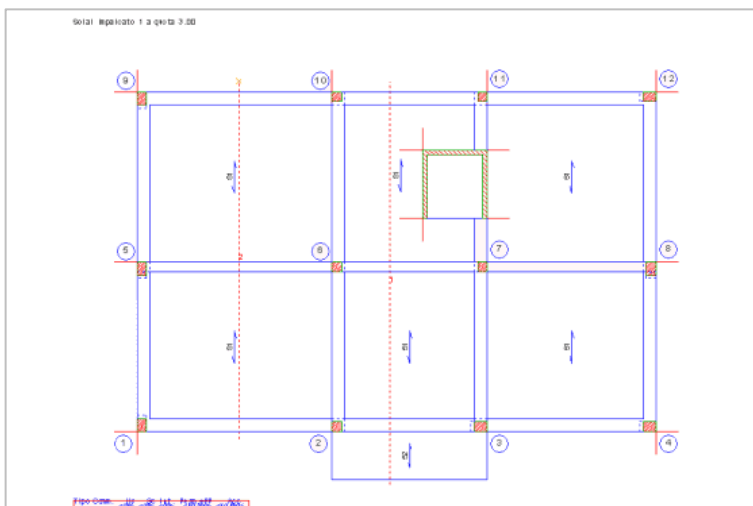
La progettazione dell'armatura viene effettuata integrando l'armatura di base del solaio con una combinazione di barre da porre in opera scelta automaticamente tramite i criteri di progetto fra quelle definite in archivio in modo da coprire l'area di ferro necessaria.

Questo archivio, fornito con il programma, consente di definire, per ogni tipologia di solaio, le combinazioni dei ferri più frequentemente usate o che si adattano al caso in esame e che verranno poste in opera.

Definite una combinazione dei ferri inferiori per i solai del tipo a Travetto cliccando nel gruppo **Generali** su **Mod. comb. ferri**  e nella finestra di dialogo selezionate "Inferiori" e, posizionandosi sull'ultima riga della tabella, digitate nella colonna relativa al "Primo ferro" come "Numero" 1 e "Diametro" 12 (per indicare 1φ12), cliccate sul bottone "Chiudi" per uscire dalla finestra di dialogo. Ripetete la stessa operazione anche per i ferri superiori.

Progettate automaticamente l'armatura degli schemi dei solai cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.** .

Modificate l'armatura dello schema 2 progettata automaticamente cliccando nel gruppo **Armatura** su **Modifica**  e quindi cliccate sulla linea rappresentativa dello schema di calcolo del solaio. Si aprirà una finestra di dialogo nella quale troverete il solaio già progettato.



In tale finestra è possibile modificare l'armatura proposta, inserire in campata dei carichi concentrati e/o rompitratta (note anche come corree di ripartizioni), specificare la larghezza di eventuali fasce piene all'estremità di ogni singola campata (si veda **Modifica armatura schema solaio** sul manuale d'uso).

In particolare nel nostro esempio modificheremo l'armatura del primo appoggio, inseriremo nella mezzeria della prima campata sia un carico concentrato (considerato come carico permanente non strutturale) rappresentante una tramezzatura con peso pari a 800 kg/mq, altezza 2.60 m e spessore 0.10 m per cui il valore del carico permanente è 2080 kg/m (800x2.60) e il valore di Lcar è 0.10m, sia un rompitratta con base di 20 cm e altezza 10 cm è armato con 2+2φ8 e staffe φ6/20. Inoltre, inseriremo nella mezzeria della seconda campata solo un rompitratta con base di 20 cm e altezza 10 cm è armato con 2+2φ8 e staffe φ6/20.

Eliminate il ferro piegato e cambiate il numero degli altri ferri sull'appoggio 1 quindi, selezionate **Sbalzo sx / Appoggio 1** e specificate nella seconda riga della tabella "Ferri appoggio 1" come **Numero ferri=0** mentre sulla prima riga imponete **Numero ferri=2** e cliccate sul bottone "Applica".

Selezionate la **Campata 1** specificando nella prima riga della tabella "Carichi e rompitratta campata 1" come **X=2.35, Perm=2080, Acc=0, Lcar=0.1, $\gamma_{min. p}=0, \gamma_{max. p}=1.5, \gamma_{min. a}=0, \gamma_{max. a}=0, \psi_0=0, \psi_1=0, \psi_2=0, Br=0.20, Hr=0.10, Nfr=2, \phi_{Fr}=8, \phi_{Sr}=6, Psr=0.20$** e cliccate sul bottone "Applica".

Selezionate la **Campata 2** specificando nella prima riga della tabella "Carichi e rompitratta campata 2" come **X=2.75, Perm=0, Acc=0, Lcar=0, $\gamma_{min. p}=0, \gamma_{max. p}=0, \gamma_{min. a}=0, \gamma_{max. a}=0, \psi_0=0, \psi_1=0, \psi_2=0, Br=0.20, Hr=0.10, Nfr=2, \phi_{Fr}=8, \phi_{Sr}=6, Psr=0.20$** e cliccate sul bottone "Applica".

Chiudete la finestra di progettazione interattiva armatura solai salvando le modifiche effettuate.

Progettazione interattiva armature sezioni

In progettazione interattiva sezioni è possibile armare con ferri longitudinali e staffe sezioni in calcestruzzo armato di forma poligonale anche con più fori all'interno.

La sezione in cemento armato può essere una di quelle definite oppure la sezione di un insieme di elementi bidimensionali o di muri presente nel modello. Definito il piano con il quale sezionare i muri/elementi bidimensionali tramite la selezione di due nodi giacenti nel piano stesso, viene automaticamente generata una sezione di geometria equivalente, completa di eventuali raccordi d'angolo.

Si fa notare che la sezione è verificabile solo se ha verifica prevista cemento armato e che i criteri utilizzati dipendono dal tipo di membratura specificata (Trave, Pilastro o Generica).




La progettazione interattiva può essere eseguita considerando sollecitazioni provenienti da una o più aste caratterizzate dalla sezione in esame o con sollecitazioni inserite manualmente.

Per i muri/elementi bidimensionali le sollecitazioni vengono determinate integrando le sollecitazioni o le tensioni dei muri/elementi bidimensionali selezionati sul piano di sezione.

Sollecitazioni automatiche

Per progettare interattivamente una sezione prelevando le sollecitazioni in modo automatico si hanno due possibilità:

Prima possibilità




Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccare su **Interattiva** , selezionare "Sezioni" e poi cliccare su **Sollecitazioni automatiche** , quindi specificare il numero della sezione. Il numero della sezione può essere specificato cliccando sull'asta o mediante valore numerico, nel primo caso troverete la sezione con le sollecitazioni dell'asta selezionata mentre nel secondo caso occorrerà definire le sollecitazioni cliccando nel gruppo **Generali** su **Ridef. aste ass.**  e poi selezionare le aste che abbiano la sezione indicata precedentemente.

Seconda possibilità

Con il **Tasto destro** sull'asta o su un insieme di aste selezionate → **Elaborazioni e Ms-Cad** → **Progettazione interattiva sezioni**.

Sollecitazioni manuali

Per progettare interattivamente una sezione con sollecitazioni inserite manualmente occorre procedere nel seguente modo:

Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccare su **Interattiva** , selezionare "Sezioni" e poi cliccare su **Sollecitazioni manuali** , quindi specificare il numero della sezione. Il numero della sezione può essere specificato cliccando sull'asta o mediante valore numerico. In entrambi i casi occorrerà definire le sollecitazioni cliccando nel gruppo **Generali** su **Def. sollecit.**  e poi sul bottone "Inserisci" e

successivamente immettendo i valori delle sollecitazioni. Nella definizione delle sollecitazioni è possibile stabilire il tipo di normativa da utilizzare: tensioni ammissibili o stati limite.

Sollecitazioni integrate

Per progettare interattivamente una sezione con sollecitazioni integrate occorre procedere nel seguente modo:

Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccare su **Interattiva** , selezionare "Sezioni" e poi cliccare su **Sollecitazioni integratori longitudinali** , quindi selezionare un integratore.


La sezione viene automaticamente determinata dalla geometria della sezione dei muri/elementi bidimensionali associati all'integratore longitudinale. Le sollecitazioni vengono determinate integrando le sollecitazioni o le tensioni dei muri/elementi bidimensionali associati all'integratore longitudinale.

Progetto di una sezione con sollecitazioni automatiche



Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che sia stata completata la fase di modellazione strutturale, che la struttura sia stata calcolata come indicato in calcolo struttura con metodo FEM e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).


Per eseguire l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), reso corrente la struttura **EDIF** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA** (vedi **Rendere corrente una struttura**).


Attivate il disegno del numero dei nodi e delle aste cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**


su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" sia nella sezione "Nodi" che "Aste".

Progettate interattivamente la sezione 6 relativa all'asta 101 (N 101 N 102), nel gruppo **Progettazione** della


scheda **Post-Processor** cliccate su **Interattiva** , selezionare "Sezioni" e poi cliccate su **Sollecitazioni automatiche** , quindi cliccate sull'asta 101 (N 101 N 102). Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva sezioni e prelevato in modo automatico le sollecitazioni.

Disattivate il disegno del computo cliccando nel gruppo **Disegno** su **Computo** .


Impostate nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** come staffatura corrente 10 0.1 2 (per indicare staffe $\phi 10$ con passo 10 cm a 2 bracci) ed assegnatela cliccando nel gruppo **Staffe** su **Assegna**  e poi sulla staffa immaginaria (vedi figura).

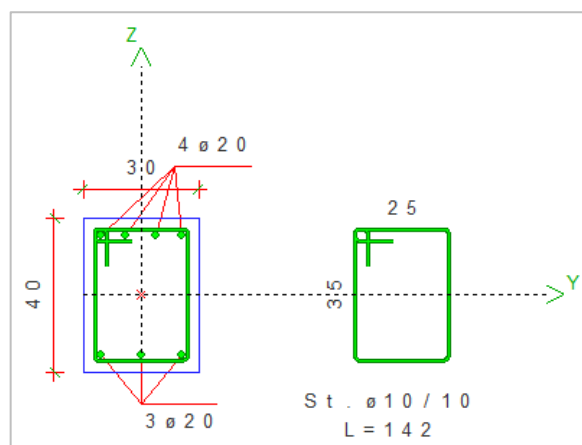
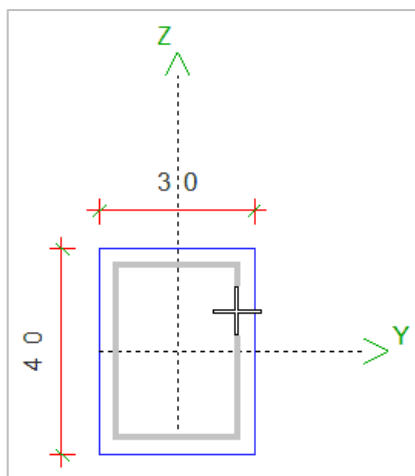
Ottimizzate la scala di rappresentazione cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Stabilite nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** come ferro corrente 20 (per indicare $1\phi 20$), selezionando come **Inserimento: Automatica** per disporre i ferri in modalità automatica in modo che i ferri si posizionino automaticamente sugli spigoli definiti dagli angoli delle staffe e sui lati delle staffe così da dividere il lato in parti uguali. La loro posizione viene gestita in modo dinamico. Aggiungendo altri ferri sul lato, i ferri già presenti si spostano di conseguenza.

