



Comune di Concesio

- Provincia di Brescia -

Cap 25062

Piazza Paolo VI, 1

Tel. 030.2184000

P. IVA n. 00350520177

Email: protocollo@comune.concesio.brescia.it
Pec: protocollo@pec.comune.concesio.brescia.it



Studio di Milano - Via Forcellini 2 - 20124 Milano (Italy)
Tel. +39 02 57491111 - Fax +39 02 57491112 - Email: info@agzlab.it



TITOLO

AFFIDAMENTO DIRETTO DEI SERVIZI TECNICI IN FASI DI PROGETTAZIONE ED IN FASE ESECUZIONE DELL'INTERVENTO DI DIREZIONE LAVORI, SICUREZZA, PER
OPERA "NUOVA COSTRUZIONE/AMPLIAMENTO ASILO NIDO VIA PASCOLI " - FINALIZZATO CON PNRR -M4-C1-1.1

CODICE IDENTIFICATIVO GARA **RESPONSABILE SETTORE TECNICO**

CIG: B29EEAC9B2 **RUP. Arch. Flavia Gusberti**

CUP: D48H24000720001 Firma _____

OGGETTO	Cartella	Fase	Cat.	N°	R
PROGETTO RELAZIONE STRUTTURALE/SISMICA Via Pascoli 2, Concesio (BS)	2406	D	ST	D001	00

Formato A0++ **Scala** 1:50

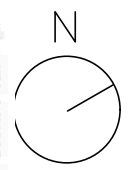
PROGETTO ARCHITETTONICO

Arch. Gianluca Zambotti Progettazione definitiva
 Progettazione esecutiva

Firma _____

ORDINE DEGLI ARCHITETTI,
 PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E
 CONSERVATORI DELLA PROVINCIA
 DI MONZA E DELLA BRIANZA

**GIANLUCA
 ZAMBOTTI
 ARCHITETTO**
 1870



PROGETTO STRUTTURALE

Arch. Gianluca Zambotti Progetto e D.L.

PROGETTO IMPIANTI

Ing. Carlo Pennati
 Ing. Mauro Pozzi

getico e Meccanico
rico

DIREZIONE LAVORI

Arch. Gianluca Zambotti Firma _____

C.S.P.

Arch. Gianluca Zambotti

ESECUTORE OPERE

Firma _____

PROGETTO VVF

Firma _____

Data:	12/09/2024
Firma:	AP
Descr:	
Descr:	
Descr:	

Data:	12/09/2024
Firma:	GZ
Data:	
Firma:	
Data:	
Firma:	

Data:	12/09/2024
Firma:	GZ
Firma:	
Firma:	
Firma:	

Sommario

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE	4
4	PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITA'	6
5	AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA.....	6
5.1.1	CARICHI PERMANENTI E PESI PROPRI:	6
5.1.2	CARICHI VARIABILI:.....	7
5.1.3	CARICO DA NEVE.....	7
6	RELAZIONE SISMICA – AZIONI SISMICHE.....	8
6.1.1	Vita nominale	8
6.1.2	Classe d'uso.....	8
6.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	9
6.1.4	Categoria del sottosuolo e condizioni topografiche.....	10
6.1.5	Classificazione sismica dell'area	10
6.1.6	Fattore di comportamento	11
6.1.7	Azione sismica:	14
7	Metodi di analisi.....	15
8	COMBINAZIONI DI CARICO	16
9	DESCRIZIONE MODELLI DI CALCOLO, CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE, MODELLAZIONE DEL TERRENO, PROPRIETA' DEI MATERIALI, EFFICACIA DEL MODELLO.....	18
9.1.1	I nodi	20
9.1.2	I Materiali.....	20
9.1.3	Le sezioni.....	22
9.1.4	I carichi.....	22
9.1.5	Gli elementi finiti.....	23
10	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	28
10.1	I METODI DI CALCOLO	28
10.1.1	ANALISI DINAMICA MODALE	28
10.1.2	DEFORMATE.....	28
10.1.3	ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA	30
10.1.4	Masse eccitate	30
10.1.5	Effetti delle non linearità geometriche.....	31

10.1.6	SPOSTAMENTI AGLI S.L.U.....	33
10.1.7	VERIFICA DI RIGIDEZZA - SPOSTAMENTI DI INTERPIANO.....	34
10.1.8	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI.....	36
10.1.9	ASTE RETICOLARI.....	37
10.1.10	TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE.....	37
10.1.11	GUSCI.....	38
10.1.12	VINCOLI.....	39
11	Verifiche di sicurezza degli elementi.....	40
11.1	VERIFICHE DI OPERE IN CEMENTO ARMATO.....	40
11.1.1	TRAVI, PILASTRI, SETTI E TRAVI DI FONDAZIONE.....	40
11.1.2	I RISULTATI PER ELEMENTI GUSCIO.....	46
12	VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIONE MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'.....	50

1 PREMESSA

L'intervento oggetto del presente **Progetto di Fattibilità Tecnico Economica** rientra tra nell'ambito delle opere obiettivo del PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) riguardante il potenziamento dell'offerta dei servizi d'istruzione scolastica (asilo nido e scuole dell'infanzia) nel Comune di Concesio (BS). Nello specifico riguarda l'affidamento diretto dei Servizi Tecnici in fase di Progettazione ed in fase di Esecuzione dell'intervento di Direzione Lavori, Sicurezza per l'opera: **"Nuova costruzione/Ampliamento Asilo Nido Via Pascoli" finanziato con PNRR-M4-C1-1.1. CUP D48H24000720001-CIG B29EEAC9B2.**

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Decreto del Presidente della Repubblica n.380 del 2001 – T. U. delle Norme per l'Edilizia;
- O.P.C.M. 20 marzo 2003, n.3274 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica;
- D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 - C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

Referenze tecniche:

- UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno;
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni;
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno.

3 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

L'intervento riguarda la costruzione di una **nuova porzione di fabbricato per l'ampliamento dell'asilo nido esistente in Via G. Pascoli n.10 nel Comune di Concesio**. La nuova porzione di edificio sarà adiacente a quello esistente e direttamente comunicante con esso tramite disimpegno comune.

L'area sulla quale sorgerà l'ampliamento è un'area verde di pertinenza dell'asilo esistente, il cui perimetro è già recintato ai confini del lotto. L'area confina a Nord con un'altra area verde comunale, a Est con un marciapiede/vialetto pedonale a servizio dei fabbricati residenziali adiacenti, a Sud con un'altra proprietà e a Ovest con il fabbricato dell'asilo nido esistente.



Fig. 1 – Inquadramento dell'intervento

La proposta progettuale oggetto della presente relazione prevede la realizzazione dell'asilo tramite l'impiego di una fondazione a platea alta 40cm, elevazioni realizzate con pilastri in cemento armato, soletta di copertura della zona corridoio realizzata con soletta piena gettata in opera in cemento armato ed armatura bidirezionale esistente.

Tale ampliamento dell'asilo non va ad incidere sulla costruzione già esistente e rappresenta un organismo strutturale totalmente indipendente.

Nelle immagini che seguono si riporta la schematizzazione dei corpi con la nomenclatura adottata nelle analisi.

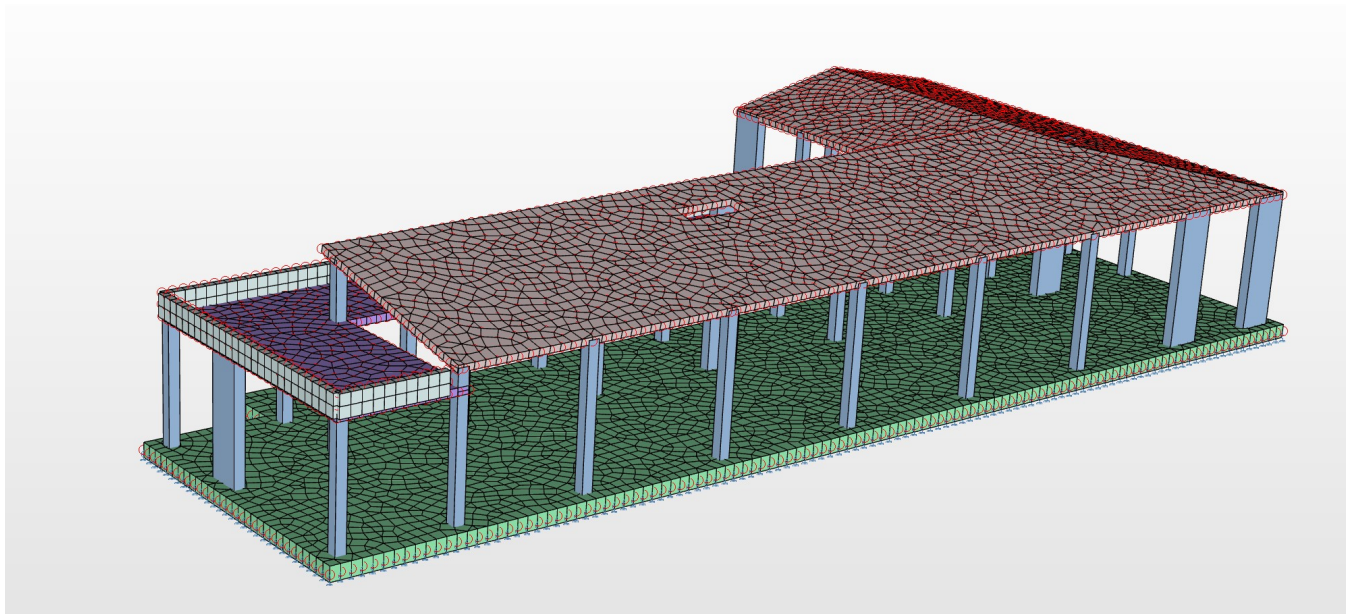


Fig. 2 – Vista assometrica modello strutturale generale

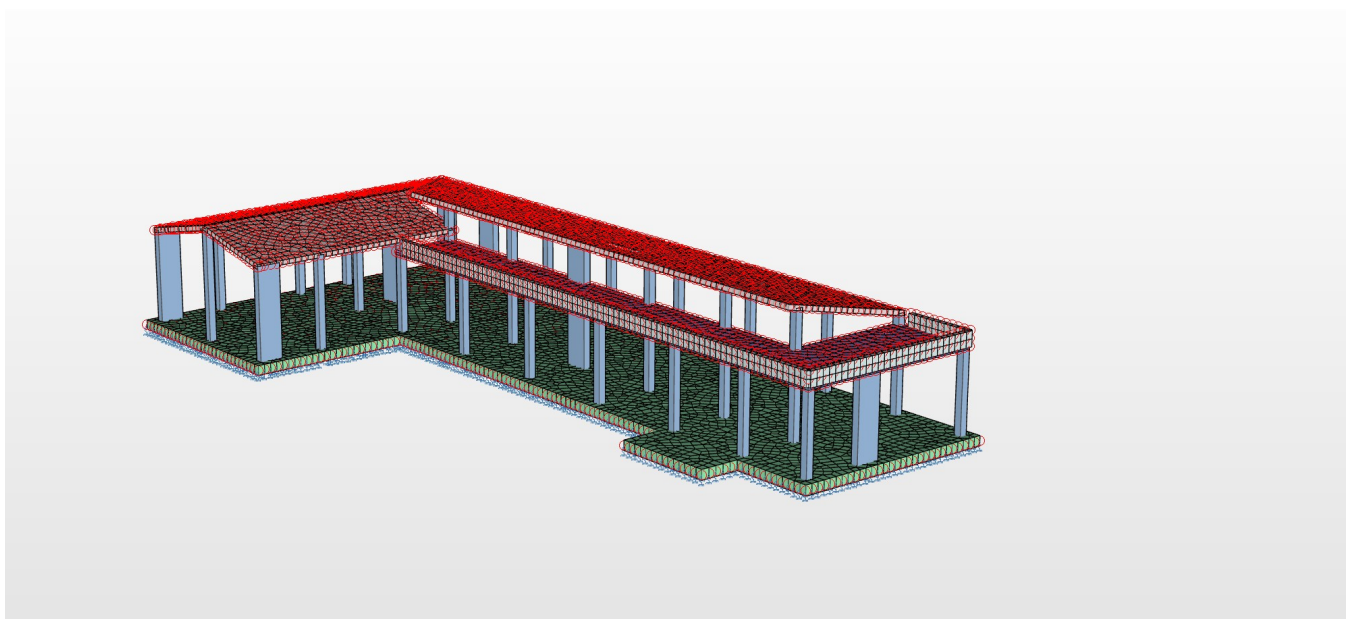


Fig. 3 – Vista assometrica modello strutturale generale

4 PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITA'

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

La classe della struttura è di tipo III.

