



REGIONE PIEMONTE

COMUNE DI SAN GIUSTO CANAVESE

ADEGUAMENTO DELLA SCUOLA PRIMARIA PER
ABBATTIMENTO BARRIERE ARCHITETTONICHE
MEDIANTE REALIZZAZIONE DI ASCENSORE ESTERNO
"SCUOLA G. GOZZANO" VIA MALPIARDO 1
CUP C27G23000080004

PROGETTO STRUTTURALE

RELAZIONE DI CALCOLO

ST_RC

PROGETTISTA

Arch. Francesco BO

Via Orti 18 - 10034 - Chivasso TO

Tel. 3356919266 Fax 0119113410

Email: bo2000@tin.it - PEC: francesco.bo@architettitorinopec.it

C.F. BOXFNC79D01E379I - P.I. 09163740013 - N. Iscrizione OAT: 6751

R.U.P.

Dott. Antonio BARBIERI

Piazza del Municipio 1 - San Giusto Canavese TO

Tel. 0124350780 mail: tecnico@comune.sangoiustocanavese.to.it

IMPRESA AFFIDATARIA

DATA: 24/05/2023

SCALA -

ALL.

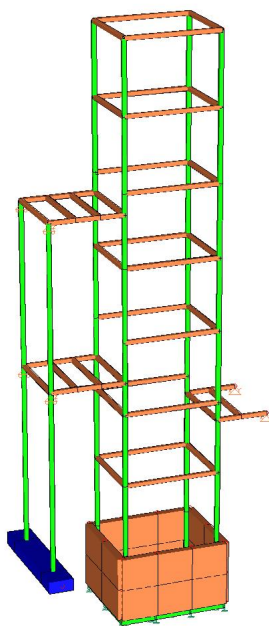
Aggiornamenti

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO

REALIZZAZIONE DI NUOVO ASCENSORE ESTERNO DELLA SCUOLA PRIMARIA "G. GOZZANO" IN SAN GIUSTO CANAVESE

INCLUDE RELAZIONE GENERALE, RELAZIONE SUI MATERIALI, RELAZIONE DI
CALCOLO E PIANO DI MANUTENZIONE



Progetto per realizzazione di refettorio scolastico della scuola primaria "G. Gozzano" in via
Malpiardo 1, di proprietà del Comune di San Giusto Canavese

Committente: COMUNE DI SAN GIUSTO CANAVESE

Impresa Esecutrice: -

Chivasso, 24/05/2023

Il Progettista

Arch. Francesco Bo

DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO

La presente relazione riguarda la progettazione strutturale ed il dimensionamento dell'ascensore esterno della scuola primaria "G. Gozzano" in via Malpiardo 1, di proprietà del Comune di San Giusto Canavese.

L'ascensore, ad uso non residenziale, è realizzato con una struttura indipendente in acciaio posizionata nel cavedio di piano interrato con fondazione in c.a. composta da una fossa con muri di contenimento terra di profondità circa 120cm ed una trave di fondazione dei montanti che sorreggono le passerelle di piano rialzato e primo. Il castelletto dell'ascensore è realizzato con montanti e travi in profili a freddo di misura 80x80x4 saldati tra loro, anche le passerelle sono realizzate con i medesimi profili, completate da una lamiera bugnata superiore vincolata alla struttura portante.

La copertura sarà in lamiera vincolata alla struttura sottostante.

PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ

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”

LE AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA

Le azioni applicate al modello strutturale sono le seguenti:

CARICHI PERMANENTI E PESI PROPRI:

Peso proprio calcestruzzo	2500 kg/mc (24 kN/mc)
Passerelle	50 kg/mq (0.5 kN/mq)
Vetri	50 kg/mq (0.5 kN/mq)
Lamiera copertura	50 kg/mq (0.5 kN/mq)

CARICHI VARIABILI

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi	4,00	4,00	1,00
B	Uffici			
	Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi	4,00	4,00	2,00

C	Ambienti suscettibili di affollamento.			
	Cat. C1 – Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale banchetti, lettura e ricevimento.	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 – Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne.	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 – Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4 – Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5 – Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	
D	Ambienti ad uso commerciali.			
	Cat. D1 – Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 – Centri commerciali, mercati, grandi magazzini.	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 – Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri.	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 – Ambienti ad uso industriale.	Da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F – Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2x10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2x50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H – Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I – Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	Secondo categorie di appartenenza		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

NEVE

Per i carichi di neve si considerano i seguenti valore di riferimento al suolo:

Zona I – Alpina

$$q_{sk} = 1.50 \text{ kN/m}^2 \text{ (153 kg/mq)} \quad \text{per } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1.39 \cdot [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \quad \text{per } a_s > 200 \text{ m}$$

Nel calcolo delle strutture si è tenuto conto delle situazioni derivanti dall'effetto combinato dei carichi accidentali e permanenti.

AZIONI TERMICHE

Sono state applicate le azioni termiche sulla struttura.

La temperatura dell'aria esterna, T_{est} , può assumere il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

T_{max} o T_{min} sono state calcolate, per le varie zone, in base alle espressioni riportate nel seguito.

Nelle espressioni seguenti, T_{max} o T_{min} sono espressi in °C; l'altitudine di riferimento a_s (espressa in m) è la quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata la costruzione.

Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

$$T_{min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000$$

$$T_{max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$$

AZIONI ECCEZIONALI

Per l'opera in progetto non è stato ritenuto opportuno tenere in conto esplicito azioni eccezionali quali urti, incendi ed esplosioni. La concezione strutturale, i dettagli costruttivi ed i materiali con i quali verrà realizzata la struttura portante del fabbricato sono comunque tali da evitare che la struttura stessa possa avere danneggiamenti sproporzionati rispetto ad eventuali cause legate a questo tipo di eventi.

Qualora esigenze legate a specifiche destinazioni d'uso prevedano particolari caratteristiche di resistenza al fuoco delle strutture e le stesse non siano in grado di garantirle, dovrà essere per esse prevista un'adeguata protezione.

AZIONI SISMICHE

L'azione sismica è calcolata mediante analisi statica equivalente.

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

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	Ascensore scuola
Intestazione del lavoro	Ascensore scuola
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Sismica Statica equivalente
Tipo di soluzione	Lineare
Unità di misura delle forze	kg
Unità di misura delle lunghezze	cm
Normativa	NTC-2018

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Luogo	San Giusto Canavese - Via Malpiardo 1
Longitudine (WGS84)	7.81071
Latitudine (WGS84)	45.3134
Categoria del suolo	B
Fattore topografico	1

PARAMETRI SISMICI

	TR	ag/g	FO	TC*	CC	Ss	Pga (ag/g*S)
SLO	45	0.022	2.59	0.18	1.54	1.20	0.026
SLD	75	0.027	2.65	0.20	1.52	1.20	0.032
SLV	712	0.049	2.71	0.29	1.41	1.20	0.059
SLC	1462	0.057	2.78	0.30	1.40	1.20	0.068