Inserite i ferri cliccando nel gruppo **Ferri** su **Aggiungi**  e cliccando sugli spigoli e sui lati fino ad ottenere la disposizione dei ferri rappresentata in figura.

Ottimizzate la scala di rappresentazione cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Effettuate il calcolo per controllare che l'armatura presente nella sezione sia sufficiente e che siano rispettati i minimi di regolamento attivati nei criteri cliccando nel gruppo **General** su **Ricalcola** .



Dall'elenco delle verifiche effettuate, nel pannello **Stato verifiche** rendete corrente il caso in cui si ha la minima sicurezza per M_z costante e visualizzate il relativo diagramma del dominio di rottura cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Dominio** e poi su **Dominio a M_z costante = 0**.

Ottimizzate la scala di rappresentazione cliccando nella **Barra di accesso rapido** su **Barra di accesso rapido**.

Continuate visualizzando anche il diagramma delle deformazioni cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Epsilon**.

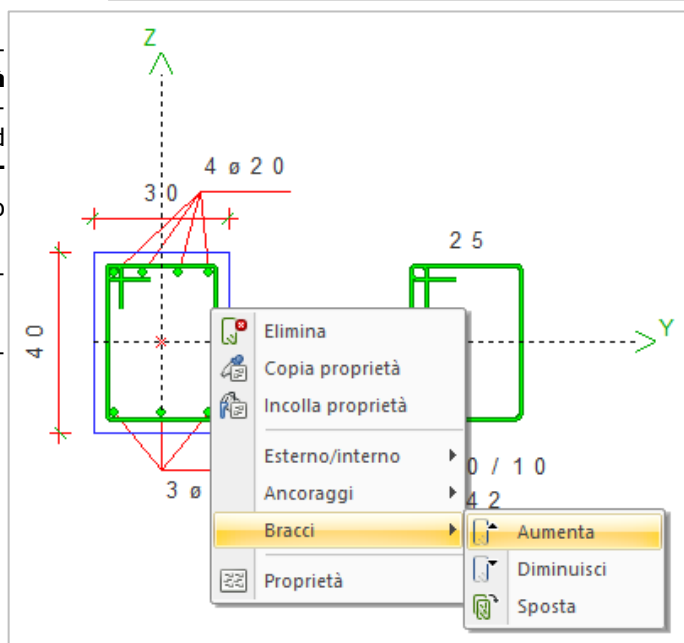
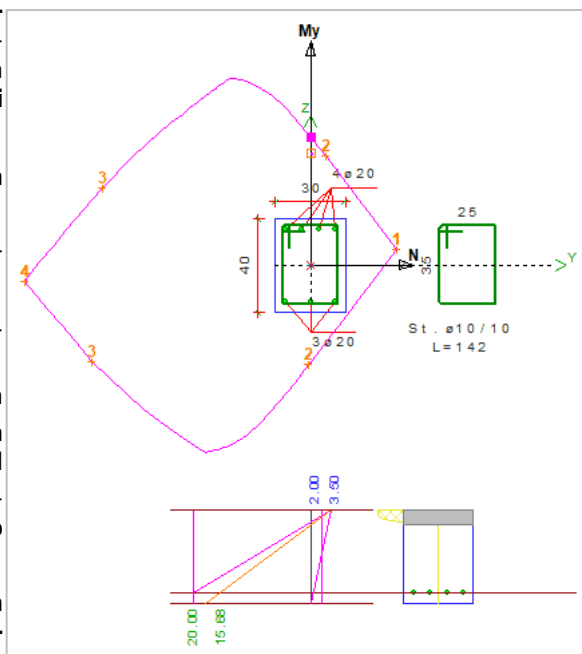
Dall'elenco delle verifiche effettuate, selezionate un caso relativo agli stati limite di esercizio.

Ottimizzate la scala di rappresentazione cliccando nella **Barra di accesso rapido** su **Barra di accesso rapido** e visualizzate le mappe a colori relative alle tensioni nel calcestruzzo cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sigma c.** e continuate visualizzando anche le tensioni sui ferri longitudinali cliccando su **Sigma f.**

Oltre ai risultati grafici potete ottenere a video un'anteprima della relazione tecnica cliccando nel gruppo **Generali** su **Anteprima rel.**

Aumentate il numero dei bracci delle staffe impostando nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** come staffatura corrente 10 0.1 4 (per indicare staffe $\phi 10$ con passo 10 cm a 4 bracci) ed assegnatela cliccando nel gruppo **Staffe** su **Assegna** e poi sulla staffa verticale oppure con il tasto destro del mouse sulla staffa \rightarrow **Bracci** \rightarrow **Aumenta**. Potete visualizzare la modellazione solida della sezione cliccando nel gruppo **Disegno** su **3D**.

Uscite dall'ambiente di progettazione interattiva abbandonando le modifiche effettuate.



Progetto di una sezione con sollecitazioni manuali

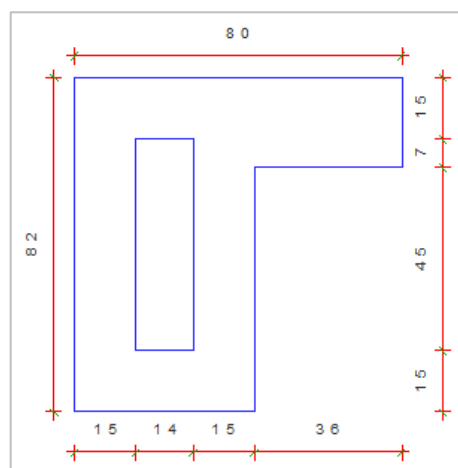
Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), inserite una nuova struttura (vedi **Inserimento di una nuova struttura in un progetto**) assegnandole il nome **SEZIONE**.

Definite una sezione, cliccate nel gruppo **Definizioni** della scheda **Mo-**

dellazione su **Proprietà elementi** e poi su **Sezioni aste**, cliccate su "Aggiungi" e specificate: **Membratura** Generica, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 1 (Normativa travi), **Sezione** Disegnata (selezionate il nome del disegno Ms-Cad in cui sia stata disegnata la forma rappresentata in figura (vedi **Definizione sezioni**)) e **Commento** Sezione forata; cliccate sul bottone "Ok" per uscire dalla finestra di dialogo.

Progettate interattivamente la sezione, cliccate nel gruppo **Progetta-**

zione della scheda **Post-Processor** su **Interattiva**, selezionate "Sezioni" e poi cliccate su **Sollecitazioni manuali**, quindi



specificate il numero della sezione appena definita. Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva sezioni nella quale troverete la sezione da armare.

Facciamo osservare che quando viene lanciata la progettazione interattiva di una sezione, il programma definisce automaticamente delle staffe immaginarie che nel caso di sezioni predefinite rappresentano quelle che sono normalmente le staffe standard, mentre nel caso di sezioni generiche sono semplicemente equivalenti al contorno della sezione e degli eventuali fori presenti all'interno. Queste linee guida, già posizionate in funzione del diametro della staffa corrente lungo i lati ed i prolungamenti dei lati della sezione, agevolano l'inserimento delle staffe.

Utilizzando queste linee come guida è possibile inserire delle staffe reali semplicemente cliccando su di esse, come abbiamo già visto, oppure è possibile inserirle manualmente.

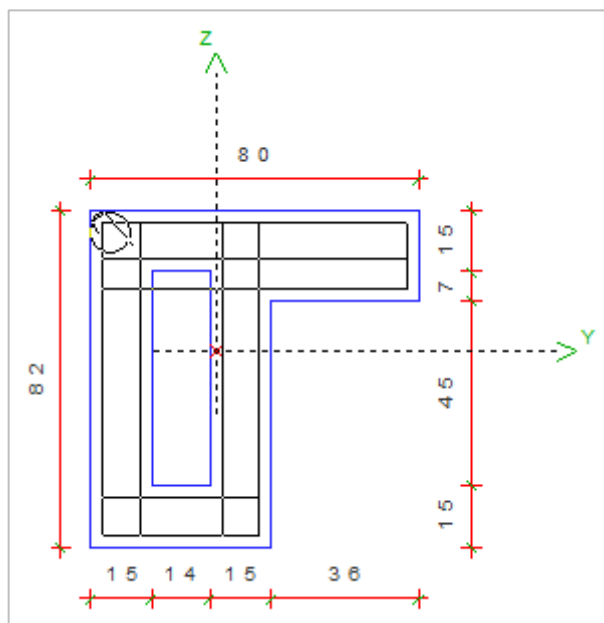
L'inserimento manuale delle staffe avviene con le stesse

modalità del comando **Linea** in Ms-Cad ed è possibile (e consigliato) utilizzare le opzioni presenti nel pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad (Snap, Estremità, Intersezione, ecc.)**.

Attivate la ricerca dei punti notevoli selezionando l'opzione **Snap** nel pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

Impostate nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** come staffatura corrente 8 0.1 2 (per indicare staffe $\phi 8$ con passo 10 cm a 2 bracci).

Inserite manualmente le staffe cliccando nel gruppo **Staffe** su **Aggiungi** e quindi cliccando sull'estremo sinistro superiore del foro della sezione, in prossimità della linea guida (come indicato in figura) e allungate la staffa verso destra. Cliccate nuovamente sull'estremo destro della linea guida e continuate fino ad inserire una staffa come rappresentato in figura.



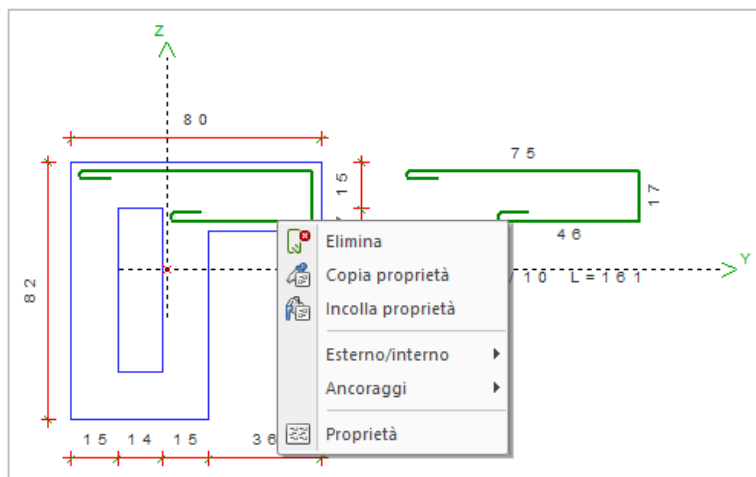
Tutte le definizioni effettuate in automatico dal programma possono essere modificate con il menu a comparsa sulla staffa come rappresentato in figura.

Si vedano anche nella guida in linea i concetti di **esterno, interno** e le modalità di aggancio ferri.