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

5 AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA

Nel presente paragrafo si riporta un'analisi dei carichi agenti sulla struttura in cui si distinguono:

- i carichi permanenti strutturali (G1);
- i carichi permanenti non strutturali (G2);
- i sovraccarichi (Qk) che comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera indicati nella Tab. 3.1.11

del D.M. 17/01/2018 e il carico della neve sulla copertura determinato secondo il punto 3.4 dello stesso D.M. 17/01/2018

Le azioni applicate al modello strutturale sono le seguenti:

5.1.1 CARICHI PERMANENTI E PESI PROPRI:

Peso proprio calcestruzzo	2500 kg/mc (24 kN/mc)
Pacchetto massetti e pavimenti	170 Kg/mq
Permanente impianti in copertura zona corridoio	200 kg/mq

5.1.2 CARICHI VARIABILI:

CAT. H – Tab .3.1.II – coperture accessibili per manutenzione 50 Kg/mq

5.1.3 CARICO DA NEVE

Normativa : D.M. 17/01/2018 (NTC 2018, Circolare 21/01/2019, n.7)

Il carico provocato dalla presenza della neve agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Esso è valutato con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Provincia : Brescia

Altitudine : 212 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo : $q_{sk} = 1.51 \text{ kN/m}^2$

esposizione C_E : 1 (Normale)

termico C_t : 1



Ia

Zona : Ia

Coefficiente di Coefficiente

Tipo di copertura: ad una falda ($\alpha = 15^\circ$)

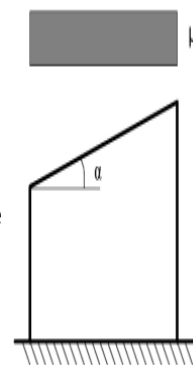
Dimensione minima in pianta della copertura: 5.5 m.

Dimensione massima in pianta della copertura: 28 m.

Dimensione in pianta equivalente L_c : 9.92 m.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .



Coefficiente $C_{e,F} = 1$

Carico da neve :

$$q_s(\mu_1(\alpha)) = 1.21 \text{ kN/m}^2 [\mu_1(\alpha) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 1.21 \text{ kN/m}^2$$

6 RELAZIONE SISMICA – AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al punto 3.2.2 del DM 17/01/2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel punto 3.2.1 del DM 17/01/2018 e nel periodo di riferimento V_R , come definito nel punto 2.4 dello stesso DM 17/01/2018.

Di seguito si riportano i parametri che determinano la pericolosità sismica di base e che definiscono le azioni sismiche di progetto.

6.1.1 Vita nominale

La vita nominale di progetto V_N di un’opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l’opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I del DM 17/01/2018.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

6.1.2 Classe d’uso

Con riferimento alle conseguenze di un’interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le NTC 2018 definiscono le costruzioni secondo le seguenti classi d’uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche in riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico.

Considerata la destinazione d'uso dell'edificio, ai sensi delle NTC2018 la classe d'uso dell'edificio è la classe III.

6.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Con riferimento al punto 2.4.3 del D.M. 17.01.2018, le azioni sismiche agenti sulla costruzione, sono state valutate in relazione al periodo di riferimento VR che si è ricavato dalla seguente relazione:

$$VR = VN \cdot CU$$

dove:

VN, Vita nominale di progetto assunta pari a 50 anni, ai sensi della Tabella 2.4.I, relativa a costruzioni con livelli di prestazione elevati;

Cu, Coefficiente d'uso assunto pari a 2,0, ai sensi della Tabella 2.4.II, relativo a edifici ricadenti nella classe d'uso II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le azioni sismiche agenti sulla costruzione saranno quindi riferite ad un periodo di riferimento VR pari a:

$$VR = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{ anni}$$

6.1.4 Categoria del sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato facendo riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

Con riferimento, alla tabella 3.2.II del D.M. 17.01.2018 e ai contenuti della relazione geologica redatta dal Geol. Francesco Serra, **il sottosuolo in oggetto è classificato nella Categoria C.**

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Con riferimento alla tabella 3.2.III del D.M. 17.01.2018, trattandosi di pendio con inclinazione inferiore a 15°, dal punto di vista delle condizioni topografiche, l'area oggetto di intervento appartiene alla Categoria T1.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

6.1.5 Classificazione sismica dell'area

La nuova normativa di riferimento per la classificazione del territorio nazionale dal punto di vista della pericolosità sismica è l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28/04/2006 che ha introdotto specifici intervalli dell'accelerazione di riferimento (a_g =accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. Sotto questo aspetto il territorio nazionale è stato classificato in 4 zone sismiche, in relazione ad intervalli di accelerazione a_g .

ZONA SISMICA	Accelerazione (ag) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	ag > 0,25
2	0,15 < ag ≤ 0,25
3	0,05 < ag ≤ 0,15
4	ag ≤ 0,05

Con riferimento al suddetto O.P.C.M. n.3519/2006, alla Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11/7/ 2014 n.2129 entrata in vigore il 10/4/2016 e al valore di ag (con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni), nel prosieguo rappresentato, **il comune di Concesio rientra nella zona sismica 3.**

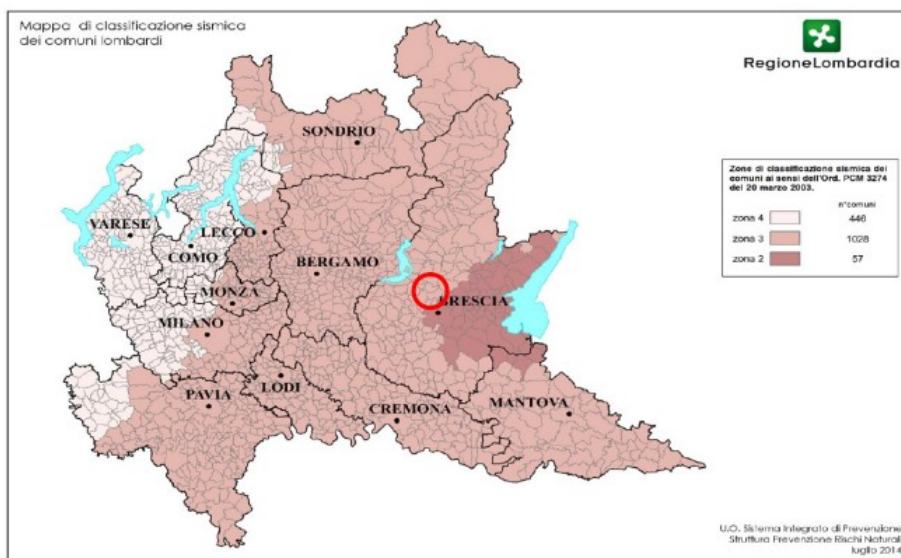


Fig. 4 – Classificazione sismica dei comuni della regione Lombardia, D.G.R. n X/2129 11 Luglio 2014

6.1.6 Fattore di comportamento

Secondo il D.M. 2018, il fattore di comportamento di un edificio va differenziato secondo le due direzioni principali, quella assegnata per l'ingresso del sisma e quella ad essa ortogonale.

La scelta progettuale presa per le strutture ha previsto di considerare il calcolo di tutti gli elementi strutturali in campo NON Dissipativo come permesso dalla vigente normativa.

Pertanto, il fattore di comportamento assegnati sono stati definiti in base a quanto previsto dall'espressione 7.3.2 delle NTC 2018 e di seguito riportata:

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD} \leq 1,5$$

In particolare:

Considerando l'espressione 7.3.1

$$q_{lim} = q_0 \cdot K_R$$

In merito alla regolarità in pianta ed in altezza secondo quanto previsto al punto 7.2.1 delle NTC 2018 la costruzione risulta essere:

NON REGOLARE IN PIANTA

REGOLARE IN ALTEZZA

Ne consegue quanto segue:

- Considerando i valori massimi di base del fattore q_0 allo slv per le diverse tecniche costruttive in funzione della classe di duttilità CD ricavabili dalla tabella 7.3.II di seguito riportata:

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_w/α_1	3,0 α_w/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_w/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	4,0 α_w/α_1	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0
Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5
Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate	5,0 α_w/α_1	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 α_w/α_1	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 α_w/α_1	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0
Costruzioni di legno (§ 7.7.3)		
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	3,0	2,0
Strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati		
Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4,0	2,5
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni.	5,0	3,0
Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni		
Strutture reticolari con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni o spinotti		2,5

ATTENZIONE: vengono riquadrati i coefficienti desunti dalle tabelle e necessari alla determinazione del fattore q

- Considerando che

Per le costruzioni *regolari in pianta*, qualora non si proceda a un'analisi non lineare finalizzata alla sua valutazione, per il rapporto α_u/α_1 , possono essere adottati i valori indicati nei paragrafi successivi per le diverse tipologie costruttive.

Per le costruzioni *non regolari in pianta*, si possono adottare valori di α_u/α_1 pari alla media tra 1,0 e i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

I valori di α_u/α_1 secondo quanto previsto al paragrafo 7.4.3.2 sono i seguenti:

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di α_u/α_1 :

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata
- strutture a telaio con più piani e più campate

$$\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$$

$$\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$$

$$\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$$

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti

- strutture con solo **due** pareti non accoppiate per direzione orizzontale
- altre strutture a pareti non accoppiate
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti

$$\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$$

$$\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$$

ATTENZIONE: vengono riquadrati i coefficienti desunti dalle tabelle e necessari alla determinazione del fattore q

Data la non regolarità in pianta il rapporto $\alpha_u/\alpha_1=1.05$

- Considerato anche

Qualora nella costruzione siano presenti pareti di calcestruzzo armato, per prevenirne il collasso fragile, i valori di q_0 devono essere ridotti mediante il fattore k_w , con:

$$k_w = \begin{cases} 1,00 & \text{per strutture a telaio e miste equivalenti a telai} \\ 0,5 \leq (1 + \alpha_0)/3 \leq 1 & \text{per strutture a pareti, miste equivalenti a pareti, torsionalmente deformabili} \end{cases}$$

dove α_0 è il valore assunto in prevalenza dal rapporto tra altezza totale (dalle fondazioni o dalla struttura scatolare rigida di base di cui al § 7.2.1, fino alla sommità) e lunghezza delle pareti; nel caso in cui gli α_0 delle pareti non differiscano significativamente tra di loro, il valore di α_0 per l'insieme delle pareti può essere calcolato assumendo, come altezza, la somma delle altezze delle singole pareti, come lunghezza, la somma delle lunghezze.

Nel caso in esame $K_w=1$

In base ai punti sopra elencati, applicando quanto previsto dall'espressione 7.3.2:

II FATTORE DI COMPORTAMENTO PER STRUTTURA NON DISSIPATIVA RISULTA ESSERE $q=1.5$

6.1.7 Azione sismica:

I parametri che determinano l'azione sismica sono i seguenti:

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Asilo Concesio
Intestazione del lavoro	Ampliamento asilo a Concesio
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018
Analisi modale effettuata con il metodo di Ritz	

Normativa

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Localita'	
Longitudine (WGS84)	12.6
Latitudine (WGS84)	41.8
Categoria del suolo	C
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	10
Periodo proprio T1 in direzione X	0.239
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.271
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

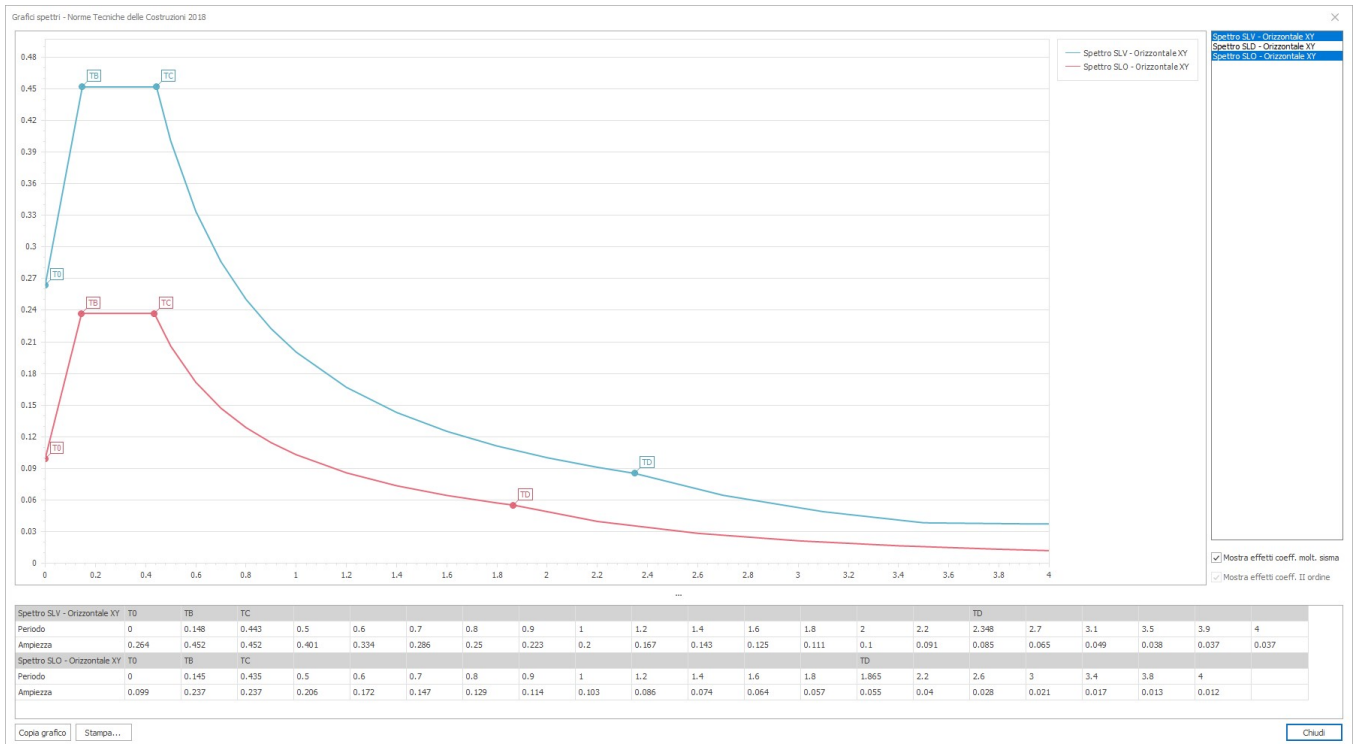


Fig. 5 – Spettri sismici

7 Metodi di analisi

Il tipo di analisi sismica utilizzata è stata la “Lineare Dinamica”.