TR utilizzato nel progetto	712 anni
Comportamento strutturale	NON Dissipativo

DATI SPETTRO

Eccentricita' accidentale	1%
Periodo proprio T1 in direzione X	0.253
Periodo proprio T1 in direzione Y	0.481
λ	1
Fattore q di struttura	qor=1.5
Sd (T1) in direzione X	0.104 g
Sd (T1) in direzione Y	0.008 g
Coeff.globale accelerazione sismica direz.X	0.104
Coeff.globale accelerazione sismica direz.Y	0.008

Fattore di importanza γ_i 1 applicato

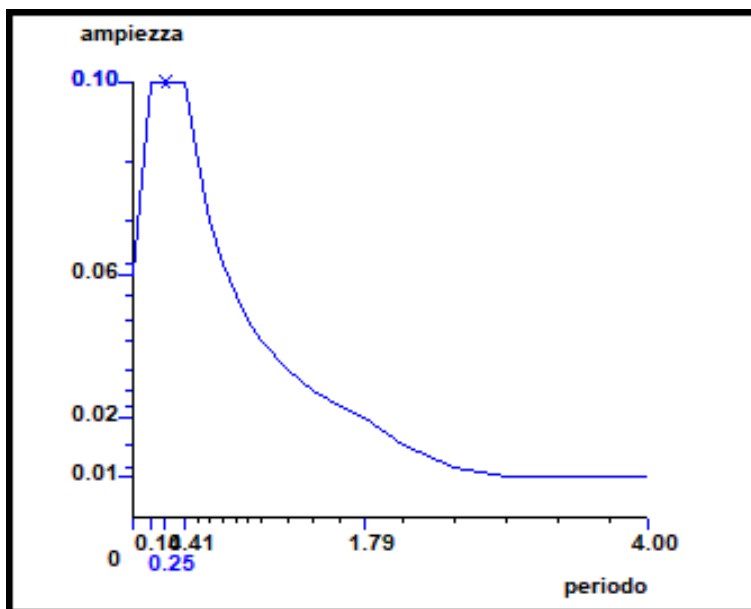
Accelerazione X = 0.103896 g

Accelerazione Y = 0.0882969 g

Spettri orizzontali:

Num. Periodo A.slu X

1	0.000	0.0577
2	0.136	0.1039
3	0.409	0.1039
4	0.500	0.0849
5	0.600	0.0708
6	0.700	0.0606
7	0.800	0.0531
8	0.900	0.0472
9	1.000	0.0425
10	1.200	0.0354
11	1.400	0.0303
12	1.600	0.0265
13	1.792	0.0237
14	2.100	0.0173
15	2.500	0.0122
16	2.900	0.0096
17	3.300	0.0096
18	3.700	0.0096
19	4.000	0.0096



Carichi da neve

Normativa: NTC 2018 (Norme tecniche per le costruzioni)

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: Torino

Zona: Ia

Altitudine: 267 m s.l.m.

Valore caratteristico neve al suolo: $q_{sk} = 153.06 \text{ kg/m}^2$

Coefficiente di esposizione C_E : 1 (Normale)

Coefficiente termico C_t : 1

Tipo di copertura: a due falde ($\alpha_1 = 15^\circ$, $\alpha_2 = 15^\circ$)

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 .

Carico da neve:

$$q_s(\mu_1(\alpha_1)) = 139.45 \text{ kg/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_1) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1(\alpha_2)) = 139.45 \text{ kg/m}^2 \quad [\mu_1(\alpha_2) = 0.8]$$

$$q_s(\mu_1=0.8) = 139.45 \text{ kg/m}^2$$

Carichi da vento

Normativa: NTC 2018 (Norme tecniche per le costruzioni)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Provincia: Torino

Zona: 1

Altitudine: 267 m s.l.m

Tempo di ritorno T_r : 50 anni;

Velocità di riferimento $v_r(T_r)$: 25.02 m/s

Pressione cinetica di riferimento q_r : 39.92 Kg/m²

Altezza della costruzione z : 6 m (z_{min} : 4m)

Distanza dalla costa: Terra, entro 10 km dalla costa

Classe di rugosità del terreno: C

Categoria di esposizione del sito: II

Coefficiente topografico c_t : 1

Coefficiente dinamico c_d : 1

Coefficiente di esposizione $c_e(z)$:

$c_e(z_{min} = 4m)$: 1.8

$c_e(z = 6m)$: 2.04

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curve

Costruzioni completamente stagne

Elementi sopravento ($0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$) ed elementi sottovento : $c_p = -0.4$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.4$

$p(z_{min} = 4 m) = -28.75 \text{ Kg/m}^2$

$p(z = 6 m) = -32.53 \text{ Kg/m}^2$

Azione tangenziale del vento

Coefficiente di attrito $c_f = 0.02$

L'azione tangenziale per unità di superficie parallela alla direzione del vento è pari a:

$p_f = q_r \cdot c_e \cdot c_f = 1.63 \text{ Kg/m}^2$

RELAZIONE SUI MATERIALI

(Ai sensi del D.M. 17.01.2018, Norme Tecniche per le costruzioni)

1. GENERALITÀ.

La presente relazione riguarda la progettazione strutturale ed il dimensionamento dell'ascensore esterno della scuola primaria "G. Gozzano" in via Malpiardo 1, di proprietà del Comune di San Giusto Canavese.

2. CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'OPERA.

I lavori consistono nella costruzione fabbricato che ospiterà l'ascensore scolastico, avrà accesso indipendente dal cortile della scuola e sarà collegato all'edificio esistente tramite passerelle in acciaio distanziate dal fabbricato esistente con giunto sismico.

L'ascensore, ad uso non residenziale, è realizzato con una struttura indipendente in acciaio posizionata nel cavedio di piano interrato con fondazione in c.a. composta da una fossa con muri di contenimento terra di profondità circa 120cm ed una trave di fondazione dei montanti che sorreggono le passerelle di piano rialzato e primo. Il castelletto dell'ascensore è realizzato con montanti e travi in profili a freddo di misura 80x80x4 saldati tra loro, anche le passerelle sono realizzate con i medesimi profili, completate da una lamiera bugnata superiore vincolata alla struttura portante.

La copertura sarà in lamiera vincolata alla struttura sottostante.

Destinazione d'uso: scolastico

3. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE PORTANTI.

Verranno realizzati:

- le fondazioni a travi rovesce ed a platea di spessore in c.a. dello spessore di 25 cm;
- le strutture in elevazioni in acciaio profili 80x80x4
- la copertura in lamiera

Il Progettista
(Arch. Francesco Bo)



TIPO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

1. CEMENTO ARMATO

Calcestruzzi

Riferimenti: D.M. 17.01.2018, par. 11.2;

Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;

UNI EN 206-1/2006;

Tipologia strutturale:	Fondazioni
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	30 N/mm ² (300 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	<i>Strutture completamente interrato in terreno permeabile.</i>
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.60
Classe di consistenza:	S3 (Plastica)
Diametro massimo aggregati:	16 mm

Dosatura dei materiali.