Stabilite il ferro corrente nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** come ferro corrente 16 (per indicare $1\phi 16$), selezionando come **Inserimento: Automatica** per disporre i ferri in modalità automatica in

modo che i ferri si posizionino automaticamente sugli spigoli delle staffe e sui lati delle staffe così da dividere il lato in parti uguali. La loro posizione viene gestita in modo dinamico. Aggiungendo altri ferri sul lato, i ferri già presenti si spostano di conseguenza. Inserite i ferri cliccando nel gruppo **Ferri** su **Aggiungi** e poi sugli spigoli e sui lati.

Definite le sollecitazioni cliccando nel gruppo **Generali** su **Def. sollecit.**, cliccate sul bottone "Inserisci" e specificante: **Tipo di normativa** Stati limite D.M. 18, **N** 0, **Ty** 2500, **Tz** 8500, **My** 5640, **Mz** 2350 e cliccate sul bottone "Ok" per uscire dalla finestra di dialogo.



Per controllare che l'armatura presente nella sezione sia sufficiente e che siano rispettati i minimi di regolamento attivati nei criteri, effettuate il calcolo cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola**.

Dall'elenco delle verifiche effettuate, nel pannello **Stato verifiche** rendete corrente il caso in cui si ha la minima sicurezza per N costante e visualizzate il relativo diagramma del dominio di rottura cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Dominio** e poi su **Dominio a N costante**.

Uscite dall'ambiente di progettazione interattiva abbandonando le modifiche effettuate.


Progetto di una sezione con sollecitazioni da integratore longitudinale

Per eseguire l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e reso corrente la struttura **ES3** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

In questo capitolo descriveremo come usare la progettazione interattiva dell'armatura delle sezioni per effettuare la verifica di una sezione di una trave parete modellata con elementi bidimensionali. L'utente potrà applicare tale procedimento per la progettazione dell'armatura di un qualsiasi elemento strutturale modellato con elementi bidimensionali come ad esempio: la soletta di una scala, un muro di sostegno, la soletta di un balcone, ecc.

Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** su , digitate **ES3_A** e cliccate sul bottone "Salva".


Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**



 e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

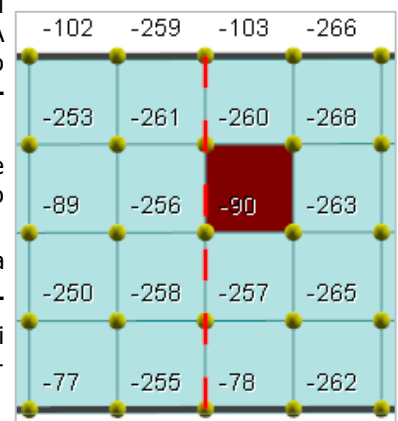
Posizionatevi su un piano parallelo all'asse Y globale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVY" e poi sul nodo 2. Attivate una finestra di visualizzazione più piccola in vista piana di lavoro cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana".

Attivate il disegno del numero dei nodi aggiuntivi selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Nodi" la voce "Tipologia".

Per meglio comprendere quanto qui di seguito esposto, si consiglia di leggere prima il capitolo **Elementi bidimensionali e piani rigidi**. Poiché in tale capitolo si faceva riferimento al valore massimo del momento flettente nella sezione di mezzeria della trave parete, vogliamo applicare il presente procedimento per progettare tale sezione e confrontare i risultati. A tal fine, modificate la matrice delle combinazioni delle condizioni di carico elementari, cliccate nel gruppo **Combinazioni** della scheda **Analisi** su **Mo-**



 e modificate i coefficienti moltiplicativi variando in 0 il valore della prima cella (la matrice delle combinazioni diventa: 0 1), così facendo avete i risultati del calcolo FEM relativi all'ipotesi di nessun impalcato rigido.

Inserite un integratore longitudinale cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Integratori**  e poi su **Integratori longitudinali**  e quindi cliccate sui nodi -78 e -103 e poi su uno qualsiasi degli elementi bidimensionali a destra della linea d'integrazione inserita come illustrato in figura.





Assegnate il numero 100 all'integratore. Selezionate prima l'integratore, cliccando sulla la linea congiungente i nodi -78 e -103 che lo rappresenta, e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** modificate il "Numero" in 100.

Progettate interattivamente la sezione, cliccate nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor**


su **Interattiva** , selezionate "Sezioni" e poi cliccate su **Sollecitazioni integratori longitudinali**  e quindi cliccate sull'integratore.

Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva sezioni, mostrando una sezione avente altezza pari all'altezza della trave parete e larghezza pari allo spessore degli elementi bidimensionali che la costituiscono.

è bene precisare che detta sezione è puramente virtuale e non compare tra le sezioni definite (vedi **Inserimento travi di elevazione e vano ascensore**) come potete osservare anche dall'elenco delle sezioni definite, cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda

Modellazione su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** .

Visualizzate i valori delle sollecitazioni con cui sarà verificata la sezione cliccando nel gruppo **Risultati**



num. su **Sollecitazioni**  oppure attraverso il **Tasto destro** sulla finestra di editor → **Informazioni sollecitazioni**.


	Tipo	N <daN>	Ty <daN>	Tz <daN>	My <daNm>	Mz <daNm>
1	Tens. Ammissibili	0	0	-87.95	-2327.58	0

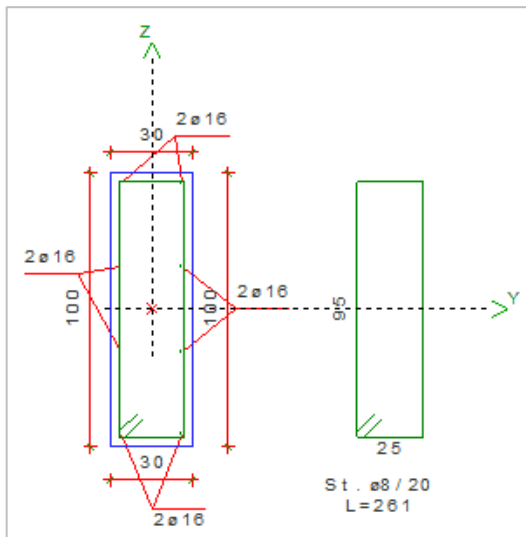
Con riferimento al capitolo **Elementi bidimensionali e piani rigidi**, il valore del momento My, determinato in corrispondenza della mezzeria della trave parete è in valore assoluto di poco inferiore al momento teorico $ql^2/8$ (2500 daNm) calcolato nelle ipotesi di semplice appoggio e carico uniformemente distribuito (luce pari a 4 m e carico verticale di 1250 daN/ml), confermando il leggero grado d'incastro offerto dalla parete verticale e dal pilastro. Inoltre, relativamente allo sforzo normale N, al taglio Ty ed al momento Mz, è bene precisare

che essi hanno valore nullo in quanto nei criteri di progetto dell'armatura delle sezioni non sono stati contrassegnati i corrispondenti criteri specifici che abilitano la verifica a pressoflessione e l'utilizzo del momento flettente intorno all'asse Z.





Impostate nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** come staffatura corrente 8 0.2 2 (per indicare staffe Ø8 con passo 20 cm a 2 bracci) ed assegnatela cliccando nel gruppo

Staffe su **Assegna** . Impostate nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** come ferro corrente 16 (per indicare 1Ø16), selezionando come **Inserimento: Automatica** per disporre i ferri in modalità automatica e aggiungete i ferri cliccando nel gruppo **Ferri** su **Aggiungi**  e poi sugli spigoli e sui lati per posizionare un ferro in corrispondenza di ogni spigolo della staffa e due ferri lungo i lati più lunghi fino a giungere al risultato mostrato in figura.

Per controllare che l'armatura presente nella sezione sia sufficiente e che siano rispettati i minimi di regolamento attivati nei criteri, effettuate il calcolo cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** .



Dall'elenco delle verifiche effettuate, nel pannello **Stato verifiche** rendete corrente il caso in cui si ha la massima tensione di compressione nel calcestruzzo.

Visualizzate le mappe a colori relative alle tensioni nel calcestruzzo cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sigma c.**  e continuate visualizzando anche le tensioni sui ferri longitudinali cliccando su **Sigma f.** , le tensioni tangenziali cliccando su **Tau**  e lo scorrimento unitario con cliccando su **Scorrim.** .


Uscite dall'ambiente di progettazione interattiva abbandonando le modifiche effettuate.

Approfondimenti


Progettazione armature di travi da integratore trasversale

Per eseguire l'esercizio, è necessario che abbiate aperto il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**) e reso corrente la struttura **ES3** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

In questo capitolo descriveremo come progettare l'armatura di una trave parete modellata con elementi bidimensionali. L'utente potrà applicare tale procedimento per la progettazione dell'armatura di un qualsiasi elemento strutturale modellato con elementi bidimensionali come ad esempio: la soletta di una scala, un muro di sostegno, la soletta di un balcone, ecc.


Salvate la struttura nel progetto con un altro nome cliccando nel pannello **Progetto** su , digitate **ES3_B** e cliccate sul bottone "Salva".

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**


proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".

Posizionatevi su un piano parallelo all'asse Y globale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVY" e poi sul nodo 2. Attivate una finestra di visualizzazione più piccola in vista piana di lavoro cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana".

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi".



Modificate la matrice delle combinazioni delle condizioni di carico elementari, cliccate nel gruppo **Combina-**

zioni della scheda **Analisi** su **Modifica**  e modificate i coefficienti moltiplicativi variando in 0 il valore della prima cella (la matrice delle combinazioni diventa: 0 1), così facendo avete i risultati del calcolo FEM relativi all'ipotesi di nessun impalcato rigido (si veda **Elementi bidimensionali e piani rigidi**).

Definite una sezione con le stesse dimensioni trasversali della trave parete, cliccate nel gruppo **Definizioni**

della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** , cliccate su "Aggiungi" e specificate: **Membratura** Trave, **Verifica prevista** Cemento armato, **Materiale** 6 (Calcestruzzo classe C28/35), **Criterio di progetto** 1 (Travi a una o più campate con geometria variabile), **Sezione** Rettangolare,

Dati B=0.30 H=1.00, **Commento** Trave parete. Cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.



Inserite un integratore trasversale cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Integratori**  e poi su **Integratori trasversale**  e quindi cliccate sui nodi 206 e 205 e poi su uno qualsiasi degli elementi bidimensionali al di sotto della linea d'integrazione inserita.

Assegnate il numero 100 all'integratore. Selezionate prima l'integratore, cliccando sulla la linea congiungente i nodi 206 e 205 che lo rappresenta, e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** modificate il "Numero" in 100.

Modificate il filo fisso dell'integratore in modo che si sovrapponga completamente alla trave parete. A tal fine, nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate nell'elenco del "Filo fisso" il codice 22.

Modificate le dimensioni della fascia di integrazione. A tal fine, nel pannello **Proprietà elementi selezionati** modificate il valore del "Delta positivo" in 1 e del valore del "Delta negativo" in 0.

Progettate interattivamente la travata 100, nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-Processor** cliccate

su **Interattiva**  e poi su **Travate**  e quindi selezionate un'asta appartenente alla travata. Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.

Progettate automaticamente l'armatura della travata cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.** .

Inserimento in una platea di zone di armatura con orientamento diverso

In questo capitolo vogliamo descrivere come usare la progettazione interattiva dell'armatura solette/platee per inserire ferri disposti secondo direzioni diverse in due zone della stessa platea.