L’analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell’analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo di Ritz.

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l’eccitazione di più dell’85% della massa totale della struttura. Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze applicate spazialmente agli impalcati di ogni piano (forza in X, forza in Y e momento).

Le forze orizzontali così calcolate vengono ripartite fra gli elementi irrigidenti (pilastri e pareti di taglio), ipotizzando i solai dei piani sismici infinitamente rigidi assialmente. A tal fine sono stati inserite delle relazioni di piano rigido come da immagini sotto riportate

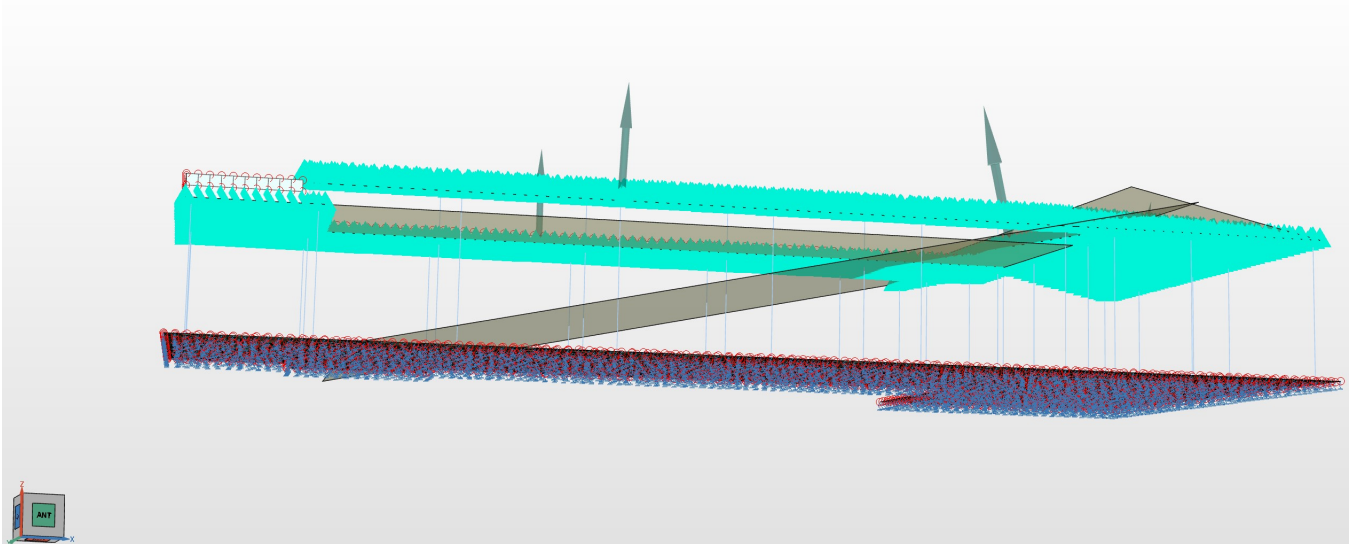


Fig. 6 – Piani rigidi inseriti

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale; pertanto, sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale. L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che per la tipologia strutturale in esame possono essere significativi i modi superiori, si è optato per l'analisi modale con spettro di risposta di progetto e fattore di struttura.

La scelta è stata anche dettata dal fatto che tale tipo di analisi è indicata nelle NTC2018 come l'analisi di riferimento che può essere utilizzata senza limitazione di sorta. Nelle analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018.

Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
 - Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).
- Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza e sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17). Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B – Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale, biblioteche, archivi, magazzini e ambienti a uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti,...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m.s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m.s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

9 DESCRIZIONE MODELLI DI CALCOLO, CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE, MODELLAZIONE DEL TERRENO, PROPRIETA' DEI MATERIALI, EFFICACIA DEL MODELLO

La modellazione strutturale ha riguardato l'intero nuovo edificio con Il programma di calcolo, regolarmente

licenziato, Mastersap 4U versione 2024

Le verifiche delle sezioni in c.a. Sono avvenute direttamente all'interno dell'ambiente di Mastersap

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stato adeguatamente valutato, interpretato e trasferito nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale.

A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti che vengono di seguito brevemente riassunte

- Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità.
- Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati.
- Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale.
- I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidità nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni.
- Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse. Nel caso dei pali il comportamento del terreno implica anche l'introduzione di vincoli per la traslazione orizzontale.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidità flessionale e tagliente dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine e si può simulare il comportamento di elementi resistenti a sola trazione o compressione.

La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita

relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura.

E' stata impiegata un'analisi dinamica in campo lineare con adozione di spettro di risposta conforme al D.M. 17.01.2018. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo degli stati limite.

Di seguito segue una descrizione dei diversi elementi che compongono il modello FEM

9.1.1 I nodi

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (spostamenti generalizzati incogniti), bloccati (spostamenti generalizzati corrispondente uguale a zero), di tipo slave o linked (il parametro cinematico dipende dalla relazione con altri gradi di libertà).

Si può intervenire sui gradi di libertà bloccando uno o più gradi. I blocchi vengono applicate nella direzione della terna locale del nodo.

Le relazioni complesse creano un legame tra uno o più gradi di libertà di un nodo detto slave con quelli di un altro nodo detto master. Esistono tre tipi di relazioni complesse.

Le relazioni di tipo link prescrivono l'uguaglianza tra gradi di libertà analoghi di nodi diversi. Specificare una relazione di tipo link significa specificare il nodo slave assieme ai gradi di libertà che partecipano al vincolo ed il nodo master. I gradi di libertà slave saranno eguagliati ai rispettivi gradi di libertà del nodo master.

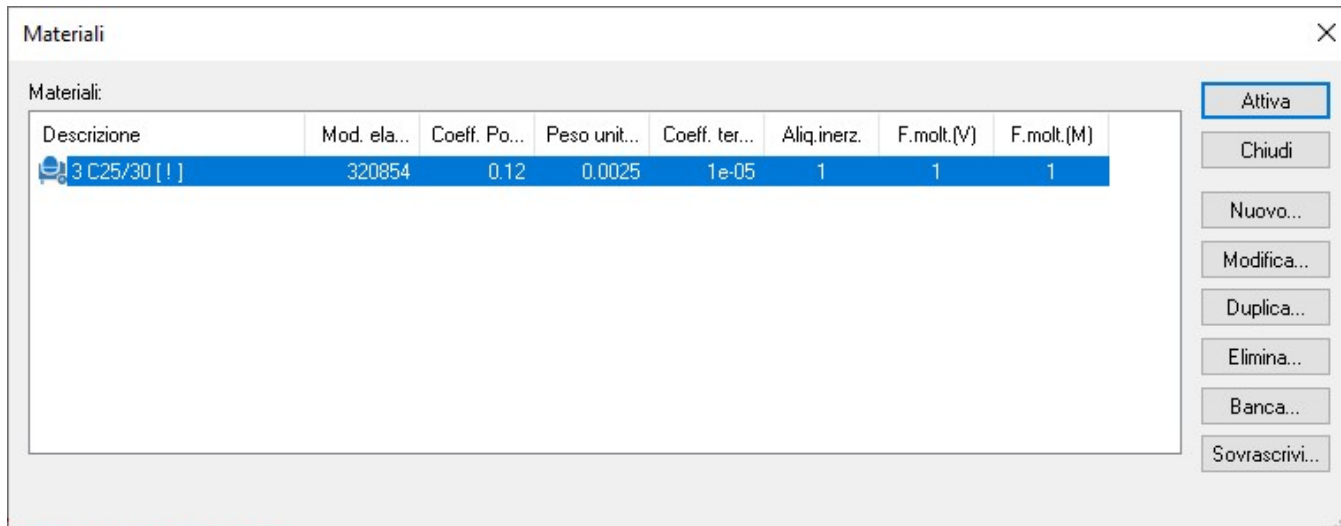
La relazione di piano rigido prescrive che il nodo slave appartiene ad un piano rigido e quindi che i due spostamenti in piano e la rotazione normale al piano sono legati ai tre parametri di roto-traslazione rigida di un piano.

Il Corpo rigido prescrive che il nodo slave fa parte di un corpo rigido e tutti e sei i suoi gradi di libertà sono legati ai sei gradi di libertà posseduti dal corpo rigido (i gradi di libertà del suo nodo master).

9.1.2 I Materiali

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson,

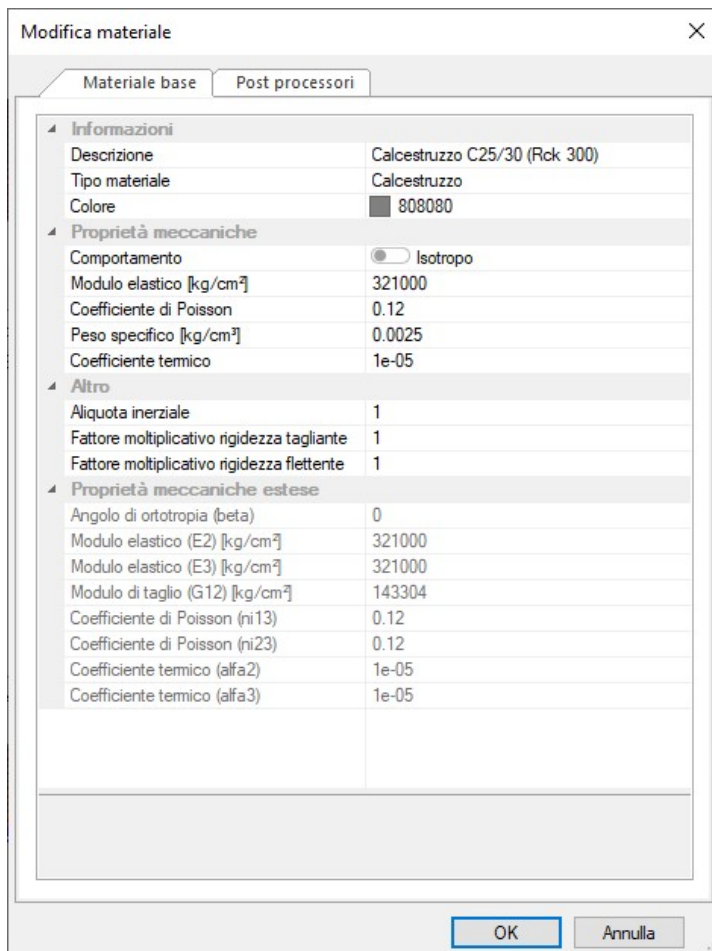
dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.



Descrizione	Mod. ela...	Coeff. Po...	Peso unit...	Coeff. ter...	Aliq.inerz.	F.molt.(V)	F.molt.(M)
3 C25/30 [!]	320854	0.12	0.0025	1e-05	1	1	1

Buttons: Attiva, Chiudi, Nuovo..., Modifica..., Duplica..., Elimina..., Banca..., Sovrascrivi...