La dosatura dei materiali per ottenere Rck 300 è orientativamente la seguente (per m³ d'impasto).

sabbia	0.4 m ³
ghiaia	0.8 m ³
acqua	150 litri
cemento tipo 325	350 kg/m ³

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70 mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88-60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78-36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62-21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49-12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Provini da prelevare in cantiere

n° 2 cubi di lato 15 cm;

un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 \cdot \sigma_{c \text{ adm}};$$

$$R_{ck \ 28} = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

Parametri caratteristici e tensioni limite

Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
250	207.5	117.6	22.6	[kg/cm ²]
300	249.0	141.1	25.6	[kg/cm ²]
350	290.5	164.6	28.4	[kg/cm ²]
400	332.0	188.1	31.0	[kg/cm ²]

450	373.5	211.6	33.5	[kg/cm ²]
500	415.0	235.2	36.0	[kg/cm ²]

Rck	fck	fcd	fctm	u.m.
25	20.75	11.75	2.26	[N/mm ²]
30	24.90	14.11	2.56	[N/mm ²]
35	29.05	16.46	2.84	[N/mm ²]
40	33.20	18.81	3.10	[N/mm ²]
45	37.35	21.16	3.35	[N/mm ²]
50	41.50	23.51	3.60	[N/mm ²]

legenda:

fck (resistenza cilindrica a compressione); $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$;

fcd (resistenza di calcolo a compressione); $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$

fctd (resistenza di calcolo a trazione); $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$; $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$;

$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$ per classi $\leq C50/60$

$f_{ctm} = 2.12 \cdot \ln[1 + f_{cm}/10]$ per classi $> C50/60$

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);

0.10mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica: $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Viscosità $\phi = 1.70$

PROSPETTO CLASSI DI ESPOSIZIONE E COMPOSIZIONE UNI EN 206-1

Classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
--------	---------------------------	--	-------------	------------	--------------	-----------------------------

1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico	1	---	15	---

2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340

3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersa in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360

6 Attacco chimico **)						
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: *moderato* occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; *elevato* alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

ACCIAIO PER C.A.

(Rif. D.M. 17.01.2018, par. 11.3.2)

Acciaio per C.A. B450C	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_S = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$.

È ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 16 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

Acciaio per C.A. B450A	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_S = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.25 \quad f_t / f_y \geq 1.05$$

Diametro delle barre: $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$.

È ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 10 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico: $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ (210.000 N/mm^2)

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2 \cdot (1 + \nu)]$ (N/mm^2)

Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (per $T < 100^{\circ}\text{C}$)

Densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche minime dei materiali

	S235	S275	S355	S355
tensione di rottura	360 N/mm^2	430 N/mm^2	510 N/mm^2	550 N/mm^2
tensione di snervamento	235 N/mm^2	275 N/mm^2	355 N/mm^2	440 N/mm^2

Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

STATO DI TENSIONE					
CLASSE VITE	f_{tb} (N/mm^2)	f_{yb} (N/mm^2)	$f_{k,N}$ (N/mm^2)	$f_{d,N}$ (N/mm^2)	$f_{d,V}$ (N/mm^2)
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.8	600	480	360	360	255
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1000	900	700	700	495

legenda:

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0.7 f_t$ ($f_{k,N} = 0.6 f_t$ per viti di classe

6.8)

$f_{k,N} = f_y$ essendo f_{tb} ed f_{yb} le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$ = resistenza di calcolo a trazione

$f_{d,V} = f_{k,N} / \sqrt{3}$ = resistenza di calcolo a taglio

Saldature

Su tutte le saldature è stato eseguito un controllo visivo e dimensionale. Le saldature più importanti (ad esempio le saldature delle giunzioni flangiate) sono state controllate a mezzo di particelle magnetiche e/o ultrasuoni.

Il filo di saldatura utilizzato è di tipo IT-SG3 (Saldature ad alta resistenza, fino a 600N/mm²), ed ha le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche meccaniche: R=590N/mm²; S=420N/mm²; KV (20°C) = 50J

Composizione chimica media: C = 0.08%; Mn = 1.4%; Si = 0.8%; P = 0.02%; S = 0.02%.

I saldatori utilizzati per la costruzione delle strutture sono certificati secondo la UNI EN 287/1.

Il Progettista
(Arch. Francesco Bo)



RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

(Ai sensi delle NTC 2018)

1. GENERALITÀ.

La presente relazione riguarda la progettazione strutturale ed il dimensionamento dell'ascensore esterno della scuola primaria "G. Gozzano" in via Malpiardo 1, di proprietà del Comune di San Giusto Canavese.

Il comune di San Giusto Canavese ricade in zona sismica 3

La tipologia delle fondazioni è a travi nastriforme e a platea di calcestruzzo di altezza 25cm (A questa tipologia si riconducono le verifiche).

MODELLI GEOTECNICI DI SOTTOSUOLO E METODI DI ANALISI

Nel modello strutturale di calcolo l'interazione suolo – struttura è stata considerata schematizzando il terreno come un letto di molle elastiche indipendenti (alla Winkler).

La costante di sottofondo del terreno è stata posta pari a 1,5. Tale valore non tiene conto dell'aiuto offerto dal miglioramento del sedime di fondazione ottenuto mediante il magrone di sottofondazione.

L'approccio seguito per le verifiche geotecniche è l'Approccio 2, a questa tipologia si riconducono le verifiche.

I coefficienti utilizzati sono quelli indicati nella tabella 2.6.I del DM2018, e nel capitolo 6 dello stesso D.M. nelle tabelle 6.2.I 6.2.II 6.4.I, ossia: A1-M1-R3.

- A1 = $1/1.3 - 0/1.5$ per permanenti favorevoli/sfavorevoli e per permanenti portati e variabili favorevoli/sfavorevoli
- M1 = 1
- R3 = $2.3/1.1$ a capacità portante/scorrimento

Il Progettista
(Arch. Francesco Bo)



LE CARATTERISTICHE DEL SITO DI FABBRICA

DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI

La relazione geotecnica si basa sulla relazione geologica redatta dal dott.ssa Geol. Manuela Pallozzi nel rispetto delle disposizioni nazionali e regionali in materia di edificabilità in zona sismica, che hanno attestato la compatibilità tra le previsioni del progetto di costruzione in oggetto e le condizioni morfologiche, geologiche ed idrogeologiche dell'area su cui insiste.

A tal proposito si ricorda che il territorio comunale di San Giusto Canavese è stato dichiarato zona sismica 3.

CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA DEI TERRENI

Dalla relazione geologica si assumono i seguenti parametri relativi alla geomorfologia e litostratigrafia.

Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni

PROVA DIN 1											
Prof. (m)	Litologia	Nspt	Natura granulare					Natura Coesiva			
			DR	φ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
0.0-0.6	Terreno agrario	16	44.0	30.5	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
0.6-1.2	Ghiaie grossolane in matrice fine	48	83.0	41.8	561	2.14	1.83	3.00	2.36	09	0.251
1.2-1.4	Ghiaie / rifiuto	86	—	—	—	—	—	—	—	—	—

PROVA DIN 2											
Prof. (m)	Litologia	Nspt	Natura granulare					Natura Coesiva			
			DR	φ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
0.0-1.0	Terreno agrario	3	11.3	21.7	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
1.0-1.6	Ghiaie grossolane in matrice fine	28	62.0	35.5	407	2.04	1.67	1.75	2.12	19	0.522
1.6-1.8	Ghiaie - rifiuto	74	—	—	—	—	—	—	—	—	—

PROVA DINAMICA 3											
Prof. (m)	Litologia	Nspt	Natura granulare					Natura Coesiva			
			DR	φ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
0.0-0.6	Terreno agrario	4	15.0	22.7	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
0.6-1.8	Ghiaie grossolane in matrice fine	25	57.5	34.4	384	2.02	1.64	1.56	2.08	21	0.574
1.8-2.0	Ghiaie - rifiuto	74	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Caratterizzazione sismica del suolo di fondazione

La categoria del suolo di fondazione è: B

VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

MODELLI GEOTECNICI DI SOTTOSUOLO E METODI DI ANALISI

Nel modello strutturale di calcolo l'interazione suolo – struttura è stata considerata schematizzando il terreno come un letto di molle elastiche indipendenti (alla Winkler).