Si prende in esame una struttura la cui carpenteria di fondazione ed il risultato finale della progettazione sono illustrati nella seguente figura 1.

La figura mostra il disegno dell'armatura della platea.



Figura 1

Per individuare le zone in cui si vuole differenziare la direzione dell'armatura occorre assegnare un diverso numero agli elementi bidimensionali della platea appartenenti alle due zone, come visto nel capitolo Inserimento platea di fondazione.

Nella figura è rappresentata la vista in pianta della platea nella finestra di modellazione, dove si è provveduto ad assegnare una diversa numerazione ai bidimensionali appartenenti alle zone evidenziate con diversa colorazione.

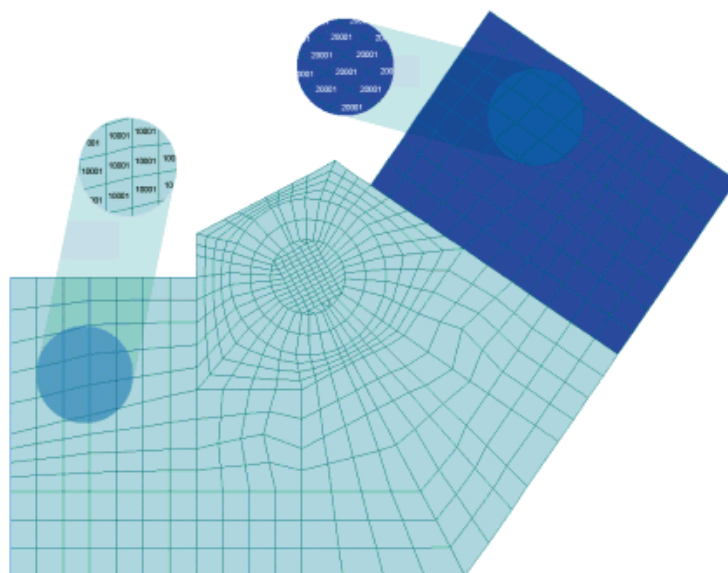


Figura 2

Come già spiegato nel capitolo Progettazione interattiva armature solette/platee, prima di procedere con la progettazione interattiva è necessario aver creato la carpenteria delle fondazioni secondo le modalità già esposte nel capitolo Progettazione automatica armature. A questo punto si può aprire l'ambiente di progettazione interattiva armatura solette/platee.

Quando si apre la carpenteria nell'ambiente di progettazione interattiva, ModeSt provvede ad identificare automaticamente con A e B le due zone di platea che nella figura 2 erano state rappresentate con colore e numerazione diversi. Ognuna di tali zone è caratterizzata da un sistema di assi d'armatura, il cui orientamento viene inizialmente impostato da ModeSt in modo concorde al sistema di riferimento globale come evidenziato in figura 3.

La figura evidenzia il sistema di riferimento globale e la zona A della carpenteria di fondazione con il relativo simbolo identificativo della zona e la direzione dell'asse d'armatura.

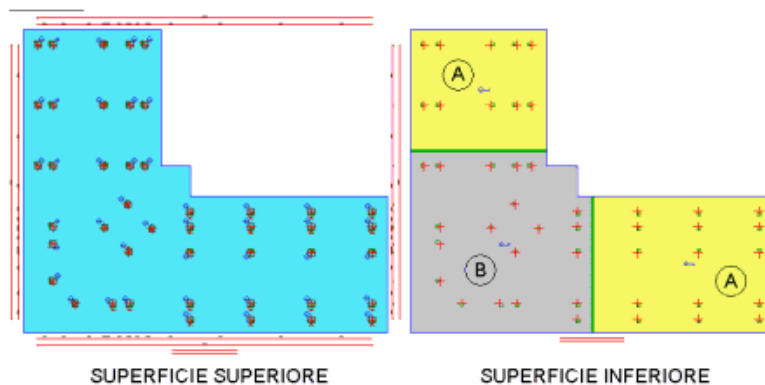


Figura 3

Per giungere al risultato mostrato in figura 4, dobbiamo modificare solo la direzione dell'asse d'armatura X della zona A.

La figura mostra la carpenteria della fondazione con la coppia di assi (X_A, Y_A) , relativa alla zona di platea A, e la coppia (X_B, Y_B) , relativa alla zona B e concorde al sistema di riferimento globale (X, Y) . Il nostro obiettivo è disporre all'interno della zona A un'armatura orientata secondo gli assi (X_A, Y_A) e nella zona B secondo gli assi (X_B, Y_B) .

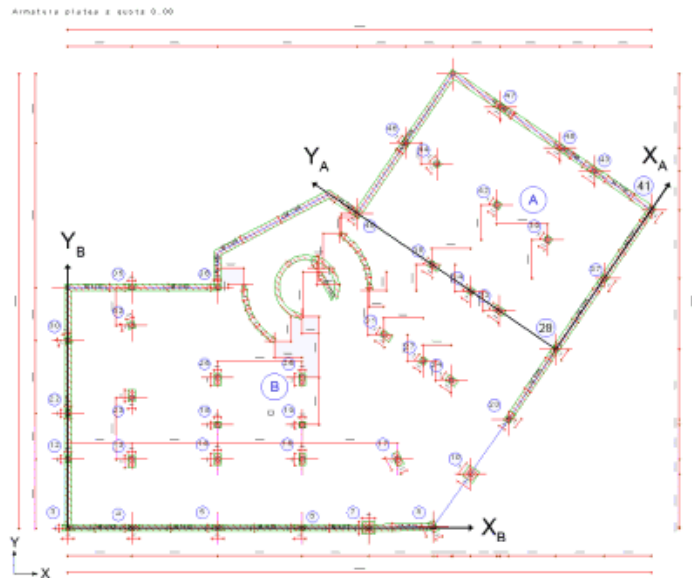
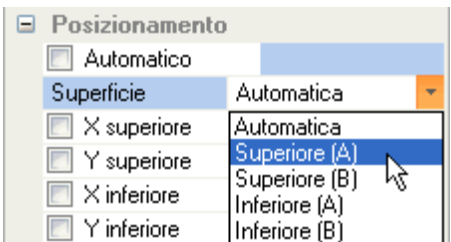


Figura 4

Per modificare l'asse d'armatura di una zona, occorre prima disattivare la modalità automatica di posizionamento dell'armatura deselectando **Automatico** nella sezione **Posizionamento** del pannello **Proprietà correnti** e poi selezionare nella casella di riepilogo a discesa la zona in cui si vuole cambiare l'asse d'armatura. Nell'esempio in esame selezioniamo la superficie superiore della zona A come rappresentato nella figura a lato.



In progettazione interattiva la superficie selezionata viene evidenziata colorandone il bordo esterno (figura 3). Successivamente, cliccando nel

gruppo **Zone armature** su **Asse X** si individua la direzione dell'asse d'armatura X, specificando il valore dell'angolo oppure selezionando due nodi. Nel nostro esempio sono stati selezionati i nodi in corrispondenza dei pilastri 28 e 41 in modo da definire la direzione del nuovo asse X_A così come illustrato in figura 4.

Nella superficie superiore della zona A, già resa corrente, è possibile inserire i ferri in modo diffuso o concentrato come già esposto nel capitolo Progettazione interattiva armature solette/platee, i quali richiedono di aver specificato almeno una direzione di armatura mediante i bottoni X_s e Y_s .

Per armare la superficie inferiore della stessa zona di platea, bisogna rendere corrente tale superficie nella casella di riepilogo a discesa e, dopo aver selezionato almeno una posizione di armatura con i bottoni X_i e Y_i , procedere in modo analogo a quanto sopra scritto. Nel nostro esempio è stata inserita nella zona A un'armatura $\varnothing 20/20$ in entrambe le direzioni e superfici come mostrato in figura 5.

La figura mostra la zona A della platea dove è stata inserita, secondo le direzioni X_A e Y_A di figura 4, un'armatura diffusa superiore ed inferiore costituita da ferri $\varnothing 20$ con passo di 20cm con il particolare del disegno dell'armatura attivabile cliccando nel gruppo **Disegno** su **Arm. diffusa** e poi su **Parziale**.

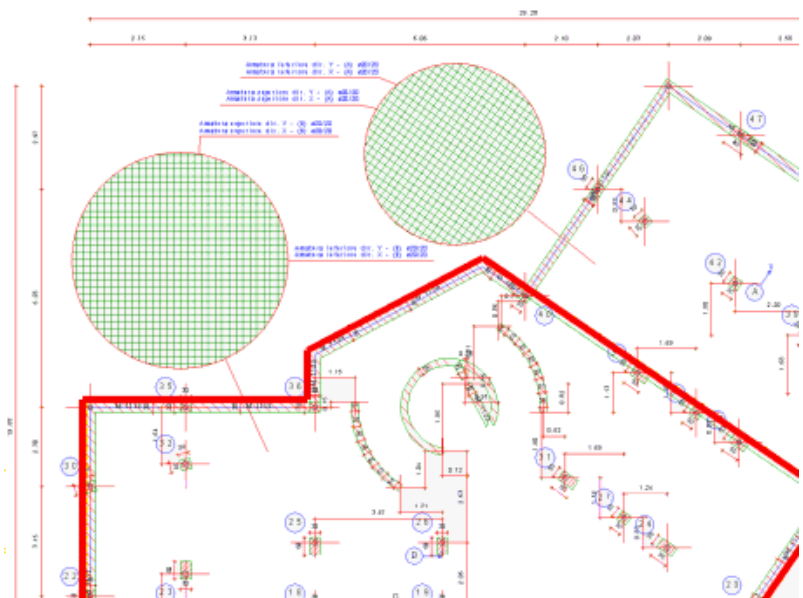


Figura 5

Come potete osservare dalla figura 5, l'aver cambiato le direzioni di armatura della zona A non ha influito sull'orientamento dell'asse d'armatura X_B della zona B. Possiamo completare l'armatura della platea inserendo i ferri anche nella zona B ripetendo quanto già fatto per la zona A. Nel nostro esempio, rendendo corrente prima la superficie superiore e poi quella inferiore di B e, dopo aver specificato le posizioni di armatura, sono stati inseriti i ferri in modo diffuso fino a giungere al risultato di figura 6.

La figura mostra le zone A e B della platea con i ferri $\varnothing 20$ disposti superiormente ed inferiormente a passo di 20cm.