Fig. 7 – scheda riassuntiva dei materiali impiegati nella modellazione dei corpi A e B



Modifica materiale

Materiale base | Post processor

Informazioni

Descrizione: Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)
 Tipo materiale: Calcestruzzo
 Colore: 808080

Proprietà meccaniche

Comportamento: Isotropo
 Modulo elastico [kg/cm²]: 321000
 Coefficiente di Poisson: 0.12
 Peso specifico [kg/cm³]: 0.0025
 Coefficiente termico: 1e-05

Altro

Aliquota inerziale: 1
 Fattore moltiplicativo rigidezza tagliante: 1
 Fattore moltiplicativo rigidezza flettente: 1

Proprietà meccaniche estese

Angolo di ortotropia (beta): 0
 Modulo elastico (E2) [kg/cm²]: 321000
 Modulo elastico (E3) [kg/cm²]: 321000
 Modulo di taglio (G12) [kg/cm²]: 143304
 Coefficiente di Poisson (ni13): 0.12
 Coefficiente di Poisson (ni23): 0.12
 Coefficiente termico (alfa2): 1e-05
 Coefficiente termico (alfa3): 1e-05

Buttons: OK, Annulla

Fig. 8 – scheda della banca di Mastersap per materiale calcestruzzo impiegato nel modello

9.1.3 Le sezioni

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico, dal tipo e dai relativi parametri identificativi. La simbologia adottata dal programma è la seguente:

Rettangolare piena (Rp);

Rettangolare cava (Rc);

Circolare piena (Cp);

Circolare cava (Cc);

T (T.);

T rovescia (Tr);

L (L.);

C (C.);

C rovescia (Cr);

Cassone (Ca);

Profilo singolo (Ps);

Profilo doppio (Pd);

Generica (Ge).

9.1.4 I carichi

I carichi agenti sulla struttura possono essere suddivisi in carichi nodali e carichi elementari. I carichi nodali sono forze e coppie concentrate applicate ai nodi della discretizzazione. I carichi elementari sono forze, coppie e sollecitazioni termiche.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da una azione, una categoria, una condizione e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (f_x , f_y , f_z , f_v) e locali (f_x , f_y , f_z), forze concentrate riferite agli assi globali (F_x , F_y , F_z , F_v) o locali (F_x , F_y , F_z), momenti concentrati riferiti agli assi locali (M_x , M_y , M_z), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (m_x), carichi termici (t_x , t_y , t_z), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

Nel caso in esame i codici di carico applicato agli elementi di tipo guscio, con cui si sono modellati solai e setti sono i seguenti:

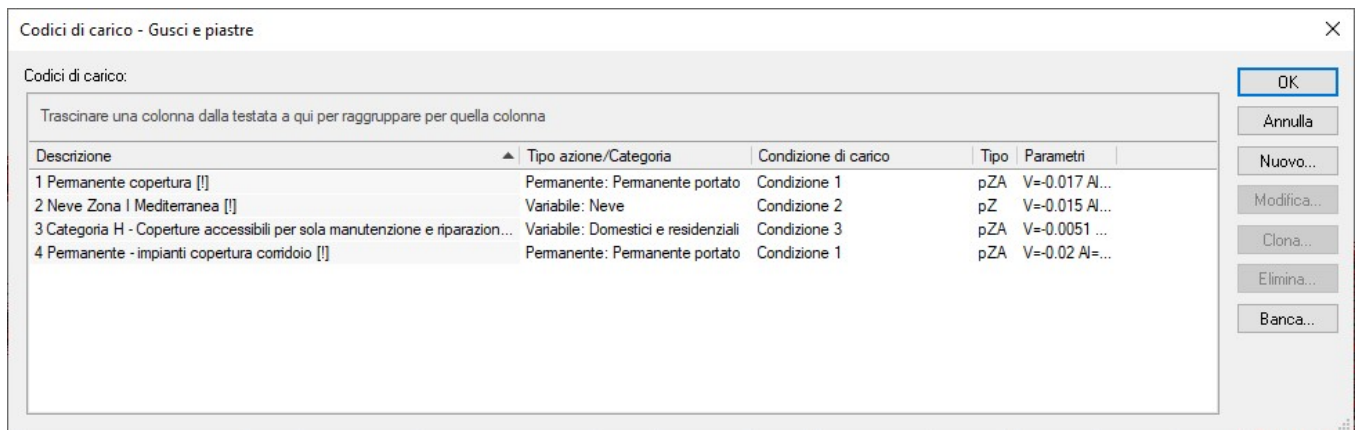


Fig. 9 – scheda Mastersap per identificazione dei codici di calcolo applicati ad elementi guscio

9.1.5 Gli elementi finiti

La struttura può essere suddivisa in sottostrutture, chiamate gruppi.

ELEMENTO TRUSS (ASTA RETICOLARE)

L'elemento truss (asta reticolare) rappresenta il modello meccanico della biella elastica. Possiede 2 nodi I e J e di conseguenza 12 gradi di libertà.

Gli elementi truss sono caratterizzati da 4 parametri fisici e geometrici ovvero:

A Area della sezione.

E. Modulo elastico.

ρ . Densità di peso (peso per unità di volume).

α . Coefficiente termico di dilatazione cubica.

I dati di input e i risultati del calcolo relativi all'elemento stesso sono riferiti alla terna locale di riferimento indicata in figura.

ELEMENTO FRAME (TRAVE E PILASTRO, TRAVE DI FONDAZIONE)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 2 nodi principali I e J posti alle sue estremità ed un nodo geometrico facoltativo K che serve solamente a fissare univocamente la posizione degli assi locali.

L'elemento frame possiede 12 gradi di libertà.

Ogni elemento viene riferito a una terna locale destra x, y, z. L'elemento frame supporta varie opzioni tra cui: deformabilità da taglio (travi tozze);

sconnessioni totali o parziali alle estremità;

connessioni elastiche alle estremità;

offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;

suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.

L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;

sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;

forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;

carichi generici mediante prescrizione delle reazioni di incastro perfetto.

I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J) e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (indicate in legenda eventuali situazioni diverse dall'incastro perfetto ad entrambi i nodi), i codici dei materiali e delle sezioni, eventuali offset strutturali o conci rigidi applicati. Un'ulteriore tabella riporta anche eventuali valori di offset architettonici.

Per ogni asta vengono riportati i carichi applicati: ogni carico è identificato dal suo codice e da un moltiplicatore.

I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe. È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne. Per la trave di fondazione il programma abilita automaticamente solo i gradi di libertà relativi alla rotazione intorno agli assi globali X, Y e alla traslazione secondo Z, bloccando gli altri gradi di libertà. Ogni trave di fondazione è suddivisa in un numero adeguato di parti (aste). Ogni singola asta interagisce con il terreno mediante un elemento finito del tipo vincolo elastico alla traslazione verticale tZ convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidità viene determinato da programma moltiplicando la costante di sottofondo assegnata dall'utente per l'area di contatto con il terreno in corrispondenza del nodo.

I tipi di carichi ammessi sono solo di tipo distribuito f_z , f_v , f_y . Inoltre accade che:

$V_i = V_f$; $d_i = d_f = 0$, ovvero il carico è di tipo rettangolare esteso per tutta la lunghezza della trave

ELEMENTO SHELL (GUSCIO)

L'elemento shell implementa il modello del guscio piatto ortotropo nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K ed L posti nei vertici e 6 gradi di libertà per ogni nodo. Il comportamento flessionale e quello membranale sono disaccoppiati.

Gli elementi guscio/piastra si caratterizzano perché possono subire carichi nel piano ma anche ortogonali al piano ed essere quindi soggetti anche ad azioni flettenti e torcenti.

Gli elementi in esame hanno formalmente tutti i sei gradi di libertà attivi, ma non posseggono rigidità per la rotazione ortogonale al piano dell'elemento.

Nei gruppi shell definiti "platea" viene attuato il blocco di tre gradi di libertà, u_x , u_y , r_z , per tutti i nodi del gruppo.

Ogni gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito da questi parametri:

elemento numero (massimo 1999 per ogni gruppo);

nodì di riferimento I, J, K, L;

spessore;

materiale;

temperatura;

gradiente termico;

Per ogni guscio vengono riportati i carichi applicati: ogni carico è identificato dal suo codice e da un moltiplicatore.

ELEMENTO PLANE (STATO PIANO DI TENSIONE, STATO PIANO DI DEFORMAZIONE, ASSIALSIMMETRICO)

L'elemento plane implementa i modelli dell'elasticità piana nelle tre classiche varianti degli stati piani di tensione, di deformazione e dei problemi assialsimmetrici, per materiali ortotropi nello spazio bidimensionale. E' caratterizzato da 3 o 4 nodi I, J, K, L posti nei vertici e 2 gradi di libertà per ogni nodo.

Gli elementi in stato piano di tensione, di deformazione o assialsimmetrici sono elementi piani quadrilateri (4 nodi) o triangolari (3 nodi) bidimensionali, caratterizzati da due dimensioni dello stesso ordine di grandezza, prevalenti sulla terza dimensione, che individua lo spessore. Vengono utilizzati per rappresentare strutture

bidimensionali caricate nel piano: sono nulle le tensioni ortogonali al piano dell'elemento.

Gli elementi in Stato Piano di Deformazione sono elementi per cui è nulla la deformazione ortogonale al piano, ma non la tensione relativa. Vanno obbligatoriamente analizzati nel piano YZ e si assume uno sviluppo unitario sulla terza dimensione (lungo X). Hanno attivi i due gradi di libertà relativi agli spostamenti nel piano YZ.

Gli elementi Assialsimmetrici rappresentano solidi simmetrici, ottenuti per rotazione intorno all'asse verticale Z e simmetricamente caricati; sono individuati dalla loro sezione nel piano YZ. Anche gli elementi assialsimmetrici vanno studiati nel piano YZ e hanno attivi i gradi di libertà relativi agli spostamenti in questo piano.

Il programma analizza il loro comportamento per uno sviluppo angolare di un radiante.

Ogni gruppo può contenere uno o più elementi (max 1999). Ogni elemento viene definito con questi parametri:

numero elemento (massimo 1999 per gruppo);

nodi di riferimento I, J, K, L;

spessore;

materiale;

temperatura.

ELEMENTO BOUNDARY (VINCOLO)

L'elemento boundary è sostanzialmente un elemento molla con rigidità assiale in una direzione specificata e rigidità torsionale attorno alla stessa direzione. È utile quando si vogliono determinare le reazioni vincolari oppure quando si vogliono imporre degli spostamenti o delle rotazioni di alcuni nodi (cedimenti vincolari).

I parametri relativi ad ogni singolo vincolo sono:

il nodo a cui è collegato il vincolo (o i vincoli, massimo sei);

la traslazione imposta (L) o la rotazione imposta (radianti);

ELEMENTO PLINTO

Il plinto viene modellato mediante vincoli elastici alla traslazione e alla rotazione.

Il nodo I è il nodo di attacco del plinto e generalmente corrisponde con il nodo al piede di un pilastro. Si suppone, implicitamente, l'esistenza di un nodo J posizionato sopra I, sulla sua verticale (vedi figura).

Il nodo K consente, assieme a I e J, di orientare il plinto nello spazio. Valgono al riguardo considerazioni analoghe a quelle fatte per i pilastri. L'asse locale x è diretta da I verso J, l'asse locale y è ortogonale a x e punta verso K, l'asse locale z forma, con x e y l'usuale terna cartesiana destrorsa.

La sezione del plinto è quella orizzontale in pianta, esclusivamente rettangolare. La base della sezione si misura

parallelamente all'asse locale z , l'altezza si valuta secondo y .

L'altezza h del plinto si misura in verticale (secondo l'asse globale Z).

10 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

10.1 I METODI DI CALCOLO

10.1.1 ANALISI DINAMICA MODALE

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta.

Il sistema da analizzare è essere visto come un oscillatore a n gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osservi che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'eventuale spettro nella direzione globale Z è unitario. L'ampiezza degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. È prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tale risultato (involuppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti della normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

10.1.2 DEFORMATE

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (radianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel

verso degli assi globali X Y Z, le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura a lato).

Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

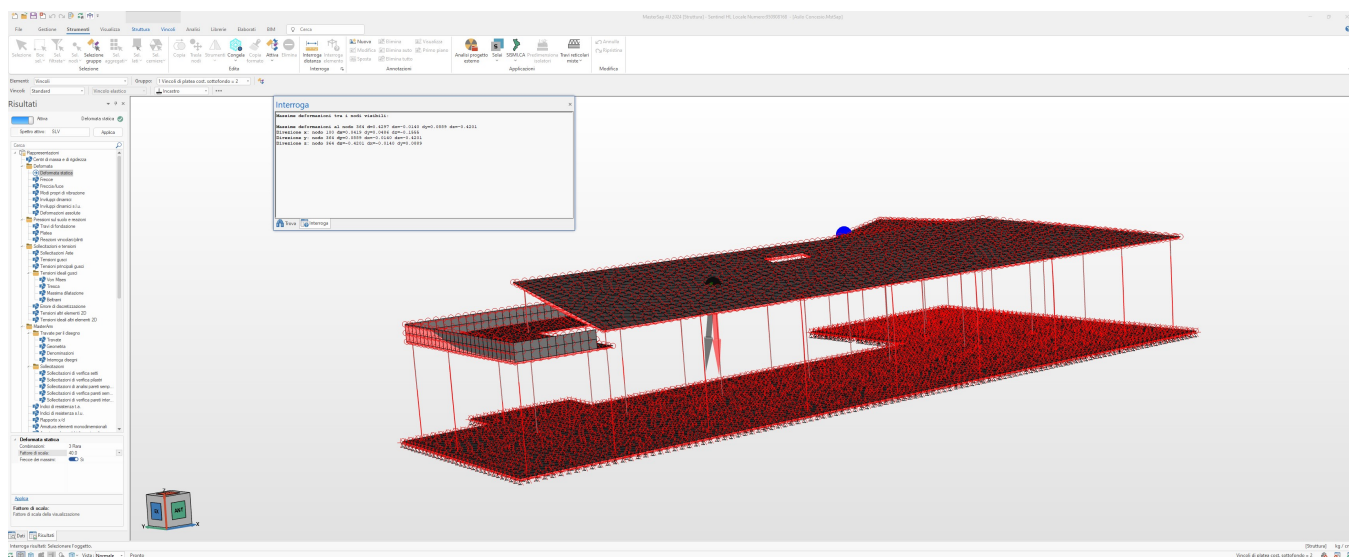


Fig. 10 – Deformata SLE RARA

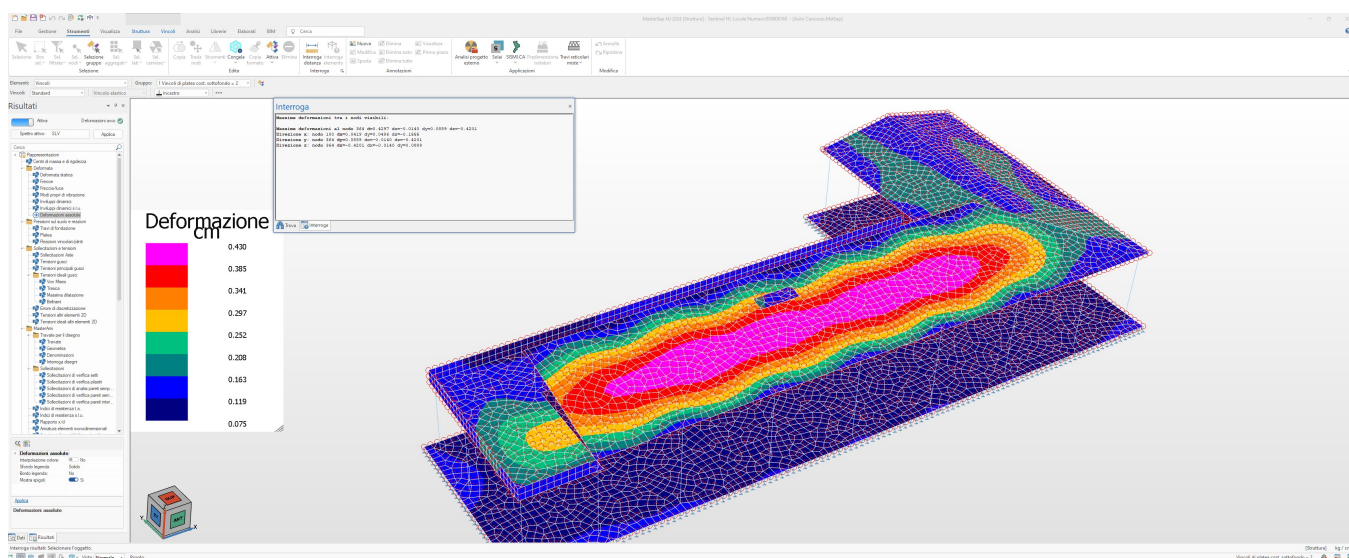


Fig. 5 – Deformata Assoluta SLE RARA

10.1.3 ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo.

Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più inviluppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

Nel caso dell'applicazione dell'Ordinanza 3431 (ex 3272) vengono anche determinate le deformazioni allo stato limite ultimo, che risultano amplificate per effetto dei fattori di struttura q rassegnati alle due direzioni orizzontali e a quella verticale.

10.1.4 Masse eccitate

Si riporta lo spettro riassuntivo dei modi principali, masse eccitate per il corpo A con 100 modi di vibrare

PROSPETTO RIASSUNTIVO MODI PRINCIPALI

Periodo principale T1		Massa	Massa %	Modo	Note
Direzione X	+2.39e-01	+2.67e+02	97	2	+eX
Direzione Y	+2.70e-01	+2.63e+02	95	1	-eX
Direzione Z	+9.32e-02	+8.38e+01	30	4	+eX
Rotazione Z	+2.23e-01	+4.48e+07	27	3	-eX

Periodo	T2	Massa	Massa %	Modo	Note
Direzione X	+2.23e-01	+1.48e+01	5	3	-eX
Direzione Y	+2.12e-01	+1.36e+01	5	3	+eX
Direzione Z	+8.98e-02	+8.42e+00	3	5	+eX
Rotazione Z	+2.73e-01	+2.84e+07	18	1	+eX

PROSPETTO RIASSUNTIVO MASSE ECCITATE

per quota Z maggiore di :0.00

Analisi	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz. Z	%	Rotaz. Z	%
+eX	+2.75e+02	100	+2.75e+02	100	+9.67e+01	35	+6.86e+07	43
-eX	+2.75e+02	100	+2.75e+02	100	+9.19e+01	33	+7.26e+07	45
+eY	+2.75e+02	100	+2.75e+02	100	+9.39e+01	34	+6.99e+07	44
-eY	+2.75e+02	100	+2.75e+02	100	+9.47e+01	34	+6.93e+07	43

MASSA TOTALE ECCITABILE

Direzione X	Direzione Y	Direzione Z	Rotazione Z
+2.75e+02	+2.75e+02	+2.75e+02	+1.61e+08

ATTENZIONE – L'unità di misura relativa alla massa totale eccitabile è kg/ag

10.1.5 Effetti delle non linearità geometriche

Le non linearità geometriche sono state considerate secondo quanto previsto al par. 7.3.1 delle NTC2018

Con il metodo θ :

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

dove:

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

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

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

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

Gli effetti delle non linearità geometriche:

- possono essere trascurati, quando θ è minore di 0,1;

- possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a $1/(1-\theta)$, quando θ è compreso tra 0,1 e 0,2;

- devono essere valutati attraverso un'analisi non lineare, quando θ è compreso tra 0,2 e 0,3.

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

Di seguito si riportano gli output di verifica degli effetti delle non linearità per il corpo A e B

ANALISI DEL SECONDO ORDINE

Nome archivio di lavoro : Asilo Concesio
 Intestazione del lavoro : Ampliamento asilo a Concesio
 Tipo di analisi : Statica e Dinamica
 Unita' di misura delle Forze : kg
 Unita' di misura Lunghezze : cm
 Sisma lungo l'asse Z : No
 Combinazione dei modi : CQC
 Combinazione componenti azioni sismiche : Eurocodice 8
 λ : 0.3
 μ : 0.3

*** Gruppo di copertura: 1905

C.C	Δ_X [cm]	Δ_Y [cm]
1 Statica+(EX+ λ *EY)	1.36	0.66
1 Statica+(λ *EX+EY)	0.52	1.61
2	-0.01	0.07
3	-0.01	0.05
4	-0.01	0.04
5	-0.01	0.04

*** Piano rigido alla quota: 265.000

C.C	Gruppo di copertura: 1905		altezza interpiano: 112.52		FX	FY	FZ	θ_X	θ_Y
	Δ_X [cm]	Δ_Y [cm]	d_{rx} [cm]	d_{ry} [cm]					
1 Statica+(EX+ λ *EY)	1.11	0.58	-0.25	-0.09	83758.73	26525.70	60905.00	0.00	0.00
1 Statica+(λ *EX+EY)	0.41	1.25	-0.11	-0.36	33237.48	39225.93	60905.00	0.00	0.00
2	-0.01	0.04	0.00	-0.03	1722.55	3296.98	102353.00	0.00	0.00
3	-0.01	0.03	0.00	-0.02	1268.36	2445.59	76181.00	0.00	0.00
4	-0.01	0.03	0.00	-0.02	1001.64	2028.89	64219.00	0.00	0.00
5	-0.01	0.02	0.00	-0.02	928.49	1913.39	60905.00	0.00	0.00

RIPARTIZIONE DELLE AZIONI TAGLIANTI AI PIANI

*** Piano rigido alla quota: 265.000

C.C	FX(Tot)	FX(Pil.) (%)	FX(Setti) (%)	FX(Pareti) (%)	FY(Tot)	FY(Pil.) (%)	FY(Setti) (%)	FY(Pareti) (%)
1 Statica+(EX+λ*EY)	83759	83759 100	0 0	0 0	26526	26526 100	0 0	0 0
1 Statica+(λ*EX+EY)	33237	33237 100	0 0	0 0	39226	39226 100	0 0	0 0

Dai tabulati sopra riportati risulta $\theta < 0.1$, pertanto gli effetti delle non linearità geometriche possono essere trascurati

10.1.6 SPOSTAMENTI AGLI S.L.U

Di seguito si riportano le immagini inerenti gli involuipi dinamici agli SLU

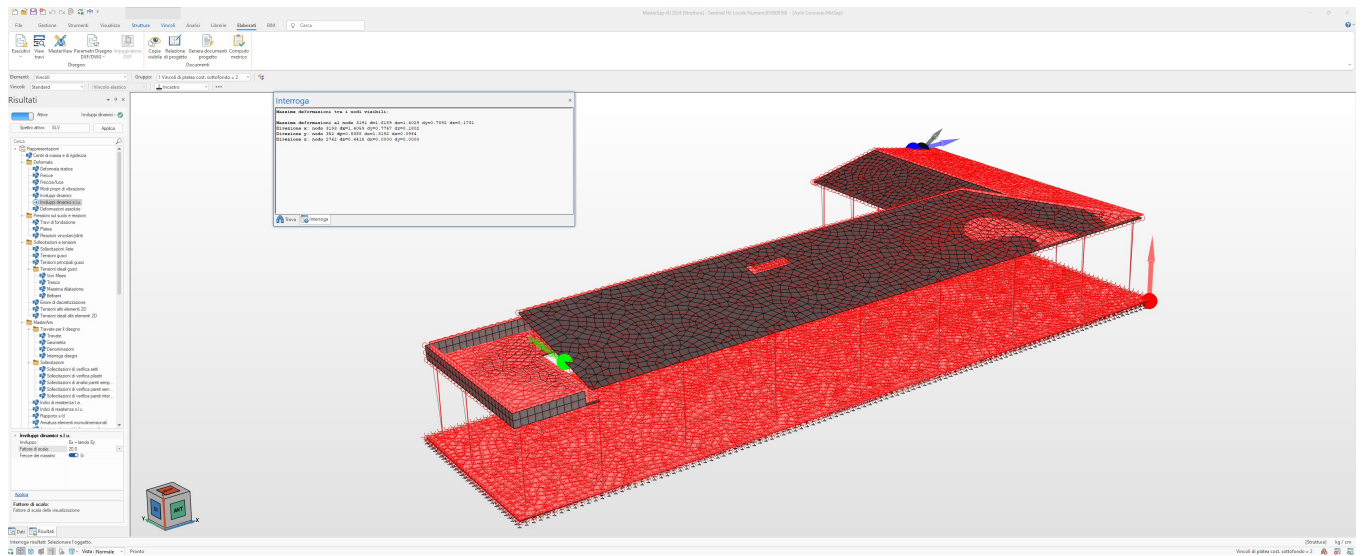


Fig. 10 –Involuppo dinamico SLU Ex+λEy,

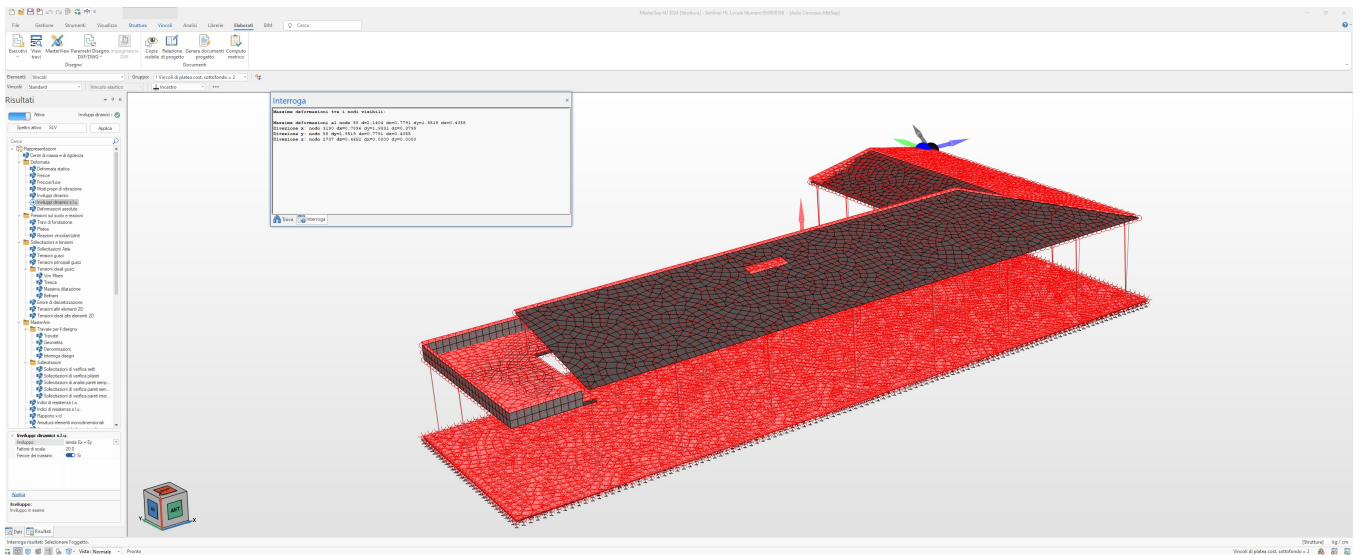


Fig. 11 –Inviluppo dinamico SLU $\lambda Ex+Ey$

10.1.7 VERIFICA DI RIGIDEZZA - SPOSTAMENTI DI INTERPIANO

Ai sensi di quanto previsto al punto 7.3.6.1 delle NTC 2018, le condizioni in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla CU considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.