La costante di sottofondo del terreno è stata posta pari a 1,5 Kg/cmq.

Le interazioni terreno – struttura sono state contemplate nel modello di calcolo strutturale mediante elementi finiti specifici costituiti da travi di fondazione continue

I risultati dell'analisi sono riportati nella relazione di calcolo e riassunti mediante immagini nelle pagine seguenti.

VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi dello stato limite ultime e di esercizio.

Le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo previste dalla normativa sono:

EQU: perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno – struttura considerati come corpi rigidi;

STR: raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO: raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

ULP: perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (galleggiamento);

HYD: erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Verifiche EQU

L'edificio è soggetto ad azioni di tipo verticale e di tipo orizzontale. Come si evince dal diagramma delle pressioni sul terreno di fondazione, queste ultime sono tutte di compressione. Pertanto essendo le pressioni di compressione sicuramente non si hanno fenomeni di perdita di equilibrio della struttura.

Verifiche STR

Le verifiche di resistenza degli elementi strutturali di fondazione sono state eseguite contestualmente alla verifica degli elementi strutturali in elevazione. Le relative verifiche sono riportate nella relazione di calcolo.

Verifiche GEO

Le verifiche di resistenza del terreno interagente con la struttura sono condotte confrontando i valori di resistenza con quelli di progetto, secondo l'Approccio 2, come riportato nelle pagine seguenti.

Verifiche UPL e HYD

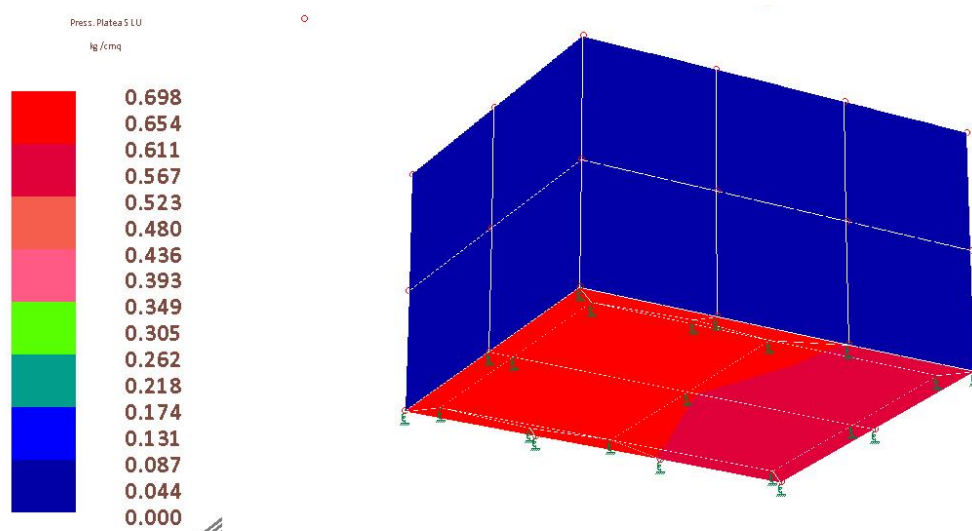
Poiché nel terreno di fondazione non vi è la presenza della falda non si hanno fenomeni di galleggiamento o di sifonamento.

VALORE DI PROGETTO DELLA PRESSIONE SUL TERRENO

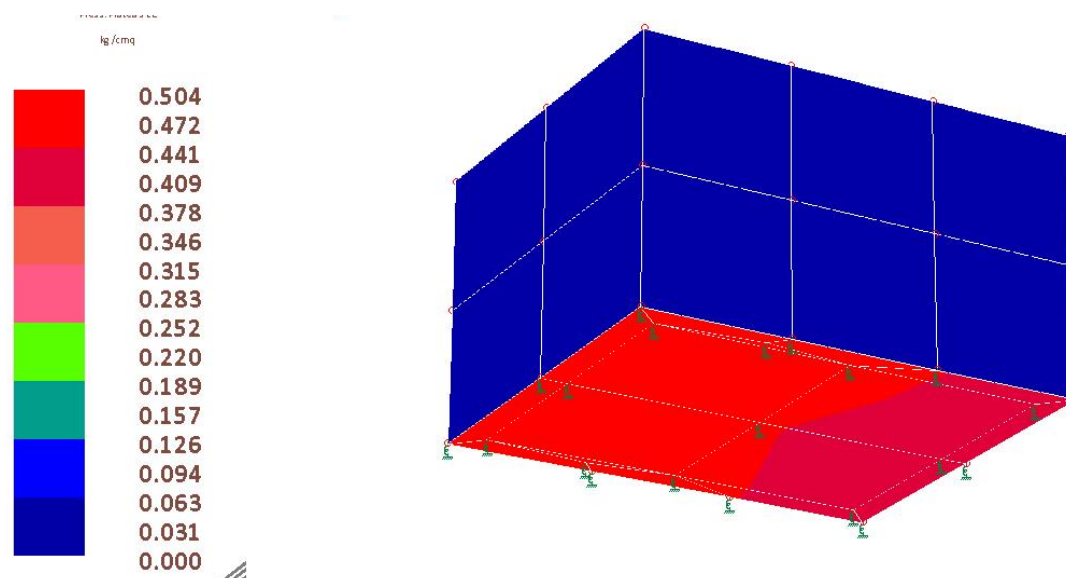
Le pressioni sul terreno derivano dalle azioni agenti sulla struttura fattorizzate con i coefficienti A1 secondo la combinazione:

$$Ed = \gamma G * GK + \gamma P * PK + S (\psi_{2i} * gQ * QKi)$$

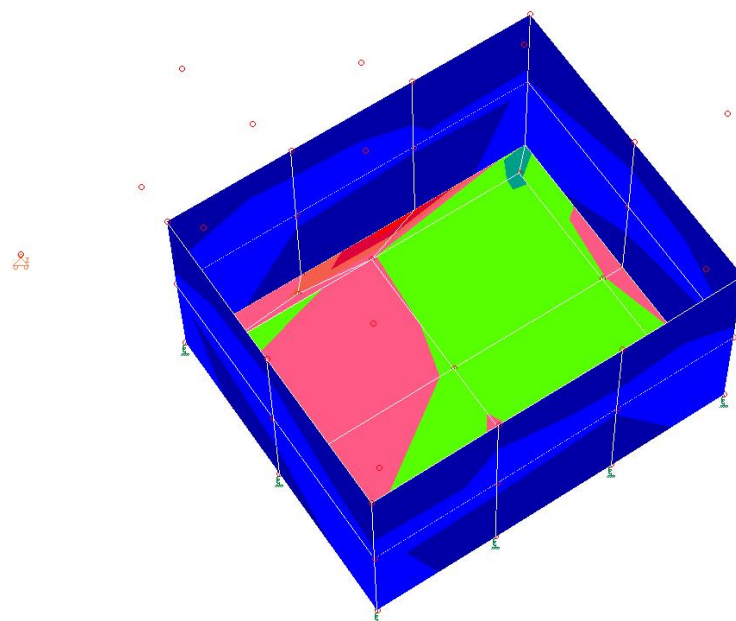
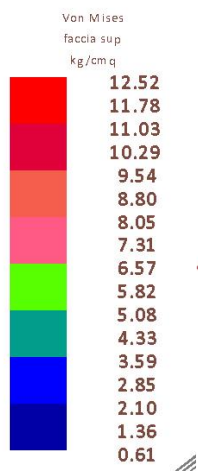
Dal modello di calcolo della struttura si evince che la sollecitazione massima sulle strutture verticali, con sisma maggiorato di 1.1, corrisponde ad una tensione sul terreno pari a 0,67 Kg/cm², distribuiti su una fondazione a travi rovesce di dimensione 100x40h armata come da tavole di progetto.



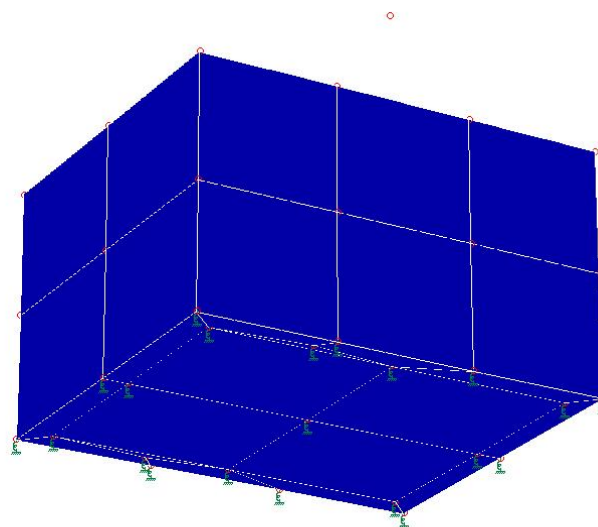
Pressione al suolo (SLU) del punto maggiormente sollecitato



Pressione al suolo (SLE) del punto maggiormente sollecitato



Tensioni fossa



Involuppo indice di resistenza

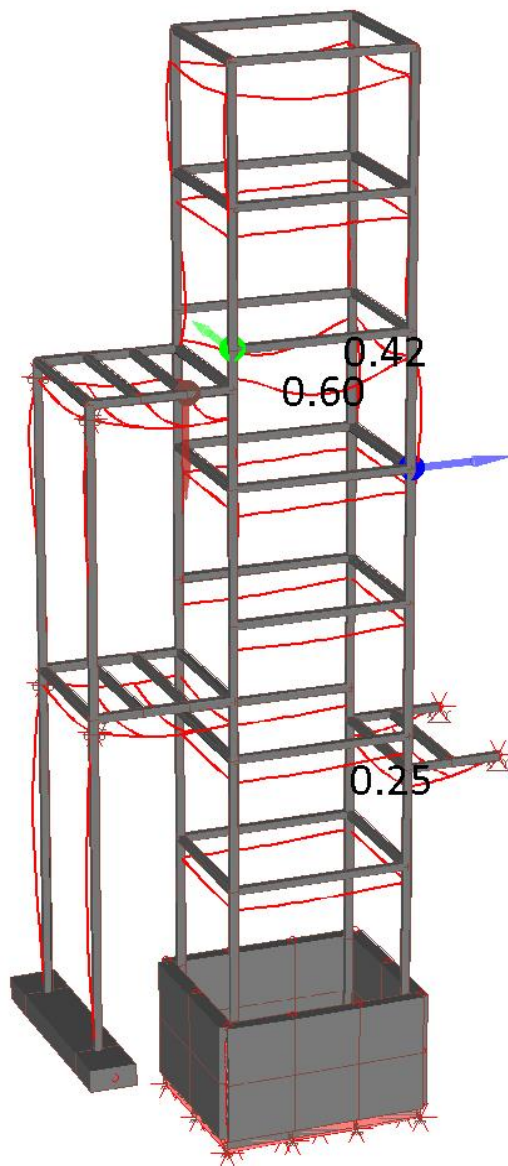
L'ENTITÀ DI VERIFICHE NEI CONFONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Gli stati limite di esercizio si riferiscono al raggiungimento di valori critici dei cedimenti che possono compromettere la funzionalità dell'opera.

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito in combinazione di esercizio rara

Dai valori riportati nelle immagini seguenti si evince che i carichi massimi che si hanno in corrispondenza del punto con pressione massima sulla fondazione sono localizzato sul pilastro centrale.

L'entità di questi cedimenti è compatibile con la funzionalità dell'opera.



Deformata statica

RELAZIONE SUL CALCOLO STATICO DELLE STRUTTURE IN C.A.

(Ai sensi della legge n. 1086 dd. 05.11.1971)

1. Generalità.

Progetto per realizzazione di refettorio scolastico della scuola primaria "G. Gozzano" in via Malpiardo 1, di proprietà del Comune di San Giusto Canavese

2. Descrizione delle strutture portanti.

Verranno realizzati:

le fondazioni a travi rovesce ed a platea di spessore in c.a. dello spessore di 25 cm;

le strutture in elevazioni in acciaio profili 80x80x4

la copertura in lamiera

3. Calcolo delle sezioni.

È stato eseguito con i metodi classici della scienza delle costruzioni nelle ipotesi di:

- a) mantenimento della planarità delle sezioni nella situazione deformata;
- b) risposta elastica lineare e simmetrica dei materiali;
- c) conglomerato non reagente a trazione.

4. Verifica delle sezioni.

Per le strutture in c.a. l'armatura longitudinale e trasversale necessaria viene desunta dai calcoli eseguiti con elaboratore elettronico sulla base dei carichi e degli schemi di carico riportati in precedenza.

L'area di acciaio adottata ed indicata nelle tavole di disegno è maggiore dell'area necessaria.

Il Progettista
(Arch. Francesco Bo)



CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE, MODELLAZIONE DEL TERRENO, PROPRIETÀ DEI MATERIALI, EFFICACIA DEL MODELLO.

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stata 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. 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 tagliante 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.

È stata impiegata un'analisi sismica statica equivalente 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.