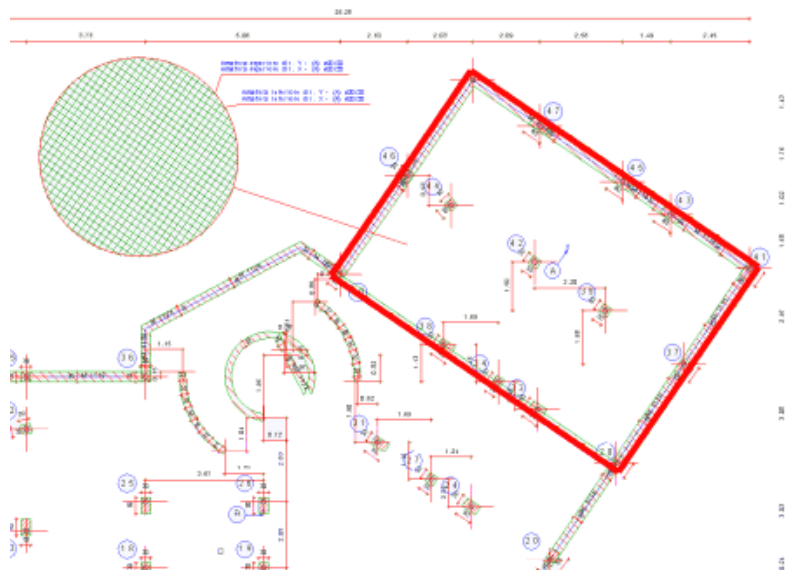


Figura 6

Progettazione interattiva di una platea con zone a diverso spessore

In questo capitolo vogliamo illustrare l'uso della progettazione interattiva per disporre l'armatura in una platea caratterizzata da zone con spessore diverso ed in particolare come ModeSt gestisce l'armatura in corrispondenza della linea di confine tra le zone caratterizzate da spessore diverso. A tal proposito si prende in esame la platea di una struttura che, a causa delle sollecitazioni trasmesse in fondazione dalla struttura sovrastante, necessita di una zona centrale a maggior spessore.

In figura è rappresentata una vista prospettica della platea, da cui si notano quali sono le zone aventi diverso spessore.

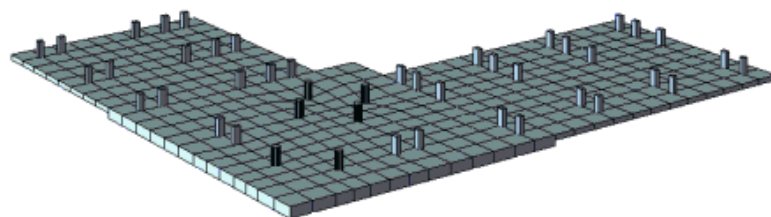


Figura 1

In fase di modellazione si è provveduto a definire due elementi bidimensionali con diverse dimensioni dello spessore e ad aggiungerli nelle zone di platea interessate, secondo le modalità esposte nel capitolo Inserimento platea di fondazione. Facciamo osservare che anche se sono presenti discontinuità nello spessore della platea, la numerazione automatica dei bidimensionali assegna lo stesso numero a tutti gli elementi della platea (figura 2).

La figura mostra una vista tridimensionale della platea, con evidenziati, con una diversa colorazione, le zone della platea con spessore diverso e i numeri degli elementi bidimensionali che risultano essere uguali per tutte le zone.

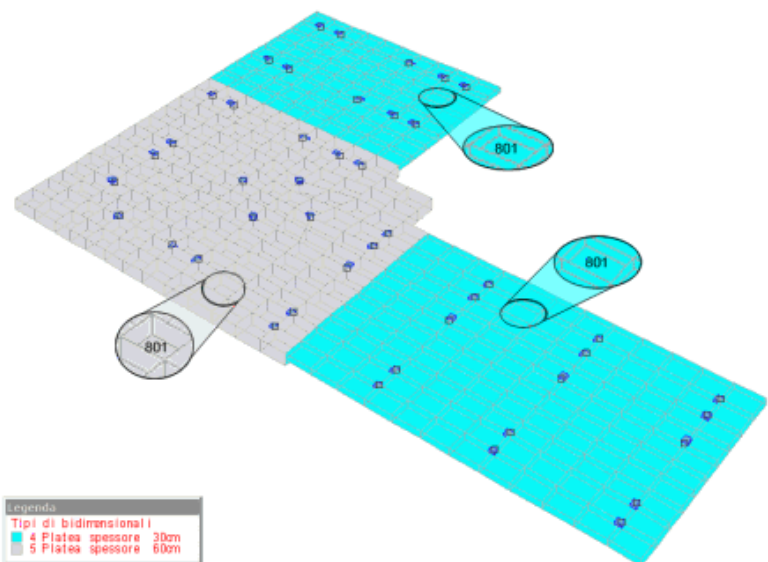


Figura 2

All'atto dell'apertura della carpenteria in ambiente di progettazione interattiva ModeSt analizza la geometria della platea per individuare le superfici. Laddove la superficie non presenta discontinuità nella geometria, nella numerazione e nel numero del criterio di progetto viene individuata un'unica superficie. Nei casi in cui sono presenti le suddette discontinuità la superficie viene suddivisa in varie zone. Poiché nel nostro caso specifico la discontinuità è solo di tipo geometrico, come si nota dalla figura 1, e la variazione di spessore provoca dei cambiamenti soltanto in corrispondenza della faccia inferiore della platea, ModeSt identifica una superficie unica in corrispondenza del lembo superiore e divide la superficie inferiore della platea in due zone A e B (figura 3).

In figura è rappresentata la carpenteria della fondazione come appare in ambiente di progettazione interattiva armatura solette/platee con la disposizione dei disegni secondo il tipo 2A. In essa si nota come ModeSt abbia identificato un'unica superficie superiore e suddiviso nelle zone A e B la superficie inferiore, dove la variazione di spessore della platea provoca delle discontinuità di quota.

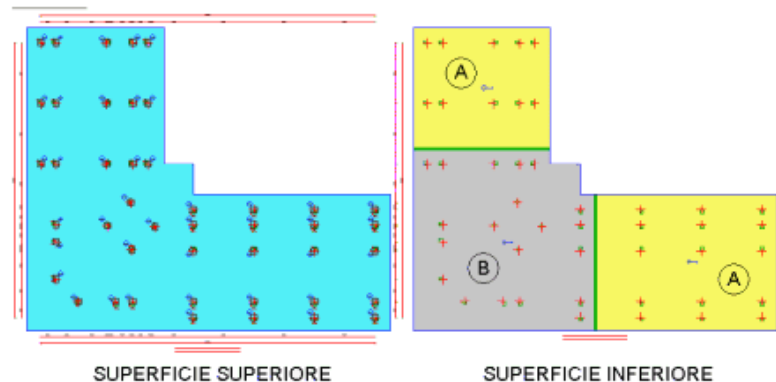


Figura 3

Per quanto detto finora, quando si inserisce un'armatura aggiuntiva in corrispondenza della superficie superiore e con la modalità di posizionamento automatica attivata, così come spiegato nel capitolo Progettazione interattiva armature solette/platee, si ottiene il risultato di figura 4. La posizione dei tratti di ancoraggio, rappresentati in arancione, mostra che lo strato di armatura aggiuntiva oltrepassa la linea di cambio spessore senza discontinuità o risvolti, confermando che ModeSt ha trattato tale superficie superiore come una superficie unica perché le variazioni di spessore avvengono in corrispondenza della faccia inferiore della platea.

In figura è visibile l'area di armatura aggiuntiva inserita sulla faccia superiore della platea e le linee di cambio spessore.

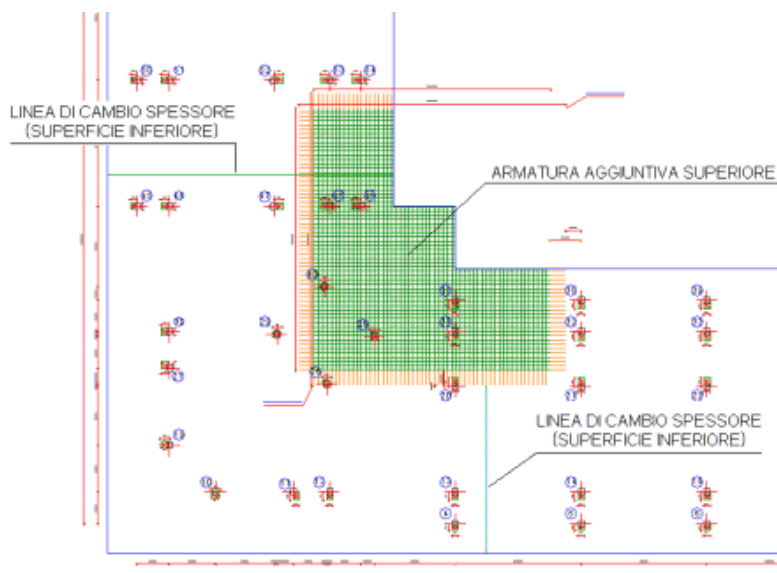


Figura 4

Vediamo ora come opera ModeSt quando si inserisce un'area di armatura aggiuntiva sulla faccia inferiore della platea in corrispondenza del cambio di spessore (figura 5). Dopo aver disattivato la modalità di posizionamento automatico e selezionato la zona della platea in cui disporre i ferri, come esposto in Progettazione interattiva armature solette/platee, inseriamo due aree di armatura aggiuntive giungendo al risultato di figura 5. In particolare è stata inserita un'area di armatura all'interno della zona A, di spessore inferiore, ed un'altra all'interno della zona B, di spessore maggiore.

In figura sono visibili le aree di armatura inserite sulla faccia inferiore della platea in prossimità delle linee di cambio spessore.

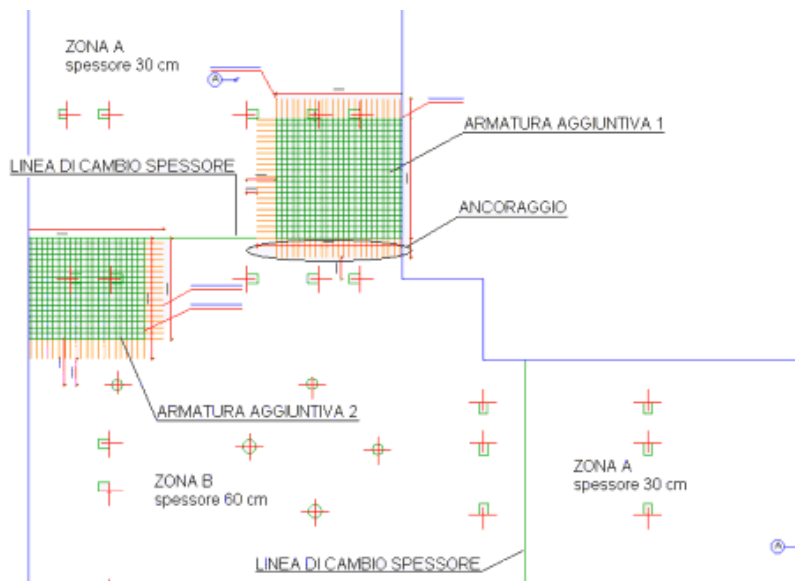


Figura 5

Con riferimento alla figura 5, notiamo che sono visibili i tratti di ancoraggio dell'armatura aggiuntiva 1, perché, arrivando dalla zona A di minor spessore, possono entrare nella zona B della platea oltrepassando la linea di cambio spessore, come si evince anche dal particolare costruttivo di figura 6. L'armatura aggiuntiva 2 invece termina in corrispondenza della linea di cambio spessore e i tratti di ancoraggio non sono visibili perché i ferri di armatura, non potendo entrare nella zona A di minor spessore a causa della variazione di quota, devono risvoltare (figura 6). Quanto osservato con riguardo all'inserimento delle armature aggiuntive è valido anche per l'armatura diffusa.