Per le CU I e II ci si riferisce allo SLD (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

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

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

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

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_r \leq 0,0020 \cdot h \quad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_r \leq 0,0030 \cdot h \quad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

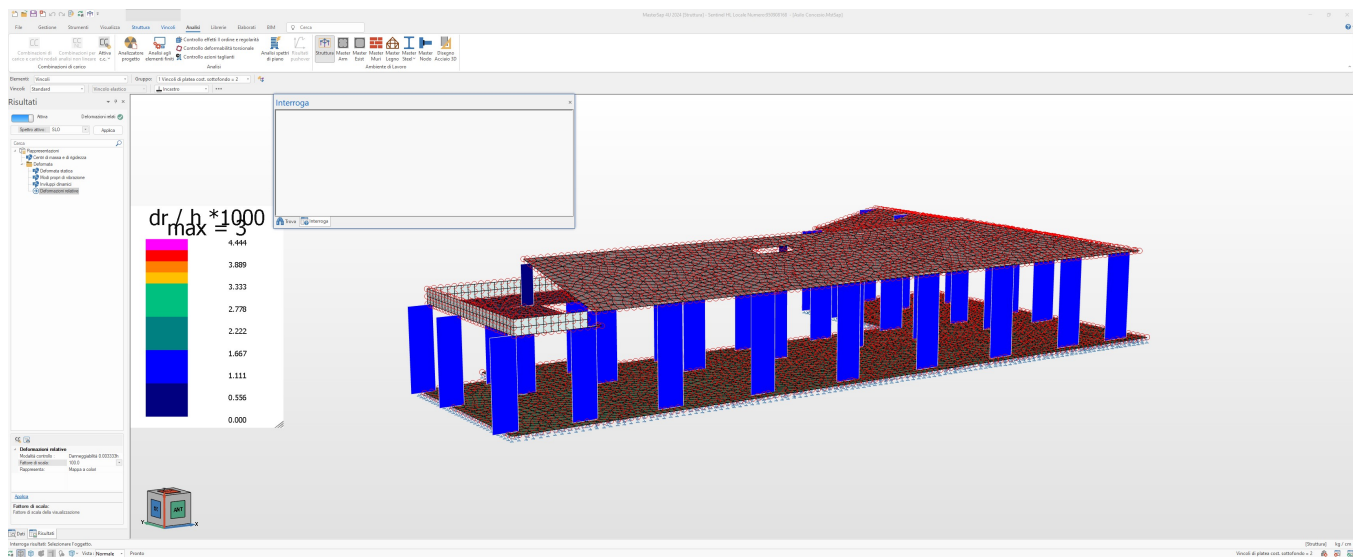
$$qd_r < 0,0025 \cdot h \quad [7.3.15]$$

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

h è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo SLO (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

Considerando il valore pari ai 2/3 di q_{dr} corrispondente al punto 7.3.11a, si riporta l'immagine di verifica degli spostamenti di interpiano



Lo spostamento di interpiano richiesto dalla normativa risulta essere verificato

10.1.8 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Per quanto riguarda gli elementi costruttivi non strutturali, sono da intendersi come elementi strutturali assemblati in cantiere, pertanto verranno di seguito forniti gli spettri di piano che individuano la domanda rispetto alla quale il fornitore e/o l'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata.

SPETTRI DI PIANO PER ELEMENTI NON STRUTTURALI

Nome archivio di lavoro : Asilo Concesio
 Intestazione del lavoro : Ampliamento asilo a Concesio
 Tipo di analisi : Statica e Dinamica
 Unità di misura delle Forze : kg
 Unità di misura Lunghezze : cm
 Espressione : C7.2.3 (caso generale)
 Spettro : Spettro SLV
 Combinazione dei modi : CQC
 Periodo elemento non strutturale : assegnato

DATI DI INPUT

Nodo	X	Y	Z	El. non strutturale	
				Periodo Ta [s]	Smorzamento [%]
1633	4816.94	10485.73	450.57	0.10	5.00
2690	4223.53	10688.47	351.00	0.10	5.00
3091	6652.42	11540.90	474.22	0.10	5.00

RISULTATI

Nodo	Sisma	Sa (X)	Sa (Y)	Sa (Z)
1633	X	0.477	0.487	0.048
1633	Y	0.613	0.425	0.372
2690	X	0.641	0.187	0.021
2690	Y	0.060	0.592	0.006
3091	X	0.655	0.433	0.183
3091	Y	0.474	0.478	0.055

10.1.9 ASTE RETICOLARI

Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono calcolate:

- tensione unitaria ($F/L2$);
- forza assiale (F).

Il segno positivo indica trazione.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni asta, viene indicato il modo che dà luogo al massimo effetto e il relativo valore, nonché l'effetto risultante calcolato in base al criterio SRSS o CQC come scelto dall'utente.

Nella stampa degli involuipi viene riportata la tensione e lo sforzo assiale F_x calcolato secondo la modalità scelta dall'utente nella fase di input riguardante l'assegnazione dell'intestazione e dei parametri iniziali.

10.1.10 TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- F_x = forza assiale nella direzione locale x ;
- F_y = taglio nella direzione locale y ;
- F_z = taglio nella direzione locale z ;
- M_x = momento torcente attorno all'asse locale x ;
- M_y = momento flettente attorno all'asse locale y ;
- M_z = momento flettente attorno all'asse locale z ,

con le seguenti convenzioni sui segni:

forze positive se concordi con gli assi locali (F);

momenti positivi se antiorari rispetto gli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (F*L).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste (Z eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

- F_y = taglio nella direzione locale y (F);
- M_x = momento torcente attorno asse locale x (F*L);
- M_z = momento flettente attorno asse locale z (F*L);
- U_Z = spostamento lungo Z (L);
- r_X = rotazione intorno X (rad);
- r_Y = rotazione intorno Y (rad);
- pressione sul suolo (F/L²).

10.1.11 GUSCI

Il programma propone i risultati al "centro" di ogni elemento. Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono evidenziate:

- S_{xx} (F/L²);
- S_{yy} (F/L²);
- S_{xy} (F/L²);
- M_{xx} (F*L/L);
- M_{yy} (F*L/L);
- M_{xy} (F*L/L);
- σ_{sup} (F/L²);

- σ_{idinf} (F/L^2).
- S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} rappresentano le tensioni membranali (vedi figura)
- M_{xx} rappresenta il momento flettente (per unità di lunghezza) che produce tensioni in direzione locale x ; analogamente per M_{yy} ;
- M_{xy} rappresenta il momento torcente (sempre per unità di lunghezza).

Le tensioni ideali σ_{idsup} (al bordo superiore, ovvero sul semiasse positivo dell'asse locale z) e σ_{idinf} sono calcolate mediante il criterio di Huber-Hencky-Mises. I momenti flettenti generano ai bordi dell'elemento delle tensioni valutate in base al modulo di resistenza dell'elemento. Le tensioni da momento flettente M_{xx} si sovrappongono alle tensioni S_{xx} , con segno positivo al bordo superiore, con segno negativo al bordo inferiore (analogamente per M_{yy} e S_{yy}). Gli effetti tensionali da momento torcente vengono sovrapposti a S_{xy} .

Le convenzioni sui segni dei momenti sono caratteristiche dei codici di calcolo automatici e sono mantenute solo nelle stampe dei risultati conseguenti all'elaborazione strutturale, nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe dei postprocessori vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo, la risultante per sovrapposizione modale per S_{xx} , S_{yy} , S_{xy} , M_{xx} , M_{yy} , M_{xy} .

Nel calcolo degli involuipi viene effettuata la sovrapposizione. Anche in questo caso vengono calcolate le tensioni ideali.

Nell'analisi statica e negli involuipi dinamici, fra i risultati, alla fine di ogni gruppo vengono riportati i massimi delle tensioni (comprese quelle ideali) e dei momenti, nonché il numero dell'elemento e la combinazione di carico relativa.

10.1.12 VINCOLI

In stampa vengono fornite, per ogni nodo vincolato, le reazioni corrispondenti ai vincoli assegnati. Per quanto concerne i versi si tenga presente che è stata adottata la convenzione tradizionale. In generale le forze vincolari (unità di misura F) sono positive se vanno nel verso dell'asse di riferimento, i momenti ($F \cdot L$) sono positivi se antiorari per un osservatore disposto lungo il corrispondente semiasse positivo; tali sollecitazioni tendono a contrastare deformazioni di segno opposto.

Per quanto concerne i vincoli comunque disposti nello spazio vale la stessa regola: se uno spostamento è positivo tende ad allontanare il nodo N da I ; la conseguente reazione è di segno opposto, cioè negativa.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione, per ogni nodo vincolato, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo e il relativo valore; viene anche indicato il risultato complessivo calcolato a partire dai singoli

effetti modali. Nella stampa degli involuipi viene calcolata la risultante obbedendo alla modalità scelta dall'utente.

11 Verifiche di sicurezza degli elementi

11.1 VERIFICHE DI OPERE IN CEMENTO ARMATO

11.1.1 TRAVI, PILASTRI, SETTI E TRAVI DI FONDAZIONE

Fra le informazioni di testa per le travi è segnalata la travata di appartenenza, la componente del peso proprio e il carico medio. Per i soli pilastri oltre al numero strutturale dell'asta è anche indicato l'eventuale numero di pilastrata.

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x, y, z . Vengono riportate, in ordine:

- NC: numero della combinazione di carico;
- x : ascissa di calcolo (cm);

Per i soli pilastri, per le combinazioni sismiche e nei casi in cui va applicata la gerarchia delle resistenze, vengono inserite due colonne αM_y e αM_z che riportano i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni M_y ed M_z in sequenza F_x, F_y, F_z (F); M_x, M_y, M_z ($F \cdot m$).

NB: Per elementi trave di fondazione F_x, F_z, M_y sono generalmente nulli.

Le convenzioni adottate sui segni delle sollecitazioni sono:

- F_x (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- F_y (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- F_z (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra dell'ascissa interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- M_x (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- M_y (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z ;
- M_z (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y .
- Compaiono poi nel tabulato gli ulteriori risultati:
- in sequenza, armatura posteriore, anteriore, inferiore, superiore (cm²); si noti che tali armature sono quelle totali.

NB: La sezione di due reggistaffe contribuisce in tutti quattro i valori di armatura; per i pilastri circolari viene determinata e stampata l'armatura totale distribuita uniformemente su tutta la circonferenza;

- campo (di rottura): rappresenta il campo di rottura determinato dalla procedura di verifica; nel caso delle travi, qualora sia stata deselezionata la verifica a sforzo normale, il campo di rottura viene sostituita dal rapporto x/d ;
- indice di resistenza a presso-tensoflessione (F_x , M_y , M_z): rappresenta il moltiplicatore delle sollecitazioni allo s.l.u., ovvero il rapporto fra la sollecitazione agente e quella resistente;
- indice di resistenza a taglio/torsione (Bielle): rappresenta l'indice di resistenza delle bielle compresse sollecitate a taglio e/o torsione;
- indice di resistenza a taglio/torsione (V , M_x): rappresenta l'indice di resistenza "taglio e torsione" per elementi che non necessitano di armatura trasversale;
- indice di resistenza a scorrimento: riporta l'indice di resistenza che si ricava dal rapporto fra la resistenza a scorrimento (vedi § 7.4.4.5.2.1 delle NTC/2018) e la sollecitazione di taglio.
- asw_t , asw_t : in cm^2/m rappresenta l'area di armatura per unità di lunghezza derivante, rispettivamente, dall'effetto di taglio e torsione;
- passo staffe: in cm rappresenta il passo delle staffe derivante da asw_t e asw_t e dall'applicazione dei minimi di normativa;

Viene evidenziata, su una riga conclusiva apposita, l'involuppo delle armature in grado di resistere a tutte le situazioni. Per la sezione rettangolare viene riportata l'armatura aggiuntiva effettiva sui quattro lati, detraendo dall'armatura totale quella dei reggistaffe. Per la sezione circolare è invece sempre riportato il valore totale distribuito. Viene infine indicato il passo delle staffe calcolato o di normativa.