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

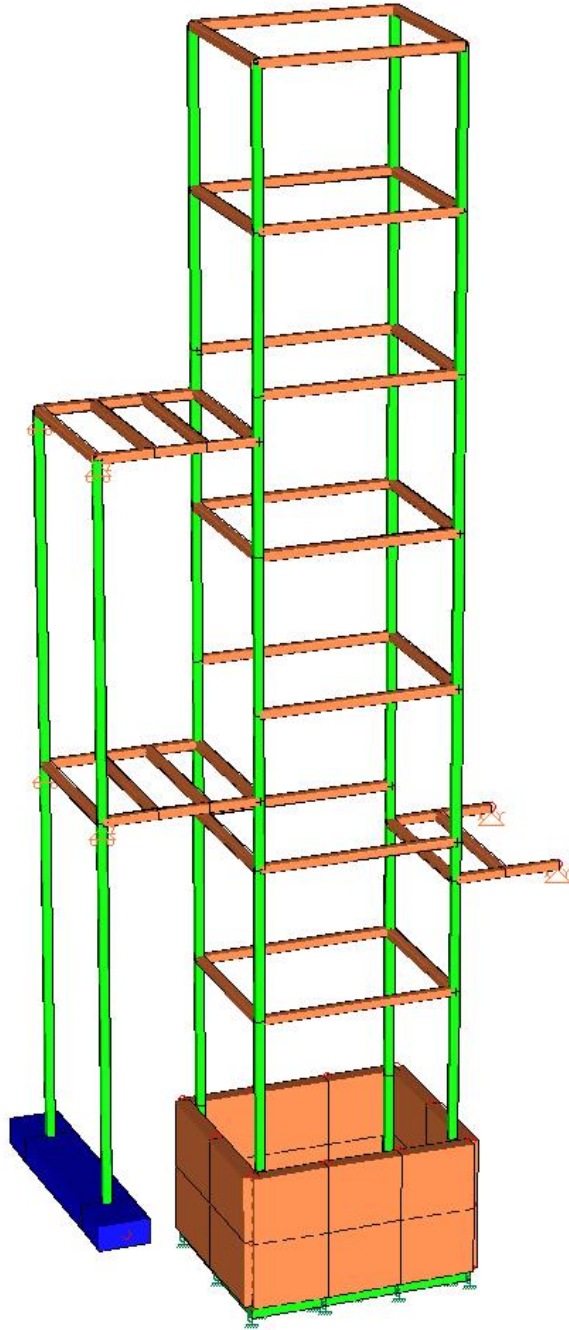
- **L.05.11.1971, N. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- **L. 02.02.1974, N. 64** - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- **D. M. 17.01.2018** - "Norme tecniche per le costruzioni" e s.m.i.
- **DGR 61-11017 del 17/11/2003** - "Deliberazione della Giunta della regione Piemonte in merito alla riclassificazione a rischio sismico del territorio regionale"
- **DGR 790-13058 del 19/01/2010** - "Aggiornamento ed adeguamento delle zone sismiche" e s.m.i. (DGR 4-3084 del 12/12/2011)
- **CNR 10024** - "Analisi delle strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo"

TERRENI E FONDAZIONI

- **D.M. 11 MARZO 1988** – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **CIRC. MIN.LL.PP. N.30483 DEL 24 SETTEMBRE 1988** - Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre.

PRESENTAZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE E PROPRIETÀ

Per l'analisi è stato schematizzato un modello agli elementi finiti di cui si riportano, qui di seguito, alcune immagini.



Modello 3D

DIAMO UNA BREVE DESCRIZIONE DELLE SIMBOLOGIE ADOTTATE DA MASTERSAP.

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).

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.

Codice	Descrizione	Mod. elast.	Coef. Poisson	Peso unit.	Dil. term.	Aliq. inerz.	Rigid. taglio	Rigid. fless.
1	Calcestruzzo C25/30 (Rck 300)	+3.21e+005	0.120	0.00250	+1.00e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000
2	Acciaio	+2.10e+006	0.300	0.00785	+1.20e-005	1.000	+1.00e+000	+1.00e+000

LE SEZIONI

RETTANGOLARI

Codice	Base	H
1	50.000	25.000

Codice	Codice famiglia	Codice profilo	Asse Y capovolto
2	QUADRATI	80x 4.0	

GRUPPI DELLA STRUTTURA

ELEMENTO FINITO: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo
1	Montanti
2	Travi

ELEMENTO FINITO: PIASTRA

Numero gruppo	Descrizione gruppo
1	Platea
2	Muri

ELEMENTO FINITO: VINCOLO

Numero gruppo	Descrizione gruppo
1	Vincolo
2	Vincoli di platea cost. sottofondo = 4

ELEMENTO FINITO: TRAVE DI FONDAZIONE

Numero gruppo	Descrizione gruppo
1	Fondazioni

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.

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale Z

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist. iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Neve Zona I Alpina	3	Condizione 3	Variabile: Neve	-0.0139	0.000	-0.0139	0.000	0.0000	0.0000

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

Descrizione	Cod.	Cond. carico	Tipo Azione/categoria	Val. iniz.	Dist.iniz. nodo I	Val. finale	Dist.fin. nodo I	Aliq.inerz.	Aliq.inerz. SLD
Peso copertura acciaio	1	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.005	0.000	-0.0050	0.000	1.0000	1.0000
Peso lamiera passerelle	2	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.0045	0.000	-0.0045	0.000	1.0000	1.0000
Categoria C2 - Balconi, sale convegni, cinema, teatri	4	Condizione 3	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.0408	0.000	-0.0408	0.000	0.6000	0.6000
Categoria C2 - Ascensore (compreso cabina)	5	Condizione 3	Variabile: Aree di acquisto e congresso	-0.063	0.000	-0.063	0.000	0.6000	0.6000
Peso proprio tamponamento castelletto	6	Condizione 1	Permanente: Permanente portato	-0.005	0.000	-0.005	0.000	1.0000	1.0000

COMBINAZIONI DI CARICO

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.300 1.300 1.500 1.500 1.500
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato Variabile: Domestici e residenziali Variabile: Aree di acquisto e congresso Variabile: Neve	Condizione peso proprio Condizione 1 Condizione 2 Condizione 3 Condizione 4	1.000 1.000 0.300 0.600 0.000
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio Permanente: Permanente portato	Condizione peso proprio Condizione 1	1.000 1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 4	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.200
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Domestici e residenziali	Condizione 2	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 3	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 4	0.000

ELEMENTO FRAME (TRAVE E PILASTRO, TRAVE DI FONDAZIONE)

L'elemento frame implementa il modello della trave nello spazio tridimensionale. È 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:

3. deformabilità da taglio (travi tozze);
4. sconnessioni totali o parziali alle estremità;
5. connessioni elastiche alle estremità;
6. offsets, ovvero tratti rigidi eventualmente fuori asse alle estremità;
7. suolo elastico alla Winkler nelle tre direzioni locali e a torsione.

L'elemento frame supporta i seguenti carichi:

1. carichi distribuiti trapezoidali in tutte le direzioni locali o globali;
2. sollecitazioni termiche uniformi e gradienti termici nelle due direzioni principali;
3. forza concentrata in tutte le direzioni locali o globali applicata in un punto arbitrario;
4. 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 t_z convergente ai suoi nodi (vedi figura), il cui valore di rigidezza 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.