In figura è rappresentato il particolare costruttivo, relativo al confine tra le zone A e B, in cui la platea cambia spessore e dove sono state inserite le armature aggiuntive (figura 5). Per il modo in cui avvengono la variazione di spessore ed il conseguente salto di quota, l'armatura aggiuntiva 1 può entrare nella zona B con il tratto di ancoraggio mentre i ferri dell'armatura aggiuntiva 2 sono invece costretti a risvoltare.

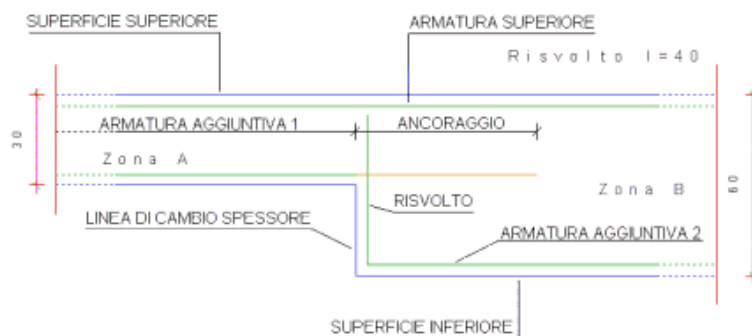


Figura 6



Progettazione collegamenti in acciaio

Progettazione interattiva unioni reticolari in acciaio

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDIACC** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

La struttura in esame rappresenta un edificio industriale in acciaio con incastri al piede dei pilastri. Per eseguire l'esercizio, è necessario che eseguiate il calcolo FEM della struttura di tipo statico senza l'ipotesi di piano rigido.

Definite un tipo di reticolare cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà ele-**

menti  e poi su **Tipi reticolari** , cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate:


Giunzione: Bullonata


Criterio di progetto: 8 (Reticolari bullonate o con saldature bilanciate - piastre poligonali)

Commento Reticolare bullonata



cliccate due volte sul bottone "OK" per uscire dalle finestre di dialogo.

Attivate il disegno del numero dei nodi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri**

proprietà  e selezionando "Numero" nella sezione "Nodi". Posizionatevi su un piano parallelo all'asse Y globale cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "PVY" e cliccando sul nodo 6. Attivate una finestra di visualizzazione più piccola in vista piana di lavoro cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** rispettivamente su "BOX sul piano" e "Vista piana".

Aggiungete una reticolare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Reticolari**  e quindi selezionate i nodi e le aste con una finestra che racchiuda i nodi 1009 e 1016 cliccando nel pannello

Selezioni su .



Numerata automaticamente le reticolari cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Nu-**
mera  e poi su **Reticolari** .


Nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Reticolari" e "Aggiungi alla selezione", quindi selezionate la reticolare cliccando sul simbolo.

Attivate il disegno del numero della reticolare cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Reticolari".

Progettate interattivamente la reticolare 1, cliccate nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-Processor**

su **Interattiva**  e poi su **Reticolari**  e quindi specificate il numero della reticolare che può essere effettuato cliccando sulla reticolare o mediante valore numerico. Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.


Progettate automaticamente il collegamento fra i profilati cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.** .

Potete progettare o modificare interattivamente il collegamento proposto sia sul disegno tecnico della reticolare che sul particolare del nodo.


Effettuate un ingrandimento, cliccando nella **Barra di accesso rapido** su , intorno al particolare del nodo


5004. Nel gruppo **Collegamento** cliccate su **Proprietà**  e poi sul nodo 5004 e quindi modificate la forma della piastra in rettangolare e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.


Modificate il collegamento bullonato di un finale d'asta cliccando nel gruppo **Finale di asta** su **Proprietà**

 e poi sul profilato, quindi con il bottone "Scegli" selezionate un nuovo tipo di bullonatura fra tutte quelle geometricamente compatibili con la sezione che verificano le specifiche di normativa, cliccate poi sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo. L'utente può comunque personalizzare completamente il tipo di collegamento bullonato inserendo i dati necessari per la sua definizione. Cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Analogamente, modificate il tipo di collegamento da bullonato a saldato selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa relativa alle **Giunzioni** e cliccate sul bottone "Progetta" per progettare la saldatura. Come per le bullonature è possibile personalizzare completamente il collegamento saldato inserendo i dati necessari per la sua definizione. Cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Facciamo osservare che potete scegliere se inserire i particolari dei nodi all'interno o all'esterno dello schema generale anche in scala diversa cliccando nel gruppo **Generali** su **Mod. configurazione** .

Effettuate il calcolo cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola**  per controllare che il collegamento presente nei finali dei profilati sia sufficiente e che siano rispettati i minimi di regolamento.

Disegnate la mappa dei tassi di sfruttamento cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Tassi sfrutt.**  andando poi a visualizzarli per le varie combinazioni delle condizioni di carico elementari, selezionandole dall'elenco delle verifiche effettuate nel pannello **Stato verifiche**.

Potete visualizzare la modellazione solida della reticolare cliccando nel gruppo **Disegno** su **3D** .

Uscite dall'ambiente di progettazione interattiva abbandonando le modifiche effettuate.

Progettazione interattiva collegamenti struttura intelaiata

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo PNAT.

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDIACC** (vedi **Rendere corrente una struttura**).



La struttura in esame rappresenta un edificio industriale in acciaio con incastri al piede dei pilastri. Per eseguire l'esercizio, è necessario che eseguiate il calcolo FEM della struttura di tipo statico senza l'ipotesi di piano rigido.

Per assegnare a tutte le colonne come tipo di collegamento la piastra di fondazione con tre rinforzi per l'estremo iniziale dell'asta e non definito per l'estremo finale, nel pannello **Selezioni** impostate come tipo di selezione "Aste" e "Aggiungi alla selezione", cliccate su "Avanzate", selezionate nella finestra di dialogo "Sezioni" e "1 (HEA 180)" e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo e quindi nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionate nell'elenco del "Tipo collegamento iniziale" il tipo "Piastra di fondazione con 3 rinforzi".

	Piastra di fondazione con 3 rinforzi
	Non definito

Per evidenziare le estremità delle aste a cui è stato assegnato un tipo di collegamento, attivate il disegno della colorazione delle aste selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Collegamenti" la voce "Tipi".



Progettate interattivamente il collegamento dell'asta 1, nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-Processor**




cliccate su **Interattiva**  e poi su **Collegamenti**  e quindi selezionate l'estremità dell'asta. Il nome del collegamento che può essere specificato cliccando sull'estremità dell'asta o indicando la coppia dei numeri dei nodi separati dal simbolo "_" dove il primo numero indica il nodo su cui insiste il collegamento da

editare, mentre il secondo numero indica l'altro nodo dell'asta a cui appartiene il collegamento, nel nostro esempio il nome del collegamento è 1_1001. Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.

Progettate automaticamente il collegamento fra i profilati cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.**



Potete modificare il collegamento cliccando nel gruppo **Collegamento** su **Proprietà**  oppure con il tasto destro del mouse sulla finestra di editor → *Proprietà*, si aprirà una finestra di dialogo nella quale l'utente può personalizzare completamente il collegamento inserendo i dati necessari per la sua definizione oppure con il bottone "Scegli" selezionare un nuovo tipo di collegamento fra tutti quelli geometricamente compatibili con la sezione che verificano le specifiche di normativa. Cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo. Effettuate il calcolo per controllare che il collegamento sia sufficiente e che siano rispettati le prescrizioni di normativa cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** .

Dall'elenco delle verifiche effettuate, nel pannello **Stato verifiche** rendete corrente il caso in cui si ha la massima tensione di compressione nel calcestruzzo e di trazione nei tirafondi e visualizzate le mappe a colori relative alle tensioni cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sigma f.** . Rendete corrente il secondo caso di verifica e visualizzate le tensioni nella saldatura e le tensioni tangenziali cliccando su **Tau**  e il disegno degli sforzi nei bulloni cliccando su **Sforzi bul.** .

Potete visualizzare la modellazione solida della reticolare cliccando nel gruppo **Disegno** su **3D** .

Uscite dall'ambiente di progettazione interattiva abbandonando le modifiche effettuate.

Strutture in muratura

Calcolo e verifica struttura in muratura


Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo VMUR e del solutore Xfinest.

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDIMUR** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

Nel nostro esempio esamineremo il calcolo della struttura con l'analisi sismica statica non lineare (pushover). ModeSt esegue tale analisi su un telaio tridimensionale, generato automaticamente dal modello strutturale, chiamato anche "telaio equivalente", in cui le aste hanno un comportamento elasto-plastico non lineare come indicato nella normativa. Il telaio equivalente utilizzato nel nostro esempio è quello avanzato la cui generazione si effettua attraverso il parametro **Genera il telaio equivalente avanzato** dei criteri generali di verifica delle murature.


La generazione del telaio si basa sempre sui **maschi e le fasce per le verifiche sismiche**, sia che questi siano generati automaticamente in funzione di quanto impostato attraverso il parametro **Metodo di individuazione** dei criteri generali di verifica delle murature sia che siano inseriti manualmente. Per ulteriori approfondimenti si consiglia di consultare i capitoli **Individuazione automatica dei maschi e delle fasce**, **Inserimento manuale dei maschi e delle fasce** e **Generazione telaio equivalente** sul manuale d'uso.


Sottolineiamo come, nel caso di calcolo sismico statico non lineare, eventuali elementi come pareti o pilastri in c.a. o aste in acciaio possono essere considerati collaboranti o meno alla resistenza sismica attraverso i parametri **Considera la parete nel telaio equivalente**, **Considera il pilastro nel telaio equivalente** e **Considera l'asta nel telaio equivalente** dei criteri di progetto rispettivamente delle pareti, dei pilastri e delle aste in acciaio. Nel caso in cui le pareti vengano considerate collaboranti, hanno rigidità solo nel proprio piano per analogia al comportamento di quelle in muratura.

Facciamo osservare che nel caso in cui nella struttura siano presenti aste in acciaio e in c.a. facenti parte del telaio equivalente, a queste devono essere assegnati dei vincoli aste di tipo cerniera plastica. È possibile definire ed assegnare automaticamente le cerniere plastiche a tutte le aste del modello cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Assegna cerniere plastiche** .

Nel nostro esempio sono stati considerati collaboranti sia le travi che i pilastri in c.a. precedentemente progettati, ai quali è stato assegnato un vincolo asta di tipo cerniera plastica in modo che abbiano un comportamento a taglio di tipo elastico-fragile ed elastico-plastico a momento. Si sottolinea che gli elementi in c.a. non armati hanno un comportamento elastico indefinito anche se è stato assegnato un vincolo di tipo cerniera plastica.


Prima di eseguire il calcolo della struttura visualizzate il telaio equivalente. Rendete corrente i maschi per verifiche sismiche cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sulla freccia sottostante

Muratura  e quindi selezionate "Verifiche sismiche" nella sezione "Maschi e fasce", e poi attivate il disegno del telaio del telaio equivalente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sulla frec-

cia sottostante **Muratura**  e quindi selezionate nella sezione "Telaio equivalente" il tipo da visualizzare: Maschi, fasce e telaio o Solo telaio.

Disattivate sia la vista dei maschi per verifiche sismiche che del telaio equivalente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Muratura** .