Per i setti viene anche effettuata la verifica a scorrimento in corrispondenza delle sezioni al piede e in testa poste all'interno delle zone critica. In questi casi, alla fine del tabulato delle armature riguardante la singola asta, vengono riportate:

quota alla quale viene effettuata la verifica a scorrimento;

- sollecitazione di taglio per il dimensionamento (V_{Ed});
- resistenza a spinotto delle barre verticali (V_{dd});
- resistenza per attrito (V_{fd});

eventuale armatura inclinata totale (cm^2) derivante dalla verifica.

Alla fine del tabulato di progetto delle armature riguardante un'asta, se attivata l'opzione sulla combinazione

dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:

- numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo; tale sollecitazione può infatti derivare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero di combinazione o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e variabili o dell'eventuale momento di sicurezza (in questo secondo caso il contrassegno di combinazione è dato dal simbolo --);
- xM_{max} ; ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- M_{max} ; valore del momento massimo positivo;
- A_{inf} , D. inf agg.; armatura inferiore totale derivante dall'azione del momento massimo positivo, numero e diametro delle barre aggiuntive, come al solito, rispetto ai reggistaffe comunque presenti;
- A_{sup} , D. sup agg.; valgono le stesse considerazioni di sopra, riferite all'armatura superiore;
- il rapporto x/d e l'indice di resistenza a flessione.

Nelle verifiche di esercizio per gli elementi vengono considerati i soli effetti del momento flettente M_z , ma per comodità dell'utente il tabulato riporta anche il valore delle altre sollecitazioni, incluse fra [] per significare che non entrano in gioco nella verifica. Per lo stesso motivo fra parentesi [] sono anche riportate le armature anteriori e posteriori.

Apertura delle fessure w (mm): rappresenta l'ampiezza della fessura derivante dall'azione del momento flettente M_z all'ascissa indicata. La fessura si apre superiormente per M_z negativo, inferiormente per M_z positivo.

La freccia viene riportata nel prospetto specifico (che compare a fine trave) riguardante anche il momento massimo in campata.

Per elementi verificati di tipo "pilastro" o "setto" viene effettuata la verifica delle tensioni di esercizio, mentre la verifica a fessurazione è eseguita senza calcolo diretto dell'ampiezza della fessura, in accordo al punto §C4.1.2.2.4.6 della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 (Istruzioni alle NTC 2008). Nella verifica alle tensioni la sezione viene trattata a presso-tensoflessione, trascurando in questo caso l'eventuale contributo del calcestruzzo a trazione. Vengono ignorate agli effetti della verifica le sollecitazioni torcenti e di taglio, comunque riportate fra [] nei tabulati per memoria.

Se si verifica la necessità di armare a punzonamento le travi o le fondazioni viene determinata la sezione complessiva delle barre piegate, che andranno disposte parallelamente alle staffe della trave.

Vengono indicate:

- asta: numero dell'asta oggetto di verifica;

- ascissa x (cm): ascissa dell'asta;
- taglio: valore dell'azione di taglio complessiva agente al nodo;
- carico limite di punzonamento;
- coefficiente di sicurezza al punzonamento;
- armatura piegati a punzonamento (cm²), eventuale.

Esempio tabulato di verifica s.l.u Pilastri

Lavoro: **Asilo Concesio** Intestazione lavoro: **Ampliamento asilo a Concesio**
 Elemento: **PILASTRO** Gruppo: **1** Tabella: **Tabella pilastri**
 Descrizione: **Pilastr**
 Spunt. I **20.0** cm Spunt. J **20.0** cm
 Rck: **370.00** kg/cm² fyk: **4580.0** kg/cm² Copriferro di calcolo: **4.0** cm Copriferro di disegno: **4.0** cm
 Verifica in ottemperanza alle NTC2018
 Per le combinazioni sismiche la capacità è valutata in campo elastico o sostanzialmente elastico (§7.4.1 NTC2018)
 Diametro staffe: **8** mm Numero braccia: **2**
 ρ min.: **1.000** % Passo max. armatura longitudinale: **50.0** cm
 Progettazione in capacità (NTC 2018): **Limitazione della domanda di resistenza al caso NON dissipativo**

ASTA NUM. 1 NI 1 NF 2 SEZ. Rp B= 30.0 H= 30.0 (pilastro)
PIL. NUM. 1
 armatura base = 4 X 2.54 per le armature aggiuntive consultare il tabulato

NC	x	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	APOST	AANT	AINF	ASUP	campo	Indice	resistenza	aswta	aswto	PASSO	
	cm	kg			kg*m			cmq					Fx,M	Bielle	V,Mx	cmq/m	cm	
1A	0	-10524	-2595	1657	0	2801	4466	5.09	5.09	7.63	7.63	2	0.86	0.12	0.38	0.00	0.00	21.6
1B	0	-10524	2577	1657	0	2801	-4618	5.09	5.09	7.63	7.63	2	0.88	0.11	0.37	0.00	0.00	21.6
1C	0	-10524	-2595	-1781	0	-3415	4466	5.09	5.09	7.63	7.63	2	0.94	0.12	0.38	0.00	0.00	21.6
1D	0	-10524	2577	-1781	0	-3415	-4618	5.09	5.09	7.63	7.63	2	0.96	0.11	0.37	0.00	0.00	21.6
1E	0	-202	-2595	1657	0	2801	4466	5.09	5.09	10.18	10.18	2	0.82	0.12	0.42	0.00	0.00	21.6
1F	0	-202	2577	1657	0	2801	-4618	5.09	5.09	10.18	10.18	2	0.84	0.12	0.42	0.00	0.00	21.6
1G	0	-202	-2595	-1781	0	-3415	4466	5.09	5.09	10.18	10.18	2	0.91	0.12	0.42	0.00	0.00	21.6
1H	0	-202	2577	-1781	0	-3415	-4618	5.09	5.09	10.18	10.18	2	0.92	0.12	0.42	0.00	0.00	21.6
1I	0	-9572	-1179	2856	0	5018	1987	7.63	7.63	5.09	5.09	2	0.84	0.13	0.42	0.00	0.00	21.6
1J	0	-9572	1161	2856	0	5018	-2139	7.63	7.63	5.09	5.09	2	0.86	0.13	0.42	0.00	0.00	21.6
1K	0	-9572	-1179	-2980	0	-5632	1987	7.63	7.63	5.09	5.09	2	0.92	0.13	0.44	0.00	0.00	21.6
1L	0	-9572	1161	-2980	0	-5632	-2139	7.63	7.63	5.09	5.09	2	0.93	0.13	0.44	0.00	0.00	21.6
1M	0	-1154	-1179	2856	0	5018	1987	7.63	7.63	5.09	5.09	2	0.95	0.13	0.50	0.00	0.00	21.6
1N	0	-1154	1161	2856	0	5018	-2139	7.63	7.63	5.09	5.09	2	0.97	0.13	0.50	0.00	0.00	21.6
1O	0	-1154	-1179	-2980	0	-5632	1987	10.18	10.18	5.09	5.09	2	0.83	0.14	0.48	0.00	0.00	21.6
1P	0	-1154	1161	-2980	0	-5632	-2139	10.18	10.18	5.09	5.09	2	0.84	0.14	0.48	0.00	0.00	21.6
2	0	-8085	-54	-94	0	-476	-47	5.09	5.09	5.09	5.09	3	0.08	0.00	0.02	0.00	0.00	21.6

apost= 5.09 aant= 5.09 ainf= 5.09 asup= 5.09 (e arm. base= 4 X 2.54) staffe= 2 d 8 / 21.6

ATTENZIONE: Come evidenziato nel tabulato le Verifiche sono svolte in ottemperanza alle NTC2018 e Per le combinazioni sismiche la capacità è valutata in campo elastico o sostanzialmente elastico (§7.4.1 NTC2018) pertanto in accordo a quanto previsto §4.1 NTC2018 senza nessun requisito aggiuntivo

Esempio tabulato di verifica s.l.e Pilastri

Lavoro: **Asilo Concesio** Intestazione lavoro: **Ampliamento asilo a Concesio**
 Elemento: **PILASTRO** Gruppo: **1** Tabella: **Tabella pilastri**
 Descrizione: **Pilastr**
 Spunt. I **20.0** cm Spunt. J **20.0** cm
 Rck: **370.00** kg/cm² fyk: **4580.0** kg/cm² Condizioni ambientali: **Ordinaria**
 Copriferro di calcolo: **4.0** cm Copriferro di disegno: **4.0** cm
 Diametro staffe: **8** mm Numero braccia: **2**

p min.: 1.000 %

ASTA NUM. 1 NI 1 NF 2 SEZ. Rp B= 30.0 H= 30.0 (pilastro)

PIL. NUM. 1

armatura base = 4 X 2.54 per le armature aggiuntive consultare il tabulato

Fessurazione eseguita mediante calcolo indiretto. Se w fessurazione non è rispettata, viene aggiunta armatura e indicata fra le note laterali

NC	x	Fx	[Fy]	[Fz]	[Mx]	My	Mz	APOST	AANT	AINF	ASUP	Sc	Sf
	cm		kg			kg*m				cm ²		kg/cm ²	
3	0	-6097	-37	-71	0	-357	-42	10.18	10.18	10.18	10.18	-10.19	-132.3
4	0	-5522	-15	-64	0	-318	-68	10.18	10.18	10.18	10.18	-9.15	-118.9
5	0	-5363	-9	-62	0	-307	-76	10.18	10.18	10.18	10.18	-8.86	-115.2
apost= 5.09 aant= 5.09 ainf= 5.09 asup= 5.09 (e arm. base= 4 X 2.54)													
3	176	-5702	-37	-71	0	-240	-110	5.09	5.09	5.09	5.09	-9.61	-127.4
4	176	-5127	-15	-64	0	-212	-96	5.09	5.09	5.09	5.09	-8.57	-113.8
5	176	-4968	-9	-62	0	-204	-92	5.09	5.09	5.09	5.09	-8.29	-110.0
apost= -- aant= -- ainf= -- asup= -- (e arm. base= 4 X 2.54)													
3	351	-5307	-37	-71	0	-109	-171	7.63	7.63	10.18	10.18	-6.85	-93.0
4	351	-4732	-15	-64	0	-94	-121	7.63	7.63	10.18	10.18	-5.67	-79.1
5	351	-4573	-9	-62	0	-89	-107	7.63	7.63	10.18	10.18	-5.46	-76.2
apost= 2.54 aant= 2.54 ainf= 5.09 asup= 5.09 (e arm. base= 4 X 2.54)													

Si riportano le tabelle utilizzate dal programma per la verifica dei Pilastri e la tabella dei materiali ad essa associata

Tabelle di MasterArm - banca locale ? X

Normativa: Versione:

Tipo elemento: Unità di misura tensioni:

Pilastrì s.l.

Tabella:

Classe dei materiali: ...

Metodo di calcolo: Dim.torsione:

Num. scansioni: Tipo elemento:

Spuntamento I: [cm] Spuntamento J: [cm]

Ø registaffe: [mm] Ø armature: [mm] Ø staffe: [mm]

Coprif. di calcolo: [cm] Coprif. di disegno: [cm] Eccentricità car.:

Minimi di norma

ρ : % Passo max am.: [cm]

Zona critica:

Coefficienti sismici di amplificazione momenti e tagli

Coeff. My: Coeff. Mz: Coeff. Fy: Coeff. Fz:

Cond. ambientali:

Limitazione domanda resist. al caso NON dissipativo Circolare 2019 C7.4.4.3.1

I risultati dinamici considerati sono quelli ottenuti per involuppo, a seconda della modalità scelta. Si possono generare diverse combinazioni risultanti (sovrapposizione degli effetti statici e degli effetti dinamici) indicate nei tabulati con delle lettere.