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. In particolare:

- Deformazioni (statiche e dinamiche)
- Deformazioni relative
- Frecce
- Sollecitazioni
- Pressioni sul suolo
- Effetti II ordine
- Masse eccitate

Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

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

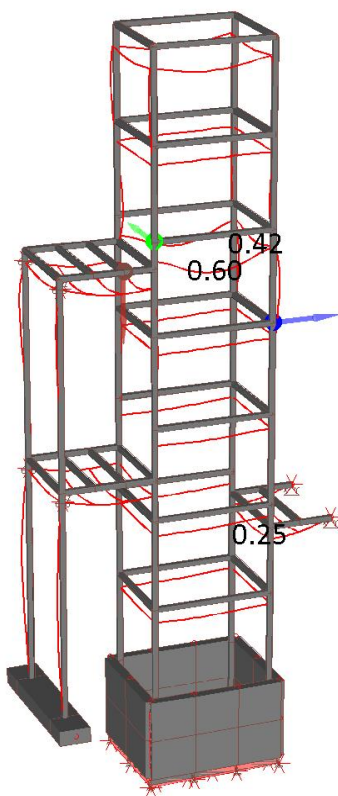
quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. È prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

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

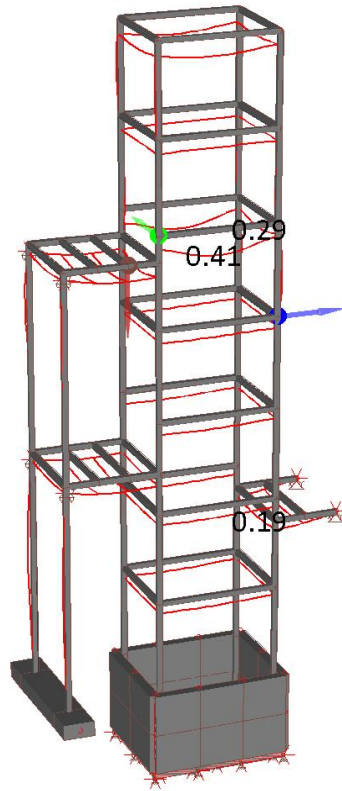
PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

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. 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).

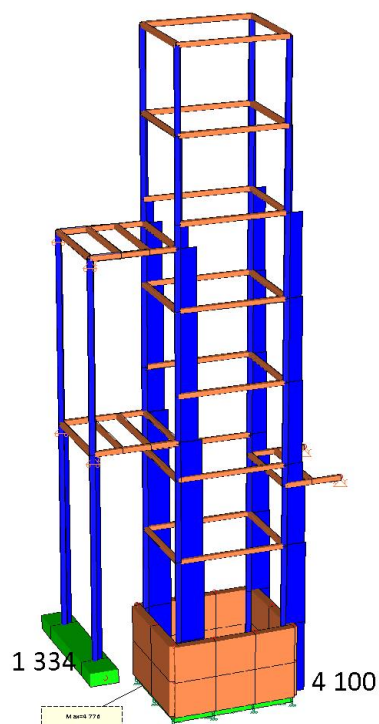


Deformata statica

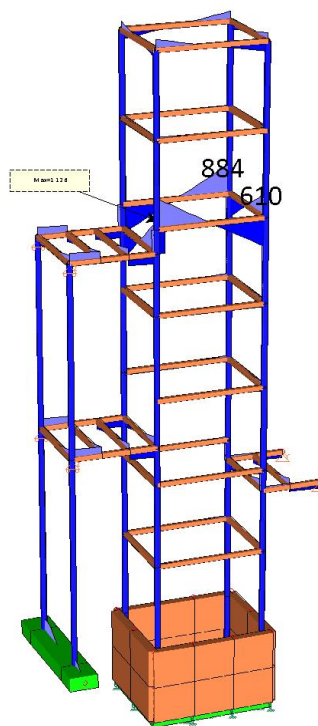


Deformata rara

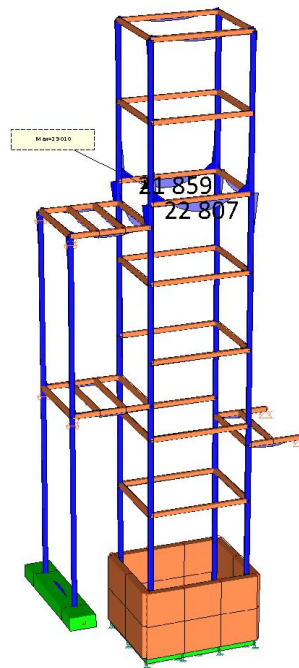
SOLLECITAZIONI ASSIALI, TAGLIO E MOMENTI



Sollecitazioni assiali (Fx)



Sollecitazioni di taglio (Fy)



Momenti flettenti (Mz)

VERIFICA GIUNTO SISMICO 2cm

Con l'arrivo delle nuove **NTC 2018** Ediltool lancia **Calcolo del Giunto Sismico NTC2018**.
Questo tool ha lo scopo di verificare il giunto sismico da realizzare fra una nuova costruzione ed una esistente.

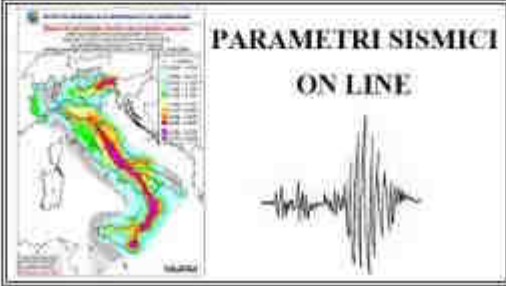
Selezione Normativa di riferimento: **NTC2018**

CALCOLO DEL GIUNTO SISMICO

Parametri sismici di riferimento

Accelerazione orizzontale massima al suolo	a_g (m/s ²)	0.0481
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	F_0 (s)	2.7
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	0.29	

Clicca nel riquadro se desideri ricavare i parametri sismici con il nostro tool



**PARAMETRI SISMICI
ON LINE**

Caratteristiche dell'edificio

Vita nominale	V_{ij} (anni)	50
Quota s.l.m. del sito	h s.l.m. (m)	267
Classe d'uso		III
Probabilità di superamento	P_{ov} (%)	10
Tempo di ritorno dell'azione sismica	T_R (anni)	712
Categoria di sottosuolo		B
Categoria topografica		T1
Quota dei punti che si fronteggiano misurata dal piano delle fondazioni	H (m)	7
Tipologia di fabbricato		Costruzioni a telaio in acciaio
Periodo del modo principale della struttura	T_1 (s)	0.745
Struttura regolare in altezza	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	
Fattore di struttura massimo	q_d	1.5
Spostamento massimo del nuovo fabbricato ottenuto	d_{st} (cm)	0.4

VERIFICA DEL GIUNTO SISMICO		
Periodo di riferimento dell'azione sismica	V_R	75 anni
Coefficiente per categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche	S	1.35
Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante	T_B	0.14 s
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T_C	0.41 s
Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro	T_D	1.79 s
Fattore di struttura di calcolo	q	1.2
Fattore moltiplicativo spostamenti	μ_1	1.2
Spostamento massimo del nuovo fabbricato sotto azione sismica valutato allo SLV	d_E	0.48 cm
Dimensione minima del giunto	$d_{giunto, min}$	0.91 cm
Dimensione da calcolo del giunto ($d_{giunto, calc} = d_E + d_{giunto, min}$)	$d_{giunto, calc}$	1.39 cm

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 ($F \cdot L$).