Lanciate il calcolo della struttura in muratura cliccando nel gruppo **Calcolo** della scheda **Analisi** su **Muratura**

, si aprirà una finestra suddivisa in varie schede. Come potete notare, le strutture in muratura possono essere calcolate utilizzando sia modelli agli elementi finiti (FEM) sia modelli semplificati (Telaio equivalente). Nel nostro esempio esamineremo le schede relative al calcolo della struttura con l'analisi sismica statica non lineare (pushover), evidenziando quali siano i parametri da modificare per effettuare il calcolo della struttura. Nel caso in cui si vogliate utilizzare il primo metodo di calcolo i dettagli sia le schede che sulle opzioni potete trovarli nel paragrafo **calcolo struttura con metodo FEM**.

Generali

In questa scheda viene richiesto di introdurre i parametri relativi alle modalità di esecuzione del calcolo.

Normativa

È possibile selezionare come svolgere il calcolo, scegliendo tra il metodo delle Tensioni Ammissibili sia secondo il D.M. del 14/02/92 o il metodo degli Stati Limite sia secondo il D.M. del 16/01/96 sia secondo il D.M. del 17/01/18.

Nella struttura in esame selezionate "Stati limite D.M. 18".

Tipo di calcolo

In funzione del metodo prescelto in **Normativa** si hanno varie opzioni, tra cui si può scegliere se svolgere il calcolo statico, sismico statico o dinamico utilizzando il metodo agli elementi finiti, l'analisi sismica statica non lineare (pushover).

Nella struttura in esame selezionate "Analisi sismica statica non lineare (pushover a telaio equivalente)".

Vincoli esterni

Le opzioni qui presenti consentono di specificare quale sia il tipo di vincolo nodale da considerare nel caso di analisi sismica sia statica che dinamica della struttura. Nel caso si utilizzi "Considera incastrate fondazioni per analisi sismiche" la struttura viene calcolata due volte: con i vincoli nodali assegnati in modellazione per i soli carichi inseriti dall'utente e successivamente per le azioni sismiche incastrando i nodi appartenenti ad elementi della fondazione, in questo caso le sollecitazioni negli elementi di fondazione dovute al sisma saranno nulle. Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) queste opzioni sono disabilitate poiché questi metodi ipotizzano i nodi incastrati.

Piani rigidi

Le opzioni qui presenti sono uguali a quelle relative al calcolo struttura con metodo FEM a cui rimandiamo per maggiori dettagli. Sia nel caso del metodo POR che nell'analisi sismica statica non lineare si possono scegliere solo il "Metodo Master-Slave" o il "Metodo Master-Slave solo per forze sism." poiché gli impalcati devono essere infinitamente rigidi come richiesto dai metodi stessi.

Nella struttura in esame selezionate "Metodo Master-Slave".

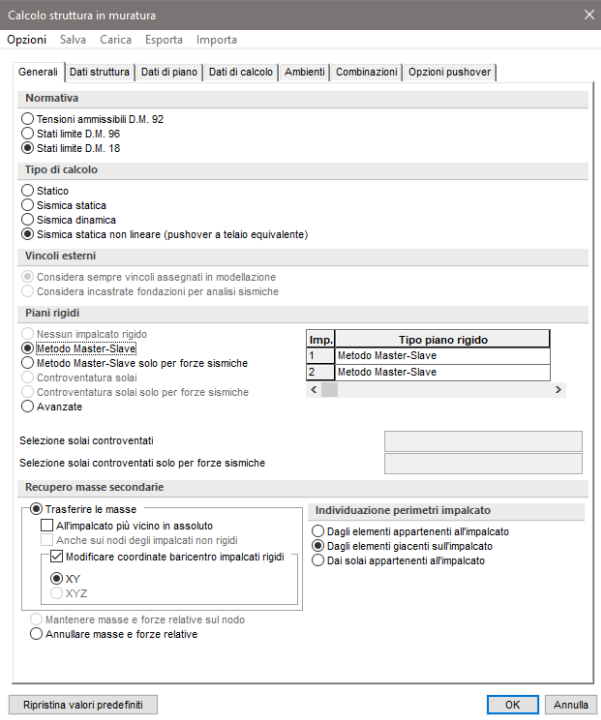
Recupero masse secondarie

Le opzioni qui presenti consentono di specificare come devono essere trattate le masse o le forze che non siano automaticamente riferibili ad un impalcato come accade ad esempio per i nodi dei pianerottoli delle scale.

Nella struttura in esame lasciate l'opzione impostata per default.

Dati struttura

In questa scheda viene richiesto di introdurre quei parametri che rappresentano dati, opzioni o interpretazioni di normativa e che vengono associati al calcolo della struttura.



Imp.	Tipo piano rigido
1	Metodo Master-Slave
2	Metodo Master-Slave

Per la struttura in esame specificate:

Sito di costruzione: Prato, Via F. Ferrucci 203

e lasciate invariati gli altri dati.

Modello di calcolo

Le opzioni qui presenti consentono di specificare quale modello utilizzare nell'analisi sismica statica non lineare della struttura (pushover).

Nella struttura in esame lasciate l'opzione impostata per default.

Dati di piano

In questa scheda vengono mostrati, per ogni impalcato, le dimensioni in pianta dell'edificio con le relative eccentricità calcolate come previsto dal D.M. 18 e l'eccentricità totale. Questi valori concorrono a specificare l'entità del momento torcente aggiuntivo per effetto dell'azione sismica. Assegnando valori nulli alle dimensioni di quell'impalcato non viene applicato il momento torcente aggiuntivo.

Nella struttura in esame lasciate invariati le dimensioni calcolate automaticamente dal programma.

Dati di calcolo

In questa scheda viene richiesto di introdurre i parametri inerenti al tipo calcolo e alla normativa selezionata.

Per la struttura in esame specificate:

Tipologia strutturale: muratura esistente in pietra e/o mattoni pieni

e lasciate invariati gli altri dati.

Eccentricità aggiuntive

È possibile specificare se nell'analisi della struttura debbano essere considerate anche le eccentricità aggiuntive previste nel par. 7.2.6 del D.M. 17/01/18. Sottolineiamo che questo parametro è presente solo nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). L'eccentricità aggiuntiva viene schematizzata spostando il baricentro delle masse della quantità calcolata in **Dati di piano**.

Nella struttura in esame lasciate l'opzione impostata per default.

Forze primo gruppo

È possibile specificare quale sia il tipo di distribuzione delle forze appartenenti al "Gruppo 1" da adottare nel calcolo della struttura come indicato nel par. 7.3.4.2 del D.M. 17/01/18. Sottolineiamo che per il "Gruppo 2" si adotta solo la distribuzione uniforme e non quella adattiva.

Nella struttura in esame lasciate l'opzione impostata per default.

Combinazioni

In questa scheda potete visualizzare e modificare le combinazioni di carico che ModeSt provvede automaticamente a creare in virtù del tipo di normativa e del tipo di analisi.

Opzioni pushover

Valuta automaticamente parametri

ModeSt valuta automaticamente il passo di analisi ed il massimo numero di passi in funzione di alcuni parametri come l'altezza dell'edificio ed il numero di piani. La modifica dei parametri può essere necessaria nel caso di non convergenza dell'analisi.

Facciamo osservare che l'analisi sismica statica non lineare (pushover) può essere eseguita sia con il solutore interno sia con il solutore Xfinest nel caso si utilizzi il telaio equivalente standard mentre, solo con il solutore Xfinest per il telaio equivalente avanzato.


Nella struttura in esame poiché è utilizzato il telaio equivalente avanzato occorre che selezionate l'opzione **Utilizza solutore Xfinest**.

Definiti tutti i parametri, cliccate sul bottone "OK" per eseguire il calcolo e la verifica della struttura.

Qualunque sia il tipo di calcolo richiesto il programma procede in prima fase ad un'analisi di tipo FEM, dalla quale vengono desunte le sollecitazioni negli elementi strutturali per i carichi verticali (ed eventualmente sismici se il calcolo sismico richiesto è di tipo FEM). Questo consente di poter progettare o verificare gli altri elementi strutturali (travi, pilastri, ecc.) con le procedure riportate nel capitolo **Progettazione armature** e di visualizzare graficamente o numericamente i risultati del calcolo in termini di tensioni, sollecitazioni, ecc. come riportato in **Visualizzazione dei risultati**.

Facciamo osservare che poiché nel nostro esempio abbiamo adottato l'analisi sismica statica non lineare, gli spostamenti, le sollecitazioni e le tensioni relativi alle CCE di tipo sismico sono nulli, per cui troverete che i risultati sono identici per tutte le CC.

Disattivate il disegno del numero dei maschi murari cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

su **Numeri proprietà**  e deselegnando "Numero" nella sezione "Muri/Bidimensionali".

Effettuate le verifiche per controllare che per carichi verticali siano soddisfatte cliccando nel gruppo **Verifica**

della scheda **Post-Processor** su **Muratura**  e poi su **Verifica** .

Disegnate la mappa dei tassi di sfruttamento relativi alla verifica a pressoflessione nel piano del maschio



murario cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Muratura**  e poi su "Tassi di sfruttamento" e quindi su **Pressoflessione nel piano** ,

quindi selezionate tutti i maschi murari cliccando dal pannello **Selezioni** su .



Impostate come risultato corrente **ALL**, per indicare tutte le combinazioni di condizioni di carico elementari, selezionandolo dal pannello **Parametri risultati** nell'elenco dei "Risultati" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti".


Continuate visualizzando la mappa dei tassi di sfruttamento relativi alla verifica a pressoflessione ortogonale

al piano del maschio murario cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Muratura**  e poi su "Tassi di sfruttamento" e quindi su **Pressoflessione ortogonale al piano** ,

quelli relativi alla verifica a taglio nel piano del maschio murario cliccando su **Taglio nel piano**  ed infine quelli relativi alla verifica più gravosa nel maschio murario fra tutte quelle che sono state eseguite cliccando su **Globali** .

Nel caso di calcolo sismico statico non lineare è possibile analizzare l'evolversi del comportamento della struttura nelle varie fasi dell'analisi, individuando tramite mappe a colori quali siano i maschi murari o gli elementi in c.a. o in acciaio che per primo entrano in fase plastica e quale sia il primo che arriva a rottura. A tal fine, dal pannello **Parametri risultati**, rendete corrente il tipo di sollecitazione "4 Sisma +X(+E) Gruppo 1" selezionandolo nell'elenco delle "Sollecitazioni" della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti". Visualizzate le mappe a colori relative stato degli elementi cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Pushover**

muratura  e poi su **Stato elementi** .

Attivate il diagramma carico-spostamento cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Curva c/s** . Spostatevi con il cursore lungo il diagramma carico-spostamento, cliccate nel punto desiderato ed osservate come i maschi murari cambino colore indicando in quale fase si trovino.

Facciamo osservare che nel diagramma vengono riportati la curva di capacità e la bilineare equivalente. Inoltre, selezionando nella finestra l'opzione "Disegna spettro di capacità e spettri ADRS" si possono visualizzare i diagrammi "accelerazione-spostamento spettrale", detti anche diagrammi ADRS (Acceleration Displacement Response Spectra), nei quali la curva di capacità prende il nome di "spettro di capacità".