Per quanto riguarda gli effetti dinamici si tenga presente che il segno degli involuppi è sempre positivo e che le norme impongono che tali risultati siano considerati anche con segno opposto

11.1.2 I RISULTATI PER ELEMENTI GUSCIO

Il tabulato riporta:

numero elemento in esame.;

numero combinazione di carico;

N_{xx} (F), M_{xx} (F*m), N_{yy} (F), M_{yy} (F*m): sollecitazioni di sforzo normale e momento flettente; le sollecitazioni con indice xx producono tensioni in direzione locale xx; analogamente per yy. Si tenga presente che gli sforzi normali sono positivi se di trazione, i momenti flettenti sono positivi se tendono le fibre inferiori.

Successivamente vengono riportati gli esiti della verifica:

- A_{xx} inf, A_{xx} sup, A_{yy} inf, A_{yy} sup (cm²): le armature in direzione xx risultano dalla verifica a pressoflessione effettuata sulla base di N_{xx} e M_{xx} ; analogamente per yy; le sollecitazioni sono calcolate per un tratto pari al passo;
- indici di resistenza per le verifiche a pressoflessione, a taglio nel piano e a taglio fuori piano. Per il taglio nel piano si controlla che $S_{xy} \leq \sqrt{f_{cd}/f_{ck}}$; l'indice di resistenza a taglio è il rapporto fra il primo e il secondo termine della disuguaglianza;
- il taglio fuori piano (chiamato V_z), agente lungo l'asse locale z ortogonale all'elemento, viene perciò utilmente confrontato con il taglio limite V_{rd1} contemplato per sezioni sprovviste di armatura a taglio.

Nelle verifiche di esercizio per gli elementi soggetti a sforzo normale N_{xx} e N_{yy} trascurabile (ovvero eccentricità rispetto ai momenti M_{xx} e M_{yy} molto grande, tale da assimilare tale situazione a quella di una flessione semplice), la verifica alle tensioni e alla fessurazione segue le regole già illustrate per il caso delle travi (a cui si rimanda). Le sezioni di verifica sono due (in direzione locale x e in y) e per ciascuna si ottengono risultati in termini di tensioni (S_c , S_f) e ampiezza delle fessure (w). In stampa per ognuna delle grandezze calcolate viene riportato il valore più alto tra le due elaborazioni.

Nei casi in cui lo sforzo normale rispetto al momento flettente è significativo la verifica a fessurazione è eseguita senza calcolo diretto dell'ampiezza della fessura in accordo al punto §C4.1.2.2.4.6 della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 (Istruzioni alle NTC 2008), come già illustrato per pilastri e setti, a cui si rimanda per i principi generali. Quando viene eseguita la verifica a fessurazione senza calcolo diretto per entrambe le sezioni di verifica, nella colonna di stampa "w" compare la nota "indir." (calcolo indiretto). Nel caso misto, ovvero di calcolo diretto per una sezione e indiretto per l'altra, nella colonna di stampa "w" compare sempre il valore di ampiezza della fessura calcolata con metodo diretto.

Viene infine calcolato il carico limite di punzonamento e il coefficiente di sicurezza al punzonamento (con relativa combinazione più gravosa). La resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo (f_{ctd}) viene letta fra i parametri assegnati dall'utente.

Per ogni combinazione di carico viene riportato:

- coefficiente β ;
- lo sforzo di taglio-punzonamento ridotto (N_{rid}) relativo al contorno u_0 ;
- la sollecitazione di taglio resistente sul contorno u_0 del pilastro, determinata in base all'espressione 6.53 EC2, che rimanda alla 6.14 EC2, equivalente alla grandezza VR_{cd} dell'espressione 4.1.28 NTC 2018: ovvero viene effettuata una verifica delle bielle compresse;
- I.R. bielle compresse, pari a $\beta \cdot N_{rid} / VR_{cd}$, che deve risultare non superiore a 1, altrimenti il plinto non è verificabile (come avviene per tutti gli elementi strutturali quando fallisce la verifica delle bielle compresse).
- il contorno finale u_1 ;
- il rapporto geometrico di armatura ρ ($\leq 0.2\%$) che interviene nella determinazione di VR_d (vedi 6.42 EC2); per inciso osserviamo che l'introduzione di un passo minimo nelle tabelle dei plinti è stato ispirato dalla convenienza di avere un valore minimo di ρ significativo, perché è solo l'armatura diffusa su tutto il plinto che contribuisce a determinare β ;
- lo sforzo di taglio-punzonamento ridotto (N_{rid}) relativo al contorno u_1 ;
- la sollecitazione resistente VR_d ;
- I.R., pari a $\beta \cdot N_{rid} / VR_d$.

Se quest'indice è maggiore di 1 si aprono due soluzioni alternative

La prima soluzione consiste nell'aumentare l'armatura tesa (inferiore) che determina ρ , ovvero viene calcolata l'armatura aggiuntiva, oltre a quella base già presente, che porta a un valore sufficiente e accettabile per VR_d . Viene riportata questa eventuale armatura aggiuntiva (in cm^2) da porre in opera è specificata separatamente per le due direzioni y e z .

La seconda soluzione è quella di adottare barre piegate a taglio-punzonamento adottando le formule suggerite al par. 6.4.5 EC2. Anche in questo caso l'eventuale armatura da porre in opera (in cm^2) è specificata separatamente per le due direzioni y e z .

Esempio tabulato di verifica gusci slu:

Lavoro: Asilo Concesio	Intestazione lavoro: Ampliamento asilo a Concesio		
Elem.: PLATEA di fond.	Gruppo: 5	Tabella: Tabella gusci platea di fondazione	
Descrizione: Platea 01			
Rck: 370.00 kg/cm ²	fyk: 4580.0 kg/cm ²	Copriferro sup.: 3.0 cm	Copriferro inf.: 3.0 cm
Per le combinazioni sismiche la capacità è valutata in campo elastico o sostanzialmente elastico (§7.2.5,7.4.1 NTC2018)			
Coeff. di partecipazione Mxy: 0.50	Coeff. di partecipazione Sxy: 0.50		

dxx base sup.: 12 mm dxx base inf.: 12 mm pxx: 20 cm dxx agg.: 16 mm pxx agg.: 80 cm
 dyy base sup.: 12 mm dyy base inf.: 12 mm pyy: 20 cm dyy agg.: 16 mm pyy agg.: 80 cm
 Orientamento armature: rif. globale Angolo di posa delle armature: 0.00 gradi
 Diametro staffe: 10 mm Numero braccia: 6

Le armature longitudinali aggiuntive, riferite al proprio passo, vanno aggiunte all'armatura di base: vedere riga riassuntiva
 L'armatura trasversale viene inserita se necessaria ($V_z/V_{rd1} > 1$); vedere righe riassuntive

El. comb.	Nxx	Mxx	Nyy	Myy	Vz (Mxx)	Vz (Myy)	Axx inf.	Axx sup.	Ayy inf.	Ayy sup.	Indice di resistenza		
	kg/20 cm	kg*m/20 cm	kg/20 cm	kg*m/20 cm	kg/m	kg/m	cmq / 20 cm	cmq / 20 cm	cmq / 20 cm	cmq / 20 cm	N, M	txy	Vz/Vrd1
1 1A	0	-69	0	-125	829	693	1.13	1.13	1.13	1.13	0.08	0.00	0.05
1 1B	0	-69	0	-125	883	1131	1.13	1.13	1.13	1.13	0.08	0.00	0.07
1 1C	0	-148	0	212	401	1509	1.13	1.13	1.13	1.13	0.14	0.00	0.09
1 1D	0	-148	0	212	347	1072	1.13	1.13	1.13	1.13	0.14	0.00	0.06
1 1I	0	-30	0	-240	1411	1151	1.13	1.13	1.13	1.13	0.15	0.00	0.09
1 1J	0	-30	0	-240	1775	1519	1.13	1.13	1.13	1.13	0.15	0.00	0.11
1 1K	0	-187	0	327	1293	1897	1.13	1.13	1.13	1.13	0.21	0.00	0.11
1 1L	0	-187	0	327	929	1529	1.13	1.13	1.13	1.13	0.21	0.00	0.09
1 2	0	-163	0	66	367	290	1.13	1.13	1.13	1.13	0.10	0.00	0.02

Esempio tabulato di verifica gusci sle:

Lavoro: **Asilo Concesio** Intestazione lavoro: **Ampliamento asilo a Concesio**
 Elem.: **PLATEA di fond.** Gruppo: **5** Tabella: **Tabella gusci platea di fondazione**
 Descrizione: **Platea 01**
 Rck: **370.00** kg/cm² fyk: **4580.0** kg/cm² Condizioni ambientali: **Ordinaria**
 Copriferro sup.: **3.0** cm Copriferro inf.: **3.0** cm
 Coeff. di partecipazione Mxy: **0.50** Coeff. di partecipazione Sxy: **0.50**
 dxx base sup.: 12 mm dxx base inf.: 12 mm pxx: 20 cm dxx agg.: 16 mm pxx agg.: 80 cm
 dyy base sup.: 12 mm dyy base inf.: 12 mm pyy: 20 cm dyy agg.: 16 mm pyy agg.: 80 cm
 Orientamento armature: **rif. globale** Angolo di posa delle armature: **0.00** gradi

Le armature longitudinali aggiuntive, riferite al proprio passo, vanno aggiunte all'armatura di base: vedere riga riassuntiva

El. comb.	Nxx	Mxx	Nyy	Myy	Axx inf.	Axx sup.	Ayy inf.	Ayy sup.	Sc	Sf	w	Note
	kg/20 cm	kg*m/20 cm	kg/20 cm	kg*m/20 cm	cmq / 20 cm	cmq / 20 cm	cmq / 20 cm	cmq / 20 cm	kg/cm ²	kg/cm ²	mm	
1 3	0	-123	0	50	1.13	1.13	1.13	1.13	-2.03	12.6	0.00	
1 4	0	-112	0	45	1.13	1.13	1.13	1.13	-1.84	11.4	0.00	
1 5	0	-108	0	44	1.13	1.13	1.13	1.13	-1.79	11.1	0.00	
Spess.= 40.0 cm	Axxinf= --		Axxsup= --		Ayyinf= --		Ayyup= --		(e arm. base nelle due direz.)			
2 3	0	-99	0	35	1.13	1.13	1.13	1.13	-1.63	10.1	0.00	
2 4	0	-90	0	31	1.13	1.13	1.13	1.13	-1.48	9.2	0.00	
2 5	0	-87	0	30	1.13	1.13	1.13	1.13	-1.44	8.9	0.00	
Spess.= 40.0 cm	Axxinf= --		Axxsup= --		Ayyinf= --		Ayyup= --		(e arm. base nelle due direz.)			
3 3	0	-98	0	-338	1.13	1.13	1.13	1.13	-5.58	34.6	0.00	
3 4	0	-84	0	-289	1.13	1.13	1.13	1.13	-4.77	29.6	0.00	
3 5	0	-80	0	-276	1.13	1.13	1.13	1.13	-4.55	28.2	0.00	
Spess.= 40.0 cm	Axxinf= --		Axxsup= --		Ayyinf= --		Ayyup= --		(e arm. base nelle due direz.)			
4 3	0	-5	0	-385	1.13	1.13	1.13	1.13	-6.35	39.3	0.00	
4 4	0	-3	0	-331	1.13	1.13	1.13	1.13	-5.46	33.8	0.00	
4 5	0	3	0	-316	1.13	1.13	1.13	1.13	-5.22	32.3	0.00	

Si riportano le tabelle utilizzate dal programma per la verifica dei Gusci e la tabella dei materiali ad essa

associata

Tabella di MasterArm - banca locale ? X

Normativa: Versione:

Tipo elemento: Unità di misura tensioni:

Gusci s.l.

Tabella:

Classe dei materiali: ...

Coeff. partec. Mxy: Coeff. partec. Sxy:

Orientam. amat.: Angolo posa:

Taglio fuori piano: Ø staffe/spille: [mm] Braccia/m:

Amatura superiore base
 Ø base xx: [mm] Passo: [cm] Ø base yy: [mm] Passo: [cm]

Amatura inferiore base
 Ø base xx: [mm] Passo: [cm] Ø base yy: [mm] Passo: [cm]

Amatura aggiuntiva
 Ø agg. xx: [mm] Passo: [cm] Ø agg. yy: [mm] Passo: [cm]

Copri ferro inf: [cm] Copri ferro sup: [cm]

Cond. ambientali:

Tipo elemento:

Attenzione – Per gli elementi di fondazione è stato imposto il tipo di elemento Platea di fondazione per la verifica automatica dei minimi previsti al par. 7.2.5

12 VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIONE MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'

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

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

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

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

INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO

Titolo del codice di calcolo: MasterSap;

Autore, produttore e distributore: AMV s.r.l., via San Lorenzo 106, 34077 Ronchi dei Legionari (Go);

Versione: MasterSap ***

Estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso: (allegare copia della licenza d'uso fornita dalla ditta produttrice del software).

AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17.01.2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore Studio Software AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene pertanto sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come Thick Restarted Lanczos ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del

sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

È importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per il c.a., acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire delle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

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