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 ($F \cdot L$);
- M_z = momento flettente attorno asse locale z ($F \cdot L$);
- U_Z = spostamento lungo Z (L);

- rX = rotazione intorno X (rad);
- rY = rotazione intorno Y (rad);
- pressione sul suolo (F/L^2).

ELEMENTO IN STATO PIANO DI TENSIONE, STATO PIANO DI DEFORMAZIONE, ASSIALSIMMETRICI

Il programma calcola le tensioni (F/L^2) al centro di ogni elemento.

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

- S_{11} ;
- S_{22} ;
- S_{33} (sempre nullo per l'elemento in stato piano di tensione);
- S_{12} ;
- S_{max} ;
- S_{min} ;
- Angolo.

La tensione S_{33} è ortogonale al piano dell'elemento ed è, per definizione, nulla per l'elemento in stato piano di tensione. La tensione è positiva se diretta verso l'osservatore (che vede i nodi dell'elemento susseguirsi, da I a L, in verso antiorario).

Le tensioni S_{max} e S_{min} rappresentano le tensioni principali. L'angolo riportato fra i risultati rappresenta l'angolo in gradi sessagesimali compreso fra l'asse locale 11 e la direzione di S_{max} . In questo modo le tensioni principali sono completamente note, in valore, direzione e verso.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni elemento, vengono riportate le tensioni S_{11} , S_{22} , S_{33} , S_{12} nei punti desiderati (a seconda dell'opzione di stampa scelta), specificando altresì il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta a tutti i modi di vibrazione (secondo il metodo SRSS o CQC scelto).

Per ogni gruppo, per l'analisi statica e per gli inviluppi dinamici, in stampa viene riportato un prospetto riepilogativo riguardante i valori massimi negativi e positivi delle tensioni, nonché gli elementi e le combinazioni di carico interessate.

VERIFICHE DI SICUREZZA DEGLI ELEMENTI

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

VERIFICHE DI OPERE IN CEMENTO ARMATO

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:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x , F_y , F_z (F); M_x , M_y , M_z ($F \cdot m$).

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 (cm^2); si noti che tali armature sono quelle totali. 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 § 5.4.5.2 dell'Ordinanza e § 7.4.4.5.2.2 delle NTC/2018) e la sollecitazione di taglio.
- $aswta$, $aswto$: 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 $aswta$ e $aswto$ e dall'applicazione dei minimi di normativa;
- per i pilastri nelle colonne αM_y e αM_z vengono riportati i valori dei moltiplicatori delle sollecitazioni M_y ed M_z derivanti dal rispetto della gerarchia delle resistenze trave/pilastro.

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 della zona 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 --);
- x_{Mmax} ; 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 i restanti tipi di elementi (pilastri e setti) viene effettuata la sola verifica delle tensioni di esercizio (non compaiono pertanto risultati sull'apertura delle fessure e sulla freccia). 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 (cm^2), eventuale.

Considerazioni per l'analisi dinamica.

I risultati dinamici considerati sono quelli ottenuti per inviluppo, 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 inviluppi è sempre positivo e che le norme impongono che tali risultati siano considerati anche con segno opposto.

I RISULTATI PER TRAVI E PILASTRI

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x, y, z :

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x, F_y, F_z (F), M_x, M_y, M_z ($F \cdot m$).

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- F_x (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- F_y (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- F_z (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione 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 .

Il tabulato di uscita riporta inoltre in ordine:

- $S_f(F_x)$, (Tens.(F_x) per il legno): tensione derivante solo da sforzo normale;
- $S_f(M)$, (Tens.(M) per il legno): tensione derivante solo dagli effetti flettenti di M_y e M_z ; viene riportato il valore massimo riscontrato fra tutti i punti soggetti a indagine;
- tensione da torsione, derivante da M_x , valore massimo riscontrato;
- tensione di taglio, derivante da F_y e F_z , valore massimo riscontrato;
- S_f ideale: tensione ideale massima nel caso di acciaio e alluminio. Nel caso del legno, invece, viene riportata una "tensione (F_x, M)" derivante dall'interazione fra F_x e M , in cui si somma il contributo tensionale dovuto allo sforzo normale con quello derivante dal momento flettente, la cui entità viene però riparametrizzata tramite il rapporto fra le tensioni ammissibili a sforzo normale e momento flettente. In questo modo tens (F_x, M) viene confrontata, per la sua accettabilità, con la tensione massima ammessa a sforzo normale;
- locazione, ovvero il punto della sezione in cui si verifica il massimo della tensione ideale;
- Nota: compare un avviso qualora la tensione ideale o "tens (F_x, M)" superi il valore massimo ammissibile, che dipende anche dal relativo coefficiente di incremento connesso alle combinazioni di carico.

Alla fine del tabulato delle verifiche di resistenza, 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 si può infatti verificare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e accidentali (contrassegnata in stampa dal simbolo --);
- x_{Mmax} : ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- M_{max} : valore del momento massimo positivo;
- x_{fmax} : ascissa in cui si verifica la freccia massima in campata;
- F_{max} : valore della freccia massima in campata;
- f_{max}/l : rapporto fra freccia massima e luce dell'asta.

La verifica di stabilità viene effettuata per le sole combinazioni di carico che presentano, in almeno un'ascissa, condizioni di lavoro a pressoflessione. Il prospetto riepilogativo della verifica a stabilità riporta le informazioni relative all'asta iniziale e finale coinvolte, e inoltre:

- numero combinazione di carico;
- valore dello sforzo normale; (compressione più elevata trovata in tutte le ascisse soggette a verifica);
- valore del momento flettente M_y equivalente;
- valore del momento flettente M_z equivalente;
- snellezza ω (che influisce sullo sforzo normale), solo per acciaio e alluminio;
- snellezza nel piano locale "yx" (che influisce su M_z);
- snellezza nel piano locale "zx" (che influisce su M_y);
- ω ; ω_1 (solo per acciaio e alluminio);
- tensione nell'acciaio o alluminio; nel caso del legno viene riportata un valore di tensione (F_x , M) calcolato nei modi già espressi per la verifica di resistenza;
- Nota, eventuale, qualora le tensioni superino i limiti ammessi, oppure quando la snellezza supera il valore 250 (200 per il legno e alluminio).

VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ

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

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

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

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

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 2018 SP2

AFFIDABILITÀ 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*.

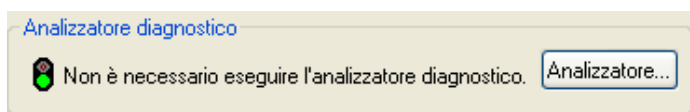
L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

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.

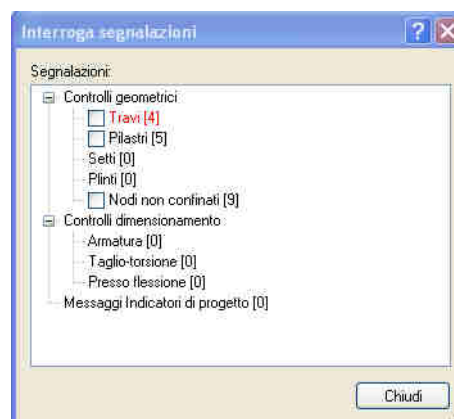
In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare



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. È possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

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

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire 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.