Potete continuare l'analisi dei risultati relativi all'analisi sismica statica non lineare (pushover) cambiando la direzione del sisma nella casella di riepilogo a discesa delle sollecitazioni correnti.

Chiudete la finestra del diagramma carico-spostamento.

Verifica interattiva meccanismi locali di collasso

Le operazioni descritte in questo paragrafo sono eseguibili solo dagli utenti delle versioni Lite e Full di ModeSt dotate di modulo VMUR.

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDIMUR** (vedi **Rendere corrente una struttura**).


Per svolgere le operazioni descritte nel presente paragrafo è indispensabile che la struttura sia stata calcolata come indicato in calcolo e verifica struttura in muratura e non siano state cambiate le impostazioni di default (vedi **Introduzione**).

ModeSt esegue la verifica dei meccanismi di collasso che si realizzano nel piano ortogonale a quello del maschio murario. In particolare sono verificabili i meccanismi di collasso per ribaltamento, sia rispetto alla base dell'intera muratura che dei singoli pannelli d'interpiano, senza o con ammorsamenti, anche parziali, con i pannelli ortogonali. Sono inoltre verificabili i meccanismi di collasso per flessione verticale, rispetto ad ogni solaio, interessati anche parzialmente la muratura. Le verifiche si possono effettuare sia con l'analisi cinematica lineare che con l'analisi cinematica non lineare. Per ulteriori approfondimenti si consiglia di consultare il capitolo **Meccanismi locali di collasso** sul manuale d'uso.



Prima di effettuare le verifiche di tutti i meccanismi locali di collasso, consigliamo al progettista di studiare la costruzione per individuare le sue carenze strutturali, lo stato fessurativo e tutti quegli elementi che permettono di decidere quali cinematiche si possono innescare. Infatti, per consentire di selezionare quali meccanismi di collasso verificare sono stati introdotti una serie di parametri nei criteri generali di progetto (vedi **Verifica cinematiche**).


Attivate il disegno della colorazione dei maschi murari selezionando nel pannello **Colorazioni**, sezione "Muri/Bidimensionali" la voce "Modello muratura".

Attivate il disegno del numero dei maschi murari cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Muri/Bidimensionali".


Aprire in progettazione interattiva il maschio murario 1, cliccate nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-**


Processor su **Interattiva**  e poi su **Maschi murari**  e quindi selezionate un muro/elemento bidimensionale appartenente al maschio murario. Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.


Visualizzate l'elenco dei cinematismi cliccando nel gruppo **Definisci** su **Cinematismi** , si aprirà una finestra di dialogo in cui è riportato l'elenco di tutti i cinematismi che si possono verificare per il maschio murario con selezionati quelli che rispettano quanto imposto nei criteri di progetto. Facciamo osservare che vengono verificati quei cinematismi in cui è stata selezionata la cella relativa alla colonna "Abilita".

Visualizzate il disegno del cinematismo 2 "Ribalt. a z= 3.00 ammors. a z= 3.00" cliccando sulla seconda riga della tabella. Un clic su una riga della tabella permette di visualizzare nella finestra di editor il disegno del cinematismo selezionato.

Attivate la verifica del cinematismo 6 "Fless. a z= 3.00 da z= 0.00 a z= 6.00" selezionando prima la relativa riga nella tabella e poi la colonna "Abilita".

Effettuate il calcolo per controllare che le verifiche siano soddisfatte cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** . Nel nostro esempio non risultano soddisfatte le verifiche relative al cinematismo 6 "Fless. a z= 3.00 da z= 0.00 a z= 6.00" per cui a titolo di esempio ipotizziamo di inserire una catena con un tiro di 3000 daN in prossimità del primo impalcato a quota z=3.00.

A tal fine, aprite la finestra di dialogo che consente sia la modifica che l'inserimento delle forze peso e forze costanti cliccando nel gruppo **Definisci** su **Forze peso e costanti** , selezionate la scheda "Forze costanti", cliccate sul bottone "Inserisci" e specificate: **Fx** -3000, **Fz** 0, **Gx** 0, **Gz** 3.00 e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Effettuate nuovamente il calcolo per controllare che le verifiche siano soddisfatte cliccando nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** .

Dall'elenco delle verifiche effettuate, nel pannello **Stato verifiche** rendete corrente il Caso 16 "Fless. a z= 3.00 da z= 0.00 a z= 6.00" per visualizzare nella legenda maggiori informazioni in merito alla verifica.

Uscite dall'ambiente di progettazione interattiva abbandonando le modifiche effettuate.

Gestione disegni esecutivi

Assemblaggio tavole

Una volta lanciato ModeSt aprite il progetto **ESEMPI** (vedi **Apertura di un progetto**), rendete corrente la struttura **EDIF** oppure quella fornita con l'installazione del programma **EDICA** (vedi **Rendere corrente una struttura**).

La procedura di assemblaggio tavole richiede l'esistenza di un disegno prototipo che generalmente contiene la squadratura del foglio da plottare e la copertina del lavoro.

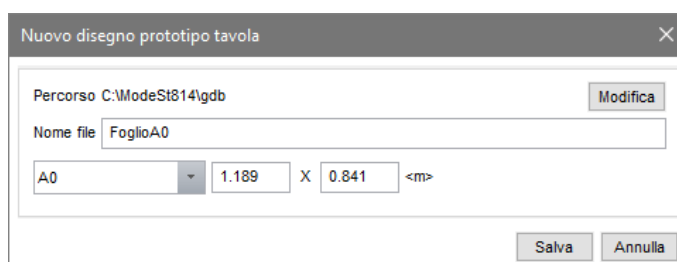
Dal menu dell'applicazione  selezionando **Nuovo**  e poi **Disegno prototipo tavola**  create un disegno prototipo specificando:

Dimensioni del foglio: A0

Nome file: FoglioA0


e cliccate sul bottone "OK" per uscire dalla finestra di dialogo.

Utilizzando i comandi di Ms-Cad è possibile personalizzare il disegno prototipo fino ad ottenere ad esempio una squadratura come quella rappresentata in figura.

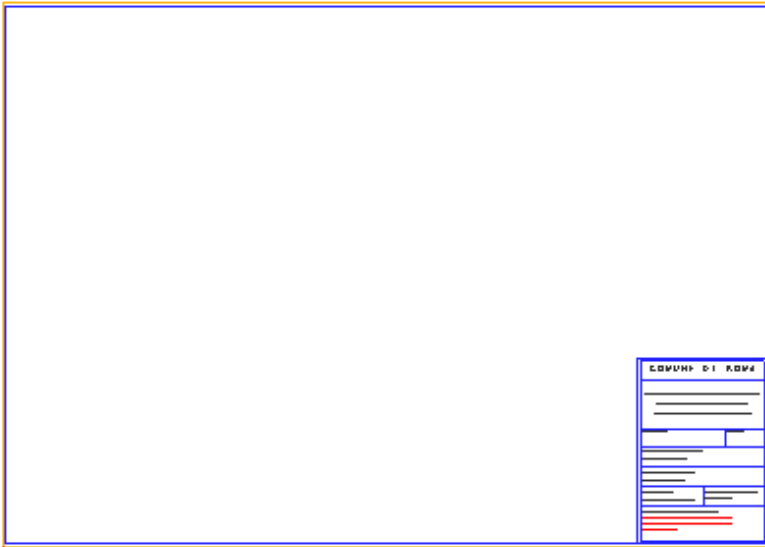


Salvate il disegno prototipo cliccando nella **Barra di accesso rapido** su  e chiudete la finestra di Ms-Cad.

Assemblate i disegni strutturali in tavole, cliccate nel gruppo **Elaborati finali** della scheda **Post-Processor**

su **Assemblaggio tavole**  e quindi selezionate il disegno prototipo FoglioA0 e cliccate sul bottone "Apri". Si aprirà l'ambiente di progettazione interattiva nel quale troverete tutti i comandi e funzionalità.

Ottimizzate la scala di rappresentazione cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .



La procedura di assemblaggio tavole può essere effettuata in due diverse modalità in funzione del tipo di trascinamento:

Trascinamento singolo: il disegno viene agganciato al cursore e sarà possibile posizionarlo direttamente all'interno della tavola.

Trascinamento multiplo: i disegni vengono automaticamente posizionati in colonna a destra del disegno prototipo. In questo modo si ha una visione d'insieme dell'ingombro dei diversi disegni prima ancora di inserirli nella tavola.



Cliccate sul disegno CP0 nella cartella **Carp. di piano** dell'albero del progetto e, tenendo premuto il tasto sinistro del mouse, rilasciatelo all'interno della tavola. Spostate il disegno nel punto de-

siderato e cliccate nuovamente con il tasto sinistro del mouse.


Cliccate sul disegno TR101 e, tenendo premuto il tasto Shift, cliccate sul disegno TR112 nella cartella **Travi** dell'albero del progetto. Tenendo premuto il tasto sinistro del mouse rilasciate i disegni all'interno della tavola.

I disegni possono essere posizionati all'interno del foglio in modo manuale oppure in modo automatico. Nel gruppo **Posizione disegni** si possono ordinare automaticamente i disegni all'interno del foglio in modo da


ottimizzare lo spazio a disposizione cliccando su **Ottimizzando lo spazio**  oppure disporli per nome

cliccando su **Ordinati per nome**  inoltre si ha la possibilità, cliccando su **Laterali alla tavola** , di estrarre dal foglio i disegni sia posizionati manualmente che automaticamente.

Selezionate uno o più disegni (mediante i tasti Shift o Ctrl) e posizionatevi all'interno della tavola nel punto desiderato.

Salvate la tavola assemblata cliccando nel gruppo **Generali** su **Salva tavola**  assegnandoli il nome TAV1 e continuate l'assemblaggio di una nuova tavola inserendoci altri disegni. Facciamo notare che oltre ai disegni strutturali potete introdurre anche dei particolari costruttivi creati con Ms-Cad. Completato l'assemblaggio tavole chiudete la finestra di assemblaggio tavole.

Facciamo notare che i disegni inseriti nella tavola sono in realtà dei collegamenti ai disegni originali. Infatti eventuali modifiche al disegno originale si riflettono automaticamente anche in tutte le tavole che lo contengono.

Aprirete in progettazione interattiva la trave 101 con il tasto destro del mouse sul nome del disegno nella cartella **Travi** → *Progettazione interattiva*. Disattivate il disegno del computo metrico cliccando nel gruppo **Disegno** su **Computo**  ed uscite dall'ambiente di progettazione interattiva salvando le modifiche effettuate.

Riaprite la tavola assemblata TAV1 facendo doppio clic sul nome del disegno nella cartella **Altri disegni** e osservate come le modifiche apportate al disegno della trave 101 si riflettano automaticamente nella tavola. L'eliminazione di un disegno strutturale appartenente ad una tavola viene evidenziato, nella tavola, con un rettangolo barrato. Ricreando il disegno dell'elemento strutturale eliminato viene automaticamente ripristinato nella tavola assemblata.

Inoltre, mediante l'uso del tasto destro del mouse su un disegno è possibile, oltre alle classiche operazioni di copia e incolla, visualizzare le sue proprietà, scollegarlo in modo da renderlo semplicemente un disegno CAD oppure aprirlo in un'altra finestra.